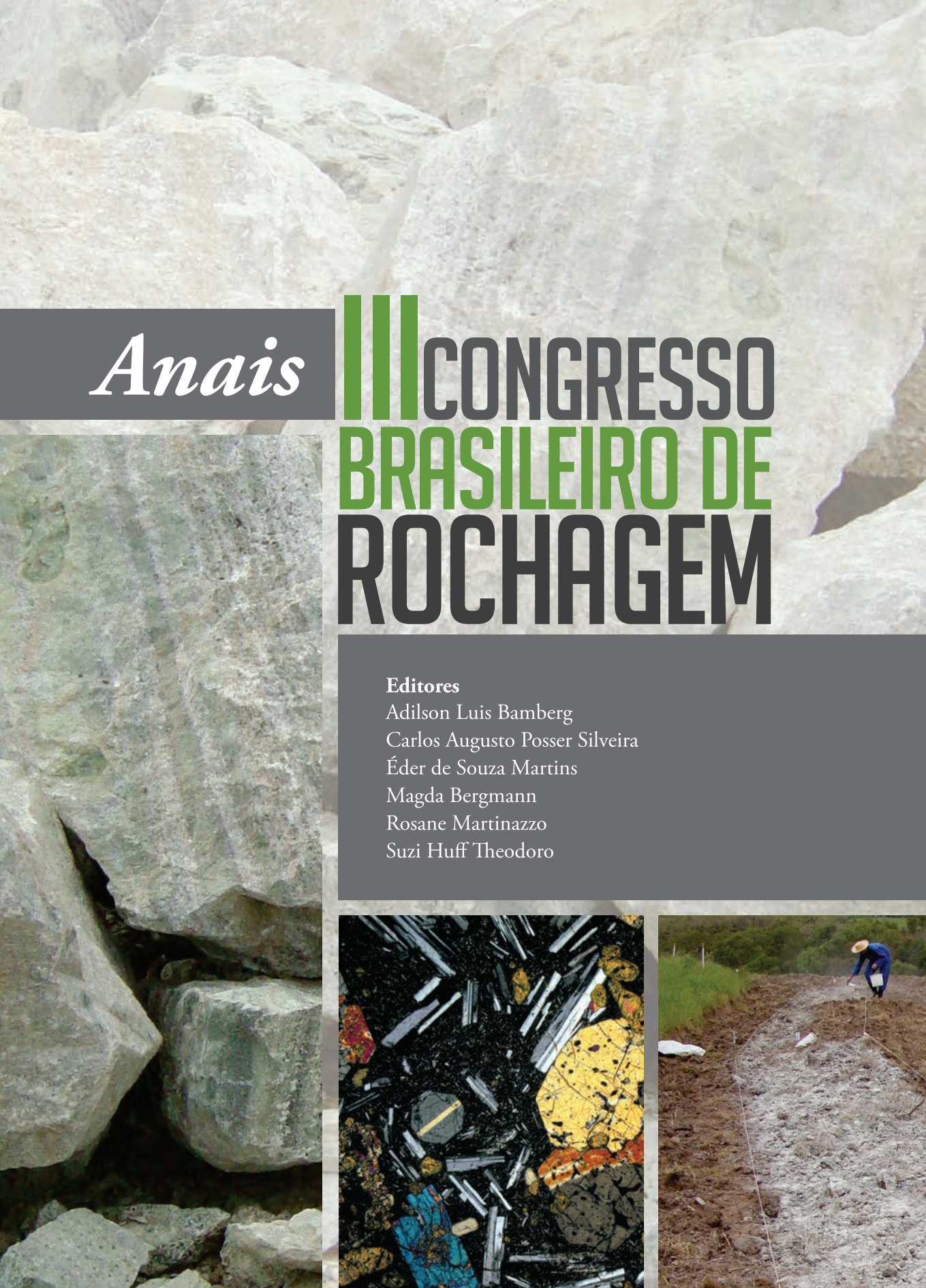




Anais

||| CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ROCHAGEM

Editores

Adilson Luis Bamberg
Carlos Augusto Posser Silveira
Éder de Souza Martins
Magda Bergmann
Rosane Martinazzo
Suzi Huff Theodoro



Anais

||| CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ROCHAGEM

Editores

Adilson Luis Bamberg
Carlos Augusto Posser Silveira
Éder de Souza Martins
Magda Bergmann
Rosane Martinazzo
Suzi Huff Theodoro

Todos os direitos reservados
A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Vania Aparecida Marques Favato – CRB-8/3301

C749a Congresso Brasileiro de Rochagem (3.: 2016: Pelotas, RS).
Anais do III Congresso Brasileiro de Rochagem, 8 a 11 de novembro de 2016 / Editores: Adilson Luis Bamberg... et. al. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Cerrados; Assis: Triunfal Gráfica e Editora, 2016.

455 p. : il.

ISBN: 978-85-61175-68-9

1. Remineralizadores de solo. 2. Agrogeologia. 4. Mineralogia 5. Agrominerais. 6. Fertilidade do solo I. Bamberg, Adilson Luis. II. Silveira, Carlos Augusto Posser. III. Martins, Éder de Souza. IV. Bergmann, Magda. V. Martinazzo, Rosane. VI. Theodoro, Suzi Huff. VII. Título.

CDD 549.7

© Embrapa 2017

Anais

CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM

Editores

Adilson Luis Bamberg
Carlos Augusto Posser Silveira
Éder de Souza Martins
Magda Bergmann
Rosane Martinazzo
Suzi Huff Theodoro

Assis - SP, 2017
Triunfal Gráfica e Editora

Comitê Gestor

Cristina Ferreira Correia Silva
Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e
Inovação do Ministério da Ciência, Tecnologia,
Inovações e Comunicações- SETEC/MCTIC

David Siqueira Fonseca
Departamento Nacional de Produção
Mineral – DNPM/MCTIC

Éder de Souza Martins
Empresa Brasileira de Pesquisa
Agropecuária - Embrapa Cerrados

Elzivir Azevêdo Guerra
Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e
Inovação do Ministério da Ciência, Tecnologia,
Inovações e Comunicações- SETEC/MCTIC

Enir Sebastião Mendes
Secretaria de Geologia, Mineração e
Transformação Mineral do Ministério
de Minas e Energia - SGM/MME

Hideraldo Coelho
Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da
Agricultura, Pecuária e Abastecimento – SDA/MAPA

Maria Alice Cabral de Goes
Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/MCTIC

Paulo Sergio Moreira Soares
Centro de Tecnologia Mineral - CETEM/MCTIC

Suzi Huff Theodoro
Universidade de Brasília/UnB

Tássia de Melo Arraes
Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e
Inovação do Ministério da Ciência, Tecnologia,
Inovações e Comunicações- SETEC/MCTIC

Vanildo Mendes
Serviço Geológico do Brasil/Companhia de
Pesquisas de Recursos Minerais - CPRM

Comitê Executivo

Adilson Luís Bamberg
Embrapa Clima Temperado

Carlos Augusto Posser Silveira
Embrapa Clima Temperado

Magda Bergmann
Serviço Geológico do Brasil/Companhia de
Pesquisas de Recursos Minerais – CPRM/PA

Rosane Martinazzo
Embrapa Clima Temperado

Comitê Técnico-Científico

Adilson Luís Bamberg
Embrapa Clima Temperado

Andréa Sander
Serviço Geológico do Brasil/Companhia de
Pesquisas de Recursos Minerais – CPRM/PA

André Mundstock Xavier de Carvalho
Universidade Federal de Viçosa (UFV)
- Campus de Rio Paranaíba

Carlos Augusto Posser Silveira
Embrapa Clima Temperado

Clenio Nailto Pillon
Embrapa Clima Temperado

Daiane Plácido Torres
Embrapa Clima Temperado

Eder de Souza Martins
Embrapa Cerrados

Giuliano Marchi
Embrapa Cerrados

Irene Maria Cardoso
Universidade Federal de Viçosa (UFV)
- Campus de Rio Paranaíba

Ivan dos Santos Pereira
Pós-doutorando UFPEL/Embrapa Clima Temperado

Luis Henrique Gulate Ferreira
IFRS – Instituto Federal do Rio Grande
do Sul – Campus Rio Grande/RS

Magda Bergmann
Serviço Geológico do Brasil/Companhia de
Pesquisas de Recursos Minerais – CPRM/PA

Othon Leonardos
Universidade de Brasília (UnB)

Rosane Martinazzo
Embrapa Clima Temperado

Rosemary Hoff
Embrapa Uva e Vinho

Rômulo Angélica
Universidade Federal do Pará (UFPA)

Suzi Huff Theodoro
Universidade de Brasília (UnB)

Vanessa Fernandes Araújo
Bolsista DTI CNPQ/Embrapa Clima Temperado

Realização

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado e Embrapa Cerrados

Serviço Geológico do Brasil
CPRM/MME

Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral/Ministério de Minas e Energia
SGM/MME

Secretaria de Defesa Agropecuária/Ministério de Agricultura, Agropecuária e Abastecimento
SAD/MAPA

Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do Ministério
da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
SETEC/MCTIC

Departamento Nacional de Produção Mineral
DNPM/MME

Centro de Tecnologia Mineral
CETEM/MCTI

Universidade de Brasília
UnB

Patrocinadores

Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral/
Ministério de Minas e Energia – SGM/MME

Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do Ministério da
Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – SETEC/MCTIC

Secretaria de Defesa Agropecuária/Ministério de Agricultura
Agropecuária e Abastecimento – SAD/ MAPA

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

Mistel – Mineração Santa Terezinha LTDA

Solus

Calcário Diamante

Projeto Xisto Agrícola

FIDA

Associação Profissional Sul-Brasileira de Geólogos – APSG

Nota da Comissão Organizadora

O Brasil é um dos maiores produtores de alimentos, biocombustíveis e fibras do mundo, porém, ao mesmo tempo, é altamente dependente da importação de matérias-primas para a formulação de fertilizantes, sendo que, atualmente, o atendimento da demanda se dá por meio da importação de 74% desses insumos, o que acarreta inúmeras consequências, tais como custos de produção elevados e perda de competitividade, além de vulnerabilidade diante de outros países. Além desses aspectos de conjuntura macroeconômica, outros também devem ser considerados, em especial o fato de que essas matérias-primas são finitas, não renováveis e escassas. Aliado a isso, nas condições brasileiras (agricultura tropical e subtropical) o emprego de fontes de alta solubilidade em geral resulta em baixa eficiência de uso, ainda que um conjunto de práticas agrícolas estejam sendo adotadas de forma integrada em larga escala (sistema plantio direto, plantas de cobertura, fertilizantes de liberação lenta, plantas eficientes no uso dos nutrientes, agricultura de precisão – uso racional de fontes solúveis, irrigação, entre outras).

Considerando tais argumentos, a busca por fontes alternativas multielementares adquire grande importância para o futuro da produção agrícola brasileira. Experiências práticas de sucesso com este tipo de fonte de nutrientes têm sido relatadas principalmente no Brasil e na África. Nesse aspecto o Brasil é protagonista, pois tem apresentado uma série de resultados bastante consistentes nos últimos 10 anos, com destaque para os subprodutos gerados pelas atividades de mineração, que estão presentes em praticamente todo o território brasileiro. Nesse aspecto, o uso de tais insumos tem sido relatado e divulgado por meio de vários trabalhos científicos que apresentam sua caracterização química, mineralógica e petrográfica, bem como estimativas de reservas e potencial para uso agrícola como remineralizadores de solo.

Complementando as ações de pesquisa de diferentes instituições brasileiras, o Grupo de Trabalho (GT) de Normatização do Uso de Pó de Rocha (Remineralizadores) para a Agricultura, instituído em 2012, constituído pelo MAPA, MME, MCTI, Embrapa, MADER/UnB, DNPM e CPRM, trabalhou na elaboração e formulação do arcabouço legal para regulamentar e normatizar a utilização de pós de rochas na agricultura, por meio da prestação de assessoramento técnico ao Poder Executivo Federal e ao Congresso Nacional. Como resultado desse esforço coletivo, foi aprovada pelo Congresso Nacional Brasileiro e sancionada pela Presidência da República a Lei Nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013, que altera a Lei dos fertilizantes (Lei Nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980) por meio da inserção dos remineralizadores e extratos de planta como categorias de insumos passíveis de uso na agricultura. Esta Lei, em seu art. 3º, define remineralizador como *“todo material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo”*. Seguindo com a regulamentação, em 2014 houve a edição do Decreto nº 8.384, de 29 de dezembro de 2014, que altera o Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, e que regulamentava a Lei dos fertilizantes e dispunha sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes destinados à agricultura. Finalmente para concluir o estabelecimento do marco normativo para registro de uso e de comercialização de remineralizadores, foram publicadas

pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) as Instruções Normativas IN 05 e 06 em 10 de março de 2016, que definem as garantias mínimas e os limites máximos de elementos potencialmente tóxicos admitidos em remineralizadores.

Com isso, a realização do III Congresso Brasileiro de Rochagem (III CBR) adquiriu grande importância na consolidação desta tecnologia, no avanço no conhecimento, na divulgação do tema e no apoio ao desenvolvimento de políticas públicas específicas para o setor.

Nesta terceira edição do Evento, o tema foi “***Dos pós de rocha aos remineralizadores de solo: passado, presente e desafio***”. A fim de identificar as linhas de pesquisa que os pesquisadores/instituições estão desenvolvendo no País, os trabalhos e palestras foram agrupados nos seguintes temas: (i) **normatização para o uso de remineralizadores**; (ii) **prospecção de remineralizadores de solo**; (iii) **intemperismo de minerais e liberação de nutrientes**; (iv) **interação mineral-planta-microrganismos**; (v) **avaliação agrônômica de remineralizadores** e (vi) **desenvolvimento de produtos à base de remineralizadores de solo e perspectivas futuras**. Nesse sentido, 41 resumos expandidos foram recebidos, dos quais 17 foram apresentados de forma oral. O tema que teve maior número de trabalhos relaciona-se aos aspectos relativos à avaliação agrônômica (com 20 resumos expandidos). Para além dos trabalhos científicos, e com o objetivo de estimular a participação de estudantes de graduação, mais uma vez foi instituído um concurso de redação que contou com a participação de quatro estudantes que submeteram textos que tiveram por base o tema do Evento.

No que diz respeito ao público, o evento teve a participação de 170 inscritos, entre profissionais de diversas categorias, de instituições públicas e privadas, representando 15 estados brasileiros. O público incluiu formuladores e gestores de políticas públicas, estudantes e professores universitários, representantes de órgãos ambientais, extensão rural e ONGs, mineradores e agricultores. O III CBR contou ainda com a participação de 15 palestrantes brasileiros de instituições de pesquisa e ensino nacionais (Unidades da Embrapa, Universidades, CETEM, CPRM) e de dois pesquisadores estrangeiros.

Como forma de reconhecer a importância do trabalho de pesquisadores e/ou instituições para o desenvolvimento do tema, a Comissão Organizadora instituiu a categoria “Homenageados”, na qual sete pesquisadores foram agraciados. Mas tão importante quanto a pesquisa formal, também o conhecimento empírico teve seu espaço no III CBR, por meio do “Relato de Experiências”, que teve como objetivo proporcionar a participação do público, em especial, de agricultores ou empreendedores que utilizam remineralizadores.

Outra atividade igualmente importante, que ocorreu nessa edição do CBR refere-se às primeiras tratativas sobre a criação da Sociedade Brasileira de Rochagem para a qual foi eleita uma Comissão de aproximadamente 30 pessoas voluntárias as quais irão tratar das questões legais necessárias à implementação de uma Sociedade ou Associação, que teria como principal objetivo à divulgação dos assuntos relativos aos remineralizadores no Brasil, bem como congregar os interessados na pesquisa, no uso e na comercialização de tais insumos. Igualmente importante foi a definição da próxima edição do IV Congresso Brasileiro de Rochagem, que ocorrerá em 2019, em Goiânia-GO.

O evento contou com o patrocínio de 11 instituições/empresas públicas e privadas dentre as quais o MME, MCTIC, CNPQ e a CAPES, parceiros desde a primeira edição do evento.

SUMÁRIO

DOS PÓS DE ROCHA AOS REMINERALIZADORES: PASSADO, PRESENTE E DESAFIOS	15
Clenio Nailto Pillon	

TEMA 1 - NORMATIZAÇÃO PARA O USO DE REMINERALIZADORES DE SOLO	23
--	-----------

PALESTRAS

A CONSTRUÇÃO DO MARCO LEGAL DOS REMINERALIZADORES	25
Suzi Huff Theodoro	

RESUMOS

SOLUBILIZAÇÃO DE FONOLITO, BASALTO E OLIVINA MELILITITO EM ÁCIDO CÍTRICO E ÁCIDO ACÉTICO	39
Genicelli Mafra Ribeiro; Jaime Antonio de Almeida; Leandro Silva Lemos; Catiline Schmitt; Gustavo Eduardo Pereira	

PLANEJAMENTO FATORIAL FRACIONÁRIO PARA DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO ANALÍTICO PARA POSTERIOR DETERMINAÇÃO DE ARSÊNIO E SELÊNIO POR GF AAS EM SOLOS SUBMETIDOS A REMINERALIZADORES DE SOLO	45
Ellen Cristina Perin; Daiane Plácido Torres; Simoni Becker; Cesar Valmor Rombaldi, Carlos Augusto Posser Silveira	

USO DE REMINERALIZADORES E SEUS ASPECTOS LEGAIS ENVOLVENDO O CÓDIGO DE MINERAÇÃO	51
Tiago de Mattos, Nayra Thaís Ferreira Batista, Eduardo Hack, Andréa Luiza Görgen, Fabrício de Siqueira Mendonça, Amarildo João Turcato, José Ronaldo de Oliveira, Dalton da Cunha Matos, Antonio Alexandre Bizão	

TEMA 2 - PROSPECÇÃO DE REMINERALIZADORES DE SOLO	57
---	-----------

PALESTRAS

‘ROCKS FOR CROPS’ IN THE WORLD	59
Peter van Straaten	

REMINERALIZADORES NO BRASIL: O TRABALHO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL	71
Magda Bergmann	

ZONEAMENTO AGROGEOLÓGICO COMO FERRAMENTA PARA O MANEJO REGIONAL DA FERTILIDADE DE SOLOS AGRÍCOLAS TROPICAIS...	91
Eder de Souza Martins; Antonio Felipe Couto Junior; Vinicius Vasconcelos	

RESUMOS

CARACTERIZAÇÃO DE FLOGOPITITOS E OUTRAS ROCHAS ENCAIXANTES DAS MINERALIZAÇÕES DE ESMERALDA DE CAMPO FORMOSO E PINDOBAÇU (BA) COMO FONTES DE POTÁSSIO E MULTINUTRIENTES PARA REMINERALIZAÇÃO DE SOLOS	103
--	-----

Magda Bergmann; Alessandra Blaskowski; Carlos Augusto Posser Silveira; Maria Abadia Camargo; Margarete Wagner Simas; Oliveira Cavalcante

PANORAMA DOS FERTILIZANTES NO BRASIL: UMA JUSTIFICATIVA PARA A ROCHAGEM	109
---	-----

David Siqueira Fonseca

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AGROMINERAIS/ REMINERALIZADORES DE SOLOS PARA VITICULTURA SUSTENTÁVEL NA FRONTEIRA OESTE, RS, BRASIL.....	115
---	-----

Rosemary Hoff; Magda Bergmann; Maria Tarciana Pereira da Cruz; Carlos Augusto Posser Silveira

POTENCIAL DAS ROCHAS DAS PILHAS DE REJEITOS DA MINERAÇÃO FERBASA-CIA DE FERROLIGAS DA BAHIA COMO CORRETIVOS E REMINERALIZADORES DE SOLO	121
---	-----

Alessandra Elisa Blaskowski; Magda Bergmann; Carlos Augusto Posser Silveira; Jérémie Garnier; Maria Abadia Camargo; Oliveira Américo Cavalcante

ANÁLISES PETROGRÁFICAS, PROSPECÇÃO GEOFÍSICA E GEOBOTÂNICA: PONTENCIALIDADE AGROGEOLÓGICA DA PORÇÃO CENTRAL DO ESTADO DO TOCANTINS	129
--	-----

Gustavo Rosa de Almeida

ZONEAMENTO AGROGEOLÓGICO NO POLO DE FRUTICULTURA DE LIVRAMENTO DE NOSSA SENHORA E DOM BASÍLIO: UMA ABORDAGEM NO SEMI-ÁRIDO	135
--	-----

Maria Angélica Barreto Ramos, Maria Adelaide Mansini Maia, Edgar Shinzato, Marcelo Eduardo Dantas

TEMA 3 - INTEMPERISMO DE MINERAIS E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES ... 141

PALESTRAS

MICROBIAL INTERACTIONS WITH FELDSPARS – A CATALYST FOR NUTRIENT RELEASE	143
---	-----

David Andrew Charles Manning; Joana Baptista

USO TECNOLÓGICO DO INTEMPERISMO	151
---------------------------------------	-----

Antonio Carlos de Azevedo

RESUMOS

É POSSÍVEL AUMENTAR A REATIVIDADE DE REMINERALIZADORES SEM DIMINUIR TAMANHO DE PARTÍCULA?	163
---	-----

Mayara Marques Carneiro; João José Cardinali Ieda; Antonio Carlos de Azevedo

MODIFICAÇÕES MINERALÓGICAS EM UM REMINERALIZADOR APLICADO NO SOLO EM CAMPO: RESULTADOS PRELIMINARES.....	169
Marina Elias Cury; Rafael Cipriano da Silva; João José Cardinali Ieda; Antônio Carlos de Azevedo	

DINÂMICA DE LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES EM COLUNAS DE LIXIVIAÇÃO A PARTIR DE ROCHA VULCÂNICA HIDROTHERMALIZADA, RINCÃO DOS FRANCOS, BAGÉ/RS	173
Matheus Farias Grecco; Adilson L. Bamberg; Magda Bergmann; Carlos Augusto Posser Silveira; Rosane Martinazzo; João A. Toniolo; Andrea Sander; Thais W. Kohler; Victoria S. Mathias	

CARACTERIZAÇÃO E DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES DAS FRAÇÕES MINERAIS MESOCRÁTICA E LEUCOCRÁTICA DE GRANITÓIDES DA REGIÃO DE MONTE BONITO, PELOTAS, RS.....	179
Matheus Farias Grecco; Adilson L. Bamberg; Magda Bergmann; Carlos Augusto Posser Silveira; Rosane Martinazzo; L. F. S. Pinto; Victoria S. Mathias	

TEMA 4 - INTERAÇÃO MINERAL - PLANTAS - MICRO-ORGANISMOS 187

PALESTRAS

ROCHAS FOSFATADAS E POTÁSSICAS COM MICRO-ORGANISMOS E MATÉRIA ORGÂNICA.....	189
Newton P. Stamford	

RESUMOS

AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO MICELIAL E ESPORULAÇÃO DE ISOLADOS DE <i>Trichoderma spp.</i> EM PRESENÇA DE DIFERENTES FONTES INORGÂNICAS E ORGÂNICAS.....	205
Yasmin dos Santos Lourenço; Glaucia de Figueiredo Nachtigal; Carlos Augusto Posser Silveira; Rosane Martinazzo; Adilson Luís Bamberg	

ÉPOCAS DE APLICAÇÕES DE FOSFORITA ALVORADA, CAMA DE AVIÁRIO E MICRO-ORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATO.....	211
Renato Yagi; Thainara Camila Fernandes de Quadros; Diva Souza Andrade	

TEMA 5 - AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE REMINERALIZADORES 217

PALESTRAS

PROTOCOLO PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE REMINERALIZADORES DE SOLO – UMA PROPOSTA DA EMBRAPA.....	219
Carlos Augusto Posser Silveira; Adilson Luis Bamberg; Rosane Martinazzo; Clenio Nailto Pillon; Éder de Souza Martins; Clause F. de Brum Piana	

RESUMOS

ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO SOB CULTIVO DE SOJA E SORGO SUBMETIDO AO USO DE BASALTO MOÍDO.....	241
Nayra Thaís Ferreira Batista; Vilmar Antonio Ragagnin; Eduardo Hack; Andréa Luiza Görgen; Éder de Souza Martins	

EFEITO DO XISTO RETORTADO EM ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO. PARTE I - ESTOQUES DE CARBONO E DE NITROGÊNIO	249
Cristiane Mariliz Stöcker; Alex Becker Monteiro; Pablo Lacerda Ribeiro; Sandro José Giacomini; Rosane Martinazzo; Carlos Augusto Posser Silveira; Adilson Luís Bamberg	
EFEITO DO XISTO RETORTADO EM ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO. PARTE II - ATRIBUTOS DE FERTILIDADE	255
Cristiane Mariliz Stöcker; Alex Becker Monteiro; Pablo Lacerda Ribeiro; Sandro José Giacomini; Rosane Martinazzo; Carlos Augusto Posser Silveira; Adilson Luís Bamberg	
EFEITO DO XISTO RETORTADO EM ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO. PARTE III - ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS.....	263
Cristiane Mariliz Stöcker; Alex Becker Monteiro; Pablo Lacerda Ribeiro; Sandro José Giacomini; Rosane Martinazzo; Carlos Augusto Posser Silveira; Adilson Luís Bamberg	
AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIZAÇÃO DE ELEMENTOS NUTRIENTES DO PÓ DE BASALTO VIA ADUBAÇÃO VERDE DE INVERNO E DE FEIJÃO COMO CULTURA DE VERÃO	269
Pedro Henrique de Castro Borges; Fábio Júnior Pereira da Silva; André Mundstock Xavier de Carvalho	
MELHORAMENTO DO CAMPO NATIVO COM A UTILIZAÇÃO DA ROCHAGEM	275
Gustavo Kruger Gonçalves; Eder Dambros; Nathalia Joughard Pozzebon; Kaway dos Santos Guedes; Francielly Baroni; Henrique Vizzoto Caleffi; Jerson Luiz Torres Aguer; Leonardo de Melo Menezes; Fabio Luiz Jacobsen;	
EFICIÊNCIA DO REMINERALIZADOR EM DOIS TIPOS DE SOLO E MANEJOS NOS PARÂMETROS BIOMÉTRICOS E TECNOLÓGICOS DA SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR	281
Miriam Büchler Tarumoto; Otavio Bagio Rossato; Carlos Alexandre Costa Crusciol	
ESTUDO PRELIMINAR DE APLICAÇÃO DE BASALTO COM ZEÓLITAS COMO REMINERALIZADOR DE SOLO EM PLANTIO DE EUCALIPTO	287
Claudete Gindri Ramos; Adilson Celimar Dalmora; Zeferino Chielle; Fagner T. Campos de Sá; Gelsa E. N. Hidalgo; Ivo A. H. Schneider; Rubens M. Kautzmann	
EFEITO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E SUBPRODUTO DA EXPLORAÇÃO DE CALCÁRIO SOBRE O pH, Ca E Mg DO SOLO E NA PRODUÇÃO DE MASSA SECA DO MILHO	293
Marlon Rodrigues; Carlos Augusto Posser Silveira; Ledemar Carlos Vahl	
EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE REMINERALIZADORES NA PRODUÇÃO DE MORANGUEIRO E A DINÂMICA DE NUTRIENTES EM ÁREA DE ELEVADA FERTILIDADE CONSTRUÍDA	299
Vanessa Fernandes Araujo; Roberta Volz Krause; Simoni Becker; Gerson Kleinick Vignolo; Clause Fátima de Brum Piana; Carlos Augusto Posser Silveira	

EFEITO DA ROCHAGEM NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS DE BATATA	305
D.T. Moreira; M.R. Soares; A.F. Amaral; S.D. Sartorio	
DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE UM REMINERALIZADOR DE SILTITO	311
Yasmin Isidoro Carneiro; Roseclénia Alves Santos; João José Cardinali Ieda; Renata Alcarde Sermarini; Antônio Carlos de Azevedo	
APLICAÇÃO DE ROCHA FONOLITO COMO FONTE DE K E Na EM PLANTIO DE EUCALIPTO	317
Fábio Henrique Silva Floriano de Toledo; Yesid Alejandro Mariño Macana; Gabriel Antério do Nascimento; Ana Clara Cuco Giocondo Teixeira; Alexandre de Vicente Ferraz; Eric Victor de Oliveira Ferreira; Fernando Guerra; José Leonardo de Moraes Gonçalves	
CICLAGEM DE K E Na VIA FOLHEDO EM PLANTIO DE EUCALIPTO FERTILIZADO COM FONOLITO	323
Fábio Henrique Silva Floriano de Toledo; Yesid Alejandro Mariño Macana; Gabriel Antério do Nascimento; Ana Clara Cuco Giocondo Teixeira; Alexandre de Vicente Ferraz; Eric Victor de Oliveira Ferreira; Fernando Guerra; José Leonardo de Moraes Gonçalves	
UTILIZAÇÃO DE REMINERALIZADOR DE SOLOS NO MANEJO AGROECOLÓGICO DO FEIJÃO-CAUPI	329
Tatykelly Alves Borges; Fred Newton Silva e Souza; Juliana Mariano Alves	
USO DE REMINERALIZADORES DE SOLO PARA PRODUÇÃO DA PALMA FORRAGEIRA NO SEMIÁRIDO BAIANO.....	337
Fernanda de Paula Medeiros; Suzi Huff Theodoro	
SISTEMATIZAÇÃO DE EXPERIÊNCIAS DE AGRICULTORES FAMILIARES COM PÓ DE BASALTO	345
Pedro Henrique de Castro Borges; Fábio Júnior Pereira da Silva; André Mundstock Xavier de Carvalho	
USO DE REMINERALIZADOR DE SOLOS POR AGRICULTORES FAMILIARES EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE ABACAXI	351
Fred Newton da Silva Souza; Juliana Mariano Alves	
EFEITO RESIDUAL DO PÓ DE ROCHA NEFELINA SIENITO NO CULTIVO DE TREMOÇO (<i>Lupinus albus</i>)	359
Julio Cesar Raposo de Almeida; Omar Vieira Vilella; João Luis Gadioli; Ana Aparecida da Silva Almeida; Hélio Minoru Takada; Carlos Moure Cícero; Vanilda Luciene de Faria Santos; Luiz Valério de Castro Carvalho; Carlos Moure Cícero; Aluisio Ramos Ferreira	
MIGRAÇÃO DE Ca^{2+} TROCÁVEL NO PERFIL DO SOLO APÓS APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA EM PLANTIO DE EUCALIPTO	365
Yesid Alejandro Mariño Macana; Fábio Henrique Silva Floriano de Toledo; Alexandre de Vicente Ferraz; Eric Victor de Oliveira Ferreira; José Renato Drago; Gabriela Moreira; José Leonardo de Moraes Gonçalves	

**TEMA 6 - DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS A BASE DE
REMINERALIZADORES DE SOLO E PERSPECTIVAS FUTURAS 371**

PALESTRAS

**USO DE REMINERALIZADORES NO PROCESSO DE
COMPOSTAGEM DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS373**

Celso Aita; Diego Antonio Giacomini

**O USO DE REMINERALIZADORES DE SOLO NAS PROPRIEDADES
AGRICOLAS FAMILIARES DO PARANA.....387**

Fábio Júnior Pereira da Silva

**USO DE REMINERALIZADORES NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS
DEGRADADAS: ESTUDO DE CASO DO RESERVATÓRIO DE TRÊS
MARIAS/MG395**

Suzi Huff Theodoro; Fernanda de Paula Medeiros

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO: EXPERIÊNCIAS DA EMBRAPA
CLIMA TEMPERADO403**

Rosane Martinazzo; Adilson Luis Bamberg; Carlos Augusto Posser Silveira

RESUMOS

**USO DE MISTURA DE AGROMINERAIS SILICÁTICOS (BLENDS)
COMO FONTE DE K PARA A CULTURA DA SOJA417**

Maria Inês Lopes de Oliveira; Mariana Bassetto Gabos; Eder de Sousa Martins; Albano Leite

**EFEITO DE DIFERENTES SUBSTRATOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS
DE ALFACE.....421**

Nayra Thaís Ferreira Batista; Vilmar Antonio Ragagnin; Eduardo Hack; Andrea Luiza Görden

**NUTRIÇÃO DE MILHO APÓS ADIÇÃO DE SIENITO E SUBSTÂNCIAS
HÚMICAS427**

Luiz Fernando dos Santos; Lucas Leal Machado; Lucas Rodrigues; Fernando

Fabriz Sodré; Éder de Souza Martins; Jader Galba Busato

**USO DE SIENITOS PROCESSADOS HIDROTERMICAMENTE
(HYDROPOTÁSSIO) COMO FONTES DE K E CONDICIONADORES DE SOLO435**

Mariana Bassetto Gabos; Maria Inês Lopes de Oliveira; Luiz Fernando dos

Santos; Eder de Souza Martins; Albano Leite; Ingo Wender

REDAÇÕES

REMINERALIZE A TERRA.....443

Diulie Talita Moreira

REMINISCÊNCIA DA FERTILIDADE447

Gustavo Rosa de Almeida

UMA VISÃO PARA O FUTURO DOS REMINERALIZADORES DE SOLO451

Leandro Silva Lemos

PÓ DE ROCHA, O FUTURO DA AGRICULTURA.....453

Ricardo Maahs

DOS PÓS DE ROCHA AOS REMINERALIZADORES: PASSADO, PRESENTE E DESAFIOS¹

Clenio Nailto Pillon²

¹Síntese de palestra de abertura do III Congresso Brasileiro de Rochagem

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Clima Temperado - clenio.pillon@embrapa.br

A AGRICULTURA BRASILEIRA

Nos últimos quarenta anos, o agro brasileiro experimentou talvez a maior revolução de todos os tempos a partir especialmente de avanços consistentes de produtividade e, em consequência, de produção. Ao final dos anos 1960 e início dos anos 70, éramos grandes importadores de alimentos. À época, produzíamos menos de 500 kg de cereais por habitante ano.

Grande parte dos avanços foram predominantemente lastreados pela incorporação de conhecimentos e soluções tecnológicas desenvolvidas pelas instituições públicas e privadas que compõem o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária e pelos próprios agricultores, a exemplo do sistema plantio direto, embora a expansão da fronteira agrícola, especialmente na região sul e na região do cerrado também tenha contribuído, porém em menor grau.

A revolução tecnológica experimentada no Brasil, embora tenha contribuído para a redução da população no campo a partir da concentração da terra e do capital, foi fundamental para garantirmos segurança alimentar e nos tornamos uma referência mundial em agricultura tropical e subtropical, dispondo de invejáveis mais de uma tonelada de cereais por habitante ano. Avanços inegáveis foram obtidos em quase uma centena de programas de melhoramento genético vegetal e animal, bem como no desenvolvimento e adoção de boas práticas para os sistemas de produção.

O Brasil verdadeiramente é um país sustentado pela sua agricultura. Ao longo dos últimos anos, o setor que garante a segurança alimentar do país e ainda gera excedentes para exportação cresceu a taxas superiores aos demais setores da economia. Em 2015, segundo dados do IBGE, enquanto o agro experimentou 1,8% de crescimento, todos os demais segmentos encolheram.

A introdução do sistema plantio direto na palha ainda na década de 1970, sua consolidação ao longo dos anos 80 e 90, ainda que motivada pela ocorrência de processos erosivos insustentáveis, representa outro exemplo de tecnologia que transformou a agricultura nacional em referência para o mundo quanto à adoção de estratégias de manejo conservacionista do solo e da água.

Este sistema, cujos princípios incluem o mínimo revolvimento do solo, a rotação de culturas e raízes, a manutenção da palhada em superfície, a adoção de práticas mecânicas para controle da enxurrada e da erosão, permite a racionalização do uso de insumos, redução dos custos de produção e da queima de combustíveis fósseis, aumento da eficiência produtiva e do

uso da água, dentre outras e ainda permite balanços ambientais mais favoráveis, a exemplo do sequestro líquido de carbono orgânico no solo de, em média, pelo menos 0,5 ton de C por hectare ano.

A demanda mundial crescente de alimentos, que caminha no vácuo da evolução para mais de nove bilhões de consumidores em 2050, provoca reflexão sobre qual será a agricultura do futuro capaz de garantir segurança alimentar e nutricional ao mundo e, ao mesmo tempo, gerar bases para o uso e manejo sustentável dos recursos naturais e da biodiversidade, incluindo as fontes, processos e estratégias de suprimento de nutrientes.

A melhor forma de “prever o futuro” será construí-lo, antecipando ao limite as mudanças de procedimentos e hábitos para tal. A sociedade cada vez mais carregará a expectativa de que a agricultura seja multifuncional.

Certamente não será um desafio qualquer, pois o processo de urbanização retirará mais 5% da população hoje presente no campo até 2030, quando 90% da população brasileira estará concentrada nos centros urbanos, reduzindo grandemente a disponibilidade de mão-de-obra. Este “driver” forçará cada vez mais a incorporação de tecnologias no campo da mecanização de processos e da automação, incluindo a utilização de serviços e sistemas inteligentes (tecnologia de informação e comunicação) com base em sensores e na “internet das coisas”.

Especialmente a partir dos últimos dez anos, a sociedade tem emitido sinais claros de que será preciso continuar produzindo alimentos em quantidade, porém que garantam a promoção da saúde e da qualidade de vida, com inocuidade e segurança ao consumidor. Para além do suprimento de calorias diárias necessárias à vida, a sociedade cada vez mais terá expectativa de ampliar sua longevidade e qualidade de vida a partir do consumo de alimentos saudáveis, nutricionais e funcionais.

Tal perspectiva remete a adoção de princípios da agronomia e de boas práticas de manejo dos recursos naturais e da biodiversidade nos sistemas de produção, bem como a redução da dependência da nossa agricultura aos insumos químicos sintéticos a partir da valorização, desenvolvimento e incorporação de conhecimentos e tecnologias com base cada vez mais na ecofisiologia, na bioquímica, na ecologia e na própria agronomia.

A DEPENDÊNCIA DOS INSUMOS

Apesar dos consideráveis avanços em produção, produtividade, eficiência e até de sustentabilidade em diversos sistemas de produção, nossa agricultura ainda apresenta alta dependência a importação de insumos, especialmente matérias-primas fertilizantes e princípios ativos para manejo de pragas. Segundo ANDA (2015), as importações de fertilizantes em 2015 se aproximaram de 21 milhões de toneladas. Considerando o “ranking” mundial de consumo, neste mesmo ano o Brasil ocupou o quarto lugar, o que representa 7,4% de todo fertilizante comercializado mundialmente. China (29,2%), Índia (13,5%) e Estados Unidos (11,2%) ocuparam as três primeiras posições, respectivamente.

Pesados investimentos foram realizados ao longo dos últimos anos, especialmente pela iniciativa privada, para ampliação da produção nacional de fertilizantes. Entretanto, as importações em relação às vendas internas representaram, em média para os últimos cinco anos, 70% (ANDA, 2015), o que expõe o país às oscilações de preços internacionais e aumento do

peso dos fertilizantes nos custos de produção para a maioria dos produtos agrícolas, bem como coloca em cheque a soberania alimentar do país. Rússia (25,8%), Estados Unidos (12,2%), Canadá (11,4) e Marrocos (11,0%) representam as principais origens das matérias-primas fertilizantes para o Brasil. Adicionalmente, existe grande concentração de empresas produtoras de matérias-primas fertilizantes e de produtos intermediários no Brasil. Segundo a ANDA (2015), as empresas Vale Fertilizantes (58,9%), Anglo American Fosfatos (11,8%) e Petrobras (7,6%) concentravam à época cerca de 78,3% da produção nacional. Este contexto reforça a importância do país desenvolver e reforçar estratégias territoriais de valorização de suas fontes de nutrientes, em adição ao aprimoramento e adoção de boas práticas agrícolas que contribuam para a sustentabilidade dos agroecossistemas.

AGRICULTURA, CIÊNCIA E SOCIEDADE

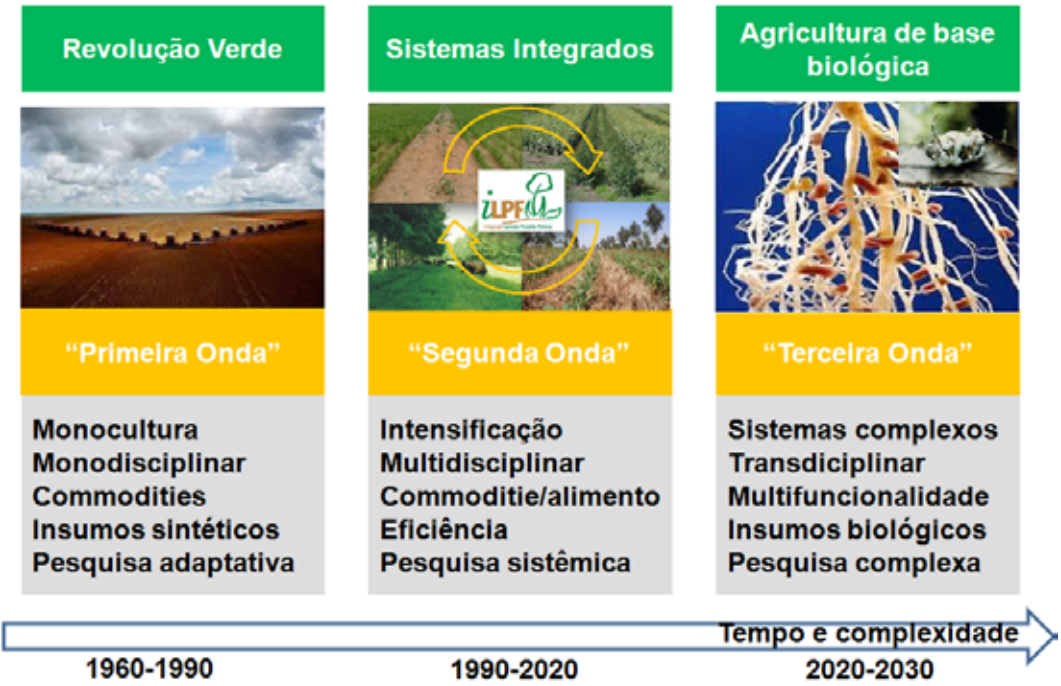
Compreender e interpretar as mudanças pelas quais passam nossa percepção de agricultura, ciência e sociedade, significa primeiro perceber que há uma íntima e complexa associação entre estes elementos. Verdadeiramente, não há como segmentar os avanços científicos e tecnológicos da evolução observada na agricultura ao longo do tempo e das suas reais consequências sobre as percepções da sociedade sobre o papel da agricultura e suas conexões com as mudanças climáticas, com a sustentabilidade, com onexo alimento-nutrição-saúde-qualidade de vida, com os conceitos modernos de territorialidade, dentre outros.

Os sinais e os desafios que a sociedade nos apresenta daqui para o futuro passam por uma agricultura capaz não somente de produzir alimentos em quantidade e qualidade, mas também ofertar fibras, energia e serviços ambientais a partir do uso sustentável e eficiente dos recursos naturais, da adoção de boas práticas agrícolas que valorizem os princípios da agronomia, como a rotação de culturas, o manejo integrado de pragas, o sistema plantio direto, dentre outras, de forma a promover a redução do uso de combustíveis fósseis e a manutenção ou ampliação da biodiversidade.

Naturalmente, ao longo do tempo, os conceitos e visões se alteram em função dos avanços científicos e tecnológicos sob a perspectiva da ciência. Porém, esta compreensão não pode prescindir da necessária interpretação dos sinais que a sociedade aponta. Desde a agricultura mais primitiva, que se utilizava especialmente do fogo para rápida disponibilização dos nutrientes presentes nos resíduos culturais (baixa complexidade) às plantas cultivadas, até o presente uso de organismos capazes de retirar nitrogênio atmosférico e incorporá-lo ao tecido vegetal das plantas (elevada complexidade), passando pelos fertilizantes solúveis e, mais recentemente, pelos remineralizadores de solo, houve considerável ampliação de complexidade e inter-relação entre os processos físicos, químicos e biológicos. Embora seja de difícil percepção, estamos vivendo uma mudança de paradigma, partindo de uma agricultura baseada em insumos e quase que somente preocupada com a produção de alimentos para uma visão de agricultura baseada em processos, onde o entendimento sobre as complexas interações entre o sistema solo-água-planta-atmosfera-organismos será fundamental para a racionalização do uso de insumos na agricultura, bem como para a redução de dependência a sua importação.

Para melhor compreensão e análise da co-evolução agricultura, ciência e sociedade, faremos um recorte temporal e meramente didático da realidade ao longo dos últimos 50 anos, de forma a podermos projetar a agricultura e os desafios pra o futuro.

Figura 1. Representação esquemática das etapas da evolução da agricultura moderna – mudança de paradigmas.



REVOLUÇÃO VERDE (PRIMEIRA ONDA)

Considerado um dos períodos de maior expansão da fronteira agrícola do Brasil (1960-1990) (Figura 1), especialmente pela ocupação do cerrado brasileiro, o modelo agrícola se caracterizou pela intensificação da mecanização agrícola, pela monocultura, pelo intenso preparo de solo e pela adoção de pacotes tecnológicos baseados em insumos sintéticos, dentre os quais o calcário, os fertilizantes solúveis (NPK) e agrotóxicos.

Neste período, o desafio mais importante para o país era a segurança alimentar, pois o Brasil era até então grande importador de alimentos. Pesados investimentos públicos, como a criação da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) em 1973, a EMBRATER (Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural) e a interiorização das universidades públicas federais e estaduais, elementos decisivos para a estruturação do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), foram realizados. Os fortes investimentos privados, especialmente das multinacionais nos setores de máquinas agrícolas, fertilizantes, genética vegetal, agrotóxicos e afins, ajudaram o Brasil a se consolidar como um dos maiores produtores mundiais de alimentos neste período.

Do ponto de vista científico e tecnológico, as principais questões a serem respondidas pelos projetos focalizavam o desenvolvimento e adaptação de cultivares às condições edafocli-

máticas das diferentes partes do território nacional, os ajustes nas doses da adubação NPK para os diferentes cultivos e ajustes no manejo de pragas baseado especialmente em agrotóxicos.

Além da pesquisa com visão monodisciplinar e de caráter adaptativa que, quando validada, era difundida pelos técnicos das empresas de assistência técnica e extensão rural (ATER) e da ênfase aos ganhos incrementais em produtividade por meio da genética e do uso massivo de insumos, houve avanços igualmente importantes em agendas altamente portadoras de futuro e de alta vanguarda científica e tecnológica ao seu tempo, em duas vertentes: i) desenvolvimento da fixação biológica de nitrogênio em leguminosas e gramíneas, com destaque para a cultura da soja; ii) introdução, desenvolvimento e consolidação do sistema plantio direto, especialmente no final dos anos 80 e década de 90.

Sob a ótica social e capitalista, a revolução verde cumpriu parcialmente seu papel, pela ampliação significativa da produção de alimentos (de importador a exportador de commodities) e pela consolidação de diversas cadeias de valor no agro brasileiro, a exemplo da cadeia de proteína animal, da soja, da cana e do açúcar, do algodão, do arroz, dentre outras. Por outro lado, os impactos negativos da monocultura, do preparo intensivo do solo, visíveis pelos processos erosivos e pelo grande contingente de áreas degradadas, o uso de agrotóxicos sem base em monitoramento e como única estratégia de convivência com as pragas, foram e ainda são muito perceptíveis pela sociedade. Adicionalmente, a revolução verde consolidou-se no imaginário como uma agricultura “altamente eficiente”, mas dependente de insumos e de escala para ser competitiva, cujas externalidades foram a exclusão de um grande contingente de agricultores do campo e a degradação de terras não aptas ao uso intensivo para produção de grãos.

SISTEMAS INTEGRADOS (SEGUNDA ONDA)

A monocultura, uma espécie de “especialização da produção”, cunhada como estratégia ao longo da “revolução verde”, gradualmente cede e continuará cedendo lugar aos sistemas integrados e rotacionados de produção. Tais sistemas apresentam menor risco às mudanças de tempo e clima, permitem melhor convivência com as pragas, são mais eficientes no uso da água e da energia e ainda permitem melhor ciclagem de nutrientes e de carbono, dentre outros.

Em contraponto à expansão da agricultura sobre novas fronteiras agrícolas, ainda que esta continue ocorrendo em algumas regiões do país (metade sul do Rio Grande do Sul) e especialmente na região do MATOPIBA (Mato Grosso, Maranhão, Piauí, Bahia e Tocantins), há visível alteração de formato tecnológico ao longo das últimas duas décadas (1990-2017) (Figura 1), com fortalecimento da adoção em larga escala dos sistemas integrados de produção, incluindo cereais, pecuária (Integração Lavoura-Pecuária - ILP) e, por vezes, produção florestal (Integração Lavoura-Pecuária-Floresta - ILPF). Na agricultura familiar, já é frequente a adoção de sistemas agroflorestais (SAFs), os quais podem ser sustentáveis se bem manejados e integrados a produção animal de forma a se reciclar resíduos culturais e dejetos animais.

Os sistemas integrados e rotacionados são comumente mais intensivos em conhecimento e complexidade quando comparados à monocultura, porém menos demandantes em insumos, pois permitem melhor aproveitamento e ciclagem de nutrientes oriundos dos resíduos culturais e da produção animal. Adicionalmente, tendem a ser mais eficientes no uso da água, demandam menor consumo energético e permitem uma melhor convivência com as pragas, ra-

cionalizando o uso de agrotóxicos. Pela integração na produção, é possível produzir alimentos, fibras, proteína animal e energia, dentre outros, na mesma área, garantindo bem estar animal nos sistemas de ILPF. Geralmente, seu manejo exige visão multidisciplinar na geração de novos conhecimentos e soluções tecnológicas. Por exemplo, enquanto que em um monocultivo podemos simplesmente ajustar a adubação NPK, nos sistemas integrados é preciso desenvolver estratégias para o manejo da fertilidade para o sistema, o que torna os desafios científicos e tecnológicos maiores e mais complexos, exigindo métodos de pesquisa sistêmicos e trabalho em rede multidisciplinar e interinstitucional focalizados na eficiência dos sistemas.

Embora ainda em fase de ampliação e consolidação, os sistemas integrados e rotacionados, este formato tecnológico é melhor percebido pela sociedade, pois: i) permite perceber com maior clareza a multifuncionalidade da agricultura; ii) permite balanços ambientais mais favoráveis, especialmente de carbono; iii) melhora a eficiência do uso dos recursos naturais; iv) garante ganhos no bem estar animal; v) permite reduzir o impacto dos estresses climáticos e; vi) notadamente reduzem o uso de insumos agrícolas, especialmente fertilizantes e agrotóxicos. Dentre exemplos robustos do avanço destes sistemas no Brasil, destacam-se o cultivo especialmente da soja integrada com a produção animal com base em pastagem e em rotação ao tradicional cultivo do arroz irrigado na metade sul do Rio Grande do Sul e, os sistemas de ILP/ILPF no planalto central brasileiro, incluindo a rotação soja e milho, integrada com a produção de pastagem, geralmente braquiária e produção de bovinos de carne e ou leite.

AGRICULTURA DE BASE BIOLÓGICA (TERCEIRA ONDA)

Para os próximos anos, há clara sinalização da sociedade para cinco direcionamentos, os quais devem permear a agenda de prioridades das instituições de ciência, tecnologia e inovação: i) mudanças climáticas; ii) sustentabilidade; iii) geração de valor; iv) subsídio a políticas públicas e; v) alimento-nutrição-saúde.

Além da preocupação com os impactos das mudanças climáticas sobre a produção de alimentos, sobre a dinâmica dos ecossistemas e biomas e sobre as populações especialmente mais pobres, haverá cada vez maior atenção ao uso pouco eficiente dos recursos naturais (solo, água, atmosfera, biodiversidade fontes energéticas), o que demandará inovações orientadas para a valorização dos mecanismos e processos biológicos em detrimento do uso de insumos externos. Adicionalmente, as soluções tecnológicas a serem desenvolvidas, além de ambientalmente amigáveis, deverão apresentar grande capacidade de gerar valor tangível e intangível à sociedade.

Ademais, haverá cada vez maior clareza da vinculação entre alimento, nutrição e saúde. Neste contexto, o alimento deixará de ser percebido como “mercadoria necessária”, passando a ser entendido como “promotor de qualidade de vida, saúde e bem estar”. Para tal, haverá maior interesse da população sobre o formato tecnológico com que o alimento é produzido, sua origem territorial e vinculação sociocultural, bem como maior atenção aos mecanismos e estratégias de rastreabilidade e certificação, incluindo a adoção de boas práticas agrícolas e uso de insumos externos.

Evidente que aqui não se trata de prever o futuro, mas sim analisar e contextualizar os sinais que a sociedade nos aponta, bem como inferir sobre eventuais desdobramentos ao papel da agricultura e seus impactos sobre a agenda de pesquisa, desenvolvimento e inovação, foca-

lizada nos formatos tecnológicos e padrão de uso de insumos, partindo de uma agricultura até então provedora de alimentos para uma agricultura promotora de saúde e qualidade de vida. Exemplos destes sinais são a forte preocupação da sociedade quanto ao uso de agrotóxicos e de organismos geneticamente modificados na agricultura, o que pode ser interpretado como um poderoso “driver” que reforçará as bases de uma “terceira onda” na agricultura.

Embora possa ainda ser percebida quase que como “utopia” para os mais céticos, a “ecologização” da agricultura será cada vez mais imperiosa, por várias questões: i) pressão da sociedade por alimentos mais saudáveis; ii) aumento do custo de obtenção de novas moléculas sintéticas para uso na agricultura, especialmente para convivência com pragas; iii) aumento da resistência de pragas a estas moléculas; iv) ampliação dos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação em ativos de base biológica, privados e públicos.

Comparativamente aos formatos tecnológicos que alicerçaram a revolução verde e ainda lastreiam a adoção de sistemas integrados, as bases científicas da agricultura de base biológica são mais complexas (Figura 1) e exigem conhecimentos altamente especializados em química, bioquímica, fisiologia e ecofisiologia, porém altamente integrados e lastreados pela recuperação dos princípios da agronomia e da agroecologia, muitas vezes simplesmente substituídos por algum insumo sintético disponível.

A geração de ativos de base biológica e o desenho de sistemas sustentáveis de produção demandam o domínio de relações complexas e redes robustas transdisciplinares (“redes das redes”). Adicionalmente, exige mudança de modelo mental do cartesiano ao holístico, domínio de métodos e indicadores de elevada complexidade, bem como humildade para “observar” o que a natureza já “sabe”.

Embora em nosso “modelo mental” ativos tangíveis (sementes, fertilizantes, inoculantes e agrotóxicos) costumam ser mais “perceptíveis” quanto ao seu impacto sobre o processo de produção, estudos recentes demonstram que mais de 70% dos avanços obtidos pelo agro brasileiro são resultantes da incorporação de conhecimentos e boas práticas para o sistema de produção, considerados ativos intangíveis.

Fontes de nutrientes presentes em agrominerais (remineralizadores de solo) de ocorrência em diferentes formações geológicas, muitos dos quais ainda desconhecidos; resíduos culturais; dejetos animais; em adição aos produtos e co-produtos de processos biológicos presentes na natureza, cujos organismos (fungos, bactérias, actinomicetos e micorrizas) são capazes de promover crescimento de plantas, controlar pragas, ampliar a eficiência de absorção de nutrientes, promover a fixação biológica de nitrogênio, dentre outras funções, serão fundamentais para a consolidação desta “nova agricultura”.

Neste contexto, tais fontes poderão desempenhar papel importante, não somente pelos nutrientes que fazem parte de sua composição, mas também pelo estímulo à atividade biológica que sua aplicação ao solo propicia. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, por meio da Lei 12890/2013, remineralizador significa o material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo, por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo.

Inegavelmente, há grande expectativa da sociedade quanto a consolidação da agricultura de base biológica e sua capacidade de produzir alimentos saudáveis em escala suficiente para alimentar a população mundial. Para tal, alguns desafios emergem para a consolidação da “terceira onda” da agricultura, dentre os quais se destacam:

- a. Revisão dos currículos acadêmicos dos cursos da área de agrárias e afins, com maior ênfase a integração de conhecimentos e visão holística, fortalecendo as bases para a construção de modelo mental de agricultura baseado em mecanismos e processos em detrimento daquela baseada especialmente em insumos;
- b. Ampliação dos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação em áreas estratégicas para a consolidação da agricultura de base biológica, especialmente para prospecção de agrominerais com potencial para uso agrícola; prospecção de agentes de biocontrole de pragas; desenvolvimento de ativos tecnológicos com base em promotores de crescimento; fixação biológica de nitrogênio em leguminosas e gramíneas; desenvolvimento de formulações fertilizantes com base em remineralizadores e micro-organismos funcionais, dentre outros;
- c. Ampliar a geração de conhecimentos sobre a interação solo-água-planta-atmosfera-microorganismos com base em ecofisiologia, química, bioquímica, biologia e agrogeologia visando compreender processos e mecanismos associados a agricultura de base biológica e suas interações em sistemas complexos;
- d. Gerar bases de dados, informações, conhecimentos e tecnologias (inteligência territorial estratégica) associadas ao aproveitamento sustentável de resíduos e coprodutos de processos agroindustriais na agricultura em escala territorial;
- e. Ampliar os estudos de eficiência agronômica, segurança ambiental e segurança do alimento para condicionadores de solo, remineralizadores e formulações fertilizantes incluindo fontes minerais, orgânicas e micro-organismos, de forma a promover maior oferta de produtos registrados;
- f. Avançar na geração de dados, informações, conhecimentos e tecnologias de forma a subsidiar revisões e alterações no marco legal e normativo visando ampliar o uso de produtos e processos de base biológica na agricultura e;
- g. Ampliar e consolidar “Redes de Inovação” voltadas à geração de ativos de base biológica por meio de políticas públicas e parcerias público-privadas.

REFERÊNCIAS

ANDA – Associação Nacional para a Difusão de Adubos. **Anuário estatístico 2015**. 175 p. 2015.

TEMA 1 - NORMATIZAÇÃO PARA O USO DE REMINERALIZADORES DE SOLO

PALESTRAS



A CONSTRUÇÃO DO MARCO LEGAL DOS REMINERALIZADORES¹

Suzi Huff Theodoro

Pesquisadora Colaboradora Sênior do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural – PPG-MADER - Universidade de Brasília- UnB - suzitheodoro@unb.br

Resumo: Este trabalho aborda o processo de construção do marco legal relativo aos remineralizadores, viabilizado pela sanção da Lei nº 12.890/2013 e pela edição do Decreto nº 8.483/2014 e da Instrução Normativa 05/2016. A Lei dos Fertilizantes (Lei nº 6.894/1980), que dispõe sobre o uso e comercialização de fertilizantes, foi alterada por esse novo instrumento legal e passou a considerar os pós de rocha ou os remineralizadores de solos como uma nova categoria de insumo agrícola. O uso desse insumo permitirá que o Brasil diminua a sua dependência externa de fertilizantes, trazendo benefícios econômicos, produtivos e ambientais, além de favorecer um melhor desempenho da balança comercial do País. Considerando a enorme geodiversidade brasileira, os remineralizadores tendem a se converter em insumos fartamente disponíveis no Brasil, com custos significativamente menores do que os fertilizantes convencionais. A construção desse arcabouço legal foi possível porque houve o envolvimento de diversas instituições brasileiras, que, por meio de seus representantes, formaram um Grupo de Trabalho, que tem sugerido os mecanismos, as estratégias e as ações que culminaram com o estabelecimento desse novo marco. Este trabalho tem o objetivo de registrar o histórico e o processo de construção deste aparato legal.

Palavras-chave: Leis, Fertilizantes e Remineralizadores

INTRODUÇÃO

As políticas públicas e os incentivos governamentais dirigidos ao setor agrícola têm amenizado um quadro de dificuldades no que se refere à garantia de acesso, de abastecimento e, em última instância, de soberania do Brasil no que diz respeito aos fertilizantes solúveis. Segundo dados do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Brasil é o quarto

1 Este trabalho sintetiza os resultados obtidos pelo Grupo de Trabalho formado no âmbito do Governo Federal, que contou com as seguintes Instituições: Ministério de Minas e Energia (MME), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Ministério de Ciências, Tecnologia e Inovação (MCTI), Petrobras, Embrapa, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Serviço Geológico Brasileiro (CPRM) e Universidade de Brasília (UnB). O comitê foi constituído permanentemente pelos seguintes membros: Cristina Ferreira Correia Silva; David Siqueira, Éder de Souza Martins, Elzivir Azevêdo Guerra, Enir Sebastião Mendes, Hideraldo Coelho, Paulo Sergio Moreira Soares, Tássia de Melo Arraes, além da autora deste trabalho, Suzi Huff Theodoro.

maior consumidor de fertilizantes do mundo², mas possui uma produção pouco significativa (cerca de 2% da produção mundial).

A Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA) divulgou números relativos ao ano de 2015, onde informa que a importação de fertilizantes intermediários alcançou quase 21,1 milhões de toneladas, com uma retração de cerca de 10% sobre o ano anterior. Além da importação, o Brasil produziu 9.115 milhões de toneladas, mostrando um leve incremento em relação ao ano de 2014. O total de fertilizantes consumidos no País, segundo a ANDA, alcançou um pouco mais de 30.200 milhões de toneladas, o que remete aos patamares de 2013 (cerca de 12,3% menos que o ano de 2014). Estes resultados mostram que, apesar de vigoroso, o setor agrícola (em especial o mercado de commodities) foi afetado pela crise que assolou o País.

Porém, dados recentes do Governo mostram que a importação de insumos solúveis já apresenta um aumento de cerca de 10% nos primeiros oito meses desse ano. Estes indicadores podem ser interpretados de pelo menos duas formas. Na primeira, o Brasil continua firme como uma potência agroexportadora de commodities e, por outro lado, o País continua vulnerável no seu setor de maior sucesso econômico, em função da necessidade de importação de grande parte do insumo que necessita e consome. Para além do desafio que essa situação aponta, tais aspectos mostram uma carência no planejamento de longo prazo para o setor, uma vez que os preços dos fertilizantes continuam em ascensão no mercado internacional e o Brasil não tem criado políticas públicas que possam assegurar mecanismos de defesa e de acesso a esses insumos.

Ainda que essa realidade seja recorrente no País, uma alternativa para solucionar, ao menos em parte, o problema de dependência e dos altos custos de aquisição de insumos está relacionada a novas rotas tecnológicas que impliquem no uso de fontes alternativas e regionais. Tais rotas devem ser capazes de, ao mesmo tempo, alterar positivamente os baixos índices de fertilidade dos solos tropicais, altamente intemperizados, e apresentar resultados - em termos de produtividade - compatíveis com a expectativa dos agricultores.

O uso dos remineralizadores, conforme pressuposto da tecnologia da Rochagem, configura-se como uma dessas possibilidades, já que esses insumos comportam-se como um tipo de rejuvenescedor dos solos pobres ou lixiviados, onde o pó de rocha é utilizado para garantir a sua remineralização (Leonardos e Theodoro, 1999). Os resultados obtidos por vários grupos de pesquisa brasileiros atendem a dois requisitos importantes: (i) produtividades compatíveis e, em muitos casos, superiores àquelas obtidas com os fertilizantes solúveis; e (ii) custos de aquisição significativamente menores - cerca de 80 a 60% mais baratos do que os das fontes convencionais. No que se refere às várias pesquisas desenvolvidas no Brasil e no exterior, os resultados têm mostrado que a remineralização dos solos, por meio da adição de macro e micro-nutrientes, derivados de rochas moídas, favorece produções compatíveis e equiparáveis àquelas obtidas com o uso dos fertilizantes solúveis (Leonardos et. al. 1976, Theodoro, 2000, Theodoro e Leonardos 2006 e 2013, Silveira et. al., 2010, Bamberg, et. al., 2013; van Straaten, 2010, Almeida et. al., 2006, 2007; Carvalho, 2012 e Carvalho et al., 2013, Bergman et. al. 2013

2 A Associação Nacional para Difusão de Adubos informa que o consumo de fertilizantes no Brasil é ultrapassado somente pela China, Índia e Estados Unidos, que consomem 55% de todo NPK produzido no mundo. Se somados aos 6% consumidos no Brasil, restam cerca de 39% para os demais países do planeta.

entre outros). Tais resultados fortaleceram as ações para alterar o marco legal, que ocorreu ao longo dos últimos quatro anos. O objetivo deste trabalho é, portanto, registrar o processo que possibilitou a alteração da Lei dos Fertilizantes, inserindo os pós de rocha (remineralizadores) como um insumo agrícola no Brasil.

MARCO LEGAL

A transformação das conquistas obtidas em pesquisas científicas em benefício da sociedade é um processo demorado, além de nem sempre ser levado a termo. Muitos são os fatores que dificultam a apreensão dos resultados práticos de uma pesquisa pela sociedade em geral, entre esses, pode-se citar: (i) falta de comprovação segundo os padrões considerados seguros; (ii) inexistência de interesse econômico em função de produtos ou processos mais eficazes; e (iii) ausência de regulamentação ou normatização, segundo os pressupostos legais.

No que se refere à regulamentação, que visa garantir à sociedade os direitos e deveres comuns, a criação, a alteração ou a edição de uma nova lei é um processo muitas vezes moroso, além de quase sempre conflituoso, uma vez que envolve interesses nem sempre convergentes. Nesse contexto, pode-se afirmar que a inserção dos remineralizadores no texto da Lei dos Fertilizantes foi um grande desafio.

A alteração e criação de novas leis depende de um processo legislativo cheio de barreiras e interesses que são regulados pelos regimentos internos da Câmara dos Deputados e do Senado Federal, além do regimento do próprio Congresso, nas situações em que se exige a votação dos representantes das duas Casas legislativas). Nesse espaço, o confronto e as disputas em torno de determinados temas possibilita a formação de blocos de interesse que se utilizam de diversas formas de convencimento para influenciar os parlamentares em determinados temas. Entre essas atividades, destaca-se o lobby³, que apesar de não ter sido regulamentado no País, tem sido amplamente utilizado no cenário político do legislativo Brasileiro.

No caso da tramitação do Projeto de Lei do Senado (PLS) 212/2012, ou projeto dos remineralizadores, houve a formação de um grupo de apoio expressivo, dentro e fora do Governo, em função das circunstâncias atuais relacionadas à alta demanda por fertilizantes; dos preços ascendentes no mercado internacional; do fato de o Brasil não participar da formação dos preços nesse mercado; e dos resultados científicos que foram se avolumando nos últimos anos.

Nesse aspecto, apesar de tais resultados, havia o sentimento generalizado de que o maior impedimento para o amplo uso dos pós de rocha estava relacionado à inexistência de uma norma jurídica que estabelecesse os parâmetros e as garantias de segurança de uso de tais produtos para a agricultura, já que, até recentemente, o aparato legal que regulava o setor de fertilizantes

3 Este termo, no Brasil, assumiu uma imagem pejorativa, porque normalmente vem sendo associado a negociatas escusas, conchavos, propinas e corrupção. Em muitos países da União Europeia e nos Estados Unidos, essa atividade é regulamentada, o que, em tese, permite que se separe a prática honesta das formas nebulosas que levam à corrupção. Na França, segundo Oliveira (2004), o lobby é visualizado como uma atividade liberal e não está sujeito a leis particulares. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) define o lobby como uma forma de comunicação oral ou escrita com uma autoridade pública que visa influenciar decisões políticas, administrativas e, principalmente, legislativas. Em outras palavras, pode-se dizer que o lobby é um mecanismo legítimo que se constitui em uma forma de defesa de interesses, exercida por determinados grupos de pressão, frente aos tomadores de decisão (Theodoro, 2015).

estava amparado por três instrumentos legais: (i) a Lei dos Fertilizantes (Lei nº 6.894/1980), que contém nove artigos, entre os quais, cita-se o art. 1º, que informa as categorias de fertilizantes, o art. 2º, que atribui ao MAPA a competência para exercer a fiscalização e o art. 4º, que estabelece a obrigatoriedade de registro de estabelecimentos e de produtos; (ii) o Decreto nº 8.059, de 26 de julho de 2013, que alterou o Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que regulamentava a supracitada Lei e que dispunha sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura; e (iii) as Instruções Normativas, especialmente as INs nº 27/2006 (que estabelece limites para contaminantes) e nº 35/2006 (que trata de corretivos e condicionadores), instituídas pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Em nenhum dos três instrumentos legais mencionados havia previsão de uma categoria que possibilitasse o uso, a comercialização ou a fiscalização dos remineralizadores de solos derivados de rochas moídas, já que, por suas características diversificadas, não era possível fazer o seu enquadramento dentro das categorias de insumos existentes (condicionadores, fertilizantes etc.). Mudar essa lacuna nas normas que regulamentam o tema era um fator primordial para tornar viável o uso dos remineralizadores.

HISTÓRICO: A CONSTRUÇÃO DE UM PARADIGMA

A adição de rocha triturada ao solo com finalidades agrícolas já era conhecida na mais remota antiguidade⁴. No início dos anos 2000, um grupo de trabalho formado por representantes de vários setores, universidades e governo discutiu intensamente a possibilidade de inclusão dos pós de rocha em uma instrução normativa a ser editada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Porém, a falta de consenso, em especial no que se refere aos valores admitidos para a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e Capacidade de Retenção de Água (CRA), não permitiu o seu enquadramento legal.

No ano de 2003, por meio de um concurso da Editora Abril (Revista Superinteressante), que lançou uma premiação para divulgar projetos ecológicos (Prêmio Super Ecologia 2003), a Rochagem começou a ganhar destaque na mídia não científica. O Projeto *Fertilização da Terra*

⁴ Leonardos et. al. (1976) relatam um histórico dos estudos e experimentos envolvendo a adição de rocha em solos para fins agrícolas. Segundo os autores, Plínio descreve em detalhes o processo de calagem utilizado na Gália (Russel, 1961). No século XVIII, James Hutton não só recomendava como ele próprio “rochava” com margas e rochas similares sua fazenda na Escócia para que a fertilidade do solo fosse aumentada (Bailey, 1967). Lacroix (1925) chamava atenção ao tremendo potencial de nutrientes contidos na maioria das rochas. Na América do Norte, Graham (1941) sugeria o uso de plagioclásios como fonte de cálcio, baseado em dados experimentais e Keller (1948 e 1950) chamava a atenção para a potencialidade de dezenas de tipos de rochas como fonte de potássio, cálcio e micronutrientes, tendo sido, desde então, ardoroso defensor da prática de Rochagem. Na Rússia, Kalinkin, Chirikov e Pchelkin (cf. Schmok, 1950) investigaram a absorção de potássio de diversos minerais formadores de rocha, chegando a conclusões promissoras. Experimentos realizados por Lewis e Eisenmenger (1948) compararam a resposta de potássio para culturas de curta duração. No Congo, D’Hotmam de Vilieres (1947) recomendava o uso de pó basáltico para rejuvenescimento de solos esgotados das regiões úmidas (Theodoro, 2000). No Brasil, os trabalhos pioneiros foram feitos nos anos de 1950 (Ilchenko, 1955 e Guimarães, 1955). Na década de 1970, Leonardos et. al. (1972), Leonardos e Fyfe (1978). Deve também ser destacado, os trabalhos pioneiros de Adoniel Amparo, Solon Barreto e Paulo D’Andea nos anos de 1980/90.

pela Terra, apresentado pela equipe da UnB, a qual foi resultante da primeira tese de doutorado nesse tema, foi o vencedor na categoria Solo.

No ano de 2004, foi realizada a primeira Conferência Internacional “*Rocks for Crops*”, em Brasília, com a participação de cientistas e pesquisadores dos cinco continentes, com destaque para os seguintes países: Indonésia, Canadá, Quênia, Japão e Portugal, além de brasileiros que já vinham afirmando que a Rochagem era um grande potencial para o País. Nessa Conferência, um dos temas discutidos foi a regulamentação dos pós de rocha no Brasil e o quanto este fato poderia mudar a realidade da agricultura brasileira. Porém, as discussões esbarravam na falta de consenso sobre a eficácia dos materiais geológicos. Um dos resultados da Conferência foi o estabelecimento de uma rede de pesquisadores ao redor do mundo, que teve como objetivo levar adiante as pesquisas, de forma a obter resultados mais contundentes. Outro resultado importante foi a publicação nos anais da Academia Brasileira de Ciências (Nº 78. Volume 4. 2006 - seis artigos no total) de artigos apresentados na Conferência. Outro desdobramento, não menos importante, refere-se à difusão da pesquisa, do potencial e dos benefícios advindos do uso de pós de rocha para a produção agrícola mais sustentável, em meio aos técnicos extensionistas do Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), que participaram do Evento. Além desses técnicos, houve a participação de empresários do setor mineral, professores universitários, estudantes e representantes e Organizações não-Governamentais (ONGs) envolvidos em projetos agroecológicos. Importante destacar que, já naquela época, o assunto era considerado relevante em alguns setores do Governo Federal, uma vez que parte dos recursos para a realização da Conferência foi obtido por meio de repasses do Ministério de Ciência e Tecnologia e do INCRA. Além desses, houve um repasse de recursos do *International Development Research Centre* (IDRC) e *UNESCO Headquarter*.

Nos anos de 2005 e 2008, mais dois trabalhos acadêmicos (uma dissertação de mestrado e uma tese de doutorado) apresentaram resultados sobre o uso de pós de rocha para uso agrosilvopastoril. Knapik (2008) pesquisou os resultados do uso de basalto como alternativa à adubação convencional na produção de mudas de *Mimosa scabrella* Benth e *Prunussellowii* Koehne, na Universidade Federal do Paraná (UFPR), e Fernandez (2008) abordou a viabilidade agrônômica do uso do rejeito de garimpos do Distrito Pegmatítico de Araçuaí/MG, na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Em 2007, ocorreu a segunda Conferência “*Rocks for Crops*”, desta feita no Quênia. Além dos pesquisadores brasileiros, nesse novo Evento houve a participação de representantes de mais de 11 países, incluindo China, Indonésia, Canadá, Reino Unido, Portugal, Quênia, África do Sul, Tanzânia, Zimbábue, Uganda, entre outros. Nessa Conferência, foram definidas algumas diretrizes que deveriam ser conduzidas no âmbito de cada país, incluindo e/ou reforçando a necessidade de regulamentação do uso dos remineralizadores. Essa Conferência também resultou em uma publicação: “*Proceedings of Second International Rocks for Crops Conference*”, editada no Canadá, por Peter van Straaten e Natalie Oram, e que contém 15 artigos científicos.

As Conferências, somadas aos resultados que vinham sendo obtidos de forma mais consistente no Brasil, favoreceram a formação de um grupo de trabalho interinstitucional, composto por pesquisadores e técnicos de governo. No Brasil, as pesquisas vinham sendo desenvolvidas nas Universidades de Brasília (UnB), Federal de Minas Gerais (UFMG) e Federal do Paraná

(UFPR), além de duas Unidades da Empresa brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que começava a formar uma rede de pesquisadores envolvidos com essa temática. Em uma delas, em parceria com a Petrobras. Esse Grupo de trabalho (GT), que foi composto quase que permanentemente por representantes dos Ministérios de Minas e Energia (MME), da Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI), da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), da Petrobras, da Embrapa Cerrados e de Universidades Federais, idealizou e organizou o I Congresso Brasileiro de Rochagem (I CBR), em 2009, em Brasília. Nesse Evento foram apresentados cerca de 60 trabalhos científicos que retratavam os resultados alcançados por pesquisadores, professores e cientistas de várias instituições do Brasil e do exterior.

Um dos principais objetivos do Congresso foi discutir e propor uma regulamentação que enquadrasse os pós de rocha como um insumo agrícola. Mas, em função da resistência por parte de alguns setores do Governo e do agronegócio, a proposta foi severamente questionada em seus fundamentos. Ainda que esse objetivo não tenha sido alcançado, outros resultados foram positivos no âmbito do I CBR. Entre esses, pode-se citar a realização de um curso sobre agrominerais, que, além da disseminação do conhecimento, resultou na formação de novos grupos de pesquisa, os quais, até hoje, têm obtido frutos expressivos. Um exemplo dessa parceria de sucesso foi a formação do grupo de pesquisadores da Embrapa Clima Temperado/RS e do Serviço Geológico Brasileiro, com o apoio financeiro da Petrobras.

Entre os anos de 2009 e 2012, outros cursos e eventos aconteceram no País. Em Goiás, um grupo formado por várias instituições (Embrapa Cerrados, Universidade Federal de Goiás e Instituto Federal de Tecnologia e Ciências de Goiás) deu início a uma série de pesquisas relacionadas a um Arranjo Produtivo Local (APL) agrícola-mineral que vem testando vários tipos de rochas (em especial, basaltos e xistos) com resultados bastante animadores e interessantes, especialmente porque esse grupo não se contrapõe aos pressupostos do agronegócio, que é um setor importante para o desenvolvimento daquela região. No Rio Grande do Sul, ocorreram dois eventos igualmente importantes sobre o tema da Rochagem e que contou com a participação de vários técnicos, cientistas e agricultores (*Rochagem: uma alternativa sustentável aos fertilizantes e a Mineralização dos solos no Brasil*, em Porto Alegre/RS, organizado pela Sociedade Brasileira de Geologia e pela Associação Profissional Sul-Brasileira de Geólogos, e *Insumos para Agricultura Sustentável*, organizado pela Embrapa Clima Temperado, em Pelotas/RS). Ambos os eventos contaram com uma expressiva participação de agricultores, estudantes e cientistas.

Em 2012, uma tese defendida pelo professor André M. de Carvalho na Universidade de Viçosa (berço da agricultura convencional) que abordava o benefício do uso combinado de rochas e micro-organismos, indicou que as restrições mais severas estavam sendo vencidas. O Serviço Geológico do Brasil (CPRM) também tem contribuído com a pesquisa em pelo menos duas frentes: (i) projeto Agrominerais região Irecê e Jaguarari (BA), em parceria com a Codevasf (Bergmann et. al, 2016), e (ii) elaboração do primeiro inventário e cartografia de recursos agrominerais convencionais e alternativos do território brasileiro. A Embrapa Uva e Vinho, também em parceria com a CPRM, vem elaborando um sistema de informações geográficas com a finalidade de formar um banco de dados georreferenciado da produção vitivinícola, incluindo as áreas fonte de material para rochagem (Hoff, et al., 2013). O Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) também tem apoiado projetos que visam o estabelecimento de

padrões seguros do uso de rejeitos das pedreiras de basaltos no Rio Grande do Sul, bem como acrescentou categorias de rochas passíveis de licença mineral para uso como remineralizadores. Todos esses eventos e fatos contribuíram para que as melhores práticas e os resultados obtidos por diferentes iniciativas, com diversos tipos de rochas, fossem difundidos.

Esse somatório de fatos (os resultados científicos obtidos e a repercussão dos vários eventos) fortaleceram um movimento em prol da regulamentação dos remineralizadores e despertaram o interesse do Congresso Nacional Brasileiro. Nesse sentido, no início de 2012, por sugestão do senador Rodrigo Rollemberg (PSB/DF), foi aprovado um requerimento que solicitava a realização de uma Audiência Pública, onde foram convidados representantes de dois ministérios (MME e MAPA), da Universidade de Brasília, da Embrapa e da Mineração Curimbaba, de Minas Gerais (que estava em processo de obtenção da licença de comercialização de um tipo específico de rocha - fonolito - como fonte de potássio). Além do Senador, a Audiência, realizada em fevereiro de 2012 na Comissão de Meio Ambiente do Senado (CMA), contou com a presença de mais oito senadores

O entendimento, por parte dos parlamentares, de que o tema era importante e afetava a soberania e o desenvolvimento do setor agrícola brasileiro, possibilitou a apresentação de um Projeto de Lei do Senado (PLS 212/2012) pelo Senador Rollemberg que, em sua ementa, definia que os remineralizadores seriam incluídos como uma a categoria de insumo agrícola. Conforme o Projeto, “*remineralizador* é o material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo”. O PLS, apresentado à Mesa Diretora do Senado em junho de 2012, teve despacho para uma única Comissão de Mérito do Senado (Comissão de Agricultura e Reforma Agrária – CRA). O parecer proferido pela Comissão teria caráter terminativo, o que equivale dizer que o Projeto não precisaria passar por votação no Plenário do Senado.

O relator, nomeado pelo presidente da CRA, apresentou um parecer favorável ao Projeto com duas emendas, que não alteravam substancialmente o objetivo inicial do Projeto. Uma dessas emendas inseriu os substratos de plantas como um insumo agrícola. Este parecer foi aprovado por unanimidade pelos membros da Comissão, alguns dos quais destacaram o quanto essa iniciativa poderia favorecer o Brasil, quando transformada em Lei. Após a aprovação, o Projeto foi enviado para análise na Câmara dos Deputados, onde recebeu um novo número (PL 4.781/2012) e o despacho para análise em duas comissões (Comissão de Agricultura, Pecuária, Abastecimento e Desenvolvimento Rural - CAPADR e Comissão de Constituição Justiça e Cidadania - CCJC). A CAPADR é formada por parlamentares que possuem muita afinidade com o agronegócio, o que poderia ser um problema, caso seus representantes quisesse alterar mais profundamente o Projeto, já que parte desse setor entende que o uso de rochas moídas não tem comprovação científica suficiente. Porém, tais temores não foram confirmados e vários deputados (incluindo uma parte ligada ao setor mais industrializado da agricultura) apoiaram a proposta, manifestando que essa iniciativa poderia se converter em mais uma oportunidade para o País.

Após a aprovação na CAPADR, o PL foi enviado CCJC que teve parecer pela aprovação. Como havia apoio de diversos setores de governo (MME, MAPA, MCTI, Embrapa, Petrobras,

DNPM, CPRM), com recomendação de aprovação, o Projeto poderia ter sido aprovado rapidamente. Entretanto, na CCJC, sempre ocorrem disputas políticas entre vários atores e interesses, uma vez que, além do mérito, essa Comissão analisa a juridicidade e a constitucionalidade de todos os projetos que tramitam na Câmara. Tais disputas podem inviabilizar a votação de matérias que não possuem consenso entre os líderes dos partidos.

Apesar desse não ser o caso do projeto de lei dos remineralizadores, disputas de outras naturezas estavam impedindo a votação de qualquer matéria na CCJC. As reuniões deliberativas eram canceladas por falta de quórum ou por infundáveis discussões que protelavam qualquer decisão ou, ainda, porque grande parte dos projetos eram retirados da pauta por pedido de vistas. Este clima perdurou durante várias sessões da Comissão. Para aprovar o PL, foi necessário solicitar o apoio de parlamentares de vários partidos, utilizando-se das prerrogativas do lobby, de forma que eles o submetessem à votação. Finalmente, foi apreciado e aprovado por unanimidade em outubro de 2013.

Seguindo as regras do regimento interno da Câmara dos Deputados, o Projeto de Lei precisou, ainda, passar pela revisão na redação final e somente após esse trâmite foi enviado para a sanção da Presidência da República. Segundo estabelecido na Constituição Federal (CF) de 1988, um projeto de lei aprovado na Câmara ou no Senado tem 15 dias úteis para ser sancionado ou vetado inteira ou parcialmente. Como já havia um consenso prévio no âmbito do Governo, o Projeto de autoria do senador Rodrigo Rollemberg foi sancionado no dia 10 de dezembro de 2013, com o número 12.890, pela Presidência da República. Um dos fatos mais importantes relativos à tramitação deste projeto de lei refere-se ao tempo total de tramitação, que foi de um ano e seis meses, desde a apresentação até a sanção. É incomum ocorrer no Congresso Nacional um tempo de tramitação tão curto e com tanta unanimidade.

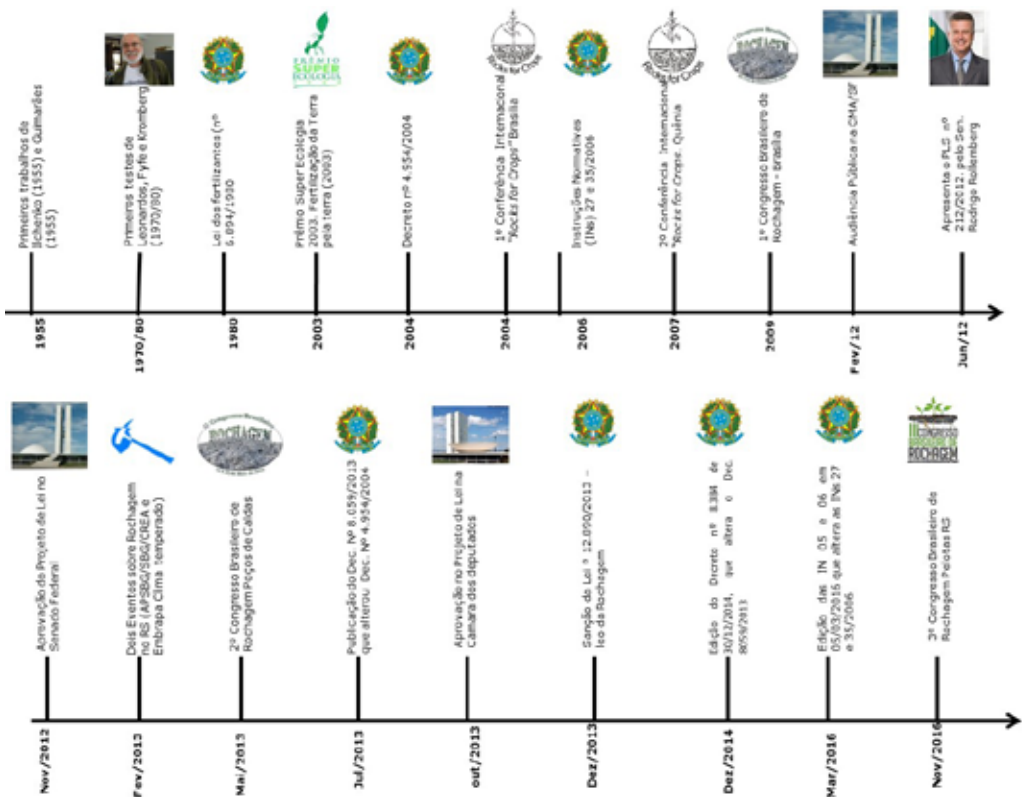
Ocorre que grande parte das leis ordinárias precisam ser regulamentadas por decretos ou instruções normativas para, só então, serem plenamente aplicadas no País. Portanto, propor a alteração do Decreto nº 8.059/2013, que já havia alterado o Dec. nº 4.954/2004 e que regulamentava a Lei nº 6.894/1980 (Lei dos Fertilizantes) foi outro desafio que perdurou por mais de um ano. Porém, a atuação consistente do Grupo de Trabalho interinstitucional possibilitou a alteração de pontos do Decreto, de forma a incluir os remineralizadores no texto do Decreto nº 8.384, editado pela Presidência da República, no dia 30 de Dezembro de 2014.

Nesse interim da tramitação do Projeto de Lei na Câmara dos Deputados e da análise do Decreto 8.384/2014, ocorreu outro evento que fortaleceu de forma decisiva a sanção da nova Lei. Trata-se do II Congresso Brasileiro de Rochagem, que aconteceu em Poços de Caldas/MG, no período de 13 a 19 de maio de 2013, e que contou com a participação de representantes de 15 Universidades, de seis países, incluindo uma representante de uma ONG Estadunidense, *Remineralize the Earth*, e de empresários do setor mineral (Curimbaba/MG, Ekosolos/PR, Terra Produtiva/BA, entre outros). Nessa edição do Congresso foram apresentados cerca de 70 trabalhos científicos (apresentações orais e posters), que foram posteriormente publicadas na firma de anais. Ainda nessa segunda edição do Congresso, um dos temas mais debatidos foi o estabelecimento dos parâmetros da Instrução Normativa que definiria as características permitidas e as garantias mínimas para os remineralizadores. Uma inovação inserida nesse Evento foi o prêmio para estudantes de graduação do campo das ciências da terra que deveriam discorrer sobre a importância da

rochagem no contexto das novas tecnologias e de oportunidades de pesquisa. Uma aluna da Universidade de Brasília e um aluno da Universidade Federal de Viçosa foram os ganhadores do Prêmio.

Após o II CBR, os membros do GT intensificaram as reuniões e consultas, de forma a propor os parâmetros e as metodologias que deveriam compor a Instrução Normativa a ser editada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Foram realizados seminários, oficinas e teleconferências com pesquisadores, professores e especialistas em metodologias laboratoriais, de forma a propor parâmetros que assegurassem que os remineralizadores cumpriram seu papel segundo normas de segurança e de produtividade. Após cerca de um ano, com a participação intensiva dos técnicos do MAPA, foi definida uma minuta da IN, que estabeleceu três parâmetros prioritários de garantias desses insumos, a saber: (i) soma de bases⁵ - K_2O , MgO e CaO igual ou superior a 9%; (ii) proporção de SiO_2 - sílica livre, até 25% e (iii) pH de abrasão conforme valor declarado pelo registrante. Em março de 2016, finalmente, o MAPA editou a IN 05, que definiu os valores para os parâmetros mencionados e a IN 06, que efetuou algumas alterações na IN nº 53, de 23 de outubro de 2013. A finalização deste processo de regulamentação finalmente possibilitou o uso e a comercialização dos remineralizadores no Brasil. A Figura 01 resume uma linha do tempo do processo de pesquisas, resultados e do arcabouço legal, que permitiu o uso dos remineralizadores no Brasil.

Figura 1 – Histórico da Rochagem no Brasil



⁵ O art. 4º da IN 05, 2016, estabelece em seu Inc. II que, em relação à soma de bases (K_2O , CaO , MgO), os remineralizadores deverão apresentar teores igual ou superior a 9% em peso/peso, sendo que o K_2O deve ser igual ou superior a 1% em peso/peso (Inc. III).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As leis retratam, em certa medida, a evolução do senso comum da sociedade. Elas, quase sempre, baseiam-se em demandas de determinados grupos sociais (ou da sociedade como um todo), tendo como base resultados empíricos ou científicos. No caso do setor produtivo, as leis refletem essas condicionantes.

De outro lado, o caminho percorrido para a aprovação das leis é, quase sempre, moroso e conflituoso. No entanto, conforme mostrado neste trabalho, o processo de tramitação e sanção da “Lei dos Remineralizadores” ou “Lei da Rochagem” foi relativamente rápido e consensuado entre os vários grupos de interesse. Ficou claro que, quando há interesse dos poderes Executivo e Legislativo, bem como de grupos de pressão, é possível tramitar e aprovar rapidamente matérias de interesse nacional, mesmo em períodos de intensas discussões e disputas políticas no Congresso Nacional.

Porém, é importante mencionar que os resultados obtidos pelos vários grupos de pesquisadores brasileiros sobre os benefícios do uso dos remineralizadores tiveram um papel fundamental na alteração do marco legal do setor de fertilizantes. Esse fato, associado ao novo marco regulatório para o setor, indica que um novo patamar ou modelo de produção que se avizinha no Brasil. As expectativas de mudança estão assentadas em indicadores sólidos e facilmente reproduzíveis.

Outro fato importante é que o Governo Brasileiro, em especial os Ministérios de Minas e Energia, da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, de Ciências, Tecnologia e Inovação, bem como a Embrapa, o Departamento Nacional de Produção Mineral e as universidades e institutos de pesquisa estão articulados para promover a mudança, segundo preceitos de segurança ambiental e econômica.

Um passo importante foi dado com a implantação do marco legal que permite a comercialização e o uso dos remineralizadores. Porém, para além das questões legais e dos resultados de pesquisa, é importante que os agricultores e técnicos percebam a grande oportunidade que se avizinha para garantir e assegurar ainda mais concretamente o papel de protagonista que o Brasil detém no setor agrícola. Nesse cenário, a segurança agroalimentar terá garantido os seus principais fundamentos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E.; PETERSEN, P.; SILVA, F. J. P. Lidando com extremos climáticos: análise comparativa entre lavouras convencionais e em transição ecológica no Planalto Norte de Santa Catarina. *Agriculturas*, v. 6, n.1, 2009.
- ALMEIDA, E.; SILVA, F. J. P.; RALISCH, R. Powdered rock to revitalise soils. *LEISA Magazine*, v. 22, n. 4, 2006. (Ecological processes at work).
- ANDA – Associação Nacional para a Difusão de Adubos – Estatísticas - <http://anda.org.br/index.php?mpg=03.00.00> acessado em agosto/2016
- BERGMANN, M.; BLASKOSKI, A. E, SILVEIRA, C. A. P.; Garnier, J. Camargo, M. e CAVALCANTE, A. O. Rochas Máficas e Ultramáficas das pilhas de rejeitos da Mineração Ferbasa (BA): potencial para utilização como corretivo e remineralizadores de solo. APP do 48º Congresso Brasileiro de Geologia. Porto Alegre. 2016

- CARVALHO, A. M., DELIBERALI, D. Da C. e CARDOSO, I. M. Potencial de uso de pó de rocha sob manejo agroecológico: II - disponibilização de nutrientes no solo. FERTBIO, Guarapari. Brasil. 2010
- CARVALHO, ANDRÉ MUNDSTOCK Rochagem e suas interações no ambiente solo: contribuições para aplicação em agroecossistemas sob manejo agroecológico. Tese de doutorado defendida na Universidade Federal de Viçosa. 129 pp. 2012
- CARVALHO, ANDRÉ MUNDSTOCK, DELIBERALI, D. de C., COSTA, M. D. e CARDOSO, I. M. Plantas, Micorrizas e Microbiota do Solo na Disponibilização de Nutrientes de Pós de Rocha. 2013.
- DOUMER, M. E., GIACOMINI, S. J., SILVEIRA, C. A. P., WEILER, D. A., BASTOS, L. M. E FREITAS, L. L. de. Atividade microbiana e enzimática em solo após a aplicação de xisto retornado. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.46, n.11, p.1538-1546. 2011
- FERNANDEZ, M. M Viabilidade Agrônômica do Uso do Rejeito de Garimpos do Distrito Pegmatítico de Araçuaí/MG. Tese de Doutorado defendida na UFMG. 2008.
- HOFF, R, BERGMANN, M, FARIAS, A. R, MODEN, R. C. Sistema de Informações Geográficas como Contribuição à Utilização de Pó de Rocha Oriundo da Formação Serra Geral em Áreas de Indicações Geográficas Vitivinícolas no Brasil. In: THEODORO S. H, MARTINS, E, CARVALHO, A. M E FERNANDEZ, M (eds.). - Anais do II Congresso Brasileiro de Rochagem. Poços de Caldas/MG. pp.282 -291. 2013
- KNAPIK, J. G. Utilização do pó de basalto como alternativa à adubação convencional na produção de mudas de Mimosa scabrella Benth e Prunussellowii Koehne. Dissertação de mestrado. UFPR. 2005
- LEONARDOS, O. H., FYFE, W. S. & KRONBERG, B. I. Rochagem: O método de aumento da fertilidade em solos lixiviados e arenosos. Anais 29 Congresso. Brasil. Geol., BH, p: 137 – 145. 1976
- LEONARDOS, O. H. & THEODORO, S. C. H Fertilizer tropical soils for sustainable development. Proceedings. International workshop on Science for Sustainable development in Latin America and Caribe. Rio de Janeiro. Acad. Bras. Cienc. pp.: 143 - 153. 1999
- OLIVEIRA, Andréa C. de Jesus. *Lobby e representação de interesses: lobistas e seu impacto na representação de interesses no Brasil*. 2004. 296 f. Tese (Doutorado). Unicamp. Campinas, 2004. http://www0.rio.rj.gov.br/memorialgetuliovargas/conteudo/ref_bibliografica/tese_de_doutorado_andrea.pdf (acessado abril 2015)
- SILVEIRA, C. A. P., FERREIRA, L. H. G., PILLON, C. N. GIACOMINI, S. J. E SANTOS, L. C. Efeito da combinação de calcário de xisto e calcário dolomítico sobre a produtividade de grãos de dois sistemas de rotação de culturas. Anais do I Congresso Brasileiro de Rochagem. Brasília. Embrapa. Brasília/DF. pp 215 – 219. 2010
- THEODORO S. H. A Fertilização da Terra pela Terra: Uma Alternativa de Sustentabilidade para o Pequeno Produtor Rural. Tese de doutorado. UnB, 231 p., 2000
- THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. Anais da Acad. Bras. de Ciências. Rio de Janeiro/RJ, v.78, n.4, p. 715-720. 2006.

THEODORO, S. H. e LEONARDOS, O. H. Rochagem: uma questão de soberania nacional. In XIII Congresso Brasileiro de Geoquímica. Gramado/RS. 2011

THEODORO, S. H., LEONARDOS, O. H., ROCHA, E. L., MACEDO, I., REGO, K., Stonemeal of amazon soils with sediments from reservoirs: a case study of remineralization of the Tucuruí degraded land for agroforest reclamation. Acad. Brasil. Ciênc. 85(1):23-34. 2013

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. Stonemeal: principles, potencial and perspective from Brazil. In: Goreau, T. J., Larson, R. W. and Campe, J. Geotherapy: Innovative methods of soil fertility restoration, carbon sequestration and reversing CO2 increase. CRC Press. USA. p. 403-418. 2014

THEODORO, S. H. Lobby e ética: como conciliar interesses na construção das leis? Monografia de especialização. Fundação Getúlio Vargas, 65 p 2015.

Van STRAATEN P. Agrogeology: The use of rock for crops Enviroquest Ltd. 440 p 2007

Van STRAATEN, P. Geodiversity, biodiversity and the origin of crops In: MARTINS, É. e Theodoro S. H. - Anais do I Congresso Brasileiro de Rochagem. Brasília – Embrapa. Brasília/DF. Pp 13 – 22. 2010

TEMA 1 - NORMATIZAÇÃO PARA O USO DE REMINERALIZADORES DE SOLO

RESUMOS



SOLUBILIZAÇÃO DE FONOLITO, BASALTO E OLIVINA MELILITITO EM ÁCIDO CÍTRICO E ÁCIDO ACÉTICO

Genicelli Mafra Ribeiro¹; Jaime Antonio de Almeida²; Leandro Silva Lemos³; Catiline Schmitt⁴; Gustavo Eduardo Pereira⁵

¹Doutoranda do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV-UDESC), Avenida Luiz de Camões, 2090, Lages-SC, CEP 88520-000; genicelli@yahoo.com.br; ²Professor CAV-UDESC; ³Estudante de Agronomia CAV-UDESC; ⁴Pós-Doutoranda, CAV-UDESC; ⁵Mestrando CAV-UDESC.

Sumário: A partir da Lei 12.890, de 10 de dezembro de 2013, os remineralizadores (RM), mais conhecidos como “pós de rochas”, passam a ser reconhecidos como uma categoria de insumo destinado à agricultura, assim como os fertilizantes. Entretanto, não há definição de critérios de qualidade destes materiais quanto ao seu potencial de liberação de nutrientes às plantas. O objetivo desta pesquisa foi testar extratores químicos que possam estimar o potencial de dissolução de nutrientes de diferentes rochas moídas como forma de melhor classificá-los quanto à sua qualidade. Preliminarmente, os teores de potássio e sódio, pH e a condutividade elétrica das rochas moídas fonolito, basalto e olivina melilitito são apresentados. Todas as rochas foram coletadas no Estado de Santa Catarina, sendo o basalto e o fonolito em Lages e a olivina melilitito em Palmeira. As rochas foram coletadas em blocos irregulares, britadas, moídas em moinho de grelhas e peneiradas com malhas 1,0; 0,5; 0,25; 0,125; 0,053 e <0,053 para a caracterização granulométrica; para o experimento de solubilização foi utilizada a fração <0,125 mm sendo usados os extratores água, ácido cítrico 0,02 mol L⁻¹ e ácido acético 0,02 mol L⁻¹ resultando em alíquotas para as análises químicas. A concentração de Na e K nos extratos foi mais elevada quando extraídos com ácido cítrico do que com ácido acético ou água; comportamento semelhante para todos os pós de rochas utilizados.

Palavras-chave: rochagem; remineralizadores; extratores

INTRODUÇÃO

A maioria dos solos brasileiros são fortemente intemperizados, ácidos e com baixa ou nenhuma reserva mineral, necessitando-se utilizar corretivos da acidez e fertilizantes para garantir produtividades satisfatórias. Na agricultura convencional, são utilizados principalmente fertilizantes minerais solúveis, muitos dos quais são importados e representam peso importante na balança de pagamentos do país. Em função do alto preço destes produtos no mercado internacional e das limitadas reserva de fontes de determinados nutrientes, o Brasil vem incentivando a pesquisa por fontes alternativas dos mesmos, uma das quais prevê a utilização de rochas moídas para aplicação diretamente ao solo. Além disso, as formas de produção agrícola alternativas, como no cultivo de produtos orgânicos, possuem restrições às fontes sintéticas de nutrientes, mas permitem a utilização de pós de rochas silicáticas como fontes dos mesmos. Tais materiais, quando apresentam características mínimas exigidas pela legislação brasileira,

são denominados remineralizadores. Apesar de a legislação exigir vários requisitos para classificação e registro dos pós de rocha como remineralizadores (Brasil, 2013; Brasil, 2016), existem poucos estudos sobre qual a quantidade mínima de nutrientes que devem ser liberados num determinado tempo e sua correlação com a produção vegetal para validar o remineralizador como um fertilizante apropriado ao uso. Hipoteticamente, esses produtos, após a aplicação ao solo, promoverão a liberação de nutrientes de forma gradual para o solo, possibilitando a manutenção da fertilidade e da produtividade por um período mais longo. Uma das principais limitações desta prática alternativa é a lenta solubilização dos minerais e consequentemente dos nutrientes para às plantas. Vários pesquisadores utilizaram ácidos orgânicos de baixo peso molecular em diferentes concentrações para avaliar o potencial de solubilização de minerais das rochas (Huang & Keller, 1970; Ramos, 2014; Azevedo, 2014), na tentativa de simular as reações naturais de intemperismo que ocorrem no solo. Tendo em vista que na legislação atual dos remineralizadores, um dos critérios para avaliar sua qualidade refere-se apenas ao conteúdo mínimo total de $\text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O}$, que deve ser igual ou superior a 9%, mas que as rochas possuem minerais com diferentes resistências à alteração, considera-se importante propor metodologias que permitam estimar quais apresentam maior potencial de liberação de nutrientes após aplicação aos solos, para melhor caracterização dos remineralizadores. Propõe-se no presente estudo avaliar a eficácia de diferentes soluções extratoras para estimar a liberação de K e Na de forma simples e rápida em três pós de rochas.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragens

As rochas foram todas coletadas em Santa Catarina. O basalto e o fonolito em Lages (27° 51' 24,32"S 50° 22' 51,67"O e 27° 46' 42,05"S 50° 13' 47,24"O, respectivamente) e a olivina melilitito em Palmeira (27° 38' 57,33"S 50° 07' 51,02"O).

Foram coletados blocos irregulares das rochas, as quais foram britadas e moídas em moinho de grelhas do CAV/UEDESC, sendo posteriormente peneiradas para caracterização granulométrica dos materiais. Amostras das rochas foram enviadas para o laboratório Acme-Labs (Canadá) para análise química total através da fusão total e posterior quantificação por espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado (ICP). Os teores totais de K_2O e de Na_2O em percentual (%) respectivamente em cada rocha foi: para o fonolito 5,66 e 7,97, para o basalto 1,59 e 2,38 e para a olivina melilitito 3,37 e 2,98.

Extrações e quantificação dos elementos

Utilizou-se no experimento a amostra composta pelas subfrações $\leq 0,125$ mm, as quais foram submetidas ao ataque por dois ácidos orgânicos de pequena massa molecular para acelerar a dissolução, o ácido cítrico 0,02 mol L⁻¹ e o ácido acético 0,02 mol L⁻¹, além de um tratamento adicional com água deionizada ligeiramente ácida (pH 5,5).

Para a extração foram pesadas 0,5000 g da amostra de cada rocha, colocadas em tubos Falcon de plástico de 50 mL e adicionados 40 mL de cada uma das soluções, resultando uma relação massa/volume de 1:80 (Aceman, 1989).

Os tubos Falcon foram agitados horizontalmente por períodos pré-determinados de 0,5; 2,0 e 8,0 horas com 80 oscilações por minuto, e temperatura do ambiente de 24 a 25° C. Após agitação, os tubos foram centrifugados por 30 minutos a 3000 rpm, sendo imediatamente medido pH e a condutividade elétrica (CE) no sobrenadante. A quantificação do K e do Na foi feita por espectrofotometria de chamas em alíquotas do sobrenadante, sem diluição posterior.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 são apresentados os valores de Na e K solubilizados no fonolito. Os teores dos dois elementos extraídos por ácido cítrico foram muito maiores do que os obtidos pelo ácido acético e pela água, chegando a ser 10 vezes maior para o K e 5 vezes maior para o Na, considerando o maior tempo de contato (8h), possivelmente pela maior capacidade ácida e complexante do ácido cítrico (Tabela 1). Ácidos orgânicos tais como o oxálico, cítrico, tartárico e acético são comumente encontrados nos solos e muitos destes também são utilizados como solventes para estudos de dissolução de minerais silicatados e rochas em condições laboratoriais (Huang, 1988 in Gilkes, 2008). Huang e Kiang (1972) encontraram que os ácidos acético e cítrico (0,01M) foram respectivamente o mais fraco e o mais forte na dissolução de elementos metálicos de minerais silicáticos.

Com o aumento no tempo de contato do RM com as soluções ocorreu um aumento nos teores extraídos, observados principalmente na extração com ácido cítrico, onde os valores aumentaram de 16 para 49 mg kg⁻¹ de K e de 25 para 40 mg kg⁻¹ de Na solubilizados após 2 e 8 horas respectivamente.

O potássio pode estar presente na rocha em várias formas, entre elas, o K que ocorre como um componente estrutural de minerais primários, tais como micas e feldspatos potássicos e que se tornam disponíveis apenas pela decomposição desses minerais.

Figura 1 – Concentração ao longo do tempo de Na e K solubilizados com diferentes extratores em diferentes tempos de contato (0,5; 2,0 e 8,0 horas) para o fonolito.

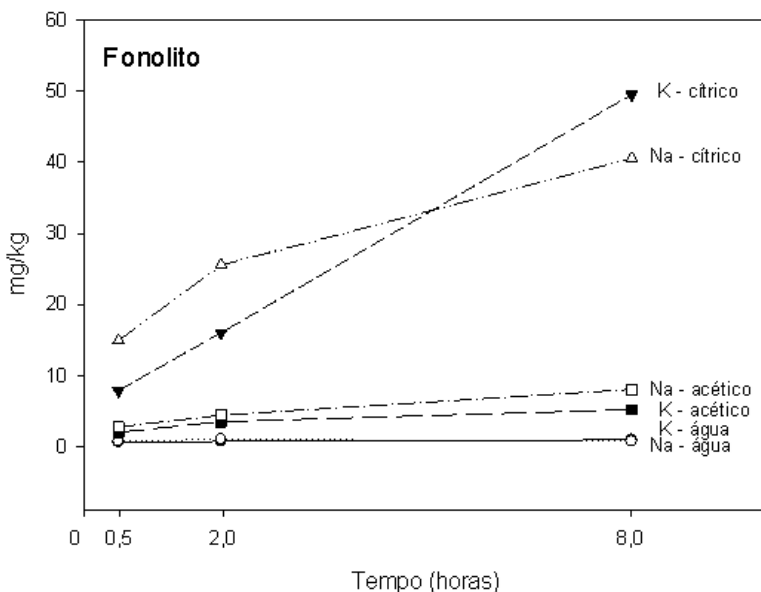
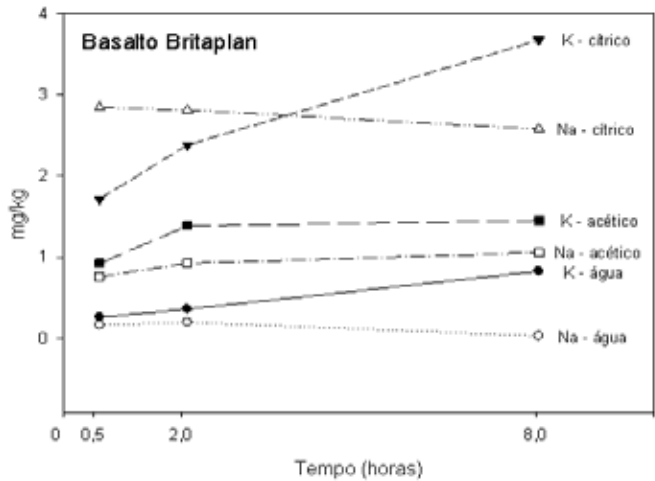


Tabela 1 – Valores de pH e Condutividade Elétrica (CE em mS cm⁻¹) do fonolito, basalto e olivina melilitito nos extratores Água, Ácido Cítrico e Ácido Acético

Rocha	Extrator	pH	CE
Fonolito	Água	7,1	25,7
	Ácido Cítrico	2,8	1030,2
	Ácido Acético	3,8	271,3
Basalto	Água	7,2	30,4
	Ácido Cítrico	2,7	1043,6
	Ácido Acético	3,7	248,6
Olivina Melilitito	Água	7,5	80,4
	Ácido Cítrico	3,3	1177,3
	Ácido Acético	4,0	574,5

Os resultados da solubilização do basalto são apresentados na figura 2. O comportamento do basalto em relação aos extratores foi semelhante ao do fonolito, sendo que o ácido cítrico extraiu as maiores quantidades tanto de K como de Na. No entanto, os teores desses elementos foram muito inferiores aos do fonolito, o que pode ser explicado pelo menor conteúdo total de minerais potássicos no basalto. Enquanto os valores de K aumentaram na solução com o passar do tempo, os valores de Na tenderam a estabilizar após 2h de contato. Para os demais extratores houve um aumento nos valores extraídos de 0,5 para 2,0 horas, não havendo diferença para os valores obtidos após 8 horas de contato.

Figura 2. Concentração ao longo do tempo de Na e K solubilizados com diferentes extratores em diferentes tempos de contato (0,5; 2,0 e 8,0 horas) para o basalto.



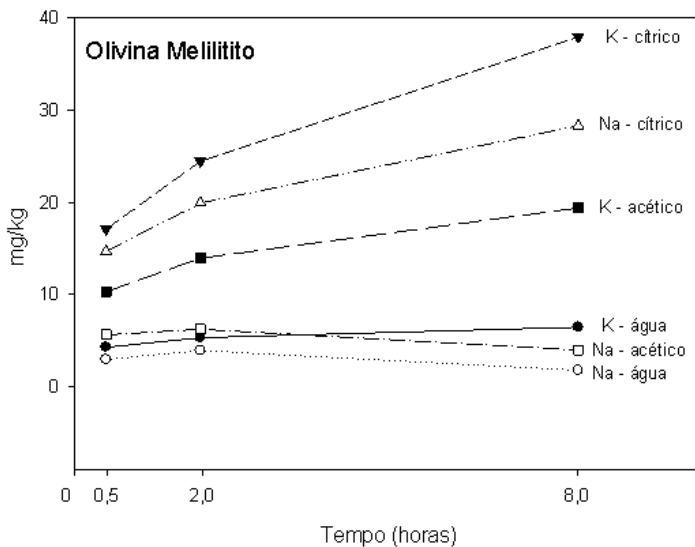
Os resultados da solubilização do K e Na do olivina melilitito são apresentados na figura 3. Da mesma forma que o observado para o basalto e para o fonolito o ácido cítrico foi o extrator que solubilizou os maiores teores de Na e de K. Entretanto, diferentemente do ocorrido com os demais pós de rochas estudados, o ácido acético solubilizou teores mais elevados de K nesta rocha. Com o aumento do tempo de contato, houve um aumento na concentração dos elementos Na e K na solução. É possível que com tempos de contato ainda maiores haja maior

liberação desses elementos para a solução, visto que os valores continuam aumentando de 2 para 8 horas.

Das rochas analisadas, o fonolito e a olivina melilitito são mais promissoras como fontes alternativas de potássio, mesmo considerando os menores conteúdos totais de K nesta última, o que pode estar relacionado ao fato de ser uma rocha ultrabásica, com grande quantidade de minerais facilmente intemperizáveis, apesar de menor quantidade total de K_2O do que o fonolito.

O ácido cítrico foi mais eficiente do que as demais soluções extratoras na solubilização do K e Na. Considerando que a solução da maioria dos solos varia de ácida a ligeiramente ácida, o emprego do ácido cítrico, na concentração utilizada, pode ser uma alternativa promissora para simular o potencial de liberação de nutrientes de rochas.

Figura 3 – Concentração ao longo do tempo de Na e K solubilizados com diferentes extratores em diferentes tempos de contato (0,5; 2,0 e 8,0 horas) para a olivina melilitito.



CONCLUSÕES

As rochas fonolito e olivina melilitito apresentaram maior potencial de liberação do K do que o basalto.

Os ácidos orgânicos cítrico e acético solubilizam os pós de rochas mais rapidamente que a água.

Quanto maior o tempo de contato dos pós de rochas com o extrator maior a quantidade de Na e K solubilizados.

A solução de ácido cítrico, na concentração utilizada, foi uma alternativa promissora para quantificar o K disponível, porém os resultados necessitam ser validados com testes a partir de plantas indicadoras.

REFERÊNCIAS

Aceman S. Simulated organic acid weathering of granodiorite and basalt. [MSc. Thesis]. The University of British Columbia, 1989.

Azevedo AC. Avaliação de um remineralizador de diabásio. [Tese de Livre Docência]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; 2014.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 05 de 10 de março de 2016. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 mar.2016. Disponível em: <http://www.in.gov.br/autenticidade.html>. Acesso em 23 mar. 2016.

Brasil. Lei n. 12.890, 10 dez. 2013. Altera a Lei nº 6.894 de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 dez 2013. Disponível em: <http://www.in.gov.br/autenticidade.html>. Acesso em 27 mai. 2015.

GILKES, R.J. & PRIYONO, J. Dissolution Kinetics of Milled-Silicate Rock Fertilizers in Organic Acid. J. Tanah Trop., Vol 13, No. 1, 2008: 1-10. ISSN 0852-257X.2008.

HUANG, W.H. & KIANG, W.C. Laboratory dissolution of plagioclase feldspars in water and organic acids at room temperature. Am. Mineralogist 57: 1849-1859, 1972.

HUANG, W.H. & KELLER, W.D. Dissolution of rock-forming silicate minerals in organic acids: simulated first-stage weathering of fresh mineral surfaces. Am. Mineralogist 55: 2076-2094, 1970.

RAMOS, C.G.; MELLO, A.G., KAUTZMANN, R.M. A preliminary study of acid volcanic rocks for stonemeal application; Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management , p.30-35, 2014.

PLANEJAMENTO FATORIAL FRACIONÁRIO PARA DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO ANALÍTICO PARA POSTERIOR DETERMINAÇÃO DE ARSÊNIO E SELÊNIO POR GF AAS EM SOLOS SUBMETIDOS A REMINERALIZADORES DE SOLO

Ellen Cristina Perin¹; Daiane Plácido Torres²; Simoni Becker³; Cesar Valmor Rombaldi⁴, Carlos Augusto Posser Silveira⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – UFPEL ellenperin@hotmail.com, ²Embrapa Clima Temperado Pelotas - daiane.torres@embrapa.br;

³Embrapa Clima Temperado - beckersimoni@gmail.com, ⁴Universidade Federal de Pelotas - cesarvrf@ufpel.edu.br, ⁵Embrapa Clima Temperado - augusto.posser@embrapa.br

Sumário: Visando a obtenção de um método eficiente e otimizado para realizar a determinação de arsênio e selênio em solo esse estudo teve como objetivo realizar a otimização de um método analítico para determinação desses elementos pela aplicação de planejamento fatorial fracionário em solo. Tal método será utilizado posteriormente para determinações em solo com estudo de adubações alternativas para verificar os teores desses elementos em diferentes culturas. Para tal após preparação e amostragem do solo, foram submetidas a um planejamento fatorial fracionário 2^{4-1} tendo como variáveis: massa, ácido nítrico, ácido fluorídrico e banho ultrassônico. A partir da suspensão obtida em cada experimento foram realizadas as leituras em Espectrômetro de Absorção Atômica com Forno de Grafite com seus respectivos parâmetros para cada analito. Após o tratamento dos dados estatísticos, com relação ao arsênio, nenhum dos fatores apresentaram influência significativa. No entanto para selênio tanto a variável massa como a presença de ácido fluorídrico apresentaram influencia. Logo, o método definido em relação aos fatores significativos foi: 0,050 g de solo, adição de 150 µL de HF (40%). Quanto aos outros dois fatores que não apresentaram significância para ambos os analitos, foram escolhidos visando melhor benefício, sendo eles: maior tempo no banho de ultrassom, pois produz uma suspensão mais clara, qualidade desejada para a técnica de suspensão, sendo adotado, então 120 minutos, e menor volume de HNO_3 (1 mL de $1\text{HNO}_3:3\text{HCl}$) pela utilização de água régia.

Palavras-chave: otimização; elemento tóxico; elemento antioxidante

INTRODUÇÃO

Os metalóides pertencem à mesma família do oxigênio e enxofre, dentre eles, o selênio (Se) é um dos elementos de grande importância para saúde animal e das plantas. No caso do arsênio (As), a exposição das plantas a esse cátion resulta em toxicidade, inibição do crescimento, perturbações fisiológicas e até a morte. Para combater essas condições de estresses, as plantas desenvolvem mecanismos de proteção visando à eliminação de radicais livres, através da produção de compostos antioxidantes e sistema enzimático. O Se é conhecido por regular expressão de superóxido dismutase e glutathione peroxidase, além do aumento nos níveis de prolina e peroxidase, reduzindo, portanto, os danos oxidativos nas plantas, além de ser antagonista ao arsênio

(MALIK et al., 2012). No solo, as concentrações variam dependendo de fatores como material de origem, lixiviação, ação antrópica, composição e características físicas e químicas do solo, bem como dos processos subsequentes que contribuem para sua acumulação no solo (MALAGOLI et al., 2015). Em termos analíticos a maioria dos estudos apresenta um foco maior na parte comestível das plantas, restando uma restrita atenção ao solo, o qual é de suma importância para realização de estudos de translocação desses analitos. Além disso, em sua maioria são métodos demorados que demandam muito tempo e apresentam menor praticidade, sendo necessário, portanto o desenvolvimento de um método rápido e eficaz para esses elementos. O método analítico otimizado é baseado em espectrometria de absorção atômica com forno de grafite (GF AAS). Outro fator importante a ser ressaltado é que a legislação brasileira estipula valores máximos de arsênio assim como outros elementos, em remineralizadores e fertilizantes minerais (BRASIL 2006, BRASIL 2016). Nesse contexto, esse estudo objetivou a otimização de um método analítico para determinação de Se e As em solo pela aplicação de planejamento fatorial fracionário, método tal que será utilizado posteriormente para determinações desses elementos tanto no solo quanto em órgãos de colheita de diferentes culturas agrícolas a partir do uso de diferentes fontes alternativas de nutrientes (remineralizadores de solo).

MATERIAL E MÉTODOS

Delineamento experimental

Amostra de solo utilizada advém de experimento na cultura do arroz anteriormente conduzido em casa de vegetação na Embrapa Clima Temperado – Estação Terras Baixas, no qual foram adicionadas apenas fontes solúveis de NPK (ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio) de acordo com as recomendações da cultura e o solo amostrado ao final do experimento (aproximadamente 500 g de solo). Nesse estudo inicial apenas foram utilizadas as amostras de solo com o tratamento controle (sem adubação alternativa) para proceder a padronização do método. Após esse estudo, serão realizadas as quantificações nos solos onde foram cultivadas diferentes culturas (arroz, trigo e quinoa) utilizando fonolito e xisto retornado como fontes de nutrientes. Os procedimentos analíticos foram executados nos laboratórios da Central Analítica da Embrapa Clima Temperado. Após a coleta do solo, foi realizado o quarteamento e as amostras foram encaminhadas para análises posteriores, sendo destinados aproximadamente 50 g para determinação de selênio e arsênio (As e Se). As amostras foram previamente secas em estufa com circulação de ar a 60 °C até peso constante, moídas até serem reduzidas granulometricamente para mesh de 105 (0,105 mm). Para realização da otimização do método para determinação de As e Se em solo, as amostras foram submetidas a planejamento fatorial fracionário 2^{4-1} . Para tal, foram utilizadas combinações das variáveis experimentais, sendo elas: massa da amostra (0,050 ou 0,075 g), volume de ácido nítrico (1 ml de água régia (3:1 ácido clorídrico:ácido nítrico v/v) ou 1 ml de ácido nítrico), o volume de ácido fluorídrico (0 ou 0,150 ml) e tempo de ultrassom (90 ou 120 min). O volume final da amostra resultante deste procedimento (uma suspensão) foi ajustado para 15,0 mL com água ultrapura. Após a digestão em ultrassom, a suspensão foi acondicionada em vial do amostrador automático e injetada no Espectrômetro de Absorção Atômica com Forno de Grafite (AA240Z - VARIAN), as leituras das absorvâncias das amostras foram descontadas de leituras do branco dos reagentes (sem adição das amostras).

Instrumentação e condições

Todas as medidas de Se e As nas amostras de solo foram executadas utilizando espectrômetro de absorção atômica com atomizador de grafite longitudinalmente aquecido com correção de fundo por efeito Zeeman. Inicialmente, em relação ao Se, as condições utilizadas foram: 20 µL da amostra padrão ou solução; 5 µL da mistura de Pd-Mg como modificadores químicos em solução. As temperaturas de pirólise e atomização foram otimizadas e as condições adotadas foram 500/2200 °C. As soluções padrão de calibração foram preparadas em meio de ácido nítrico 5,0% v/v. As curvas de calibração foram preparadas nas concentrações de 10,0-100,0 µg L⁻¹. A lâmpada utilizada foi monoelementar codificada UltraA de selênio (Agilent) e comprimento de onda 196,0 nm. Para determinação do arsênio as condições utilizadas foram: 20 µL da amostra padrão ou solução; 5 µL de Pd como modificador químico em solução. As temperaturas de pirólise e atomização foram otimizadas e as condições adotadas foram 700/2300 °C. As soluções padrão de calibração foram preparadas em 5,0% de ácido nítrico v/v. A curva de calibração foi preparada com as concentrações de 5,0-50,0 µg L⁻¹. A lâmpada utilizada foi cátodo oco monoelementar de arsênio (codificada com 4 pinos) (Agilent) e comprimento de onda 193,7 nm. Após a análise das amostras resultantes do planejamento fatorial fracionário 2⁴⁻¹ para determinação de As e Se, os resultados foram submetidos ao programa estatístico STATISTICA 7 para obtenção do gráfico de Pareto da estimativa dos efeitos. Posteriormente, para interpretação dos resultados e tomada de decisão quanto aos experimentos (significância dos efeitos), foi calculado o quadrado dos valores obtidos na estimativa dos efeitos, somado os valores dos oito experimentos, divididos pelos quatro fatores (Massa, HNO₃, HF e US) e, por fim, calculada a raiz quadrada do resultado obtido no cálculo anterior, de acordo com Neto et al., (2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações em µg g⁻¹ de Se e As após a realização dos devidos cálculos variaram entre 2,37 a 13,88 µg g⁻¹ e 9,05 a 32,14 µg g⁻¹ de Se e As, respectivamente (tabela 1).

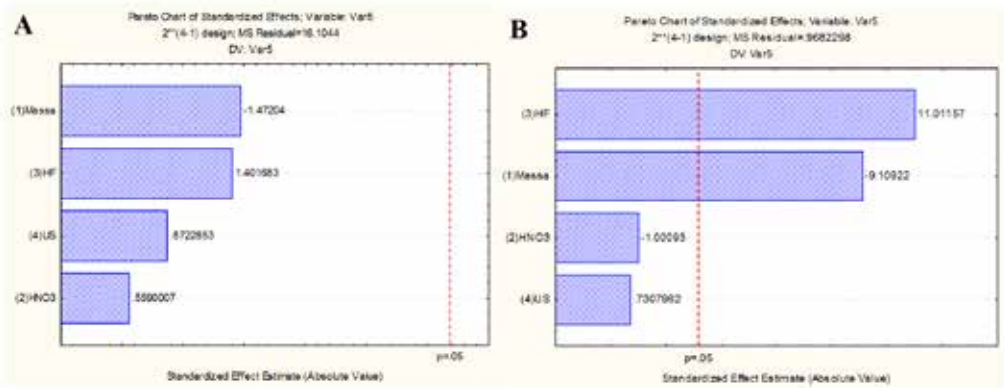
Tabela 1 – Planejamento experimental fracionário 2⁴⁻¹ aplicado em solo (tratamento controle – fontes solúveis de nutrientes) para otimização da determinação de selênio (Se) e arsênio (As) por GF AAS.

Planejamento experimental	Desenho experimental: 2 ^{**} (4-1)				Se	As
	Massa	HNO ₃	HF ¹	US ²	Concentração (ug g ⁻¹)	
1	-	-	-	-	5,45	32,14
2	+	-	-	+	2,39	15,85
3	-	+	-	+	8,13	34,49
4	+	+	-	-	2,37	9,05
5	-	-	+	+	13,88	15,51
6	+	-	+	-	9,64	20,44
7	-	+	+	-	11,50	17,75
8	+	+	+	+	8,26	14,02

¹HF – ácido fluorídrico; ²US – tempo de ultrassom

Apesar de não se ter graus de liberdade suficientes nos planejamentos (experimentos feitos em unicata) para julgar os gráficos de Pareto pela linha tracejada, a partir do cálculo de significância dos efeitos para As, valor de 4,18, é possível observar a partir do gráfico da Figura 1A que nenhum dos fatores avaliados apresentaram influência significativa. Deste modo, é possível usar o nível dos fatores avaliados que se julga o mais conveniente. Sendo assim, podem-se avaliar os resultados do planejamento para Se e tentar equiparar as condições para decomposição das amostras, visando facilitar a determinação de ambos os analitos pela utilização de apenas uma suspensão. A figura 1B apresenta o gráfico gerado para Se. O valor obtido para significância de efeito para Se foi de 6,33. Portanto, apenas os fatores HF (ácido fluorídrico) e massa foram significativos. Quanto ao HF, o nível mais alto apresentou melhores resultados, ou seja, a presença de HF (aplicação de 0,150 mL de HF) se mostrou importante. Além disso, o nível mais baixo para o fator para massa de amostra (0,050 g) foi estatisticamente mais adequado. Deste modo, o método definido em relação aos fatores significativos foi: 0,050 g de solo, adição de HF. Quanto aos outros dois fatores que não apresentaram significância para ambos os analitos, foram escolhidos visando melhor benefício, sendo eles: maior tempo no banho de ultrassom, pois produz uma suspensão mais clara, qualidade tal desejada para a técnica de suspensão, sendo adotado, então 120 minutos, e menor volume de HNO_3 pela utilização de água régia.

Figura 1 – Gráfico de Pareto do planejamento experimental fracionário aplicado para As (A) e Se (B).



CONCLUSÕES

A utilização de suspensão ácida com a utilização de água régia e ácido fluorídrico, menor quantidade de massa e exposição do ultrassom em solo apresentou-se como uma forma prática, confiável e rápida para determinação de Se e As em solo por GF AAS, amplamente facilitada pela aplicação do planejamento experimental fracionado 2^{4-1} utilizado para otimização dos parâmetros de extração dos analitos. Possibilitando dessa forma, realizar as determinações nos solos onde foram aplicados os remineralizadores de foco desse estudo.

AGRADECIMENTOS

Embrapa Clima Temperado, Capes e CNPq.

REFERÊNCIAS

BARROS NETO, B., SCARMINIO, I. S., BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria** (4ª edição ed.). Porto Alegre, Brasil: Bookman, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa SDA nº 27, de 05 de junho de 2006. Dispõe sobre fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes, para serem produzidos, importados ou comercializados, deverão atender aos limites estabelecidos nos Anexos I, II, III, IV e V desta Instrução Normativa no que se refere as concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 09 de junho de 2006. Seção 1. p.15.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 5 de 10 de março de 2016. Altera a Instrução Normativa nº 53 de 2013. Diário Oficial da União, Brasília, n.49.

GUNTS, R. F.; MASON, R. L. Fractional factorial design. **Wires Computation Statistics**, v. 1, p., Issue 2, p. 234–244, 2009.

MALAGOLI, M. et al. Effects of selenium biofortification on crop nutritional quality. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, n. April, p. 1–5, 2015.

MALIK, J. A. et al. Selenium antagonises the toxic effects of arsenic on mungbean (*Phaseolus aureus* Roxb.) plants by restricting its uptake and enhancing the antioxidative and detoxification mechanisms. **Environmental and Experimental Botany**, v. 77, p. 242–248, 2012.

USO DE REMINERALIZADORES E SEUS ASPECTOS LEGAIS ENVOLVENDO O CÓDIGO DE MINERAÇÃO

Tiago de Mattos¹, Nayra Thaís Ferreira Batista², Eduardo Hack³, Andréa Luiza Görgen⁴, Fabrício de Siqueira Mendonça⁵, Amarildo João Turcato⁶, José Ronaldo de Oliveira⁷, Dalton da Cunha Matos⁸, Antonio Alexandre Bizão⁹

¹William Freire Advogados Associados. Advogado, mestre em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental. Presidente do Instituto Brasileiro de Direito Minerário (IBDM). tiago@wfaa.com.br; ²Agrogeo Pesquisa e Consultoria Agrônômica e Empresarial, mestre em agronomia (Produção Vegetal). UFG - Campus Jataí. E-mail: nayraithais88@gmail.com; ³Agrogeo Pesquisa e Consultoria Agrônômica, administrador de Agronegócio. E-mail: agrodudas@hotmail.com; ⁴Agrogeo Pesquisa e Consultoria Agrônômica, técnica Agrícola. E-mail: andrealuizagorgen@gmail.com; ⁵Cooperbrito Desenvolvimento e Gestão Mineral Ltda, engenheiro Civil, Email: fassiqueiram@gmail.com; ⁶Cooperbrito Desenvolvimento e Gestão Mineral Ltda, Email: amarildoturcato@hotmail.com; ⁷Marca Construções Ltda, advogado e bacharel em ciências contábeis, pós graduado em práticas jurídicas, Email: jronaldo11@hotmail.com; ⁸Marca Construções Ltda, engenheiro civil pós graduado em engenharia econômica, Email: marcaconstrucoes@gmail.com; ⁹Bizão Representações Comerciais Agropecuária Ltda, engenheiro agrônomo mestre em fertilidade do solo, Email: aabizao@gmail.com.

Sumário: Além de uma análise técnica e econômica do uso dos remineralizadores, é importante debater seus aspectos legais, de forma a permitir uma melhor compreensão jurídica, à luz do Direito Minerário, para a expansão de seu uso. A tecnologia da rochagem tem longo histórico dentro e fora do país, sendo que a regulamentação de seu uso seguiu, ao longo da pesquisa e desenvolvimento, encabeçada pelo Grupo de Trabalho formado no I Congresso Brasileiro de Rochagem. Nesse contexto surge, ainda, a necessidade de uma pesquisa de entendimentos jurídicos relacionados ao Código de Mineração, de forma a encontrar uma leitura capaz de viabilizar, sob a perspectiva regulatória de aproveitamento dos recursos minerais, a comercialização dos remineralizadores pelas mineradoras de rochas. Contudo, para que seja viável a ampliação do mesmo, há necessidade, além de seu estudo técnico, a formação de um entendimento jurídico propositivo, e não restritivo, do Código de Mineração.

Palavras-chave: Direito Minerário; Pó de Rocha; Substâncias Minerais

INTRODUÇÃO

A fertilidade do solo está diretamente ligada à capacidade de troca de cátions e ânions (CTC e CTA), sendo este inteiramente influenciado pelos minerais herdados ou originados das rochas mães, que através do intemperismo, formação do solo, qual é composto por 45 % de minerais (TEIXEIRA et al., 2009; LEPSCH, 2002). A diminuição da fertilidade do solo pelo uso indiscriminado, idade do solo e sua origem faz com que a remineralização, que se obtém através da prática de adicionar ao solo rochas moídas *in natura* se torne uma tecnologia eficiente e sustentável para o setor agrícola bem como para o setor minerário, sendo uma prática sustentável para ambos (BIZÃO et al., 2013; THEODORO et al., 2012, THEODORO, 2000; THEODORO & LEONARDOS, 2006; VAN STRAATEN, 2007).

Na Lei nº 12.890, 10 de dezembro de 2013, remineralizador foi conceituado como um material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro

e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo (BRASIL, 2013). Dessa forma, os remineralizadores podem ser oriundos de rochas de diversas origens e composições. Para que seja assegurada a funcionalidade e tenha-se parâmetro de garantia, tais materiais deverão apresentar as seguintes características mínimas e máximas: mínimo de 9% de soma de bases e 1% de óxido de potássio; máximo de 25% de SiO_2 livre presente no produto, 15 ppm de As, 10 ppm de Cd, 0,1 ppm de Hg e 200 ppm de Pb. Outro fator importante é a comprovação da eficiência agrônômica através de testes e pesquisa (BRASIL, 2016).

O aproveitamento econômico dos recursos minerais no sistema jurídico brasileiro é regulado pelo Código de Mineração (Decreto-lei n. 227/67). Por se tratar de uma norma de 1967, exige uma permanente releitura de seus dispositivos para adequar as regras ali previstas à dinâmica econômica do setor mineral.

A norma não trata do conceito de *subproduto*, cuidando apenas de regular o aproveitamento da jazida relacionada a uma – ou várias – substâncias minerais, desde que identificadas individualmente.

Aqui reside o problema legal: se o Código de Mineração trata apenas do produto mineral, aqui entendido como aquele aprovado no Relatório Final de Pesquisa e constante expressamente da Portaria de Lavra, como viabilizar, em seu aspecto regulatório, o aproveitamento dos remineralizadores, produtos esses que, por sua natureza, podem conter mais de uma substância mineral, cuja jazida, em alguns casos, não foi identificada individualmente ou sua ocorrência foi caracterizada como estéril e ou rejeito?

Além de uma análise técnica e econômica do uso dos remineralizadores, é importante debater seus aspectos legais, de forma a superar os entendimentos jurídicos limitadores, que criem procedimentos burocráticos desnecessários para a expansão de seu uso. Há necessidade de proposição de uma leitura contemporânea do art. 47, parágrafo único, do Código de Mineração, que afirma que, para o aproveitamento de novas substâncias minerais, identificadas durante a lavra da substância principal, será necessário aditamento ao título de lavra. Uma leitura formalista e antiquada deste artigo poderia levar à conclusão que toda substância mineral, ainda que subproduto da principal, teria que ser aditada à Portaria de Lavra para ser comercializada. Todavia, em uma visão mais realista e finalística, com o objetivo de aumentar o aproveitamento de todo o produto da lavra, reduzindo a produção de estéreis e rejeitos, propõe-se uma outra leitura deste dispositivo legal. Nesta, os subprodutos relacionados à substância principal da mina, por não constituírem, em alguns casos, propriamente uma jazida individualizada – em seu conceito técnico e legal – não precisariam ser aditados para serem regularmente comercializados.

MATERIAL E MÉTODOS

A rochagem tem longo histórico, sendo que em “pães de pedras” romance escrito pelo alemão Julius Hensel no ano de 1893, já se falava sobre o tema. Nesse livro o autor explica a utilização da rochagem para produção de alimento e recuperação da dignidade do produtor rural familiar.

De acordo com Martins e Theodoro (2010) as pesquisas no Brasil iniciaram-se na década de 50 em Minas Gerais, posteriormente na UnB pelo professor Othon Leonardos, o grande

precursor da Rochagem no país. Na década de 90 houve uma expansão e surgimento de outros grupos de pesquisa em diversas partes do país. Com o objetivo de agregar as diversas linhas de pesquisa existentes foi realizado em 2009 o I Congresso Brasileiro de Rochagem, o qual foi um grande marco dessa tecnologia (MARTINS e THEODORO, 2010). Dentre os diversos resultados obtidos pelo congresso teve a formação do Grupo de Trabalho (GT), constituído por diversos pesquisadores de várias entidades de pesquisa e do governo tais como: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia (SGM/MME), Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (SETEC/MCTI), Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (SDA/MAPA), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), - Diretoria de Geologia e Recursos Minerais do Serviço Geológico do Brasil – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (DGM/SGB-CPRM), Diretoria de Planejamento e Desenvolvimento da Mineração do Departamento Nacional de Produção Mineral (DIPLAM/DNPM), Universidade de Brasília (UnB), Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) dentre outras.

Em 2013 foi realizado o II Congresso Brasileiro de Rochagem, que teve grande repercussão, contando com a presença de mais de 20 universidades diferentes, além dos órgãos de pesquisas públicos e privados. Esse evento contou também com pesquisadores internacionais das Universidades de Yaoundé (Camarões), Guelph (Canadá), New Castle (Reino Unido) e representantes (pesquisadores, ativistas ambientais ou empresários) de Uganda, dos Estados Unidos e do Paraguai (THEODORO et al., 2013). Nesse evento foi observado o êxito de vários produtos tidos como rejeitos de mineradoras pesquisados nas mais diversas áreas do conhecimento agrogeológico.

O GT continuou encabeçando as pesquisas no país e trabalhou para o surgimento da Lei de remineralizadores, criada no mesmo ano do segundo congresso, no dia 10 de dezembro, com o propósito de aumentar de maneira sustentável a produtividade agrícola do país e garantir a segurança e soberania alimentar (BRASIL, 2013). Esse mesmo grupo, após a criação da lei, organizou reuniões e oficinas para desenvolver a normatização dos agora chamados remineralizadores (MARTINS; COELHO e THEODORO, 2014). Em 2014 os esforços foram para retirar das pesquisas desenvolvidas no país subsídio para criar as regras sobre as definições, classificação, especificação e garantias e tolerâncias dos remineralizadores. Em 2015 a minuta da Instrução Normativa dos remineralizadores foi encaminhada ao Ministério e em 10 de março de 2016 foi aprovada. Nesse contexto legal surge, ainda, a necessidade de uma pesquisa de entendimentos jurídicos relacionados ao Código de Mineração, de forma a encontrar uma leitura capaz de viabilizar, sob a perspectiva regulatória de aproveitamento dos recursos minerais, a comercialização dos remineralizadores pelas mineradoras de rochas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Theodoro et al. (2006) a mineração assim como a agricultura são setores produtivos importantes para a economia do país, e causam grandes impactos ambientais, seja pela produção de rejeitos (mineradoras) ou pelas extensas áreas para tornar-se uma atividade lucrativa (agricultura). Sendo assim, há que se harmonizar os diversos interesses econômicos

com a preservação do meio ambiente, o que não significa inviabilidade, mas, sim desenvolvimento com geração de renda e valorização dos recursos naturais (THEODORO et al., 2006). Nesse sentido, o uso de remineralizadores se faz uma excelente alternativa, já que o Brasil é um país megadiverso e pode viabilizar o uso de diferentes tipos de rochas em diferentes regiões (MARTINS e THEODORO, 2010).

Para Bizão et al. (2013), utilizando como exemplo a soja no Sudoeste Goiano, ao considerar o conjunto de benefícios proporcionados pelo uso de remineralizadores, o sistema de manejo prevê uma equalização de variados elos da cadeia produtiva da soja a fim de torná-la regionalmente sustentável. Outro fator interessante descrito por ele é a possibilidade de regionalização dos recursos naturais disponíveis. A exploração das fontes regionais de rochas silicáticas aumenta a oferta de empregos e retêm capital financeiro no local, capital este que até então é destinado às importações.

O avanço das pesquisas técnicas para o uso racional dos remineralizadores é notório. Todavia, não há uma evolução da pesquisa sobre seus aspectos legais e regulatórios. Há necessidade de uma reflexão profunda acerca do parágrafo único do art. 47 do Código de Mineração, que afirma que, para o aproveitamento, pelo concessionário de lavra, de novas substâncias identificadas na área da jazida, será necessário aditamento ao seu título de lavra. Partindo do pressuposto que os remineralizadores não se restringem a apenas uma substância mineral, mas, sim, a produto com composição múltipla, pergunta-se se seria necessário, para as mineradoras de rocha, o aditamento de sua Portaria de Lavra, originariamente outorgada para basalto, por exemplo, incluindo substância como potássio e fosfato.

Essa exigência nos parece equivocada e excessivamente burocrática. Em tempos em que se buscam soluções adequadas ao aproveitamento do estéril e rejeito da atividade mineral, não parece lógico complicar o processo, já longo, de outorga de Títulos Minerários. Ainda mais quando se verifica que a Constituição da República, em seu art. 176, direciona para o minerador a propriedade do produto da lavra.

CONCLUSÕES

Para que seja viável a ampliação do uso dos remineralizadores, há necessidade de superação de entendimentos legais burocráticos. Além de seu estudo técnico, é necessário a formação de um entendimento jurídico propositivo, e não restritivo, do Código de Mineração. A possibilidade imediata de aproveitamento de todo o produto da lavra deve ser considerada, incluindo seus subprodutos e eventuais estéreis e rejeitos que, compostos por várias substâncias minerais, distintas da contida na Portaria de Lavra das empresas que exploram rochas para diferentes usos.

REFERÊNCIAS

BIZÃO, Antonio Alexandre; Hack, Eduardo; Batista, Nayra Thaís Ferreira; Görgen, Claudia Adriana; Ragagnin, Vilmar Antonio; Martins, Éder de Souza; Morais, Lucas Ferreira de; Marques, Andrea Luiza Görgen; Carvalho, Raquel dos Santos; Assis Luana Bispo de; Avaliação Econômica do Uso da Rochagem em Lavoura Comercial no Sudoeste Goiano, 2013, Poços de Caldas. **Anais II congresso Brasileiro de Rochagem**. Poços de Caldas: Embrapa, 2013. v. 1, p. 212 - 219.

BRASIL. Código de Mineração. Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967.

BRASIL. Instrução Normativa nº 5, de 10 de março de 2016. **Remineralizadores e Substratos**: MAPA. Seção 1, p. 10-11.

BRASIL. Lei nº 12890, de 10 de dezembro de 2013. Altera a Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura. **Lei de Remineralizadores**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12890.htm>. Acesso em: 29 ago. 2016.

FREIRE, William. **Código de Mineração anotado**. 4. ed. rev. atual. ampl. Belo Horizonte: Mandamentos, 2009.

LEPSCH, Igo. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo, Oficina de Textos, 2002. 178p.

MARTINS, Eder de Souza; COELHO, Hideraldo; THEODORO, Suzi Huff. **Lei nº 12.890/13: Processo de regulamentação (Limites)**: Brasília: Imagens, 2014. 17 slides, color.

MARTINS, Eder de Souza; THEODORO, Suzi Huff (Ed.). Anais I Congresso Brasileiro de Rochagem: 21 a 24 de Setembro de 2009. Brasília: Embrapa, 2010. 321 p.

SERRA, Silvia Helena. **Direitos Minerários: formação, condicionamentos e extinção**. São Paulo, Signus, 2000.

TEIXEIRA, Wilson. FAIRCHILD, Thomas Rich. TOLEDO, M. Cristina Motta de. TAIOLI, Fabio. **Decifrando a Terra** – 2ª edição. Companhia Editora Nacional. São Paulo. 2009.

THEODORO, Suzi Huff et al (Ed.). **Anais II Congresso Brasileiro de Rochagem**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2013. 399 p.

THEODORO, Suzi Huff; Leonardos, Othon; Rocha, Eduardo Lyra; Rego, Kleysson Garrido (2006) **Experiências de Uso de Rochas Silicáticas Como Nutrientes**. Espaço & Geografia. Vol 09, nº2, 263;292.

THEODORO, Suzi Huff; Pierre,Jean; Gonçalves, António Olimpio; Leonardos, Othon; Harper, Julia; **A Importância de uma Rede Tecnológica de Rochagem para a Sustentabilidade em Países Tropicais**: In: REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA, 6., 2012, Brasil. **Revista**. Brasil: Rbgf, 2012. p. 1390 - 1407. Disponível em: <www.ufpe.br/rbgf>. Acesso em: 28 ago. 2016.

THEODORO, Suzi Huff. (2000). **A Fertilização da Terra pela Terra: Uma Alternativa de Sustentabilidade para o Pequeno Produtor Rural**. Tese de doutorado. UnB, 231 p.

THEODORO, Suzi. Huff & LEONARDOS, Othon Henry. (2006). Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. **Anais da Acad. Bras. de Ciências**. Rio de Janeiro/RJ. Vol.78 no.4p: 715 – 720.

VAN STRAATEN Peter. (2007). **Agrogeology: The use of rock for crops**. Enviroquest Ltd. 440 p.

TEMA 2 - PROSPECÇÃO DE REMINERALIZADORES DE SOLO

PALESTRAS



'ROCKS FOR CROPS' IN THE WORLD

Peter van Straaten

University of Guelph, Canada, N1G 2W1 - pvanstra@uoguelph.ca

INTRODUCTION

Good quality, healthy soils and available water are two important natural resources that support life on Earth. Rocks are the parents to soils. Parent materials, consolidated or unconsolidated rock materials, are transformed to soils by physical, chemical and biological weathering processes whereby weathering is most intensive in tropical regions of the world. In natural systems and long-term time frames, geological processes, such as mountain building, erosion and sedimentation, as well as volcanism are fundamental agents of soil formation and soil rejuvenation.

In order to meet the increasing food requirements for increasing populations on Earth various strategies have been employed to replenish soil nutrients for increased crop production. Mimicking natural processes by physically, chemically and biologically accelerating nutrient release from 'fertile' rock and mineral phases is seen as pragmatic and inexpensive option to contribute to soil fertility management, especially in the tropics (Leonardos *et al.* 1987, 2000; Fyfe *et al.* 2006; Theodoro and Leonardos 2006, Chesworth *et al.* 1985; van Straaten 2002, 2006).

AGROGEOLOGY AND 'ROCKS FOR CROPS'

The term agrogeology, as used in this presentation introduces a branch of geology that focuses on the distribution and correlation between soil fertility and bedrock materials, and studies related to geological rejuvenation of soils, and secondly, to research and development of agromineral resources and agromineral modification techniques that can be beneficial to enhance and maintain the chemical, physical and biological productivity of soils for the benefits of a sustainable agricultural system. The term 'rocks for crops' that addresses the latter aspect of agrogeology was used for the first time by van Straaten (2002).

The parent material – soil relationship aspect of agrogeology has been studied for decades, in many countries and by many soil scientists. In China, the so-called agrogeological surveys are in fact geochemical surveys encompassing the relationship between geology, soil fertility and soil contamination with heavy metals (Liao *et al.* 2007). For example, the systematic regional geochemical survey in Jiangsu Province in China involved systematic sampling of soil surface and subsurface at densities of 1 sample per 4 km², analysed for 52 elements. In other countries, the relationship of parent material to soil and the distribution of soils in relation to parent material has been conducted either on the basis of mapping or specific studies at selected sites.

In Brazil, Marques *et al.* (2004) and Curi and Franzmeier (1987) demonstrated that the major element geochemistry and mineralogy in Brazil's Cerrado soils widely reflect the underlying geology. These scientists showed that soils developed on basaltic material have the highest clay content, highest CEC, P, Ca, Fe, Ti concentrations, as well as the highest levels of organic C, in contrast to soils developed on sediments and metamorphic rocks. They also showed that micronutrients concentrations can be used in deeply weathered Latosols of Brazil to identify the underlying parent materials. Micronutrient concentrations in mafic-rock derived soils show a strong correlation with parent materials (Campos *et al.* 2003). Some recent work in Pernambuco State, NE Brazil have shown that soils overlying different granite types exhibit different soil fertilities (Silva *et al.* 2016, 2017).

In Brazil and Australia and other countries modern remote sensing techniques and geophysical methods have been successfully employed to map soils in relation to the underlying geology (Wilford *et al.* 1997; van Straaten (2015) and van Straaten *et al.* (in prep.). Airborne and ground geophysical methods applied alongside geological and soil investigations are continuing in Pernambuco state (van Straaten in prep.).

The use of rocks for crops to improve soil fertility has a long history, spanning from the Egyptians, Greeks and Romans who knew the value of certain rocks to increase crop production to the founding fathers of modern agricultural chemistry, Sir J.B. Lawes (1814-1900), and Justus von Liebig (1803-1873), who were instrumental in the production of the first commercial superphosphate and K fertilizers. In contrast to using only one principal nutrient from rocks, Hensel (1890, 1894) used finely ground whole rocks as low-cost, locally available geological multi-nutrient resources for agricultural development. Research on the use of multi-nutrient geological resources as soil amendments and rock fertilizers was re-kindled by Keller (1948), Keller *et al.* (1963), Fyfe *et al.* (1983) Chesworth *et al.* (1983, 1985), Fyfe (1989), Fyfe *et al.* (2006) and van Straaten (1984, 2002, 2006, 2007).

In the 1870s and 1880s the term agrogeology was widely used in Germany, as a term for soil science. Scientists stressed the importance of rock weathering for soil forming processes and agrogeology was considered a branch of geology (Yaalon 1997; Simonson 1999). The concept of soil science changed however when the famous Russian soil scientist Dokuchaev (1846-1903) advanced the knowledge of processes of soil formation that not only involved rock and mineral weathering but the complex interactions and interrelationships between rocks, organic matter, climate and vegetation and biophysical and chemical processes. Following the Russian soil scientists, soil schools in other parts of Europe and the United States created the new science of 'pedology'.

The first two International 'Agrogeology' conferences were held in Budapest (1909) and Stockholm (1910) but the name changed to 'agropedology' in 1922. Two years later in Rome, the concept – and name - had evolved into pedology and consequently the conference was called the Fourth International Pedological Conference (Simonson 1999). Thereafter the term agrogeology was not used in soil science conferences for the next decades.

In the 1980's, the concept and name 'agrogeology', and especially the aspects of 'rocks for crops' was taken up again by scientists from the United States (Keller 1948, Keller *et al.* 1963) and Brazil (Leonardos *et al.* , 1987; 2000), and Canada (Chesworth *et al.* (1983, 1985),

Fyfe *et al.* (1983), van Straaten (1984), Fyfe (1989), and van Straaten (2002, 2006, 2007). This led to the establishment of the inter-disciplinary, problem solving earth and agricultural science, agrogeology, with emphasis on the applied side of agrogeology, 'rocks for crops'. This specific aspect of agrogeology seeks to contribute to increased soil health, food production and food security of farmers and society as a whole (van Straaten 2002). The inter-disciplinary 'rocks for crops' approach integrates the knowledge of researchers and practitioners from soil science, geology, engineering and rural extension services. It aims at finding practical solutions to reduce soil nutrient depletion and soil degradation.

Unfortunately, many of the stakeholders, including soil scientists and geologists commonly speak different scientific languages, occupy different buildings and work in different government ministries. Regrettably, these barriers make direct communication and interdisciplinary problem solving research and development difficult. Lack of communication and lack of funding are largely responsible that only few international, science-based 'rocks for crops' research and development projects have been conducted in the field so far.

'ROCKS FOR CROPS' RESEARCH AND DEVELOPMENT IN THE WORLD

International experiences of 'rocks for crops' research and development are patchy. In some countries, like in Brazil, major efforts are made to study the use of rocks for crops, in other countries only few scientists have had the chance and funding support to study the use of agromineral resources for local agricultural developments.

In the past, most 'rocks for crops' studies focused on the use and modification of single nutrient component soil amendments and fertilizers, e.g. phosphate rocks and potassium-silicate and Ca and Mg sources. Research and development of these single-nutrient amendments and fertilizers will not be covered here however. Instead, I will report on R&D efforts to modify multi-nutrient silicate resources and their use in the world, in Portuguese known as 'Rochagem'.

Research on the use of multi-nutrient bearing rock silicates requires the understanding of rock and mineral solubilities and the kinetics of the breakdown of minerals and rocks. Fundamental studies by Lasaga (1984), Brantley (2008), Brantley and Stillings (1994), Brantley and Chen (1995), Brantley and Olsen (2014), as well as Harley and Gilkes (2000), Palandri and Kharaka (2004), White and Brantley (1995, 2002) and others provide insight into the kinetics of mineral dissolution, mineral solubilities, and mineralogical and chemical aspects of weathering. These studies were primarily conducted in clean laboratory settings which are different from field conditions (White and Brantley 2003).

Research on the use of rocks for crops however not only requires knowledge of the rocks and minerals that are to be applied but also knowledge of physical, chemical and biological characteristics of the soils into which these ground mineral resources are added. And, last but not least, research and development need the knowledge of crop science, knowledge of specific plant requirements, e.g. specific nutrient requirements of food crops like rice, banana, maize. The practical application of the rock-soil-crop sequential transformation was summarized under the topic 'Which rocks for which crops?' by van Straaten (2013) during the Second Brazilian Rochagem Congress in Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil.

REVIEW OF SELECTED MULTI-NUTRIENT SILICATE ROCK RESEARCH AND DEVELOPMENT WORK WORLDWIDE

In the following short review I will provide some information on ‘rocks for crops’ research in five continents. The survey is not exhaustive as many research data and field trials are not reported in international publication. The survey is based on personal contacts and literature searches.

Multi-nutrient silicate rock research and development (R&D) work in Asia is reported from India (microbial mica dissolution e.g. Basak and Biswas (2009), Biswas *et al.* (2009) and silicon research for rice (Prakash *et al.* 2011; 2016). In Indonesia, whole rock K-silicate research has been conducted by scientists from the Geological Survey and Tekmira/Bandung, specifically on the use of K-rich leucite bearing volcanic rocks in Eastern Java (Kusdarto (2012), Wahyudi and Wahyudi (2013); Sayekti (2015). Research on the use of ‘rocks for crops’ specifically the use of Si releasing volcanic rocks for rice crops as well as innovative processing techniques such as micronizing techniques (Priyono 2005; Priyono and Gilkes 2004), and innovative rocks-to-liquid processing techniques for application on rice are being developed by Prof. Joko Priyono, Lombok University (Priyono, pers. comm.).

Figure 1 – from left to right: Leucite bearing volcanic rocks in East Java; thin section of volcanic rock with leucite; soybean trial with leucite bearing volcanic rock, 49 days after planting (source: Sayekti 2015).



Figure 2 – Innovative modification of volcanic rock for application in rice fields in Sumbawa Island, Indonesia (Prof. Joko Priyono). From left to right: Local grinding mill, ‘from rock to liquid’, spray application of liquid Si-source in rice field.



In sub-Saharan Africa field research on the use of whole rock silicate fertilizers is conducted in a few countries. In Cameroon the research centres on the use of various volcanic and igneous rocks on acid nutrient depleted soils (Tchouankoue *et al.* 2010, 2015, Tetsopgang *et al.* 2015, Tetchou 2012). In Malawi geological research focuses on K-bearing rocks, (nepheline

syenite) by Mr. Chiwona (Chiwona *et al.* 2016). In Uganda, the research emphasis is currently on the use of ultrapotassic whole rocks of the 'kamafugite' group of rocks for use on banana and coffee crops, as well on vermiculite processing and blending of expanded vermiculite with organic sources, e.g. *Tithonia diversifolia* (Wanda, pers. comm. 2016).

Figure 3 – Kamafugites for use on banana and coffee in Western Uganda. Upper row: = Lake Katunga (type locality of katungite), Lower row = Lake Mafuro (type locality of mafurite), both Bunyaruguru area, W-Uganda. Origin of name kamafugite: Ka (katungite) maf (mafurite) ugite (ugandite, from Uganda) = ka-maf-ugite.



Research in Europe is conducted in several countries, including the United Kingdom (K-processing research: Manning 2010); UK/USA: K-feldspar research, Ciceri *et al.* (2015); Sweden/UK: whole rock volcanic dust research (Ramezani *et al.* 2013); the Netherlands: use of rock dust for restoration of nature reserves, Bergsma (pers. comm.); Norway: whole rock and K-rock research and development, trace element concerns (Myrvang *et al.* 2016) and mitigation, tailings and composting research (Heim 2016, Bakken *et al.* 1997, 2000,), mechanical activation of rock flower fertilizer (Kleiv and Thornhill 2007). In France research on microbial dissolution of phosphate rock and other agrominerals is ongoing, e.g. Hinsinger *et al.* (2001).

Research in South America is primarily conducted in Brazil: This is the world's 'epicentre' for whole rock silicate research. Innovative research and development on finely ground multi-nutrient rock fertilizers is carried out in many parts of the country, mainly using various volcanic rocks, e.g. basalt, but also phonolite, and alkaline rock suites, as well as on zeolite application, mineral separation techniques etc. Part of the results of Brazilian researchers is compiled in the Proceedings of the First and Second Brazilian Congress of 'Rochagem', as well as in various national and international journals.

OUTLOOK

There is a considerable potential for using low grade and non-conventional nutrient-bearing rock and mineral resources to increase soil fertility and thus contribute to increased

global crop production to feed more people from the existing agricultural land base. Concerted multi-disciplinary efforts of all stakeholders, farmers, mineralogists, geologists, soil scientists, processing engineers and others are needed to overcome the principal barriers of slow nutrient release from rocks and minerals, and to make meaningful and practical contributions to sustainable agricultural practices.

Using direct application of crushed rocks and minerals on tropical soils have shown variable results due to the variability of chemical and mineralogical composition of rocks, variability of soils, and crop specific factors. The principal barriers for increased use of multi-nutrient silicate soil amendments and fertilizers include low mineral solubilities and high application rates (commonly $> 10 \text{ t ha}^{-1}$) which reduce the practicality and economics of application.

To improve the efficacy of nutrient release from rocks and minerals extra steps are required using microbiological, chemical and physical modification techniques. Part of alternative strategies to overcome the slow release of nutrient elements from rocks and minerals is by mimicking chemical, physical and biological processes of rock and mineral breakdown. Research has demonstrated that certain modification techniques can enhance the nutrient release of some of the agromineral resources. For example, mineral solubilizing organic acids that are commonly exuded from roots or from microorganism, or mechanical activation techniques (Priyono and Gilkes 2004, Kleiv and Thornhill 2007), or thermal and hydrothermal treatment of rocks (e.g. Ciceri and Allanore 2015) have shown promises. Soil and plant induced biochemical weathering, bioweathering, of multi-nutrient silicate rocks is part of microbiological modification techniques (Berthelin and Leyval 1982; Berthelin *et al.* 1991; Hinsinger *et al.* 1993, Hinsinger 1998; Hinsinger *et al.* 2001) which have some potential as is the use of low molecular weight organic acids in the dissolution of minerals.

Research on the microbial or plant root induced dissolution of silicate minerals is so far confined mainly to laboratory studies. However, in India, South Korea and China, several field studies with waste mica has shown the potential of using mineral wastes to be transformed to agricultural wealth ('from waste to wealth'). Thus, combined biological-biochemical and physical modification techniques, e.g. 'composting with rocks' should be studied increasingly in laboratory and field experiments. In addition, advanced and innovative methods to micronize and physically transform ground rocks into pellets - and into liquid form - need to be further developed to make progress to 'turn rocks into crops'.

REFERENCES

- BAKKEN, A.K., GAUTNEB, H., SVEISTRUP, T., MYHR, K. 2000. Crushed rocks and mine tailings applied as K fertilizers on grassland. **Nutr. Cycl. Agroecosyst.** 56:53-57.
- BAKKEN, A.K., GAUTNEB, H., MYHR, K. 1997. The potential of crushed rocks and mine tailings as slow-releasing K fertilizers assessed by intensive cropping of Italian ryegrass in different soil types. **Nutr. Cycl. Agroecosyst.** 47:41-48.
- BASAK, B.B., BISWAS, D.R. 2009. Influence of potassium solubilizing microorganism (*Bacillus mucilaginosus*) and waste mica on potassium uptake dynamics by sudan grass (*Sorghum vulgare* Pers.) grown under two Alfisols. **Plant Soil** 317:235-255.

- BERTHELIN, J., LEYVAL, C., LAHEURTE, F., DE GIUDICI, P. 1991. Involvement of roots and rhizosphere microflora in the chemical weathering of soil minerals. In: ATKINSON, D. (editor) **Plant root growth - An ecological perspective**. British Ecol. Soc., Blackwell Scientific Publ. pp. 187-200.
- BERTHELIN, J., LEYVAL, C. 1982. Ability of symbiotic and nonsymbiotic rhizospheric microflora of maize (*Zea mays*) to weather micas and to promote plant growth and plant nutrition. **Plant Soil** 68:369-377.
- BISWAS, D.R., NARANYANASAMY, G., DATTA, S.C., SINGH, G., BEGUM, M., MAITI, D., MISHRA, A., BASAK, B.B. 2009. Changes in nutrient status during preparation of enriched organo-mineral fertilizers using rice straw, low-grade rock phosphate, waste mica, and phosphate solubilizing microorganism. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.** 40:2285-2307.
- BRANTLEY, S.L. 2008. Kinetics of Mineral Dissolution. In: BRANTLEY, S.L., KUBICKI, J.D. AND WHITE, A.F. (eds.) **Kinetics of water-rock interaction**, Springer New York. pp. 151-210.
- BRANTLEY, S.L., OLSEN, A.A. 2014. Reaction kinetics of primary rock-forming minerals under ambient conditions. In: HOLLAND, H.D. AND TUREKIAN, K.K. (eds.) **Treatise on geochemistry** (2nd edition). Elsevier, Oxford, pp. 69-113.
- BRANTLEY, S.L., CHEN, Y. 1995. Chemical weathering rates of pyroxenes and amphiboles. In: WHITE, A.F. AND BRANTLEY, S.L. (eds.) **Chemical weathering rates of silicate minerals**. Min. Soc. Am., Washington, D.C. pp. 119-172.
- BRANTLEY, S.L., STILLINGS, L. 1994. An integrated model for feldspar dissolution under acid conditions. **Mineral. Mag.** 58A, 117-118.
- CAMPOS, M.L., PIERANGELI, M.A.P., GUILHERME, L.R.G., MARQUES, J.J., CURI, N. 2003. Baseline concentration of heavy metals in Brazilian latosols. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.** 34:547-557.
- CHESWORTH, W. 1982. Late Cenozoic geology and the second oldest profession. **Geoscience Canada** 9:54-61.
- CHESWORTH, W., MAGIAS-VASQUEZ, F., ACQUAYE, D., THOMSON, E. 1983. Agricultural alchemy: stones into bread. **Episodes** 1:3-7.
- CHESWORTH, W., VAN STRAATEN, P., SEMOKA, J., MCHIHIYO, E. 1985. Agrogeology in Tanzania. **Episodes** 8:257-258.
- CHIWONA, A.G., GAULTON, R., MANNING, D.A. 2016. Novel potash fertilisers for Africa's agricultural growth. **Presentation 35th Int. Geol. Congress Cape Town, South Africa**.
- CICERI, D., ALLANORE, A. 2015. Microfluidic leaching of soil minerals: release of K⁺ from K Feldspar. **Plos One**. DOI: 10.1371/journal.pone.0139979, 10p.
- CICERI, D., MANNING, D.A., ALLANORE, A. 2015. Historical and technical developments of potassium resources. **Sci. Tot. Envir.** 502:590–601. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.09.013
- CURI, N., FRANZMEIER, D.P. 1987. Effect of parent rocks on chemical and mineralogical properties of some Oxisols in Brazil. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 51:153-158.

- FYFE, W.S. 1989. Soil and global change. **Episodes** 12:249-254.
- FYFE, W.S., LEONARDOS, O.H., THEODORO, S.H. 2006. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. **Ann. Acad. Bras. Ciênc.** 78:715-720.
- FYFE, W.S., KRONBERG, B.I., LEONARDOS, O.H., OLORUNFEMI, N. 1983. Global tectonics and agriculture: a geochemical perspective. **Agr. Ecosyst. Env.** 9:383-399.
- HARLEY, A.D., GILKES, R.J. 2000. Factors influencing the release of plant nutrients from silicate rock powders: a geochemical overview. **Nutr Cycl Agroecosyst.** 56:11-36.
- HEIM, M. 2016. **Multi-purpose application of silicate tailings in agriculture.** Poster presented at GeoNor, Mo i Rana, Norway, 15-17.03.2016.
- HENSEL, J. 1890. **Das Leben.** (in German) Verlag Boericke und Tafel, Leipzig, Germany.
- HENSE, J. 1894. **Bread from stones.** AJ Tafel (editor) Philadelphia, USA.
- HINSINGER, P. 1998. How do plant roots acquire mineral nutrients? Chemical processes involved in the rhizosphere. **Adv. Agr.** 64:225-265.
- HINSINGER, P., BARROS, O.N.F., BENEDETTI, M.F., NOACK, Y., CALLOT, G. 2001. Plant-induced weathering of a basaltic rock: Experimental evidence. **Geochim Cosmochim. Acta** 65:137-152.
- HINSINGER, P., JAILLARD, B. 1993. Root-induced release of interlayer potassium and vermiculization of phlogopite as related to potassium depletion in the rhizosphere of ryegrass. **J. Soil Sci.** 44:525-534.
- HINSINGER, P., ELSASS, F., JAILLARD, B., ROBERT, M. 1993. Root-induced irreversible transformation of a trioctahedral mica in the rhizosphere of rape. **J. Soil Sci.** 44:535-545.
- KELLER, W.D. 1948. Native rocks and minerals as fertilizers. **Sci. Monthly** 66:122-130.
- KELLER, W.D., BALGORD, W.D., REESMAN, A.L. 1963. Dissolved products of artificially pulverized silicate minerals and rocks. **J. Sediment. Petrol.** 33:191-204.
- KELLER, W.D., REESMAN, A.L. 1963. Glacial milks and their laboratory-simulated counterparts. **Geol. Soc. Am. Bull.** 74:61-76.
- KUSDARTO, A. 2012. Rock potential resources for K-fertilizer from Ringgit Besar Complex area, Situbondo Regency, East Java Province, Indonesia. **Unpubl. Rep.**, 7p.
- LASAGA, A.C. 1984. Chemical kinetics of water-rock interactions. **Journal of Geophysical Research** B 89, B6, 4009-4025.
- LEONARDOS, O.H., FYFE, W.S., KRONBERG, B.I. 1987. The use of ground rocks in laterite systems: an improvement to the use of conventional soluble fertilizers? **Chem Geol** 60:361-370.
- LEONARDOS, O.H., THEODORO, S.H., ASSAD, M.L. 2000. Remineralization for sustainable agriculture: A tropical perspective from a Brazilian viewpoint. **Nutr. Cycling Agroecosyst.** 56:3-9.

- LIAO, Q.L., EVANS, L.J., GU, X., FAN, D.F., YIN, Y., WANG, H. 2007. A regional geochemical survey of soils in Jiangsu Province, China: preliminary assessment of soil fertility and soil contamination. **Geoderma** 142:18-28.
- MANNING, D.A. 2010. Mineral sources of potassium for plant nutrition. A review. **Agron. Sustain. Dev.** 30:281-294.
- MANNING, D.A. 2015. How will minerals feed the world in 2050? **Proc. Geol. Ass.** 126:14-17.
- MARQUES, J.J., SCHULZE, D.G., CURI, N., MERTZMAN, S.A. 2004. Major element geochemistry and geomorphic relationships in Brazilian Cerrado soils. **Geoderma** 119:179-195.
- MYRVANG, M.B., HILLERSOY, M.H., HEIM, M., BLEKEN, M.A., GJENGDAL, E. 2016. Uptake of macro nutrients, barium and strontium by vegetation from mineral soils on carbonatite and pyroxenite bedrock at the Lillebukt alkaline complex on Sternoy, Northern Norway. **J. Plant Nutr. Soil Sci.** DOI:10.1002/jpln.201600328, 12p.
- PALANDRI, J.L., KHARAKA, Y.K. 2004. A compilation of rate parameters of water-mineral interaction kinetics for application to geochemical modeling. **US Geol. Survey Open File Rep.** 2004-1068, 64p.
- PRAKASH, N.B., ANITHA, M.S., SANHYA, K. 2016. Behaviour of different levels and grades of diatomite as silicon source in acidic and alkaline soils. **Silicon**. DOI 10.1007/s12633-015-9373-9, p1-9.
- PRAKASH, N.B., CHANDRACHEKAR, N., MAHENDRA, C., PATEL, S.U., THIPPESHAPPA, G.N., LAANE, H.M. 2011. Effect of soluble silicic acid on growth and yield parameters in wetland rice in hilly and coastal zone soils of Karnataka, South India. **J. Plant Nutr.** 34:1883-1893.
- PRIYONO, J. 2005. **Effects of high energy milling on the performance of silicate rock fertilizers**. Ph.D. Thesis, The University of Western Australia.
- PRIYONO, J., GILKES, R.J. 2004. Dissolution of milled-silicate rock fertilisers in the soil. **Austr. J. Soil Res.** 42:441-448.
- PRIYONO, J. 2014, pers. comm.
- RAMEZANIAN, A., DAHLIN, S.A., CAMPBELL, C.D., HILLIER, S., MANNERSTEDT-FOGELFORS, B., ÖBORN, I. 2013. Addition of a volcanic rockdust to soils has no observable effects on plant yield and nutrient status or on soil microbial activity. **Plant Soil** 367:419-436
- ROBERT, M., BERTHELIN, J. 1986. Interactions of soil minerals with natural organics and microbes. Role of biological and biochemical factors in soil mineral weathering. **Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publ.** 17:453-495.
- SAYEKTI, B. 2015 (in Indonesian). **Batuan vulkanik kaya Kalium untuk agromineral di Daerah Ngabinan dan Gebangan, Kabupaten Situbondo, Provinsi Jawa Timur**, M.Sc. Thesis University of Padjadjaran, Indonesia. 72p.
- SILVA, Y.J.A.B., NASCIMENTO, C., VAN STRAATEN, P. 2017. Effect of I- and S-type granite parent material mineralogy and geochemistry on soil fertility. A multivariate statistical and GIS-based approach. **Catena** 149:64-72.

SILVA, Y.J.A.B., NASCIMENTO, C.W.A., BIONDI, C.M., VAN STRAATEN, P., SOUZA, V.S., FERREIRA, T.O. 2016. Weathering rates and carbon storage along a climosequence of soils developed from contrasting granites in northeast Brazil. **Geoderma** 284:1-12.

SIMONSON, R.W. 1999. Origin and acceptance of the term pedology. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 63:4-10.

STAMFORD, N.P., LIMA, R.A., SANTOS, C.R.S., DIAS, S.H.L. 2006. Rock biofertilizers with *Acidithiobacillus* on sugarcane yield and uptake in a Brazilian soil. **Geomicrobiol J** 23:261-265.

TCHOUANKOUE, J.P., NKOUATHIO, D.G., NJOFANG, C. 2010. Use of pyroclastic rocks from the Cameroon Volcanic Line as rocks fertilizers: preliminary results, **Anais I Congresso Brasileiro de Rochagem**, Martins, E.S. and Theodoro, S.H., Eds., pp. 31-36.

TCHOUANKOUE, J.P., TETCHOU TCHEKAMBOU, A.N., ABOSSOLO, M.A., NGANSOP, C., THEODORO, S.H. 2015. Rock Fertilizers as an Alternative to Conventional Fertilizers: the Use of Basalt From the Cameroon Volcanic Line for maize farming on Ferrallitic soils. In: Goreau T, Larson R, and Campe J (eds.) **Geotherapy: Innovative Methods of Soil Fertility Restoration, Carbon Sequestration, and Reversing CO₂ Increase**, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, pp. 449-464.

TETCHOU TCHEKAMBOU, A.N. 2012. **Étude pétrographique et géochimique de quelques basaltes du Cameroun et essais en champ de leurs poudres comme engrais dans la culture du maïs a Akak-Yaoundé**. MSc. thesis, Université de Yaoundé 1, 58p.

TESOPGANG, S., KAMGA, P., ACHOUMELE, P.F.G., ALEMANJI, B., MANJO, D.Z., MAZOH, L. 2015. Effect of powders of basalts, tuff, granites and pyroclastic materials on the yield and quality of carrots and cabbages grown on tropical soils in the northwest region of Cameroon. In: Goreau T, Larson R, and Campe J (eds.) **Geotherapy: Innovative Methods of Soil Fertility Restoration, Carbon Sequestration, and Reversing CO₂ Increase**, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, pp. 435-443.

THEODORO, S.H., LEONARDOS, O.H. 2006. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. **Ann. Acad. Bras. Ciênc.** 78:721-730.

VAN STRAATEN, P. 2015. **The role of geophysics in agrogeology**. Presentation at KEGS meeting, University of Toronto, Canada, February 10th, 2015. www.youtube.com/watch?v=yBcNDCEJBLc

VAN STRAATEN, P. 2013. Which rocks for which crops? Ecophysiological and geological factors. **Proceed. II Congresso Brasileiro de Rochagem**, Poços de Caldas, Minas Gerais, pp.49-55.

VAN STRAATEN, P. 2011. **The geological basis of farming in Africa**. In: Bationo *et al.* (eds). Innovations as key to the green revolution in Africa, Springer Science + Business Media BV. pp. 31-47.

VAN STRAATEN, P. 2007. **Agrogeology – the use of rocks for crops**. Enviroquest, Cambridge, Canada, 440p.

VAN STRAATEN, P. 2006. Farming with rocks and minerals: Challenges and opportunities. **Ann. Acad. Bras. Ciênc.** 78:731-747.

VAN STRAATEN, P. 2005. Minerales en la Agricultura. In: Nielson H and R Sarudiansky (eds.) **Minerales para la agricultura en Latinoamérica**. CEP, Buenos Aires, Argentina, pp. 20-36 (in Spanish).

- VAN STRAATEN, P. 2002. **Rocks for crops: Agrominerals of sub-Saharan Africa**. ICRAF, Nairobi, Kenya, 338p.
- VAN STRAATEN, P. 1984. Agro-geological research in Tanzania. Presentation at Symposium of Geological Society of Tanzani, Feb. 1984, **Dodoma**, Tanzania, 10p.
- VON FRAGSTEIN, P., PERTL, W., VOGTMANN, H. 1988. Verwitterungsverhalten silikatischer Gesteinsmehle unter Laborbedingungen (in German). **Z. Pflanzenern. Bodenk.** 151:141-146.
- WAHYUDI, A., WAHYUDI, T. 2013. A literature study of benefiting K-bearing silicate rocks as raw materials for potassium fertilizer. **Indon. Mining J.** 16:101-110.
- WANDA, N.W. 2015, pers. comm.
- WILFORD, J.R., BIERWIRTH, P.N., CRAIG, M.A. 1997. Application of airborne gamma-ray spectrometry in soil/regolith mapping and applied geomorphology. AGSO Journal of Australian **Geology & Geophysics**, 17:201-216.
- WHITE AF AND BRANTLEY SL 1995. **Chemical weathering rates of silicate minerals: An overview**. In: WHITE A.F. AND BRANTLEY S.L., eds.) Chemical Weathering Rates of Silicate Minerals, Vol. 31, **Mineralogical Society of America**, pp. 1–22.
- WHITE, A.F.; BRANTLEY, S.L. 2003. The effect of time on the weathering of silicate minerals: Why do weathering rates differ in the laboratory and field? **Chemical Geology** 202:479–506.
- YAALON, D.H. 1997. History of soil science in context: international perspective. In: YAALON, D.H. AND BERKOWICS, S. (eds.) History of soil science - International perspectives. **Advances in Geoecology** 29, Reiskirchen, Germany, pp. 1-13.

REMINERALIZADORES NO BRASIL: O TRABALHO DA CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Magda Bergmann¹

¹Serviço Geológico do Brasil-CPRM

INTRODUÇÃO

A CPRM – Serviço Geológico do Brasil tem como missão institucional gerar e difundir o conhecimento geológico em resposta às demandas da sociedade brasileira. A empresa tem, entre outras diretrizes, dado ênfase à pesquisa de rochas e minerais próprios ao fornecimento de insumos para fertilizantes agrícolas (fósforo e potássio), como forma de enfrentar a elevada dependência de importações neste setor. Um exemplo desta ação é o Projeto Fosfato Brasil (Abram et al., 2011).

Mais recentemente, a CPRM passou a desenvolver também projetos de prospecção de rochas e materiais com potencial para emprego como remineralizadores e condicionadores de solos, e participa de planos de trabalho em convênio com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. O grupo Embrapa-CPRM realiza saídas de campo conjuntas entre agrônomos e geólogos, e mantém uma intensa troca de informações e experiências. Isto vem permitindo o aprofundamento no tema em termos de retorno mútuo entre as duas instituições, de um lado sobre o potencial de rochas a partir de dados litoquímicos, petrográficos e de reservas ou disponibilidade, e de outro quanto ao aspecto de demandas de solos e plantas, comportamento de minerais em solos e do desempenho de pós de rocha em ensaios agrônômicos.

O foco dos projetos da CPRM na linha de rochagem é a caracterização química e mineralógica de materiais geológicos que sejam fontes potenciais de nutrientes para as plantas. A prioridade de indicação de uso recai sobre rochas e minerais disponíveis em pilhas de descarte de mineração, de maneira a favorecer o emprego a curto-médio prazo dos insumos, promovendo benefícios ambientais quanto à disposição de rejeitos, e ainda abrindo a perspectiva de sub-produtos que possam ser aditados à substância mineral objeto da lavra.

Os trabalhos nesta linha de prospecção e pesquisa incluem a estimativa de reservas e considerações sobre a viabilidade de uso de materiais geológicos. Os critérios de seleção de rochas à época de alguns projetos foram baseados nos parâmetro da Lei dos Fertilizantes (Lei nº 6.894/1980) quanto aos teores limites de elementos potencialmente tóxicos (EPT), além de seguirem as recomendações do Grupo de Trabalho de Normatização do Uso de Pó de Rocha na Agricultura (GT). Neste sentido, informações aportadas pelo banco de dados litoquímicos de projetos da CPRM contribuíram para propostas feitas pelo GT ao Ministério da Agricultura e da Pecuária (MAPA), buscando embasar a definição das garantias mínimas e dos limites de EPT atribuídos aos remineralizadores pelas as Instruções Normativas MAPA IN 05 e IN 06 de 10/03/2016.

Neste espaço serão abordados trabalhos e projetos recentes da CPRM desenvolvidos exclusivamente para a área de rochagem ou que contemplem adicionalmente a indicação de rochas para este objetivo. Serão expostos alguns dos principais resultados dos projetos já concluídos e em vias de publicação, bem como resultados parciais daqueles em andamento.

CAPÍTULO ROCHAGEM DO LIVRO GEODIVERSIDADE DO ESTADO DE RORAIMA

Como parte do programa da CPRM Geologia do Brasil - Levantamento da Geodiversidade, o livro **Geodiversidade do estado de Roraima** contou com um capítulo que relaciona as unidades de interesse agrogeológico do estado, dentro dos conceitos integrados que caracterizam o tema.

O capítulo Rochagem do referido livro (Bergmann e Holanda, 2014) expõe os resultados de um trabalho de caráter preliminar, com levantamentos de campo e caracterização de algumas das rochas que apresentam potencial para uso como remineralizadores e condicionadores solos em Roraima.

Foram pesquisados o complexo vulcânico Apoteri (basaltos toleíticos), de idade mesozoica, que aflora na parte central do estado; as rochas alcalinas de Campos Novos (Complexo Alcalino Apiaú, do Mesozoico, no oeste de Roraima); unidades do Mesoproterozoico (suítes intrusivas Serra da Prata e Mucajá e gabros Caracará) e do Paleoproterozoico, como os tufos vítreos, tufos cineríticos e vulcânicas ácidas do Grupo Surumu e o gabro Avanavero, entre outras rochas. A avaliação de unidades de interesse agrogeológico que ocorrem no território da Roraima foi complementada através da compilação bibliográfica de dados de litoquímica e petrografia.

Uma das características do estado da Roraima é sua vocação agrícola e pecuária, atividades praticadas principalmente nos domínios de savana, em solos ácidos e pouco férteis. O estado é considerado área de fronteira agrícola para a soja e o arroz, e não obstante enfrenta problemas de infra estrutura como oferta de insumos agrícolas, e em especial de corretivos de solo, dependendo de um problemático aporte de calcários a partir da Venezuela.

Em Roraima os empreendimentos de mineração regularizados são restritos a poucas lavras que produzem agregados para a construção civil, e de maneira geral a mineração é gravada pela territorialidade complexa do estado, que conta com mais de 60% de sua superfície demarcada como áreas indígenas ou de proteção ambiental.

Os resultados do trabalho destacaram as rochas basálticas do complexo vulcânico Apoteri, pelo potencial para disponibilização de Ca e Mg, soma de bases adequada, e pela presença de vidro e alteração hidrotermal do tipo argilização (prováveis esmectitas e outros argilominerais, com capacidade de implementar a CTC de solos). Estas rochas estão disponíveis como finos de britagem na lavra da BV Mineração, em área onde ocorre a produção de hortifrutigranjeiros que abastece a capital Boa Vista e já contam com testes agrônômicos com resultados positivos (Figuras 1A e 1B).

Figura 1 – A: Lavra da BV Mineração em Nova Olinda, próximo à capital Boa Vista. B: Fotomicrografia Luz Natural, aumento de 100 x de basalto da lavra com argilominerais da família das esmectitas (verdes) em cavidades e sobre grãos de plagioclásio. Domínios vítreos em cor escura.



Também as rochas vulcânicas **ácidas** do Grupo Surumu, que ocorrem em zonas agrícolas do Estado, apresentam interesse para emprego como remineralizadores de solos, enquanto fontes de Si e K para as culturas do arroz, milho e gramíneas de pastagens. As texturas vítreas, em especial dos tufos vítreos e tufos cineríticos finos apontam para um grande potencial de reatividade em solos (Figuras 2 A e B). Pela sua natureza ácida, e pela textura que não permite a determinação dos teores de quartzo por análise petrográfica, os litotipos vítreos do Grupo Surumu requerem análises quantitativas de DRX para estimativa da quantidade deste mineral inerte.

Figura 2 – A: Sedimentos do Supergrupo Roraima, ao fundo, sobrepondo pacote de tufos lápili e tufos cineríticos do Grupo Surumu, ambos com camadas mergulhantes para norte. Igarapé Paiuá, Fazenda Bom Jardim. B: Aspecto dos tufos lápili, com fraturas perlíticas (estruturas circulares) típicas de devri-tificação. Foto Nelson Reis.



Outros litotipos indicados para testes agronômicos foram os biotita-anfibólio fonolitos da suíte alcalina Campos Novos (Figura 3 A), com sanidina (feldspato potássico) entre 50 e 55%, anfibólio entre 20 e 30% e nefelina entre 10 e 20%. As somas de bases para estas rochas ficam entre 14 e 19%, e os teores de K₂O para a maioria das amostras situam-se entre 5,1 e 6,4%. Um dos fatores limitantes ao aproveitamento dos fonolitos como fontes de K e Si é o

teor de Na_2O , que eventualmente ultrapassa 7% nas amostras analisadas. Cabe observar que as rochas com menor quantidade de nefelina podem vir a ser menos sódicas.

Figura 3 – A: Blocos de biotita-anfibólio fonolito da suíte alcalina Campos Novos com fenocristais de sanidina em matriz afanítica. B: Bioma Floresta Amazônica com bananal às margens da Vicinal Seis, tronco Campos Novos. Ao fundo mudança de cor do solo na passagem para rochas alcalinas.



A

B

As rochas alcalinas ocorrem como complexos de diques em região de assentamentos rurais nos municípios de Mucajaí e Iracema, no oeste do estado, onde é praticada a agricultura e pecuária em pequena escala, e a produção de bananas, cultura altamente demandante de K, atinge escala semi-intensiva (Figura 3 B).

Ainda foram caracterizados gabros das unidades Avanavero, Taiano e Caracaraí, além de rochas graníticas de lavras de paralelepípedos e brita, entre as quais os hornblenda gnaisses de Mucajaí que apresentam 22% de quartzo, um teor inferior, embora próximo, do limite de minerais inertes atualmente definido pela IN MAPA 05/2016.

Muitas outras rochas que não foram alcançadas pelos trabalhos de campo mostram potencial para uso em rochagem em Roraima, como os litotipos máficos e ultramáficos do Grupo Carauane e da Suíte Máfica-Ultramáfica Uraricaá, que têm potencial para corretivos de solos, apesar dos teores restritivos de Cr e Ni. O emprego de rochas ultramáficas em solos esbarra no risco de fatores fitotóxicos introduzidos por teores altos de Ni, bem como na possibilidade de redução do Cr a sua forma altamente tóxica Cr^{6+} .

Isto posto, outra restrição à alternativa de fontes de insumos do tipo corretivos de acidez em solos para a Roraima é o fato de que a maior parte das sequências de rochas ultramáficas do estado têm ocorrência restrita à parte do território ocupada por áreas indígenas ou áreas de proteção ambiental.

PROJETO DA AGROMINERAIS DA REGIÃO DE IRECÊ- JAGUARARI (BA)

Por demanda da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) a CPRM efetuou a prospecção de materiais geológicos próprios para rochagem em um perímetro de 100 km das áreas urbanas de Irecê e de Jaguarari, na Bahia. Os insumos potenciais destinam-se à agricultura irrigada em assentamentos do Projeto Baixo de Irecê da CODEVASF.

Os resultados do projeto (Blaskowski, Bergmann e Cavalcante, 2016) incluíram a caracterização por litoquímica, petrografia e DRX de rochas fontes de K e multinutrientes (flogopititos dos garimpos de esmeralda os municípios de Pindobaçu e Campo Formoso); Ca e Mg (carbonatos da Bacia de Irecê e da Formação Caatinga, disponíveis em várias lavras de agregados para a construção civil) e micronutrientes vários, além de litotipos para uso como corretivos de solos (carbonatos da Bacia de Irecê e Formação Caatinga, rochas ultramáficas das lavras de cromititos, Cia de Ferroligas da Bahia (Ferbasa) e da lavra de kimberlitos da Lipari Mineração. Com poucas exceções, as rochas indicadas encontram-se disponíveis em pilhas de descartes de mineração. Também foram pesquisadas pastas de tratamento de minérios de volumosas bacias de decantação, como fontes de P (bacias de flotação e de deslamagem da Mineração Galvani, município de Irecê) e de multinutrientes (bacia de decantação da Mina Caraíba, da Companhia Brasileira do Cobre).

Flogopititos dos garimpos de Esmeralda de Carnaíba e Socotó - Os flogopititos, lavrados para esmeralda pela cooperativa garimpeira Companhia Bahiana de Mineração (CBM) em *pits* e galerias subterrâneas, são indicados como fontes de multinutrientes para as plantas, com potencial de disponibilização de K, Mg, Fe e Si, além dos micronutrientes Mn, Mo e V.

A mineralização de esmeralda e a gênese das rochas ricas em flogopita é ligada a processos metassomáticos resultantes da intrusão do granito Campo Formoso no complexo máfico-ultramáfico de mesmo nome, ambos de idade do Paleoproterozoico.

Os litotipos classificados como flogopititos (Figura. 4 A) apresentam 98% de flogopita em petrografia modal, e sua caracterização litoquímica em um total de dez amostras apresenta teores de K_2O entre 9,44 a 10,86 % e de MgO entre 17 e 21,9%. Os valores para soma de bases ficam entre 27,64 e 31,45% e com exceção de teores anômalos de Cd detectados em duas das amostras, as rochas se enquadram nos limites IN MAPA 05/2016 quanto a EPT.

Nas pilhas de descartes estas rochas constituem 15% em volume, entre flogopita-tremolita xisto, quartzo-turmalina-biotita xisto, clorita-talco-tremolita-actinolita xisto, esteatito, metaultrabasilito/serpentinito, albita pegmatito e quartzito a fuchcita.

O bota-fora das mais de 100 frentes de lavra dos garimpos é disposto em pilhas desordenadas que invadem os vales e a região urbana das vilas garimpeiras (Fig. 4 B). A partir dos trabalhos de campo, e de informações aportadas pelos garimpeiros e pela CBM, estima-se que o volume acumulado dos rejeitos seja da ordem de centenas de milhares de metros cúbicos.

Neste contexto foi observado um arranjo produtivo no qual dezenas de mulheres, conhecidas localmente como quijilas, se dedicam à atividade de faiscagem para obter gemas menores que passam despercebidas na lavra subterrânea. Como as esmeraldas ocorrem quase exclusivamente nos flogopititos, as faiscadoras selecionam estas rochas, que são trituradas e lavadas em busca de gemas e de fragmentos de molibdenita. A CBM foi orientada a destinar a contêineres o material descartado pelas faiscadoras, o que pode contribuir para a obtenção de um agromineral rico em K.

O trabalho do projeto da CPRM levantou oito das maiores lavras na região de Carnaíba e Pindobaçu, apresentando percentuais e cálculo aproximado dos volumes disponíveis de cada uma das litologias. Foram também coletadas amostras agronômicas de flogopititos puros e amostras representativas das misturas de rochas em algumas pilhas, a serem encaminhadas pela CODEVASF para testes de caracterização de eficiência agronômica.

Figura 4 – A: Flogopitito da lavra da Mamona, em Socotó, município de Pindobaçu. B: Aspecto de pilha de rejeitos na área urbana de Carnaíba de Cima, município de Campo Formoso.



POLPAS DE TRATAMENTO DO MINÉRIO DE FÓSFORO DA EMPRESA GALVANI, IRECÊ

As polpas que resultam do tratamento de minério fosfático da empresa Galvani Indústria Comércio e Serviços S/A em Irecê foram recomendadas como fontes de P pelo projeto. As rochas originais correspondem aos calcilitos e calcsiltitos a estromatólitos fosfáticos da unidade Nova América, Formação Salitre, da Bacia de Irecê.

Após obtenção de concentrado de minério os rejeitos da planta de tratamento ainda contêm elevados teores de P_2O_5 , embora as polpas não possam ser consideradas como insumos que se enquadrem na categoria dos remineralizadores de solos ou dos fertilizantes.

Estes materiais estão dispostos em extensas bacias de rejeitos, onde os maiores teores para o macronutriente P correspondem à bacia de rejeito da flotação, com 9,38 % de P_2O_5 . Os rejeitos de flotação perfazem 160.000 m³, e 60% do material descartado tem granulometria inferior a 0,21 mm. Segundo o que foi observado em campo os clastos maiores desta polpa não ultrapassam o tamanho areia fina, que corresponde a 0,25 mm (Fig. 5 A).

A bacia de rejeito de deslamagem apresenta polpas com teores de 7,77% de P_2O_5 e contém volume da ordem de 240.000 m³, na forma de material finamente cominuído (siltes e argilas). Este se apresenta agregado após a secagem devido ao teor de lamas (Fig.5 B). A soma de bases destes materiais atinge 15%, em função dos teores de CaO.

Não obstante o tratamento do minério da empresa Galvani não utilizar substâncias tóxicas, as polpas têm restrições ao uso em solos pelos teores significativos de quartzo, detectados em amostras das duas bacias de decantação da empresa, pela análise de Difratometria de Raio-X (DRX), e também pelos teores de As. (Anexo I da norma para fertilizantes minerais IN27/2006 do MAPA)

Figura 5 – A: Bacia de rejeito de flotação da empresa Galvani, em Irecê, com polpa inconsolidada. B: Bacia de rejeito de deslamagem, com alta proporção de argilas, gerando compactação e gretas de contração após a secagem.



Os teores de As atingem 27 ppm na polpa de flotação e 28 ppm na polpa de deslamagem. Segundo o Anexo I da norma para fertilizantes minerais IN27/2006 do MAPA, que regula limites máximos de metais pesados tóxicos por pontos percentuais de P_2O_5 e da somatória de micronutrientes em Fertilizantes Minerais que contenham Fósforo, micronutrientes ou Fósforo e micronutrientes, estes teores não poderiam passar respectivamente de 18,8 e 15,5 ppm. A possibilidade de misturas deve ser considerada, mesmo em função do conteúdo alto de P_2O_5 dos materiais.

As polpas em questão são materiais de enquadramento complexo, mais propriamente classificados enquanto “matérias-primas para fertilizantes minerais que contenham o nutriente fósforo”.

Devido aos teores impróprios de arsênio, a utilização dos rejeitos da mineradora GALVANI INDÚSTRIA COMÉRCIO E SERVIÇOS S/A como fonte de fósforo na agricultura, requer que os mesmos atendam à Classificação de Resíduos Sólidos (ABNT ABR 10.004/10.005/10.006), e sejam classificados como Resíduo Não Perigoso, em atenção à segurança ambiental e alimentar.

Entre outros materiais abordados pelo Projeto Agrominerais da Região de Irecê-Jaguarari, as rochas ultramáficas das pilhas de descartes das lavras de cromita da Ferbasa Cia de Ferro Ligas da Bahia (Minas Coitezeiro, em Campo Formoso e Ipueira, Andorinhas), além dos calcários da Formação Caatinga são objeto de trabalhos submetidos ao III CBR e constam destes anais.

PROJETO AGROMINERAIS ESCUDO DO RIO GRANDE DO SUL

O projeto Agrominerais do Escudo do RS (Toniolo et. al., no prelo) identificou alvos através de anomalias radiométricas e magnetométricas modeladas em mapas de levantamentos aerogeofísicos. Os trabalhos de reconhecimento das anomalias resultaram em novas descobertas e na retomada de pesquisas em corpos de rochas fontes de P, K e multinutrientes, várias delas indicadas para a remineralização de solos. Destacam-se como fontes de P e carbonato de

cálcio os carbonatitos Joca Tavares (Bagé) e Três Estradas (Lavras do Sul); de K, Ca e Mg os andesitos do Rincão dos Francos (Bagé) e como fontes de K os fonolitos e uma brecha alcalina de Passo da Capela (Santana da Boa Vista).

Os trabalhos do projeto da CPRM incluíram caracterização de rochas por análises petrográficas e litoquímicas, e a seleção de vários litotipos para testes agronômicos.

Adicionalmente, os bancos de dados petrográficos e litoquímicos gerados pelo projeto foram utilizados pelo Grupo de Trabalho de Normatização do Uso de Pó de Rocha na Agricultura para a construção de propostas que procuraram embasar os critérios de conteúdos de nutrientes e limites de Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT) da Instrução Normativa MAPA 05/2016.

Neste sumário são destacados os alvos do projeto que contaram com trabalhos de campo do grupo Embrapa-CPRM e que tiveram rochas destinadas a testes agronômicos nas dependências da Embrapa Clima Temperado-Pelotas.

Fontes de Fósforo

Carbonatito Joca Tavares, município de Bagé – O corpo carbonatítico, de aproximados 500 m de diâmetro, é intrusivo em sedimentos da Bacia do Camaquã, de idade ediacariana. Foi descoberto através de anomalia magnetométrica (Toniolo et al, no prelo). A rocha carbonatítica é constituída por calcita e apatita, com flogopita subordinada. Trabalhos de pesquisa da empresa Águia Metais Ltda revelaram teores de P_2O_5 e volume de carbonatitos insuficientes para um plano de exploração.

Nesta ocorrência (Fig.6 A) foram realizados pela Embrapa Clima Temperado Pelotas perfis com amostragem de solo entre a área circundante e o próprio corpo carbonatítico, além de coleta de amostras para testes agronômicos.

Carbonatito Três Estradas, município de Lavras do Sul - Trata-se de um carbonatito dobrado (Fig.6 B) intrusivo em gnaisses do Complexo Santa Maria Chico, de idade arqueana.

O corpo geológico teve a pesquisa concluída com comprovação de reservas, e deve ser objeto de lavra pela empresa Águia Metais Ltda. Como tal poderá estar disponível em pilhas de descartes de mineração. A rocha é constituída por calcita e apatita com flogopita e tremolita subordinadas. Os teores de P_2O_5 podem atingir 10% no minério oxidado e ficam em torno de 4% ou menos no carbonatitos fresco. Isto leva a supor que uma parte do carbonatito não oxidado não será aproveitado como minério de P convencional.

A área de afloramento do carbonatito Três Estradas foi alvo de perfis de solo e coleta de amostras destinadas a ensaios agronômicos.

Figura 6 – A: Afloramento de alteritos do carbonatito Joca Tavares em mata B: Testemunho de sondagem do carbonatito Três Estradas, da pesquisa da empresa Água Metais Ltda.



Fontes de Potássio

Fonolitos Passo da Capela – O trabalho caracterizou vários corpos de rochas alcalinas sub-vulcânicas (tefrifonolito e fonolito) do tipo chaminé, que pertencem à suíte alcalina Passo da Capela, município de Piratini. Os fonolitos são intrusivos em sedimentos triássicos que preenchem o graben Arroio do Moirão (Figura 7 A e B). Dentre os corpos estudados, a Chaminé 1, tefrifonolito porfirítico e a Chaminé 2, fonolito microporfirítico, forneceram amostras agronômicas e de solos para testes na Embrapa Clima temperado de Pelotas.

Figura 7 – A: Aspecto de afloramento do fonolito microporfirítico (Chaminé 2) em afloramento. B: Corpo de tefrifonolito (Chaminé 1) intrusivo em sedimentos triássicos, vista de sul para norte.



Brechas alcalinas – Foram pesquisadas brechas alcalinas de um dos alvos radiométricos do levantamento aerogeofísico da CPRM a sudeste (SE) da rodovia BR 392, entre Santana da Boa Vista e Caçapava, na borda SE do graben Arroio do Moirão. As brechas a clastos de sienito alcalino e as microbrechas alcalinas revelaram teores de K superiores a 10% (Fig. 8 A). Também foram identificadas rochas piroclásticas finas (tufos de cristais e tufos soldados), que indicam

um provável cone vulcânico com parte sub-aérea em parte preservada (Fig. 8 B); ambas as rochas foram amostradas para testes agronômicos.

Figura 8 – A: Microbrechas alcalinas de alvo da CPRM com teores de potássio superiores a 10%. B: Tufos de cristais bandados associados às brechas alcalinas.



Rocha basáltica hidrotermalizada de Rincão dos Francos – Situada no município de Bagé, a ocorrência está incluída na unidade estratigráfica Grupo Bom Jardim, da Bacia do Camaquã, de idade ediacariana. O local foi pesquisado a partir de uma dupla anomalia identificada pela CPRM em mapas de radiometria e magnetometria, e corresponde a ocorrência de sulfetos em rocha basáltica com teores anômalos de K (provável andesito da Formação Hilário), com evidências de hidrotermalismo (Toniolo et al, 2016).

Figura 9 – A: Aspecto da rocha basáltica do Rincão dos Francos em afloramento. B: Amostragem de solo na ocorrência de Rincão dos Francos.



Em um perfil de 20 m realizado na elevação topográfica que corresponde à anomalia foram determinados dois derrames delgados de rocha vulcânica (Fig. 9 A) capeados por arenitos arcoseanos com cimento a barita. Foi efetuada coleta de amostras para ensaios agronômicos, além de amostragem de solo (Fig.9 B). A petrografia das rochas associou os teores altos de K

a hidrotermalismo do tipo sericitização, registrando também alteração hidrotermal do tipo carbonatização.

PROJETO AGROMINERAIS DA BACIA DO PARANÁ NO RIO GRANDE DO SUL

Este projeto encontra-se em andamento e tem foco nas rochas vulcânicas do Grupo Serra Geral, da Bacia do Paraná, de idade do Cretáceo Inferior. Esta unidade litoestratigráfica comporta uma espessa pilha de derrames onde predominam em volume os termos de composição basáltica e ocorrem subordinadamente dacitos e riolitos.

Os nutrientes Ca, Mg e Si estão presentes em várias das rochas fontes de K e P, mas as rochas basálticas do Grupo Serra Geral se constituem nas suas fontes mais características, seja por sua composição, seja pela ampla extensão em área que apresentam no Rio Grande do Sul, além de estarem disponíveis como finos de britagem em numerosos empreendimentos que produzem agregados (brita) para a construção civil no estado. Os basaltos são fontes de micronutrientes como manganês (Mn) e ferro (Fe) sendo que alguns portam ainda cobre (Cu), zinco (Zn) em teores expressivos para a nutrição vegetal.

Por sua vez os dacitos e riolitos têm potencial como rochas fontes de K, com disponibilização em solos favorecida pelas texturas predominantemente vítreas que as rochas ácidas apresentam.

Ainda basaltos amigdaloides e zeolitas dos primeiros derrames da Formação Gramado, que têm ampla área de ocorrência ao longo do bordo do planalto basáltico no litoral norte do Rio Grande do Sul e na região central do estado, assim como brechas de topo de derrame cimentadas por calcita, comuns na fronteira oeste, são litotipos que se destacam pela possibilidade de uso como materiais que implementam a capacidade de trocas catiônicas em solos e como corretivos de acidez (Bergmann et al 2014).

As rochas foram caracterizadas por petrografia e litoquímica, enquanto as zeolitas e argilominerais foram encaminhados para DRX, MEV e análises químicas.

Dentre os resultados já obtidos pelo projeto serão enfatizadas neste espaço as ocorrências de rochas com potencial agronômico que são objeto de trabalho do grupo de pesquisa Embrapa-CPRM.

FONTES DE CÁLCIO, MAGNÉSIO, SÍLICA E MICRONUTRIENTES EM ROCHAS BASÁLTICAS DO GRUPO SERRA GERAL

Basalto da Pereira Construbrás, município de Constantina – A pedreira produz 20.000 t/mês de brita, sendo que 20 a 22% do na forma de finos de britagem. A rocha lavrada é um basalto granular afanítico da Formação Parapanema e faz parte da zona central de um derrame de espessura mínima de 50m, com juntas colunares decimétricas a sub-métricas, indicativas de derrame espesso. A lavra opera em duas bancadas e está em expansão (Fig. 10 A e B). A amostragem incluiu rochas e finos de britagem destinados a ensaios agronômicos.

Figura 10 – A: Vista de SE para NW de parte da lavra Construbrás a partir da bancada inferior. B: Aspecto das juntas colunares decimétricas a sub-métricas do derrame lavrado pela Construbrás de Constantina.



Basalto Andesítico da Mineração Andreas, Treviplam Engenharia Ltda, município de Vera Cruz, Vale do Rio Pardo - A lavra da empresa Treviplam em Vera Cruz explora para brita um *sill* intrusivo no em rochas sedimentares do Grupo Rosário do Sul, de dimensões em torno de 5 km².

O *sill* apresenta rochas de granulação média a fina, com composição no campo dos basaltos andesíticos, que mostram evidências de alteração tardi-magmática do tipo argilização.

As rochas e os finos de britagem produzidos na pedreira foram amostrados pra testes agronômicos (Fig. 11 A e B).

Figura 11 – A: Vista de parte da lavra Treviplan de Vera Cruz com pátio de britagem ao centro. B: Coleta de amostras na lavra Treviplan.



Pedreira Carolo, município de Montenegro – A lavra foi pesquisada em função da demanda da Cooperativa dos Citricultores Ecológicos do Vale do Caí (Ecocitrus), empresa que opera no recebimento e tratamento de resíduos orgânicos de resíduos orgânicos, por um componente mineral nos seus produtos de compostagem. A pedreira Carolo explora um *sill* intrusivo em rochas sedimentares da Formação Pirambóia da Bacia do Paraná, com espessura da aproximados 30 m, delimitada entre a bancada superior e o piso da pedreira. O basalto afanítico da lavra vem sendo empregado na compostagem da cooperativa Ecocitrus de Montenegro.

Figura 12 – A: Vista do *sill* da lavra Carolo, intrusivo em rochas sedimentares da Formação Pirambóia da Bacia do Paraná, visíveis no topo e no piso da pedreira. B: Detalhe do basalto da lavra Carolo, com juntas colunares de grande regularidade, feição típica de corpo do tipo *sill*.



Rochas fontes de potássio

Dacito e vidros ácidos (vitrófiros) – Os trabalhos na lavra da empresa da Brita e Concreto Caxiense (Caxias do Sul), uma das maiores produtoras de brita da região, compreenderam coleta de amostras de derrame dacítico da Formação Caxias do Grupo Serra Geral (Fig. 13 A), além de amostras de vitrófiros do topo do derrame inferior, exposto no piso da bancada inferior da pedreira (Frente Prefeitura). Também se obteve amostras de finos e ultrafinos provenientes da planta de britagem do dacito e do VSI (Vertical Impact Shaft, moinho para produção de areia industrial). A partir dos contatos com o grupo de trabalho Embrapa-CPRM a Brita e Concreto Caxiense desenvolveu interesse em desenvolvimento de produtos para a remineralização de solos, e se encontra no momento em meio a processo de certificação agronômica de um agromineral fonte de K e Si.

Outros vidros ácidos foram coletados no perfil da Rodovia RS-483 (Rodovia do Sol), entre Tainhas e Aratinga, estes pertencentes à Formação Várzea do Cedro do Grupo Serra Geral. Os vidros ácidos com potencial para disponibilização de K e Si foram destinados a ensaios agronômicos (Fig. 13B).

Figura 13 – A: Aspecto de frente de lavra desativada da Brita e Concreto Caxiense, planta de britagem e pilha de fina acima. B: Afloramento de vidros ácidos da Formação Várzea do Cedro na Rodovia do Sol.



FONTES DE CONDICIONADORES DE SOLOS EM ROCHAS BASÁLTICAS DO GRUPO SERRA GERAL

Outra característica dos derrames basálticos do Grupo Serra Geral é apresentarem comumente ocorrências de zeolitas na zona de topo, ou em formas de derrames do tipo lobos. Zeolitas são minerais hidratados de alumínio, cálcio e sódio, com estrutura caracterizada por um ou mais sistemas de poros que podem constituir canalículos interligados. Os minerais desta família são empregados para os mais diversos usos e atendem a sistemas de produção industrial, pecuária, de agricultura e aquicultura, em função de da elevada capacidade de troca catiônica, e do potencial para absorção de gases e vapores em sua estrutura cristalina. Estes minerais podem atuar como “peneiras moleculares” (exclusão de substâncias por tamanho de moléculas) e catalizadores.

Dentro das possibilidades de uso agrônômico, as zeolitas se comportam como sorbentes de íons e moléculas que representam fontes de nutrientes para as plantas e que podem ser solubilizados e lixiviados dos solos, em especial sob o regime de climas tropicais e sub-tropicais com alto índice de pluviosidade. Cátions importantes como K, Ca e Mg, além de compostos nitrogenados, estes altamente voláteis, podem ser retidos nos sistemas de poros e canalículos, ficando disponíveis às raízes das plantas. (Soares, 2010; Shinzato, 2008).

No Rio Grande do Sul as ocorrências de zeolitas estão concentradas na faixa de contato da Formação Botucatu com os primeiros derrames basálticos da Formação Gramado, em níveis com espessura, continuidade e teores que podem caracterizar jazidas de zeolitas para uso agrônômico e na agropecuária. Já os derrames de basaltos andesíticos da Formação Alegrete (região da fronteira oeste do RS) concentram materiais para correção de acidez em solos, na forma de brechas de topo com mineralizações a calcita (Bergmann et al. 2014).

A proposta de uso agrônômico destes materiais considera o emprego integral dos basaltos amigdaloides a zeolitas na forma de pó de rocha, pois a matriz dos basaltos é rica em produtos de devitrificação como esmectitas, que promovem incremento da Capacidade de Trocas Catiônicas (CTC) dos solos, além de minerais que aportam macro e micronutrientes como Ca, Mg, Mn, Fe, Cu e Zn.

Quanto ao uso agropecuário, as exigências ambientais que cercam a pecuária suína tornam oportuna a pesquisa de materiais alternativo às zeolitas importadas de Cuba, que vem sendo usadas em experimentos que visam a retenção de compostos amoniacais em esterco suíno, diminuindo a emissão de odores e a emissão de compostos nitrogenados para os aquíferos. A técnica prevê o uso posterior das zeolitas impregnadas na lavoura, com liberação lenta para as plantas e com redução de riscos ao meio ambiente. Embora o desempenho das zeolitas da Formação Serra Geral até o momento tenha sido inferior ao obtido para a clinoptilolita cubana, a sua disponibilidade a baixo custo pode promover a adequação da dosagem.

Segue-se a relação de algumas das ocorrências de zeolitas e brechas a calcita pesquisadas pelo projeto:

Basaltos amigdaloides a zeolitas da Brita Ouro Preto e outras lavras da Trevioplam Engenharia Ltda, Santa Cruz do Sul – Na lavra Brita Ouro Preto, com acesso pela Rodovia BR 273 na altura da zona urbana de Santa Cruz, e também em pedreiras desativadas no bairro Fátima e na periferia sul da cidade ocorrem basaltos amigdaloides e brechas com crustificações

a zeolitas, associadas ao espesso topo escoriáceo do primeiro derrame local da Formação Gramado.

Na Brita Ouro Preto rochas andesíticas lavradas para brita sobrepõem brechas e basaltos amigdaloides expostos no piso e em parte das paredes da cava.

As brechas (Fig. 14 A) são compostas por clastos decimétricos de basalto com crostas espessas a zeolita da variedade estilbita, enquanto que no preenchimento das cavidades do basalto amigdalóide predomina a zeolita heulandita.

As crostas possibilitaram a obtenção de quantidades maiores de zeolita pura, que foi catada para ensaios de retenção de compostos nitrogenados em esterco suíno (Fig. 14B).

Figura 14 – A: Brechas com clatos de basalto crustificados por estilbita da Brita Ouro Preto, Santa Cruz do Sul. B: Catação de zeolitas em crostas para ensaios de retenção de compostos nitrogenados em esterco suíno



O topo de derrame escoriáceo recuperado no piso da lavra do bairro Fátima (Fig.15 A) tem espessura irregular e pode atingir dois metros em alguns setores da lavra. Esta feição é correlacionável por dezenas de km² em lavras vizinhas, com basaltos amigdaloides onde as cavidades atingem percentual de 30% ou mais, e estão preenchidas pelas zeolitas estilbita, heulandita, escolecita e mordenita (Fig.15 B). Nesta e em outras lavras foram coletadas amostras para caracterização de zeolitas e ensaios agronômicos.

Figura 15 – A: Afloramento de topo escoriáceo mineralizado a zeolitas no piso da lava desativada do bairro Fátima. B: Amostra do piso da lava do bairro Fátima com 30% de cavidades preenchidas por zeolitas. Notar ao centro da amostra mordenita (zeólita fibrosa).



Lobos de basaltos amigdaloides a zeolitas do Perfil Vale do Sol-Herveiras - Os lobos amigdaloides da base da Formação Gramado estendem-se pelo Vale do Rio Pardo em Sinimbu, Candelária e Vale do Sol. Foram abordados pelo projeto em cortes da Rodovia ERS 153 entre a RS 287 e a localidade de Herveiras.

Figura 16 – A: Lobos basálticos métricos com mergulho para norte na Rodovia ERS 153, entre Vale do Sol e Herveiras. B: Detalhe de basalto amigdalóide a zeolitas com cavidades entre 20 e 30% e restos de arenito zeolitizado (porções de cor rosa).



Os derrames apresentam mergulho para norte e espessuras individuais métricas a sub-métricas (Fig. 16 A). A espessura da sequência de lobos chega a 200 m nos cortes da rodovia BR 153. Os basaltos amigdaloides apresentam percentual variado de cavidades, entre lobos não vesiculados e rochas com 30% de cavidades (Fig.16 B) cujo preenchimento comporta paragênese dominante à heulandita, escolecita, argilominerais e calcita, com sílica e mordenita subordinadas.

Lobos de basaltos amigdaloides da saibreira Egon Ramisch, Morro Reuter – Os lobos amigdaloides da região de Morro Reuter e Picada Café constituem um pacote de derrames do tipo lobos com espessura métrica a sub-métrica (Fig.17 A) que totalizam espessura aproximada de 80 m, com ampla extensão lateral. Os lobos são explorados por várias saibreiras, dado ao grau de alteração das rochas, facilmente extraídas com retro-escavadeiras. O perfil de alteração bem desenvolvido reflete a natureza semi vítrea da matriz das amígdalas.

Na lavra Egon Ramisch predominam as variedades de zeolita escolecita, heulandita e laumontita, em percentuais que podem superar 30% nas cavidades do tipo amígda, além de crostas centimétricas de zeolitas como resultado de zeolitização de cordões de arenitos intertrápicos que alternam os lobos (Fig.17B). Nas pilhas de rejeito (Fig. 18 A) e na própria frente de lavra (Fig. 18 B) foram coletadas amostras de grande volume para testes de retenção de compostos amoniacais em esterco suíno.

Figura 17 – A: Pilha de lobos amigdaloides a zeolitas da lavra Egon Ramisch, em exposição com espessura parcial em torno de oito metros. B: Crostas a zeolita (estilbita) acima de arenito (material rosado) delimitando lobos amigdaloides.



A



B

Figura 18 – A: Aspecto de pilhas de rejeito da saibreira Egon Ramisch, Morro Reuter, com blocos de basalto fresco em meio a saibro. B: Coleta de amostra agronômica pelo grupo Embrapa-CPRM na frente de lavra Egon Ramish.



A



B

Brechas de topo de derrames da Formação Alegrete, município de Santana do Livramento e Quaraí - As brechas de topo dos derrames Catalán e Cordillera podem atingir espessuras de 7 m ou mais e seu conteúdo de calcita é usualmente elevado (Figuras 19 A e B), traduzindo-se em teores de CaO da ordem de 12-19%, MgO 3-6,4% e sendo igualmente portadoras de Cu, Co, V e Zn, este último em quantidades superiores à média dos basaltos. Os clastos de basalto amigdalóide que constituem a fábrica das brechas são ricos em materiais devitrificados, o que favorece sua reatividade em solos e assegura a presença de argilominerais da família das esmectitas. Embora as brechas não estejam disponíveis enquanto sub-produtos ou descartes de mineração, elas apresentam uma notável continuidade lateral (da ordem de dezenas de km) e podem estar sub-aflorantes em terrenos agriculturáveis.

As brechas foram amostradas em estradas vicinais e no local conhecido com Pedra Grande, entre Passo da Guarda e Quaraí onde apresentam uma espessura mínima de dezenas de metros. As amostras foram encaminhadas a caracterização litoquímica e petrográfica.

Figura 19 – A: Brecha de topo do derrame Cordillera no local da Pedra Grande, Quaraí. O material branco é calcita. B: Detalhe de bloco de brecha de topo do derrame Catalán com calcita (branca) no parque eólico Cerro Chato, Santana do Livramento.



Por fim, encontra-se em curso pela CPRM um projeto de zoneamento agrogeológico no polo de fruticultura de manga e maracujá irrigado no semiárido da Bahia. O Projeto Zoneamento Agrogeológico no Polo de Fruticultura Livramento Nossa Senhora e Dom Basílio envolve a caracterização dos domínios geológico-ambientais (geodiversidade) da área frutícola, bem do relevo, o clima, solos e sistemas de produção além de uma análise do potencial hídrico superficial e subterrâneo, contemplando ainda a seleção de rochas regionais para utilização como remineralizadores de solos nesse ambiente agrícola. Seus resultados parciais são apresentados em resumo expandido nesta mesma publicação.

CONCLUSÕES

A prospecção de fontes de remineralizadores e condicionadores de solos efetuada pela CPRM vem se expandindo através de projetos específicos, e é amparada pelo convênio estabelecido com a Embrapa. Esta parceria renova os objetivos da CPRM, e permite o trabalho em

Agrogeologia, uma área de conhecimento que desponta e que vem sendo reconhecida entre as metas da empresa. Para concretizar seu crescimento torna-se necessário e oportuno o investimento de formação dos técnicos da CPRM nesta nova área, bem como a expansão dos contatos da empresa com outras unidades da Embrapa, a exemplo das parcerias de trabalho já estabelecidas entre a Embrapa Clima Temperado e da Embrapa Cerrados.

BIBLIOGRAFIA

ABRAM, Maisa Bastos (Org.) et al. **Projeto Fosfato Brasil**: parte I. Salvador: CPRM, 2011.

BERGMANN, M. e HOLANDA J. L. R. Capítulo 9 - Rochagem. In: HOLANDA, Janólfta Lêda Rocha; MARMOS, José Luiz; MAIA, Maria Adelaide Mansini (Org.). **Geodiversidade do estado de Roraima**. Manaus: CPRM, 2014. 252 p. il. color. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. p.189-212.

BERGMANN, M.; SILVEIRA, C.A.P.; BANDEIRA, R.; BAMBERG, A.L.; MARTINAZZO, R.; GRECCO, M. Basaltos amigdalóides à zeolitas da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná: Potencial para uso agronômico. In: **II CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM**, 2013, Poços de Caldas. Anais p 168-180. Poços de Caldas: Petrobras: Embrapa, 2014b.

BLASKOWSKI, Alessandra E.; BERGMANN, Magda; CAVALCANTE, Oliveira A. **Agrominerais da região Irecê-Jaguarari**. Salvador-BA: CPRM, 2016. CD-ROM, no prelo.

SHINZATO, M. C.; MONTANHEIRO, T. J.; JANAZI, V. A.; NEGRI, F. A.; YAMAMOTO, J. K.; ANDRADE, S. Caracterização tecnológica das zeolitas naturais associadas às rochas eruptivas da Formação Serra Geral, na região de Piraju-Ourinhos (SP). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 525-532, set. 2008.

SOARES, F. S. Caracterização e aplicação de zeolitas naturais. 2010. 196 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

TONIOLO, J.A.; PARISI, G.; PINTO, L.G.; SANDER, A.; ROCHA, P. Projeto Agrominerais do Rio Grande do Sul, CPRM. No prelo.

ZONEAMENTO AGROGEOLÓGICO COMO FERRAMENTA PARA O MANEJO REGIONAL DA FERTILIDADE DE SOLOS AGRÍCOLAS TROPICAIS

Eder de Souza Martins¹; Antonio Felipe Couto Junior²; Vinicius Vasconcelos²

¹Embrapa Cerrados - eder.martins@embrapa.br; ²Universidade de Brasília - afcj@unb.br, vascoza@gmail.com

INTRODUÇÃO

A agrogeologia é uma ciência que originalmente estudava os processos ligados ao intemperismo na formação de solo (Van Straaten, 2007; Rokade, 2014). Este sentido foi mantido nas edições da International Agrogeology Conferences, nos anos 1909 (Budapeste), 1910 (Estocolmo) e 1922 (Praga) (Van Straaten, 2007). A partir dos conceitos de fatores de formação de solo (Jenny, 1941) o campo de atuação da agrogeologia foi ampliado, dando lugar à pedologia.

Atualmente a agrogeologia é considerada uma ciência de interface, que integra a geologia, as ciências do solo e a agronomia, com a perspectiva que os insumos minerais utilizados no manejo da fertilidade e os próprios solos agrícolas são recursos derivados de rochas. Desta forma, a agrogeologia é definida como o estudo dos processos geológicos que influenciam a distribuição e formação dos solos, bem como a aplicação de materiais geológicos em sistemas agrícolas e florestais como forma de manter e melhorar a produtividade do solo para o aumento dos benefícios sociais, econômicos e ambientais (Chesworth et al., 1989). Van Straaten (2002, 2007) considera que a agrogeologia os recursos geológicos em relação tanto à formação e distribuição dos solos agrícolas, assim como o uso de agrominerais regionais no manejo da fertilidade destes solos.

Neste sentido, a necessidade de intensificação ecológica para o incremento da produtividade agrícola (Kremen, 2005; Tschardt et al., 2005) e do conhecimento sobre funcionamento dos agroecossistemas e os recursos necessários para a sua manutenção (Fahrig et al., 2011) podem ser beneficiados pela abordagem da agrogeologia (Chesworth, 2011).

Por outro lado, o zoneamento agrogeológico (ZAGEO) busca integrar em uma mesma base cartográfica os solos agrícolas e a ocorrência dos agrominerais regionais aplicáveis no manejo da fertilidade destes solos. Deve-se indicar a necessidade de nutrientes, de condicionadores e de remineralizadores de solos para a manutenção dos sistemas de produção agropecuários e o potencial que os agrominerais regionais são capazes de suprir. A **Tabela 1** mostra os tipos de agrominerais existentes classificados a partir dos ânions, como recursos geológicos que podem ser regionais. A importância estratégica do ZAGEO é verificada quando se percebe que a elevada abundância de rochas silicáticas e carbonáticas aumenta consideravelmente a chance de ocorrência de agrominerais regionais.

Tabela 1 – Tipos de agrominerais classificados em função do ânion principal.

Classe de ânion		Tipo de rochas*	Cations principais	Cobertura da crosta (% área) ¹⁰	Solubilidade em água
Carbonato	CO ₃ ²⁻	Calcário (sedimentar) ¹	Ca ²⁺ , Mg ²⁺	10,0	Baixa
		Carbonatito (ígneio) ²			
		Mármore (metamórfico) ³			
Sulfato	SO ₄ ²⁻	Depósitos evaporíticos (sedimentar) ⁴	Ca ²⁺	0,0	Muito alta
Cloreto	Cl ⁻¹	Depósitos evaporíticos (sedimentar)	K ⁺	0,0	Muito alta
Fosfato	PO ₄ ³⁻	Fosforito (sedimentar) ⁵	Ca ²⁺	0,0	Baixa
		Foscorito (ígneio) ⁶			
Silicato	SiO ₄ ⁴⁻	Sedimentar ⁷	Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺	90,0	Muito baixa
		Ígneio ⁸			
		Metamórfico ⁹			

* Exemplos de pesquisa com agrominerais *in natura*: ¹Sousa et al. (1989); ²Andrade et al. (2002); ³Raymundo et al. (2013); ⁴Freire et al. (2014); ⁵Chaves et al. (2013); ⁶Resende et al. (2006a); ⁷Lopes (1971); ⁸Mancuso et al. (2014); ⁹Duarte et al. (2012).

¹⁰Scoffin (1987).

A China é o país que desenvolve um programa de zoneamento agrogeológico de forma sistemática (Bin et al., 2001; Chen et al., 2007; Huang et al., 2011) a partir de conceitos básicos definidos por Sixin e Ruifeng (1993) muito próximos ao desenvolvido por Chesworth (1993).

No ocidente o primeiro projeto agrogeológico iniciou em 1985, em parceria entre a University of Guelph do Canadá, Geological Survey of Tanzania e a Sokoine University of Agriculture, ambas da Tanzânia (Chesworth et al., 1989). O objetivo do projeto foi ampliar as áreas destinadas para a agricultura na porção sul da Tanzânia com o uso de recursos geológicos para melhorar as características físico-químicas do solo. Estas experiências prévias mostram que a aplicação dos conceitos agrogeológicos apresentam grande potencial no manejo de recursos geológicos regionais para o desenvolvimento da fertilidade sustentável de solos agrícolas tropicais.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma abordagem metodológica de ZAGEO para regiões tropicais a ser aplicada como ferramenta de integração do conhecimento dos recursos naturais geológicos regionais e sua relação com a produção agropecuária.

Proposta Metodológica

A proposta de ZAGEO apresentada aqui considera como base os fatores estruturais e funcionais da paisagem. A finalidade é definir os ambientes de ocorrência da cobertura agrícola e de agrominerais potenciais. A cobertura agrícola define zonas consumidoras de agrominerais (ZCA), enquanto que os ambientes de agrominerais potenciais são zonas produtoras de agrominerais (ZPA).

Estudos preliminares indicam que as ZCA e as ZPA não ocorrem nas mesmas unidades de paisagem. Uma das explicações está associada à gênese de solos escolhidos para a agricultura e à necessidade de desenvolvimento de lavras de agrominerais a céu aberto. Atualmente, os principais solos agrícolas geralmente são mais profundos e bem drenados, e ocorrem nos ambientes de maior resiliência ambiental, onde o relevo tende a ser mais plano. Estes solos, geralmente mais pobres, tendem a demandar mais agrominerais. Por outro lado, as ZPA ocorrem nas porções de relevo com maior amplitude e declividade, onde os solos tendem a ser mais rasos e com menor aptidão agrícola. Uma vez que ocorrem no Brasil sobre cratons do Pré-Cambriano e bacias vulcano-sedimentares fanerozoicas, com elevada geodiversidade, aumentando a chance da disponibilidade de agrominerais regionais (Martins et al., 2010).

As análises preliminares de algumas regiões agrícolas indicam que a necessidade de agrominerais para o manejo da fertilidade do solo agrícola pode ser suprida regionalmente, com aumento da eficiência de uso de nutrientes nos sistemas produtivos.

Estas hipóteses devem ser testadas por meio de um Programa Nacional de ZAGEO (PROZAGEO) a ser capitaneado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e a Embrapa. A proposta aqui constitui o primeiro ensaio para discussão da abordagem de zoneamento.

O mapeamento das ocorrências de agrominerais potenciais necessita de técnicas de prospecção mineral, seguindo as orientações de modelos genéticos de geologia econômica. O mapeamento da cobertura agrícola utiliza técnicas de geoprocessamento e validação a campo para qualificar e quantificar as demandas de agrominerais.

Antes de obter estes dois conjuntos básicos do ZAGEO, as ZCA e as ZPA, é necessário definir unidades estruturais da paisagem para dar suporte ambiental e integrar as zonas de interesse. A seguir é apresentado a estratégia para obter as unidades estruturais da paisagem

O estudo da paisagem considera a realidade de forma integrada, com seus elementos, suas interações e a geração de novas propriedades (veja revisão em Martins et al., 2004). De uma forma geral, paisagem possui uma *estrutura* e uma *dinâmica* resultantes de uma relação imbricada de elementos que interagem entre si e de processos que os põem em movimento (Lima e Queiroz Neto, 1997), mostrando o seu caráter sistêmico.

Um dos maiores problemas desta abordagem é a definição dos limites dos sistemas, que geralmente são arbitrários (Phillips, 1969). Os elementos dos sistemas e suas interações também apresentam dificuldades de definição. Os estudos multi-escalares são fundamentais para a definição e quantificação dos aspectos estruturais e dinâmicos da paisagem (Schröder e Seppelt, 2006). Em outras palavras, a expressão da estrutura e da dinâmica da paisagem depende da escala de observação (Borcard et al., 2004; Keitt et al., 1997).

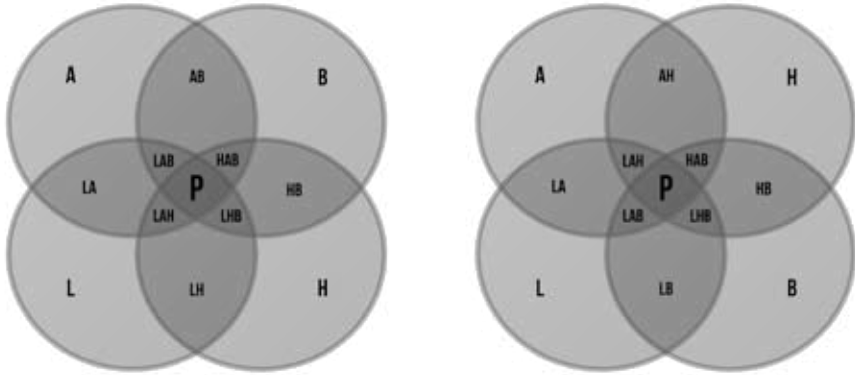
Do ponto de vista prático, a referência de escala humana é a mais adequada para a separação dos aspectos estruturais e funcionais da paisagem (Couto Júnior et al., 2013; Fahrig et al., 2011; Martins et al., 2007; Nelson et al., 2009). Desta forma é possível quantificar os limites e consequências das ações humanas na paisagem (Chesworth, 2011; Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015).

Nesta perspectiva, um modelo simplificado do sistema Terra considera as esferas terrestres e suas interações. O diagrama de Mattson (1938) (**Figura 1a**) descreve o conceito de pedosfera como a esfera que resulta da interação entre as quatro esferas terrestres principais, a

litosfera (L), a atmosfera (A), a hidrosfera (H) e a biosfera (B). Esta é uma das formas de definir solo, onde todos os elementos das esferas participam de sua formação e evolução (Juma, 1999).

Pode-se notar na **Figura 1a** que o arranjo apresentado por Mattson (1938) possibilita interações dois a dois (LA, AB, HB e LH), três a três (LAH, LAB, HAB e LHB), e quatro a quatro (LAHB). Por outro lado, pode-se modificar a posição relativa das esferas no diagrama da **Figura 1b**. Esta mudança produz apenas mais duas interações dois a dois (LB e HA) que não são contempladas no diagrama proposto por Mattson (1938).

Figura 1 – Diagramas conceituais de interação entre as principais esferas terrestres. (a) Proposta de Mattson (1938); (b) Outra possibilidade de arranjo das interações (Martins e Couto Junior, 2015). L – Litosfera; A – Atmosfera, B – Biosfera; H – Hidrosfera; LA – Litosfera-Hidrosfera; AB – Atmosfera-Biosfera; HB – Hidrosfera-Biosfera; LH – Litosfera-Hidrosfera; AH – Atmosfera-Hidrosfera; LB – Litosfera-Biosfera; LAH – Litosfera-Atmosfera-Hidrosfera; LAB – Litosfera-Atmosfera-Biosfera; HAB – Hidrosfera-Atmosfera-Biosfera; LHB – Litosfera-Hidrosfera-Biosfera; P (Pedosfera) – Litosfera-Atmosfera-Biosfera-Hidrosfera (LABH).



Pode-se verificar que todas estas possibilidades de interação entre estas esferas ocorrem nos ambientes terrestres. Então, para um quadro mais completo sobre estas interações, pode-se concluir que temos seis interações dois a dois (LA, AB, HB, LH, AH e LB), quatro interações três a três (LAH, LAB, HAB e LHB), e uma interação quatro a quatro (LAHB), além das próprias esferas isoladas (L, A, H e B).

As interações desenvolvem propriedades emergentes na geosfera, descritas sucintamente a seguir:

LA – Litosfera $\cap$ Atmosfera. Representa as interações da atmosfera com a litosfera, onde fases gasosas fazem parte do ciclo das rochas. Os principais elementos que se transformam em gases e participam do ciclo geológico (N, O, H, C, S).

AB – Atmosfera $\cap$ Biosfera. Compõem as interações dos gases que fluem e são transformados pelos seres vivos. A fotossíntese e a respiração são os dois processos que atuam em toda a biomassa viva. Os elementos que compõem os gases que circulam na atmosfera compõem a vida (N, O, H, C, S).

HB – Hidrosfera $\cap$ Biosfera. Representa todas as soluções aquosas que fluem pela vida. Os seres vivos são formados por uma grande quantidade de água. Estas soluções aquosas, tais como sangue nos animais e as seivas nas plantas, carregam diversos nutrientes, gases e resíduos pelas vias biológicas para trocar com outros elementos e manter a vida. Nela fluem também os mesmos elementos mais importantes da biosfera e da atmosfera (N, O, H, C, S).

LH – Litosfera $\cap$ Hidrosfera. Formado pelas reações entre a hidrosfera e a litosfera. A hidrosfera participa dos processos de formação de rochas e de sua transformação em superfície. O intemperismo químico ocorre por meio de soluções aquosas que promovem as transformações mineralógicas e geoquímicas das rochas em superfície.

AH – Atmosfera $\cap$ Hidrosfera. Define o sistema climático global formado pela interação das massas oceânicas, as formas físicas de água (sólido, líquido e gasoso) e a sua circulação com os gases.

BL – Biosfera $\cap$ Litosfera. Caracterizado pelos contatos dos seres vivos diretamente sobre os minerais das rochas. Nestes ambientes se desenvolvem fungos, líquens e rizosfera de plantas que tem a capacidade de retirar nutrientes deste substrato e, ao mesmo tempo, o transforma em novas formas minerais, mais equilibradas nas condições superficiais. Esse é o início do processo de biointemperismo, que é formador do solo.

LAH – Litosfera $\cap$ Atmosfera $\cap$ Hidrosfera. Definida pelo relevo (toposfera para Huggett, 1995, ou 'relevo esfera' para Büdel, 1982), propriedade emergente das interações entre a litosfera e o clima. Os processos de intemperismo promovidos pelo clima sobre a litosfera desenvolvem os domínios morfoclimáticos e o relevo em última instância. O relevo, desta forma, pode se transformar num suporte estrutural

LAB – Litosfera $\cap$ Atmosfera $\cap$ Biosfera. O efeito da biosfera na atmosfera e suas consequências no ciclo das rochas. A entrada de água e carbono nos processos de subducção das placas tectônicas nos limites convergentes e compressivos modifica as condições de fusão e metamorfismo das rochas. A composição atual da atmosfera é dependente do funcionamento da biosfera, que promove a homeostase dos ciclos biogeoquímicos.

HAB – Hidrosfera $\cap$ Atmosfera $\cap$ Biosfera. Interações entre a biosfera e o clima que promovem a organização de padrões espaciais dos biomas, bem como os mesmos elementos envolvidos nos fluxos da atmosfera (N, O, H, C, S).

LHB – Litosfera $\cap$ Hidrosfera $\cap$ Biosfera. Representam as interações biológicas que provocam a aceleração das transformações das rochas na superfície, mediadas por soluções de intemperismo.

LAHB – Litosfera $\cap$ Atmosfera $\cap$ Hidrosfera $\cap$ Biosfera. As interações de todas as esferas terrestres principais geram propriedades emergentes que definem uma nova esfera, a pedosfera, que compõe toda a cobertura pedológica (Mattson, 1938).

O fator antrópico deve ser considerado na paisagem devido a sua capacidade de ocupar e de transformar ambientes. Esta transformação é realizada pela noosfera, a esfera mental, associada ao pensamento, conhecimento e cultura. A noosfera é criativa e desenvolve tecnologia, que transforma a matéria e a mobiliza na paisagem (Vernadski, 1945), materializando a tecnosfera (Naveh, 2000).

A humanidade tem uma grande capacidade de modificação dos solos e da cobertura viva. Ou seja, a humanidade interfere diretamente no funcionamento da pedosfera e da biosfera. Os outros fatores geomórficos que são associados à litosfera (L), ao clima (AH) e ao relevo (LAH) são pouco acessíveis à ação antrópica.

Podemos observar estas mudanças em relação às escalas espaciais e temporais na proposta de hierarquia de paisagem apresentada na **Tabela 1**. As escalas espaciais e temporais de

cada nível esférico indica a capacidade humana em promover modificações mais expressivas na pedosfera e na biosfera. Por outro lado, as relações entre litosfera (L), atmosfera (A) e hidrosfera (H), além de suas propriedades emergentes, clima (AH) e relevo (LAH), apresentam escalas espaciais e temporais muito mais amplas que as ações antrópicas. Ou seja, os fatores geomórficos são *fatores estratificadores* da paisagem, considerados estruturais e que limitam as ações antrópicas. Dessa forma, os fatores geomórficos podem ser mapeados como unidades estruturais da paisagem, que não são modificadas na escala humana.

Tabela 1 – Proposta de hierarquia de paisagem em função dos fatores ambientais, unidades de paisagem e escalas espaciais e temporais (Martins e Couto Junior, 2015).

Fator Ambiental	Unidade de Paisagem	Escala Espacial (km²)	Escala Temporal (anos)	Relações Esféricas (∩)
Geomórfico	<i>Províncias Estruturais</i>	> 10 ⁸	10 ⁶ a 10 ⁹	L, A, H
	<i>Domínios Morfocli- máticos</i>	10 ⁶ a 10 ⁸	10 ⁴ a 10 ⁶	LA, LH, AH, LAH
Geomórfico/ Biomórfico	<i>Biomassas</i>	10 ⁵ a 10 ⁶		B, AB, HB, LB, LAB, HAB, LHB, LAHB
Biomórfico	<i>Ecorregiões</i>	10 ⁴ a 10 ⁵		
	<i>Bacias Hidrográficas</i>	10 ⁻¹ a 10 ⁸	10 ⁻⁴ a 10 ⁴	
Pedomórfico	<i>Catenas</i>	10 ⁻¹ a 10 ²		
Antropomórfico	<i>Mesorregiões</i>	10 ³ a 10 ⁵	10 ⁻⁴ a 10 ³	Todos
	<i>Microrregiões</i>	10 ² a 10 ⁵		
	<i>Municípios</i>	10 ¹ a 10 ⁵		

Na escala humana, o relevo (LAH) pode ser considerado um suporte estrutural (fixo) da paisagem que faz interface direta com a cobertura pedológica e os outros fatores funcionais (fluxo) com interação direta com a biosfera. O relevo apresenta propriedades da litosfera e da história climática, além de constituir o fator covariativo mais importante da cobertura pedológica. Todos os fatores biomórficos podem ser modificados pela ação humana e, desta forma, são dinâmicos e devem ser vistos como a porção funcional da paisagem na escala humana.

As ações antrópicas produzem profundas modificações dos processos ecológicos, alterando os ciclos biogeoquímicos que a própria humanidade depende, criando novos funcionamentos insustentáveis (Huggett, 1995, Rockström et al., 2009). Ou seja, a melhor estratégia da humanidade é desenvolver processos noosféricos e tecnosféricos que permitam o uso dos recursos ambientais que mimetizem o funcionamento dos fatores biomórficos e pedomórficos (Altieri, 1999).

Desta forma, separar os fatores estruturais (fixos) dos funcionais (fluxos) permite identificar a estrutura e a dinâmica da paisagem, tendo como referência a escala humana. Este é o primeiro passo para organizar o conhecimento e desenvolver mecanismos para a criação de uma tecnosfera sustentável.

A partir deste ponto de vista, o mapeamento da paisagem pode ser realizado em três níveis hierárquicos: bioma; ecorregião; bacias hidrográficas. O Brasil é caracterizado por 79

(setenta e nove) ecorregiões. Cada ecorregião é mapeada considerando os fatores estratificadores da paisagem: geologia, clima e relevo. A integração destes fatores organiza a paisagem em unidades geomórficas em diversas escalas de observação.

Desta forma, esta abordagem propõe que o relevo seja o suporte ambiental do ZAGEO, mapeado em diversas escalas. A partir desta estratégia é possível avaliar se o território agrícola (ZCA) apresenta potencial de expansão ou se o uso está consolidado, assim como caracterizar os tipos de sistemas produtivos e sua organização regionalmente, pois estas são variáveis básicas de quantificação de demanda de agrominerais e dos aspectos logísticos.

As áreas produtoras ou com potencial de produção de agrominerais, juntamente com as áreas agrícolas, são integradas às unidades geomórficas para formar zonas agrogeológicas com diferentes potenciais para serem fontes ou consumidoras de agrominerais. Estudos iniciais mostram que as zonas com maior potencial de produção de agrominerais geralmente ocupam ambientes distintos das zonas consumidoras. A partir do mapeamento dessas zonas é possível quantificar o potencial dos agrominerais disponíveis para realizar o manejo da fertilidade dos solos agrícolas e os custos logísticos. Desta forma, o zoneamento agrogeológico constitui uma estratégia de manejar os recursos naturais regionais para o desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável e menos dependente de nutrientes produzidos em regiões ou mesmo de outros continentes. Esta estratégia deve acompanhar os estudos de caracterização geológica e agrônômica dos agrominerais regionais. Estudos preliminares indicam a existência no Brasil Central de fontes regionais de potássio competitivas em um raio de até 200 km das minas em relação ao solo agrícola.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Propõe-se uma abordagem de Zoneamento Agrogeológico baseado no mapeamento do relevo em diversas escalas como suporte ambiental para as zonas produtoras e consumidoras de agrominerais;

As zonas produtoras ou com potencial de produção de agrominerais, juntamente com as zonas agrícolas e consumidoras de agrominerais, são integradas às unidades geomórficas para formar zonas agrogeológicas com diferentes potenciais para serem fontes ou consumidoras de agrominerais;

Estudos iniciais mostram que as zonas com maior potencial de produção de agrominerais geralmente ocupam ambientes distintos das zonas consumidoras;

A partir do mapeamento dessas zonas é possível quantificar o potencial dos agrominerais disponíveis para realizar o manejo da fertilidade dos solos agrícolas e os custos logísticos;

Desta forma, o Zoneamento Agrogeológico constitui uma estratégia de manejar os recursos naturais regionais para o desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável e menos dependente de nutrientes produzidos em outras regiões ou mesmo de outros continentes.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, M.A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 19-31.

- BIN, T., SIXIN, W.Z.Z.D.J., RUIFENG, Z., HUANG, H., LI, H., YI, W. (2001). Agrogeological division under GIS. **Guangxi Geol.** 2, 5.
- BÜDEL, J. (1982) **Climatic geomorphology**. Princeton: Princeton University Press.
- CHEN, M., HU, X., XIE, H. (2007). Application of agrogeologic environment survey in the development of regional agriculture: A case study in Shangyu City, Zhejiang Province. **J. East China Norm. Univ. Nat. Sci.** 4, 64.
- CHESWORTH, W. 1993. The first twenty-nine days: Prospects for agrogeology. In: Pride C and P van Straaten (eds.) **Agrogeology and small scale mining**. Small Mining International, Bulletin 5-6:2-3.
- CHESWORTH, W., VAN STRAATEN, P., SEMOKA, J.M.R. (1989). Agrogeology in East Africa: the Tanzania-Canada project. **J. African Earth Sci.** (and Middle East) 9, 357–362.
- CHESWORTH, W. (2011). Agrogeology. In: J. Glinski; J. Horabik; J. Lipiec (eds.), **Encyclopedia of Agrophysics**. Springer, p. 29-34.
- COUTO JUNIOR, A.F.; CARVALHO JÚNIOR, O.A.; MARTINS, E.S.; VASCONCELOS, V. Characterization of the agriculture occupation in the Cerrado Biome using MODIS Time-series. **Revista Brasileira de Geofísica** (Impresso), v. 31, p. 393-402, 2013.
- DAFT, R.L.; WEICK, K.E. (1984). Toward a Model of Organizations as Interpretation Systems. **The Academy of Management Review**, v. 9, n. 2, p. 284-295.
- FAHRIG, L.; BAUDRY, J.; BROTONS, L.; BUREL, F.G.; CRIST, T.O.; FULLER, R.J.; SIRAMI, C.; SIRIWARDEN, G.M.; MARTIN, J.L. (2011). Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. **Ecology Letters**, v. 14, n. 2, p. 101-112.
- FRANCIS, C.; RICKERL, D. (2004). Ecology of food systems: Visions for the future. In: D. RICKERL; C. FRANCIS (EDS.), **Agroecosystems Analysis**, Agronomy Monograph 43, American Society of Agronomy, Madison, cap. 12, p. 177-197.
- HUANG, H., LI, H., YI, W. (2011). An agrogeological survey and evaluation information system based on GIS, in: **International Conference on Photonics and Image in Agricultural Engineering** (PIA-GENG 2010). International Society for Optics and Photonics, p. 775219.
- HUGGETT, R.J. (1995). **Geocology: an evolutionary approach**. Routledge, Londres, Reino Unido, 320 p.
- JENNY, H. (1941). **Factors of soil formation – A system of quantitative pedology**. America Dover Publications, McGraw-Hill, New York.
- JUMA, N.G. (1999). **The pedosphere and its dynamics. A systems approach to soil science**. Volume 1: introduction to soil science and soil science resources. Salman Productions, University of Alberta, Edmonton. 315 p.
- KREMEN, C. (2005). Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? **Ecology Letters**, v. 8, n. 5, p.468-479.

LIMA, S.M.; QUEIROZ NETO, J.P. (1997). Contribuição metodológica para estudos ambientais integrados nos Cerrados. In: S. Shiki; J.G. Silva; A.C. Ortega (org.). **Agricultura, meio ambiente e sustentabilidade do Cerrado Brasileiro**. Uberlândia: UFU; Campinas: Unicamp; Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, p. 245-255.

MARTINS, E.S.; REATTO, A.; CARVALHO JÚNIOR, O.A.; GUIMARÃES, R.F. (2004). **Evolução geomorfológica do Distrito Federal**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados (Documentos/Embrapa Cerrados, 122), 57 p.

MARTINS, E.S.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; VASCONCELOS, V.; COUTO JUNIOR, A.F.; OLIVEIRA, S.N.; GOMES, R.A.T.; REATTO, A. (2007). Relação solo-relevo em vertentes assimétricas no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, RJ. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, p. 45-62.

MARTINS, E.S.; RESENDE, A.V.; OLIVEIRA, C.G.; FURTINI NETO, E. (2010). Materiais Silicáticos como Fontes Regionais de Nutrientes e Condicionadores de Solos. In: F. R. C. Fernandes; A. B. da Luz; Z. C. Castilhos. (Org.). **Agrominerais para o Brasil**. 1ed. Rio de Janeiro, RJ: CETEM, 2010, v. 1, p. 89-104.

MATTSON, S. (1938). The constitution of the pedosphere. **Ann. R. Agric. College**, Sewden, v. 5, p. 261-279.

NAVEH, Z. (2000). What is holistic landscape ecology? A conceptual introduction. **Landscape and Urban Planning**, v. 50, p. 7-26.

NELSON, E.; MENDOZA, G.; REGETZ, J.; POLASKY, S.; TALLIS, H.; CAMERON, D.; CHAN, K.M.A.; DAILY, G.C.; GOLDSTEIN, J.; KAREIVA, P.M.; LONSDORF, E.; NAIDOO, R.; RICKETTS, T.H.; SHAW, M. (2009). Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 7, n. 1, p. 4-11.

PHILLIPS, D.C. (1969). Systems Theory – A Discredited Philosophy. **Abacus**, v. 5, n. 1, p. 3-15.

ROCKSTRÖM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K.; PERSSON, A.; CHAPIN, F.S.; LAMBIN, E.F.; LENTON, T.M.; SCHEFFER, M.; FOLKE, C.; SCHELLNHUBER, H.J.; NYKVIST, B.; WIT, C.A.; HUGHES, T.; LEEUW, S.; RODHE, H.; SÖRLIN, S.; SNYDER, P.K.; COSTANZA, R.; SVEDIN, U.; FALKENMARK, M.; KARLBERG, L.; CORELL, R.W.; FABRY, V.J.; HANSEN, J.; WALKER, B.; LIVERMAN, D.; RICHARDSON, K.; CRUTZEN, P.; FOLEY, J.A. (2009). A safe operating space for humanity. **Nature**, v. 461, p. 472-475.

ROKADE, V.M. (2014). Agrogeological studies for potencial farming introduction. **Bionano Front.** 7, 12-15.

SCHRÖDER, B.; SEPPELT, R. (2006). Analysis of pattern-process interactions based on landscape models – Overview, general concepts, and methodological issues. **Ecological Modelling**, v. 199, p. 505-516.

SIXIN, W.Z.Z.D.J., RUIFENG, Z. (1993). A primary note on agrogeology in its broad sense. **J. Geomech.** 14.

STEFFEN, W.; SANDERSON, A.; TYSON, P.D.; JÄGER, J.; MATSON, P.A.; MOORE, B.; OLD-FIELD, F.; RICHARDSON, K.; SCHELLNHUBER, H.J.; TURNER, B.L.; WASSON, R.J. (2005). **Global change and the Earth System: A planet under pressure**. Springer-Verlag, Berlim, Alemanha, 324 p.

TTSCHARNTKE, T.; KLEIN, A.M.; KRUESS, A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; THIES, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity–ecosystem service management. **Ecology letters**, v. 8, n. 8, p. 857-874.

VAN STRAATEN, P. (2002). **Rocks for crops: Agrominerals of Sub-Saharan Africa**. ICRAF, Nairobi, Kenya, 338 p.

VAN STRAATEN, P. (2007). **Agrogeology: The use of rocks for crops**, 1st ed. Enviroquest Ltd., Cambridge, Ontario CA.

VERNADSKY, W.I. (1945). The biosphere and the noosphere. **American Scientist**, v. 33, p. 1-12.

ZOE, R.Z. (2008). Motivating the Behavioral Approach. In: **Modelling and Control of Dynamical Systems: Numerical Implementation in a Behavioral Framework**, Studies in Computational Intelligence, Springer-Verlag, Berlim, cap. 01, p. 1-11.

TEMA 2 - PROSPECÇÃO DE REMINERALIZADORES DE SOLO

RESUMOS



CARACTERIZAÇÃO DE FLOGOPITITOS E OUTRAS ROCHAS ENCAIXANTES DAS MINERALIZAÇÕES DE ESMERALDA DE CAMPO FORMOSO E PINDOBAÇU (BA) COMO FONTES DE POTÁSSIO E MULTINUTRIENTES PARA REMINERALIZAÇÃO DE SOLOS

Magda Bergmann¹; Alessandra Blaskowski¹; Carlos Augusto Posser Silveira²; Maria Abadia Camargo¹; Margarete Wagner Simas¹; Oliveira Cavalcante¹

¹Serviço Geológico do Brasil-CPRM - alessandra.blaskowski@cprm.gov.br, magda.bergmann@cprm.gov.br, abadia.camargo@cprm.gov.br, margarete.simas@cprm.gov.br, oliveira.cavalcante@cprm.gov.br; ²Embrapa Clima Temperado - augusto.posser@embrapa.br

Sumário: O projeto da Agrominerais da Região de Irecê-Jaguarari-BA (CPRM-Serviço Geológico do Brasil) indicou os flogopititos encaixantes das gemas das lavras de esmeralda de Campo Formoso e Pindobaçu (BA), como fontes de K e multinutrientes para remineralização de solos, destinados à área do assentamento Baixio de Irecê da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF). Litotipos variados de nove dentre as maiores pilhas de descartes foram caracterizados por litoquímica, petrografia e DRX semi-quantitativo, quanto ao conteúdo e alocação de nutrientes e Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT). Nas pilhas estimou-se quantidades relativas de rochas e as possibilidades de misturas para composição de agrominerais. Foi ressaltada a importância da faiscagem como forma de obtenção de agromineral potássico a partir dos flogopititos. Por fatores ligados à estrutura cristalina, a flogopita é um mineral capaz de disponibilizar o íon potássio no solo. Os flogopititos estudados, enquanto rochas constituídas por até 98% de flogopita (K_2O 9,44 a 10,86 %; MgO 17 a 21,9%), podem ser considerados fontes de multinutrientes, com potencial de disponibilização de K, Mg, Fe e Si, além dos micronutrientes Mn, Mo e V.

Palavras-chave: remineralização de solos, flogopititos, mineração de esmeralda da Bahia.

INTRODUÇÃO

Contexto geológico

A mineração de esmeralda dos municípios de Campo Formoso e Pindobaçu-BA é operada por uma cooperativa garimpeira (Cooperativa Mineral da Bahia-CMB), e emprega o método de lavra subterrânea, onde o acesso aos horizontes mineralizados em gemas é realizado através de *pits* e galerias que atravessam camadas de rochas metamórficas dobradas. A tipologia dos jazimentos é do tipo metassomática, ligada à intrusão do granito Campo Formoso em uma sequência de rochas ultramáficas. Embora as esmeraldas ocorram encaixadas quase exclusivamente em flogopititos, estruturas dúcteis e rúpteis promovem um padrão de acentuada descon-tinuidade do nível mineralizado, o que, somado à falta de controle por trabalhos de pesquisa faz com que os trabalhos de escavação se multipliquem buscando segui-lo e acaba por gerar um grande volume de rejeitos.

MATERIAL E MÉTODOS

A sequência de rochas ultramáficas metassomatizadas se constituiu em um dos alvos prioritários do projeto da CPRM (Blaskowski, Bergmann e Cavalcante 2016, no prelo) por atender ao conceito de **Unidade de Interesse Agrogeológico**, notadamente pela presença dos flogopititos, rochas com potencial de disponibilização de K, agregado ao fato da mineração de esmeraldas resultar em extensas pilhas de rejeitos disponíveis para emprego de seus materiais a curto prazo.

Amostras de todos os litotipos constantes nas pilhas foram coletadas e caracterizadas por litoquímica, petrografia e DRX. Também foram coletadas amostras de 60 kg destinadas a testes agrônômicos, dos flogopititos separados e do conjunto das rochas, reproduzindo a proporção relativa entre elas.

As análises litoquímicas foram realizadas pelo Laboratório SGS Geosol Laboratórios Ltda e quantificaram elementos e compostos químicos nutrientes pelo método ICP (Plasma Acoplado Indutivamente) para óxidos maiores e ICP-MS (Plasma Acoplado Indutivamente-Espectrometria de Massa) para elementos traços, dentre os quais micronutrientes e elementos potencialmente tóxicos (EPT). O método de abertura das amostras foi eleito de acordo com a precisão e limites de detecção apropriados para determinar EPT como o mercúrio, restrito pela legislação dos remineralizadores de solo a valores muito baixos, de modo que para determiná-lo foi utilizado o método da digestão por Água Régia e leitura por ICP OES (Espectrometria de Emissão Ótica) /ICP MS.

A análise petrográfica modal de lâminas delgadas determinou a assembleia mineralógica e a proporção de cada mineral presente nas rochas, permitindo o reconhecimento dos minerais capazes de disponibilizar nutrientes para o sistema solo-água-plantas. A petrografia também determinou a sanidade ou grau de alteração destes minerais (estabilidade de fases minerais); suas texturas e tamanho de grãos, para determinar os intervalos granulométricos apropriados à cominuição; a geração de minerais secundários, como argilominerais 2:1, e processos como alteração hidrotermal. Para validação da petrografia modal e para reconhecimento de fases como argilominerais todas as amostras foram encaminhadas para análise de DRX semi quantitativo, realizada no Laboratório de Difração e Fluorescência de Raio-X da Universidade Federal do Pará (UFPA).

ARRANJOS PRODUTIVOS E IMPACTOS AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO DE ESMERALDA

Nas localidades de Carnaíba de Cima, Carnaíba de Baixo e Pindobaçu, a extração de esmeraldas é operada por mais de 100 frentes de lavra. Estas são com frequência abandonadas em função do controle precário que os mineradores têm sobre a geometria e os condicionantes das jazidas, e acabam sendo reativadas em épocas de picos da atividade minerária. Isto gera rejeitos da ordem de centenas de milhares de metros cúbicos, que são dispostos em encostas a partir da boca dos *pits*, assoreando vales e promovendo extensas pilhas, em parte dentro da zona urbana das pequenas localidades garimpeiras (Fig. 1A). Como a CMB enfrenta a demanda de organizar a disposição de rejeitos como uma das exigências para qualificar a atividade como Associação Produtiva Local (APL Mineração), a oportunidade de aproveitamento de ao menos uma parte dos

materiais descartados pela lavra constitui-se em uma perspectiva promissora e vista com interesse pela cooperativa. Neste sentido, um arranjo de trabalho peculiar nos garimpos coloca em foco a atividade de faiscagem, que é desenvolvida por moradoras locais, conhecidas como “quijilas”. Estas selecionam e recolhem os blocos dos flogopititos dentre outras rochas dos rejeitos, para fragmentá-los com pequenos martelos em busca e gemas menores que passam despercebidas na mineração subterrânea. As faiscadoras também recolhem a molibdenita, mineral metálico que ocorre em manchas nos flogopititos. A CMB já se encontra envolvida em ações que visam a melhoria das condições de trabalho das “quijilas”, que exercem a faiscagem em meio aos rejeitos, e carecem de proteção do sol e da chuva (Fig. 1B). Com a organização da faiscagem, e uma vez que esta atividade manipula exclusivamente os flogopititos, abre-se a perspectiva de destinar os resíduos destas rochas a contêineres, permitindo juntar e armazenar os descartes de flogopititos de várias lavras para posterior moagem e obtenção de agromineral rico em K.

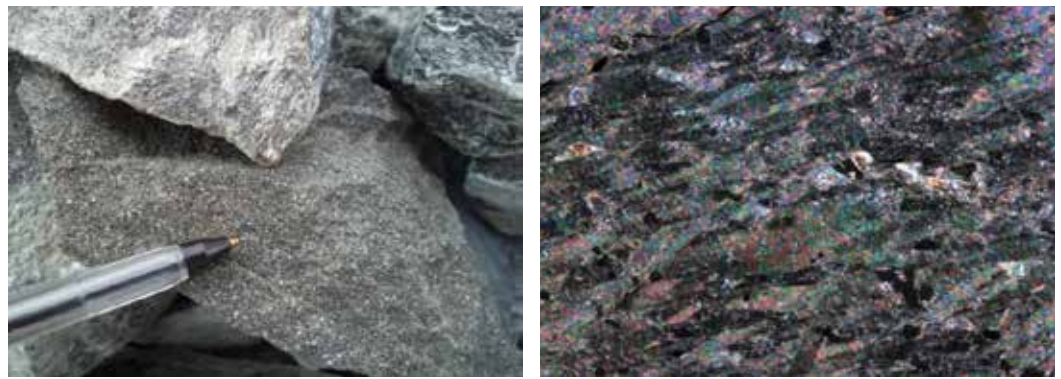
Figura 1 – A: Pilhas de rejeitos na região urbana de Carnaíba de Cima. Visada de SE para NW a partir da Mineração São Francisco. B: Faiscadoras na pilha da mineração Beira Rio, Carnaíba de Cima.



CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E PETROGRÁFICA DAS ROCHAS DAS PILHAS DE DESCARTES

Nas pilhas de rejeitos os blocos de flogopitito (Fig. 2A) perfazem cerca de 15% em volume, em meio a uma variedade de litotipos como flogopita-tremolita xisto, quartzo-turmalina-biotita xisto, clorita-talco-tremolita-actinolita xisto, além de esteatito, metaultrabasi-to/serpentinito, albita pegmatito e quartzito a fuchcita. A petrografia modal dos flogopititos registra flogopita entre 94% a 98% (Fig. 2B). Este filossilicato pode portar 10% de K_2O e quantidades de MgO superiores a 20% (Deer, Howie e Zussmann 2008). Por fatores ligados à estrutura cristalina, a flogopita é um mineral capaz de disponibilizar o íon potássio no solo com maior facilidade do que minerais como os feldspatos potássicos, tectossilicatos resistentes ao intemperismo. Isto se dá pelo fato de a flogopita comportar como unidade estrutural (camada) duas folhas tetraédricas interpostas por uma folha octaédrica (estrutura 2:1) onde o K ocupa a posição inter-camadas, sustentado por ligações fracas. Durante o avanço do intemperismo os átomos de K tendem a ser liberados, pois são substituídos por cátions hidratados como H^+ , Na^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} (Van Straaten 2007).

Figura 2 – A: Flogopitito de granulação média-grossa (Mineração Beira Rio), com cor bronze conferida pela mica flogopita. B: Fotomicrografia (LP 2x) de flogopitito, rocha monominerálica com flogopita em agregados lamelares orientados e deformados.



Os flogopititos estudados têm teores de K₂O entre 9,44 e 10,86 % e são considerados ainda fontes de multinutrientes, disponibilizando Mg, Fe e Si, além dos micronutrientes Mn, Mo e V. Todas as amostras pesquisadas atendem ao critério de Soma de Bases da legislação brasileira para remineralizadores de solo (IN MAPA 05 e 06/2016), com K₂O+MgO+CaO entre 27,64 e 31,45% (ver Tabela 1). Exceto por duas amostras que mostraram teores anômalos de Cd as demais rochas analisadas enquadram-se nos limites IN MAPA 05/2016 quanto a EPT.

Tabela 1 – Teores de macronutrientes de flogopititos e outras rochas presentes em nove pilhas de descartes da mineração de esmeralda da Bahia. SB-Soma de Bases.

Procedência	Classificação dos tipos de rochas identificadas em cada procedência	CaO	K ₂ O	MgO	SB
		%			
Garimpo Socotó-Cesta do Povo	1 Flogopita-tremolita xisto	5,21	5,13	21,28	31,62
	2 Flogopitito	0,14	9,59	21,57	31,30
Garimpo Carnalba - Marota	1 Flogopitito	0,07	9,46	21,92	31,45
Carnalba de Cima - Mina Deus é Amor	1 Metaultrabásito/flogopita-talco-tremolita xisto	2,49	7,26	24,35	34,10
Garimpo Socotó-Mamona	1 Tremolita-actinolita xisto (metaultrabásica)	7,09	3,36	21,48	31,93
	2 Flogopitito-hidrotermalito	0,26	9,68	19,78	29,72
	3 Tremolita-flogopita-talco xisto/esteatito	1,53	3,85	24,6	29,98
Garimpo Carnalba-Cabra Velha	1 Flogopitito	0,18	9,44	18,02	27,64
	2 Clorita-talco-flogopita xisto	0,06	3,60	21,96	25,62
Garimpo Carnalba - Serra Pelada	1 Flogopitito	<0,01	9,18	17,11	26,29
Garimpo Carnalba - Beira Rio	1 Flogopitito	0,12	9,11	21,12	30,35
Garimpo Carnalba-Noel	1 Flogopitito	0,07	10,06	19,72	29,85
	2 Flogopita-tremolita xisto	6,47	3,56	20,15	30,18
	3 Flogopitito	0,06	10,86	19,42	30,34
	4 Flogopitito	0,25	9,97	18,94	29,16
Garimpo Carnalba de Baixo - Bráulia	1 Flogopitito	0,69	9,74	18,62	29,05

Não obstante, nas amostras de flogopititos os teores de Ni ultrapassam 500 ppm e em alguns casos, como nos garimpos da Marota, Beira Rio e Bráulia, atingem 800 ppm. O Ni é um elemento considerado fitotóxico em teores desta ordem, e como se trata de rochas praticamente monominerálicas tudo leva a supor que ele esteja contido na própria estrutura da flogopita. Brindley & Brown (1980) referem a sintetização de micas com estruturas análogas à da flogopita com cátions como Co, Ni, Cu, Fe⁺² substituindo o Mg na posição octaédrica. Este

fato poderia justificar a presença dos teores relativamente altos de Ni em alguns dos flogopititos analisados, e ressalta a relativa propensão à liberação do Ni pela sua posição em sítio octaédrico na estrutura da flogopita. Também os teores elevados de Cr (1600-3200 ppm), de resto comuns em rochas de afiliação ultramáfica, introduzem cuidados adicionais quanto ao emprego destas rochas na remineralização de solos.

Segundo Garnier et al. (2006) reações de oxirredução com óxidos de Mn, ou com o ânion PO_4^{-3} em solos podem promover a passagem do Cr ao estado oxidado Cr^{6+} , forma de cromo solúvel altamente tóxica. Especificamente em relação a esses dois elementos, visando garantir a segurança ambiental e dos alimentos, há a necessidade de realização de testes de incubação com diferentes tipos de solos bem como ensaios agronômicos com diferentes espécies de plantas.

CONCLUSÕES

No Brasil, diversos trabalhos recentes tratam da dinâmica da liberação de K nos flogopititos da Bahia com uso de extratores como ácido nítrico, ácido oxálico e ácido cítrico, e solução extratora Melich-1 (Silva et al., 2010a, Silva et al. 2010b; Ribeiro et al., 2010; França et al., 2013), sem, no entanto, apresentarem resultados animadores. Nestes trabalhos verifica-se que os teores de K_2O , CaO e MgO não são condizentes com a química dos flogopititos em questão, o que levanta dúvidas quanto às rochas testadas, e leva a supor que os testes tenham incluído alguma proporção de outros litotipos presentes nas pilhas de rejeitos.

A recomendação do presente trabalho é que sejam realizados experimentos agronômicos cotejando o desempenho dos flogopititos isoladamente e em misturas com participação de flogopita-tremolita-xistos e rochas ultramáficas, em busca da formulação de um agromineral multinutrientes (K, Ca, Mg) que possa aproveitar uma variedade maior das rochas presentes nas pilhas. Litotipos como flogopita-tremolita xisto, quartzo-turmalina-biotita xisto, clorita-talco-tremolita-actinolita xisto podem ser também tomados isoladamente como fontes multinutrientes, por contarem com teores de MgO superiores a 20%, e K_2O entre 3,6 e 7,6 % e CaO até 5%. Esteatitos e serpentinitos têm potencial para corretivos de acidez em solos. Afora fornecedoras de nutrientes essenciais, as rochas dos garimpos de esmeralda podem ser consideradas fontes de micronutrientes como Ni, Zn, Mn, Mo, Co e V.

Recomenda-se que ensaios agronômicos verifiquem a disponibilização do Ni a partir dos flogopititos, e também o benefício adicional no incremento da CTC dos solos pela transformação da flogopita em vermiculita durante o processo de abertura do mineral flogopita. Considera-se que os experimentos devam ser ampliados para testar um número maior de espécies de plantas e também o emprego conjunto de matéria orgânica, não constatado nos ensaios de trabalhos anteriores.

Embora a viabilidade de uso das reservas de flogopititos já depositados nas pilhas seja problemática, várias das frentes de lavra do garimpo de Carnaíba de Cima, no município de Pindobaçu se prestam ao fornecimento do material mais rico em potássio, que pode ser concentrado a partir da atividade das faiscadoras. No entanto, ainda é necessário um significativo trabalho de organização no ambiente dos garimpos para que se possa obter quantidades relevantes de flogopitito, sendo necessário considerar a disposição dos flogopititos em pilhas distintas.

Como ressalvas, os teores de Cd, embora restritos a duas amostras, devem merecer atenção especial nos flogopititos, até que se determine a proveniência deste metal potencialmente tóxico enquanto primária, ou devida à contaminação pelo processo extrativo praticado em parte dos garimpos, que, neste caso, deve ser adequado. Além disto, os já citados teores de Ni e de Cr também introduzem ressalvas quanto à utilização agronômica dos flogopititos, e recomendam ensaios agronômicos como incubação em solos e especiação do Cr.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Cooperativa Mineral da Bahia pelo apoio na logística das visitas às lavras e pelas informações partilhadas.

REFERÊNCIAS

BLASKOWSKI, Alessandra E.; BERGMANN, Magda; CAVALCANTE, Oliveira A. **Agrominerais da região Irecê-Jaguarari**. Salvador-BA: CPRM, 2016. CD-ROM, no prelo.

BRINDLEY, G.W.; BROWN, G. Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification. London: Mineralogical Society, 1980. 495p.

DEER, William A.; HOWIE, Robert A.; ZUSSMANN, Jack. **Minerais constituintes das rochas**: uma introdução. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 2008. 727 p.

FRANÇA, Silvia; RONCONI, Celia. M. M.; SILVA, Adriana A. S. Estudo da cinética de liberação de potássio contido no flogopitito da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2, 2013, Poços de Caldas. **Anais...** p 200-211. Poços de Caldas: Petrobras: Embrapa, 2013.

GARNIER, J. et al. Solid speciation and availability of chromium in ultramafic soils from Niquelândia, Brazil. **Journal of Geochemical Exploration**, v.88, p.206-209, 2006.

SILVA, Davi José da et al. Avaliação do potencial de um resíduo de mineração na liberação de potássio e outros nutrientes em dois solos do submédio São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 1, 2010a, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa Cerrados, 2010.

SILVA, A. A. S. et al. Flogopitito da Bahia como fonte de potássio para a agricultura brasileira. In: SIMPÓSIO DE MINERAIS INDUSTRIAIS DO NORDESTE, 2. 2010. Campina Grande, PB. **Anais do...** Campina Grande: CETEM/UFPE, 2010b. p. 115-123.

RIBEIRO, L. S. et al. Rochas silicáticas portadoras de potássio como fontes do nutriente para as plantas solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.34, p.891-897, 2010.

VAN STRAATEN, P. **Agrogeology**: the use of rocks for crops. Cambridge, Ontário: Environquest, 2007. 440p.

PANORAMA DOS FERTILIZANTES NO BRASIL: UMA JUSTIFICATIVA PARA A ROCHAGEM

David Siqueira Fonseca¹

¹Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM - david.fonseca@dnp.gov.br

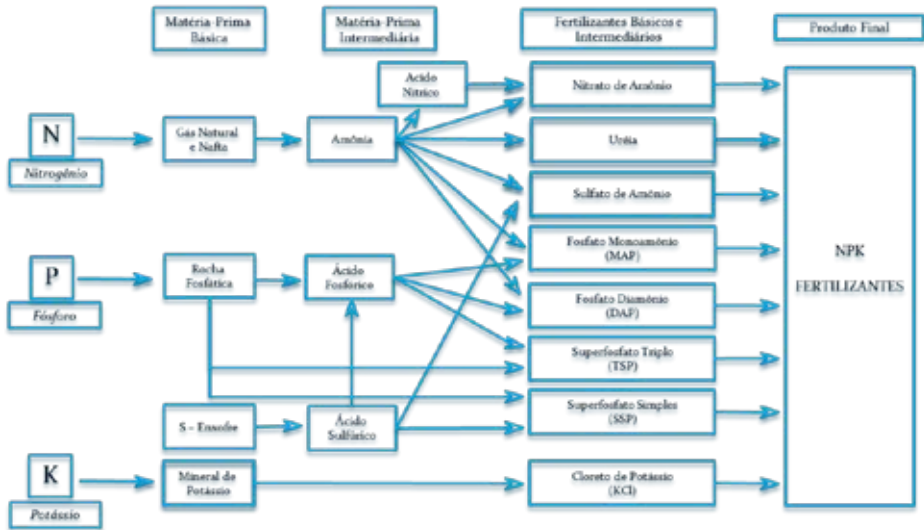
Sumário: A cadeia de fertilizantes contém as diferentes matérias-primas (rocha fosfática, enxofre, potássio e gás natural) necessárias à confecção dos produtos intermediários (MAP, DAP, SSP, SST, entre outros) que são aplicados no solo. O Brasil, com sua enorme geodiversidade, possui depósitos suficientes de fosfato, mas o mesmo não se pode dizer de potássio, enxofre e nitrogênio (estes dois últimos oriundos principalmente da cadeia de petróleo e gás natural). Isso tem levado o país a enormes dispêndios de importação que podem trazer riscos à competitividade do agronegócio brasileiro. Com os dados de reservas, produção e comércio exterior, este artigo pretende aprofundar nessa perspectiva que justifique ainda mais a busca de fontes alternativas.

Palavras-chave: cadeia de fertilizantes; dependência; rochagem

INTRODUÇÃO

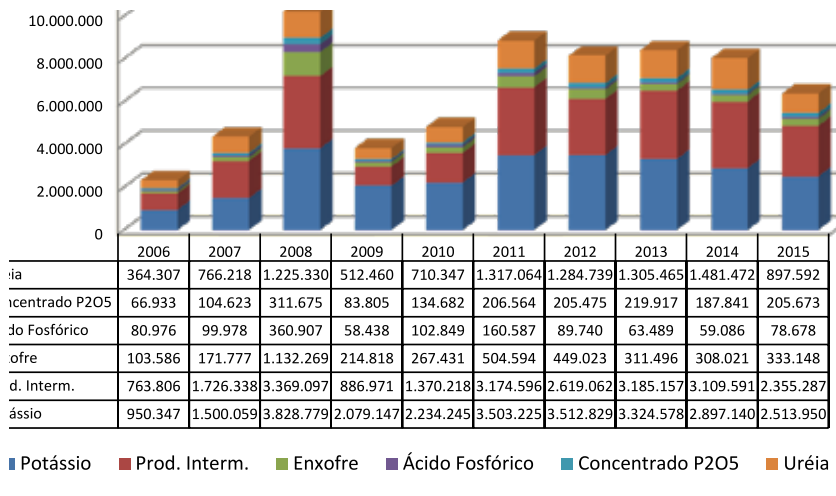
A cadeia de fertilizantes tradicionais conhecida como NPK é mostrada na Figura 1. Nela é possível identificar as matérias-primas básicas e intermediárias e os fertilizantes básicos e intermediários. Assim, os ingredientes necessários à confecção do NPK são gás natural e nafta, rocha fosfática, enxofre e rocha potássica. Fora a rocha potássica, que já é solúvel, todas as demais matérias-primas devem passar por uma transformação a fim de serem disponíveis para aplicação no solo. Após isso, elas podem ser misturadas para se aproximarem das necessidades de cada solo e cultura.

Figura 1 – Cadeia produtiva de fertilizantes. Fonte: Fosfértil, 2008.



Por outro lado, e não menos importante, faz-se necessário verificar a evolução das importações de produtos fertilizantes em termos de dispêndios na última década, conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Evolução 2006-2015 dos dispêndios com importação de algumas matérias-primas e produtos intermediários (em US\$ 1.000). Fonte: SECEX/MDIC, 2006 a 2015. Cesta de produtos escolhida pelo autor que reflete apenas em parte a importação de fertilizantes.



As discussões sobre os fertilizantes têm sido pautadas, muitas vezes, numa perspectiva voltada aos produtos finais quando, na verdade, a explicação para nossa dependência deve ser buscada em cada uma das matérias-primas (menos nitrogênio), conforme abaixo.

FOSFATO

O fosfato é relativamente abundante no Brasil, devido a uma considerável quantidade de carbonatitos, que são rochas ígneas que podem conter mineralizações de fosfato, nióbio, terras raras, barita, titânio, entre outros. Ao contrário dos grandes depósitos mundiais, de origem sedimentar, cujos teores variam de 20% a 30% de P₂O₅, nossos depósitos caracterizam-se por teores da ordem de 10% de P₂O₅. Outras diferenças entre os dois tipos de depósitos incluem uma maior variabilidade composicional nos depósitos ígneos, assim como a geometria do corpo do minério, granulometria e a liberação mais complexa e com maior grau de impurezas. Tudo isso se traduz em custos maiores que provavelmente inviabilizariam a colocação do nosso fosfato no mercado externo, se fosse o caso de excedente de produção. Na Tabela 1 é mostrada a evolução da produção brasileira e a dependência.

Tabela 1 – Evolução da produção e consumo aparente de concentrado de P₂O₅ (mil t).

Fosfato	Ano								
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Produção (mil t)	6.185	6.727	6.084	6.192	6.738	6.740	6.715	6.513	6.100
Consumo Aparente (mil t)	7.844	8.342	7.000	7.590	7.917	8.006	7.938	7.564	7.367
Dependência (%)	21,1	19,4	13,1	18,4	14,9	15,8	15,4	13,9	17,2

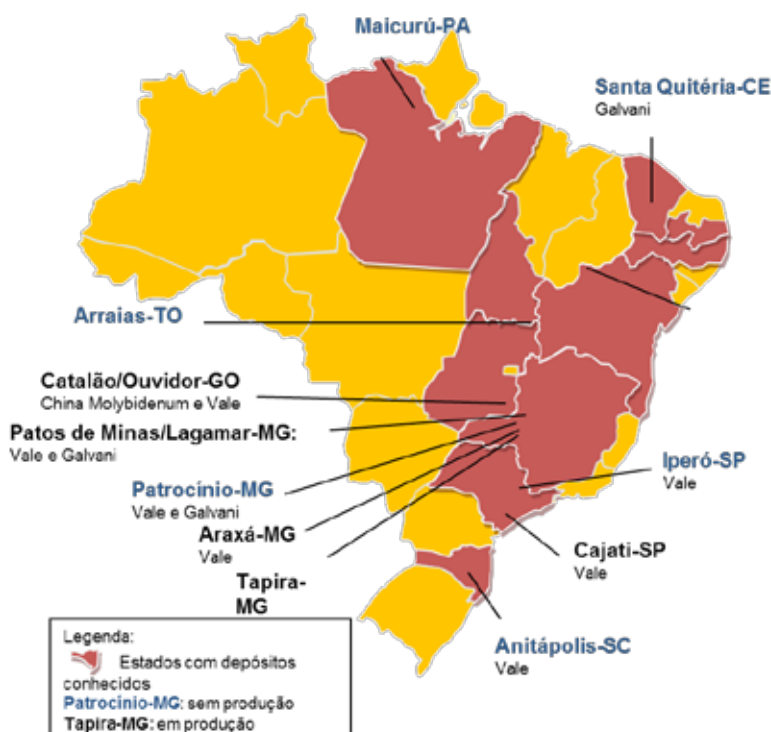
Fonte: DNPM, SECEX/MDIC, 2007 a 2015.

Assim, verifica-se que em termos de concentrado de rocha o país tem conseguido atingir quantidades expressivas. No entanto, quando se avalia a cadeia como um todo o nível de dependência aumenta, o que será discutido posteriormente.

Essa produção concentra-se no centro-oeste brasileiro, mais especificamente na região do triângulo mineiro (municípios de Tapira e Araxá) e em Catalão. A empresa Vale é a maior produtora nacional seguida pela empresa Anglo American. Galvani é uma empresa menor que também contribui com a produção e deve aumentar sua participação no futuro com novos projetos.

Um aspecto que chama atenção no caso do fosfato é a existência de vários depósitos no Brasil (Figura 3), sendo que muitos não se encontram em produção, seja por questões ambientais, seja por questões de viabilidade econômica.

Figura 3 – Principais depósitos de fosfato no Brasil. Fonte: DNPM, não publicado.



POTÁSSIO

A situação do potássio é bastante crítica no Brasil. Com poucos depósitos e apenas uma mina em operação, perto da exaustão, o país conseguiu atender nos últimos anos menos de 10% do que necessita (tabela 2), e a importação do restante tem gerado enormes dispêndios, conforme mostrado na figura 2. De fato, essa é uma das maiores preocupações do setor de agronegócios brasileiro.

No Brasil há apenas duas áreas conhecidas de sais de potássio. Rochas potássicas silicáticas também têm sido estudadas, mas ainda carecem de viabilidade econômica.

Tabela 2. Evolução da produção e consumo aparente (mil t)

Potássio	Ano								
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Produção (t)	424	383	453	418	395	346	311	311	
Consumo Aparente (t)	4.473	4.424	3.886	4.079	5.022	4.565	5.172	5.726	
Dependência (%)	90,5	91,3	88,3	89,7	92,1	92,4	94,00	94,6	

Fonte: DNPM, SECEX/MDIC, 2007 a 2015.

Figura 4 – Depósitos de potássio oriundos de sais. Fonte: DNPM, não publicado.



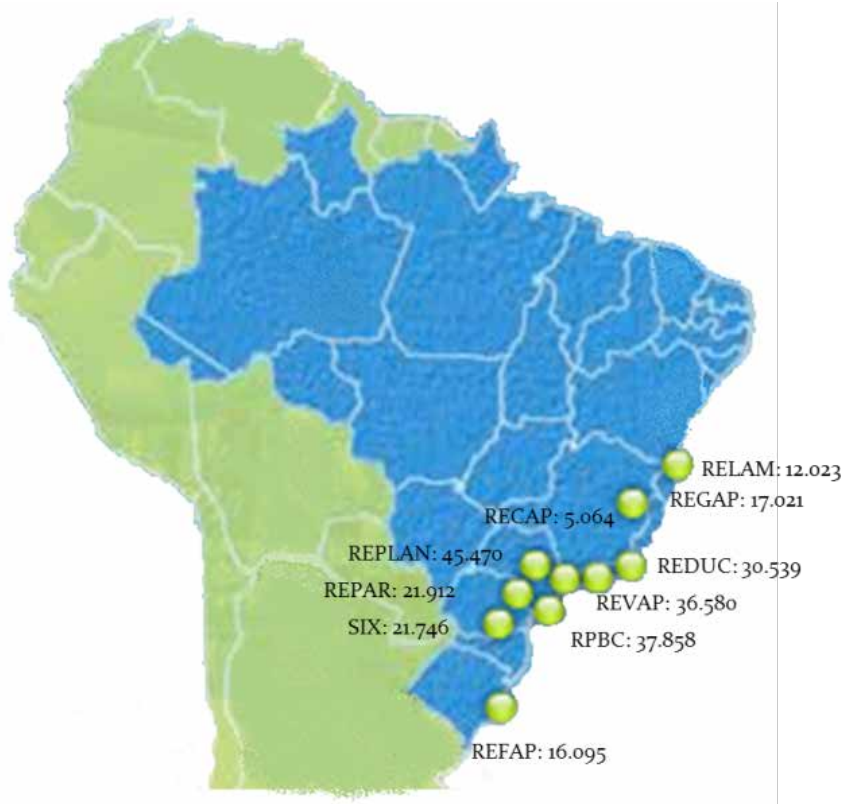
Em Sergipe há um projeto da Vale em sais de potássio do tipo carnalita que pretende extrair o minério por dissolução, mas a entrada em produção tem sofrido diversos atrasos. No Estado do Amazonas são conhecidos depósitos de silvita desde a década de 70 pela antiga PETROMISA, e diversas empresas já pesquisaram a continuidade do depósito. No entanto, a exploração tem se mostrado inviável por problemas técnicos e econômicos (queda do preço do potássio no mercado internacional). Se ambos os projetos entrassem em produção estima-se que nossa dependência caia para 65%.

ENXOFRE

O enxofre apesar de não contido na sigla NPK possui um papel fundamental na cadeia quando se observa a figura 1. De fato ele está intimamente ligado à rocha fosfática, participando no seu ataque através do ácido sulfúrico para liberação do fósforo e composição dos produtos intermediários. No Brasil, as empresas são altamente verticalizadas e novos depósitos significam, necessariamente, importação de enxofre para produção de ácido.

No Brasil, o enxofre elementar é produzido nas refinarias da Petrobras, e essa produção cresceu significativamente nos últimos anos devido às exigências cada vez maiores para combustíveis mais limpos. Assim, o diesel atualmente comercializado possui 10 ppm de enxofre ante os 50 ppm de alguns anos atrás e há gasolinas com 50 ppm e 30 ppm. Segue abaixo o mapa com as refinarias da Petrobras.

Figura 5 – Mapa com as refinarias da Petrobras e a produção respectiva. Fonte: elaboração própria com base nas informações de produção da PETROBRAS referentes a 2015.



Outra fonte de enxofre contabilizada é a do ácido sulfúrico proveniente das metalúrgicas, ou seja, aquele ácido produzido pelos sulfetos do ouro, cobre e zinco. Atualmente são 4 operações no Brasil, uma de ouro (Anglo), duas de zinco (ambas da Votorantim) e uma de cobre (Paranapanema). A produção oriunda tanto do petróleo quanto das metalúrgicas, no entanto, não tem sido suficiente para atender o mercado interno, conforme se vê na tabela abaixo.

Tabela 3 – Evolução da produção e consumo aparente (mil t).

Enxofre	Ano								
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Produção (mil t)	449	447	444	455	479	488	560	550	514
Consumo Aparente (mil t)	2.652	2.759	2.040	2.518	2.768	2.748	2.761	2.710	2.752
Dependência %	83,0	84,0	78,0	82,0	82,0	82,0	80,0	80,0	81,0

Fonte: DNPM, SECEX/MDIC, 2007 a 2015.

CONCLUSÕES

Os aspectos aqui abordados referem-se à disponibilidade de matérias-primas para a confecção de fertilizantes no subsolo brasileiro. Assim, mesmo que o país tenha depósitos consideráveis de fosfato, os fertilizantes são uma cadeia e não há disponibilidades das outras matérias-primas, ou seja, potássio, enxofre e nitrogênio para compor os produtos intermediários, o que acarreta enormes dispêndios com a importação de matérias-primas ou de produtos intermediários.

Com essas questões fica claro que a dependência brasileira de fertilizantes solúveis permanecerá por longo tempo. Assim, a busca por alternativas que possam substituir ou minimizar essa dependência torna-se essencial. No caso do fosfato, e como alternativa aos nossos depósitos ígneos, nos últimos anos algumas empresas têm pesquisado fosfato sedimentar de aplicação direta, tal como os fosfatos aluminosos do nordeste do Pará/noroeste do Maranhão, assim como os fosfatos do Grupo Bambuí no Estado do Tocantins. No caso do potássio, rochas como o fonolito da região de Poços de Caldas-MG já é um caso de sucesso, mas há estudos em andamento relativos a glauconita na região da Serra da Saudade-MG (verdete), e de biotititos e flogopititos de rejeitos de mineração de esmeralda, entre outros.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Brasília: DNPM, Sumário Mineral Brasileiro 2007 a 2016.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio – MDIC. Secretaria do Comércio Exterior – SECEX. Sistema Aliceweb, consulta às importações nos anos de 2007 a 2015.

Petrobras. Informações prestadas por e-mail para confecção do Sumário do Enxofre em 2015.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY: Mineral Commodity Summaries, 2007 a 2015.

Fosfértil, Painel: Matérias Primas Fertilizantes, apresentado no 4º Congresso da Indústria Química do Mercosul e 8º Congresso Brasileiro da Indústria Petroquímica, Rio de Janeiro, maio de 2008.

IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AGROMINERAIS/ REMINERALIZADORES DE SOLOS PARA VITICULTURA SUSTENTÁVEL NA FRONTEIRA OESTE, RS, BRASIL

Rosemary Hoff¹; Magda Bergmann²; Maria Tarciana Pereira da Cruz³; Carlos Augusto Posser Silveira⁴

¹Embrapa Uva e Vinho - rose.hoff@embrapa.br; ²Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM) - magda.bergmann@cprm.com.br;

³Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS - tarcianapacruz@gmail.com; ⁴Embrapa Clima Temperado - augusto.posser@embrapa.br

Sumário: O emprego de rochas para remineralização e correção de acidez de solos na viticultura ainda é pouco difundido no Rio Grande do Sul. Na Região Vitivinícola Campanha, o setor tem buscado desenvolver e implantar uma indicação geográfica para vinhos de alta qualidade e práticas sustentáveis são propícias e podem agregar valor ao produto final, ou seja, o vinho. As rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, são representadas na região da fronteira oeste do RS pela Fácies Alegrete, conjunto de derrames de composição andesítica a basáltica, dentre os quais os derrames Catalán e Cordillera comportam espessas brechas de topo cimentadas por calcita, com quantidades subordinadas de zeolitas. Rochas disponíveis de britagem em lavras estão situadas em Santana do Livramento, Rosário do Sul, e Quaraí. A maioria das rochas da Formação Serra Geral não apresenta restrição quanto aos Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT) e também cumprem requisito para comercialização de remineralizadores de solos pelo MAPA, apresentando Soma de Bases ($K_2O + CaO + MgO$) entre 14 e 17% e sendo fontes de Ca e Mg, além de micronutrientes Cu, Ni e Zn. As brechas têm conteúdo de CaO de 12-19%, MgO de 3-6,4%, sendo portadoras de Cu e Zn e apresentando ainda teores de Co. Os clastos de basalto amigdalóide são ricos em materiais devitrificados, o que favorece sua reatividade em solos e assegura a presença de argilominerais (esmetctitas) com elevada capacidade de trocas catiônicas (CTC). A viticultura em Santana do Livramento, Quaraí e Rosário do Sul ocorre sobre solos arenosos pobres em nutrientes, sendo predominantemente Neossolos Quartzarênicos, desenvolvidos sobre arenitos, que poderiam ser beneficiados pela correção de acidez.

Palavras-chave: remineralização de solos, vitivinicultura, basaltos, região vitivinícola Campanha

INTRODUÇÃO

O uso de rochas para remineralização e correção de acidez de solos no escopo das práticas agrícolas da vitivinicultura ainda é pouco difundido no Rio Grande do Sul. Na Região Vitivinícola Campanha, o setor vinícola tem buscado se desenvolver (PROTAS e CAMARGO, 2010), para isto procura implantar uma indicação geográfica para vinhos finos, por meio de projeto coordenado pela Embrapa Uva e Vinho em cooperação com a Rede RECIVITIS/SIBRATEC/MCTI (SILVEIRA, 2016). CONFORME MELLO e MACHADO (2014), Santana do Livramento teve uma evolução de quase o dobro da área plantada em menos de 20 anos, partindo de 504 hectares em 1995 a 980 hectares em 2012. No ano de 2012 a cultivar

predominante foi Cabernet Sauvignon (187 hectares) seguida pelas cultivares Chardonnay, Tannat, Merlot e Pinot Noir. Esse cenário de crescimento em área plantada de vinhedos aponta para a importância de identificar fontes de nutrientes para a viticultura da região.

A Região Vitivinícola Campanha está em parte contida na área levantada pela Serviço Geológico do Brasil - CPRM no projeto “Agrominerais da Bacia do Paraná do Rio Grande do Sul” (BERGMANN et al., 2013), que aporta dados de litoquímica, mineralogia, petrografia, DRX e MEV na caracterização de rochas com potencial de uso agrícola. Este projeto tem foco nas rochas vulcânicas da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná, representadas na região pela Fácies Alegrete, sendo derrames de composição andesítica a basáltica, como os derrames Catalán e Cordillera comportam espessas brechas de topo cimentadas por calcita, com quantidades subordinadas de zeolitas (BERGMANN, 2014).

A região da Campanha Gaúcha se destaca pela ocorrência de extensas áreas com solos desenvolvidos sobre sedimentos arenosos continentais da Bacia do Paraná. O uso inadequado do terreno e a remoção da cobertura vegetal de solos com horizonte superficial arenoso em região de fortes ventos tem acelerado o processo de arenização sobre essas áreas (SUERTEGARAY et al., 2001).

A viticultura em Santana do Livramento, Quaraí e Rosário do Sul ocorre sobre solos arenosos pobres em nutrientes, sendo predominantemente Argissolos Vermelhos Distróficos e Alissolos Crômicos Argilúvicos desenvolvidos sobre arenitos, que necessitam correção quanto à acidez e apresentam baixos níveis de fertilidade (MEDEIROS et al., 2013). O clima apresenta período de **déficit hídrico** no verão, o que sugere o uso de materiais que retenham umidade para as plantas, favorecendo a neoformação de argilas 2:1 no solo.

O objetivo deste trabalho foi identificar e caracterizar agrominerais na Campanha Gaúcha, gerando alternativas de fertilizantes e condicionadores de solo para serem aplicados na viticultura. Neste trabalho foi escolhida a porção oeste da Região Vitivinícola Campanha apontando alternativas de fontes de nutrientes para vinhedos implantados sobre solos desenvolvidos nas formações Guará, Botucatu e Pirambóia.

MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais empregados neste trabalho compreenderam mapas de solo em escala 1:50.000 (FLORES et al., 2007) e em escala regional (STRECK et al., 2008), bem como bibliografia especializada sobre solos. A Figura 1 mostra a área sugerida da região vitivinícola Campanha para fontes de agrominerais. Esta é uma área estudada pelos levantamentos do Serviço Geológico do Brasil – CPRM (BERGMANN et al., 2013).

A litoquímica para óxidos maiores e elementos traços foi realizada pela ACME Labs, Canadá, com emprego dos métodos ICP e ICP-MS, e integra dados do Projeto Agrominerais do Rio Grande do Sul, em execução pelo SGB-CPRM. O mesmo projeto aportou análise petrográfica para reconhecimento de minerais e texturas de rochas em lâminas delgadas de amostras representativas de basaltos e brechas, além de DRX e MEV.

Pelo projeto de indicação de procedência Campanha, foram visitados locais de vinhedos e caracterizada a geologia e de solos do contexto da viticultura. Além disto, foi feito o reconhe-

cimento e análise de relevo a partir de dados georreferenciados sobre altimetria, declividade e exposição solar (HOFF et al., 2015).

Figura 1 – Localização da área estudada, Campanha Oeste do RS, Brasil.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo o mapeamento de solos desenvolvido por Flores et al. (2007) e STRECK et al. (2008) as áreas vitícolas da fronteira oeste encontram-se predominantemente sobre Argissolos Vermelhos Distróficos e Alissolos Crômicos Argilúvicos. Para STRECK et al (2008) os Argissolos Vermelhos Distróficos são típicos, arênicos ou espessarênicos e foram englobados na Unidade São Pedro, desenvolvendo-se sobre regiões de relevo suave a forte ondulado da Formação Guarú.

FLORES et al. (2007) apontaram uma variedade maior de solos em levantamento semi-detalhado em escala 1:50.000 na Folha Palomas. Tratam-se de solos desenvolvidos sobre rochas arenosas das Formações Guarú e Botucatu, da Bacia do Paraná, de idade juro-cretácea. A cor vermelha atesta boas condições de drenagem, pelo caráter arenoso dos horizontes superficiais A e E, enquanto os Alissolos, com cores mais claras, estão geralmente associados a condições de drenagem menos efetivas e podem requerer medidas de manejo como canalização para drenar adequadamente o excesso de água. Os Argissolos de maneira geral apresentam baixa fertilidade natural, acidez elevada e são saturados em alumínio, requerendo medidas de correção do Al em especial para cultivo de frutíferas e culturas anuais.

Considerando o exposto acima, dentre as rochas disponíveis como finos de britagem em lavras de agregados, se destacam o basalto andesítico da Pedreira Capilheira em Santana do Livramento e o basalto da Mineração Aprato, próximo a Rosário do Sul, em corpos do tipo *sill*, além do basalto da Pedreira Santa Rita, junto à cidade de Quaraí, perfazendo um conjunto de áreas fonte de insumos situadas nas proximidades dos vinhedos. Nestas pedreiras ocorrem rochas com texturas porfíricas e glomeroporfíricas, com matriz afanítica, constituídas por

em proporções semelhantes de plagioclásio (labradorita) e piroxênio (augita e pigeonita), com teor de minerais opacos por volta de 5%. A apatita é comum como mineral acessório e argilo-minerais (prováveis esmectitas) ocorrem como produtos de alteração hidrotermal. Os domínios vítreos intersertais, alterados a produtos de desvitrificação, apresentam-se mais restritos nas rochas de *sill* (Mineração Aprato e Capilheira) (Figura 2).

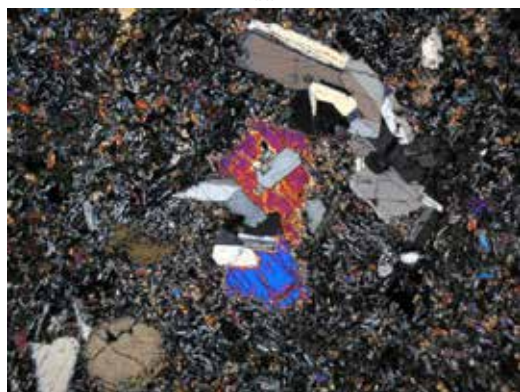
Figura 2 – A: Pedreira Capilheira em Santana do Livramento. B: brecha de topo derrame Cordillera, com matriz a calcita. Domo do Garupá, próximo ao Passo da Guarda, Santana do Livramento. C: Foto-micrografia de basalto (Luz polarizada 20x), mostrando glomérulos de cristais de plagioclásio (cores de interferência cinza a bege) e piroxênio (azul e vermelho) em matriz afanítica com domínios vítreos intersertais restritos. Lavra Santa Rita. D: planta de britagem da Mineração Aprato, BR 290, Rosário do Sul.



A



B



C



D

As brechas de topo de derrame dos derrames Catalán e Cordillera podem atingir espessuras de sete metros, ocorrendo numa ampla área ao longo da BR 293 nas proximidades dos parques eólicos do Cerro Chato III, localidades de Passo da Guarda e Cerros Verdes, entre outras no município de Santana do Livramento.

O conteúdo de calcita destes materiais é comumente elevado, traduzindo-se em teores da ordem de 12 a 19 % de CaO e de 3 a 6,4 % de MgO, sendo igualmente portadoras de Cu e Zn, este último em quantidades superiores à média dos basaltos. Também apresentam teores interessantes de Co.

Os clastos de basalto amigdalóide, que constituem a fábrica das brechas, **são ricos em materiais desvitrificados**, o que favorece sua reatividade e, assim como os basaltos de forma ge-

ral, assegura a presença de argilominerais da família das esmectitas, que têm elevada capacidade de trocas catiônicas (CTC).

Embora as brechas não estejam disponíveis enquanto subproduto ou descarte de mineração, estas apresentam uma notável continuidade lateral (da ordem de dezenas de quilômetros), sendo eventualmente sub-afforantes em patamares de relevo, que devem ser investigados enquanto terrenos com potencial para implantação de vinhedos.

Como a grande maioria das rochas da Formação Serra Geral, estes litotipos **não apresentam qualquer restrição quanto a elementos potencialmente tóxicos (EPT) e cumprem o critério da soma de bases para comercialização de** remineralizadores de solos (IN MAPA 05/2016, MAPA, 2016), apresentando Soma de Bases ($K_2O+CaO+MgO$) entre 14 e 17% e caracterizando-se como fontes potenciais de Ca, Mg e Si, além de portarem os micronutrientes Cu, Ni e Zn (Tabela 1). São ainda desprovidos de quantidades significativas de minerais inertes ou relativamente inertes.

Tabela 1 – Litoquímica de rochas disponíveis em britagem e brechas.

PONTO	Localização	Lat	Long		Km	SiO ₂	K ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅
MB-40	Pedreira Santa Rita Quaraí	-30.409355°	-55.402698°	DISTÂNCIA : Pedreira S. Rita / Quaraí	5,24 Km	52.52	1.08	10.34	6.40	0.13
MB-111	Min. Aprato sill Rosário do Sul	-30.177006°	-55.095880°	DISTÂNCIA : Mineração Aprato/ Rosário do Sul	18,5 Km	51.52	1.12	9.92	5.93	0.14
MB-114	Pedreira Capilheira, Santana do Livramento	-30.861632°	-55.501205°	Saída de Santana do Livramento		54.42	1.90	8.07	4.58	0.19
MB-127	Brecha Catalán em valeta de entrada	-30.713641°	-55.519110°	DISTÂNCIA : MB-127/ Santana do Livramento	18,4 Km	36.58	0.99	16.43	6.45	0.14
MB-194 A	Pedra do Segredo Brecha topo do Cordillera	-30.314522°	-55.072580°	DISTÂNCIA : MB-197/ Quaraí	37 Km	43.65	0.96	12.6	4.03	0.11
MB-194 B	Pedra do Segredo Brecha topo do Cordillera	-30.314522°	-55.072580°			36.61	0.64	19.1	3.67	0.12
MB-194 C	Pedra do Segredo Brecha topo do Cordillera	-30.314522°	-55.072580°			37.4	0.57	18	2.89	0.07
MB-194 D	Pedra do Segredo Brecha topo do Cordillera	-30.314522°	-55.072580°			53.08	1.9	7.58	4.35	0.14

CONCLUSÕES

A região vitivinícola Campanha no setor oeste é caracterizada pela implantação da maioria dos vinhedos em Argissolos Vermelhos Distróficos e Alissolos Crômicos Argilúvicos. De maneira geral estes solos são caracterizados por deficiência de fertilidade natural e demandam corretivos e fertilizantes, em especial os solos arenosos pobres em argilas e matéria orgânica, com baixas saturação em bases e CTC, além de alumínio extraível alto (STRECK et al., 2008). Por todos estes fatores o uso de insumos remineralizadores de solos merece destaque.

As rochas basálticas disponíveis como finos de britagem em pedreiras da região e também as brechas de topo de derrame ricas em calcita, embora ainda não lavradas, são materiais recomendados para testes quanto à eficiência agrônômica na liberação de nutrientes, pelo elevado potencial de uso na viticultura.

Adicionalmente recomenda-se que os materiais sejam aproveitados em outras culturas anuais ou perenes, contribuindo para a sustentabilidade da agricultura no Rio Grande do Sul, e que a mitigação do acelerado o processo de arenização sobre extensas áreas próximas a Quaraí (SUERTEGARAY et al., 2001) também pode ser uma oportunidade de emprego de pós de rocha basáltica, como insumo na recuperação de áreas degradadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP e CNPq especialmente à Pesquisadora Geóloga da CPRM Andréa Sander pelas descrições petrográficas e fotomicrografias.

REFERÊNCIAS

BERGMANN, M. Distribuição e potencial de aproveitamento econômico dos basaltos amigdalóides e zeólitas do Grupo Serra Geral da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul, Brasil. In: HARTMANN, Léo Afrâneo; BAGGIO, Sérgio Benjamin (Org.). *Metalogenia e exploração mineral no Grupo Serra Geral*. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2014. p.261-275.

BRASIL. – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) Disponível em: <http://agricultura.gov.br/>. Acesso em: 20 jan. 2016.

HOFF, R. et al..Geologia, geomorfologia, sensoriamento remoto e SIG como suporte à caracterização da indicação geográfica campanha para vinhos de qualidade, RS, Brasil. III GeoBR Heritage –In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PATRIMÔNIO GEOLÓGICO. *Atas...* Lençóis. UEFS/UFBA, 2015. v. 1. p.175-178.

MEDEIROS, E. R.; et al. Filiação entre arenitos da formação Guará e sua cobertura pedológica no Rio Grande Do Sul. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online]. 2013, v.37, n.3, p.555-564. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832013000300001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 20 jan. 2016

MELLO, L. M. R. de; MACHADO, C. A. E. (Ed.). *Cadastro Vitícola do Rio Grande do Sul – 2008 a 2012*. Bento Gonçalves, RS : Brasília: Embrapa, 2012.. Disponível em:< <http://www.cnpuv.embrapa.br/pesquisa/cadastro/cds/2008-2012/dados/home.html>> . Acesso em: 20 jan. 2016

PROTAS, J.F.S.; CAMARGO, U.A. *Vitivinicultura Brasileira*: panorama setorial em 2010. Brasília: Ibravin/Embrapa Uva e Vinho/Sebrae, 2011. Disponível em:<<http://www.ibravin.org.br/public/upload/downloads/1384347732.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

SILVEIRA, S. V. (Coord.) - *Desenvolvimento da Indicação de Procedência “Campanha” para vinhos finos e espumantes - IP Campanha*.(Projeto iniciado em 2013. Embrapa Uva e Vinho/ Embrapa Clima Temperado/UCS/IBRAVIN/EPAGRI/UFSC/UFRGS)(Em execução).

SUERTEGARAY et al. Projeto arenização no Rio Grande Do Sul, Brasil; gênese, dinâmica e espacialização. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., Foz do Iguaçu, 2001. *Anais ...* Foz do Iguaçu: INPE, 2001, p. 249-356.

POTENCIAL DAS ROCHAS DAS PILHAS DE REJEITOS DA MINERAÇÃO FERBASA-CIA DE FERROLIGAS DA BAHIA COMO CORRETIVOS E REMINERALIZADORES DE SOLO

Alessandra Elisa Blaskowski¹; Magda Bergmann¹; Carlos Augusto Posser Silveira²; Jérémie Garnier³; Maria Abadia Camargo¹; Oliveira Américo Cavalcante¹

¹Serviço Geológico do Brasil-CPRM - alessandra.blaskowski@cprm.gov.br, magda.bergmann@cprm.gov.br, abadia.camargo@cprm.gov.br, oliveira.cavalcante@cprm.gov.br; ²Embrapa Clima Temperado, augusto.posser@embrapa.br; ³Universidade de Brasília-UnB, garnier.geol@gmail.com

Sumário: Rochas silicáticas com potencial para remineralização e condicionamento de solos foram recentemente incluídas na lei dos fertilizantes (LEI N° 12.890/2013), e passaram a ter normatização específica (IN MAPA 05 e 06/2016). O aproveitamento de rochas disponíveis em pilhas de descartes da indústria extrativa mineral agrega sustentabilidade e contribui para diminuir o impacto ambiental da mineração. O trabalho do *Projeto Agrominerais da Região de Irecê e Jaguarari-Bahia*, da CPRM - Serviço Geológico do Brasil incluiu os materiais descartados pela mineração de cromita na caracterização de rochas para remineralização e condicionamento de solos. Os materiais serão destinados ao uso no assentamento Baixio de Irecê da CODEVASF- Companhia de Desenvolvidos dos Vales do São Francisco e Parnaíba.

Palavras-chave: agromineral; rejeito de mineração; remineralizadores; rochas ultramáficas.

INTRODUÇÃO

A mineradora FERBASA CIA DE FERRO LIGAS DA BAHIA é responsável pela operação de duas grandes lavras de cromita: a *Mina Coitezeiro*, (município de Campo Formoso-BA), com lavra a céu aberto e rejeitos a serpentinitos, dunitos e piroxenitos; e a *Mina Ipueira*, (Andorinha-BA) cuja lavra é subterrânea e gera rejeitos formados por serpentinitos e dunitos além de serpentina-flogopita mármores, wollastonita mármores e serpentina mármores.

As rochas máficas e ultramáficas apresentam capacidade para neutralizar a acidez do solo por meio do Poder de Neutralização (PN) de seus minerais magnesianos que se dá pela reação do ânion hidroxila (OH^-) com os cátions H^+ e Al^{3+} presentes em solos, sendo também fontes de Mg. No caso dos serpentinitos, rochas ultramáficas constituídas essencialmente por minerais da família das serpentinhas, os processos de decomposição em solos levam os minerais à perda de Mg e Ca, gerando óxidos e hidróxidos de Al, Si e Fe (CHESWORTH, 1973).

Este estudo buscou a caracterização química e mineralógica dos descartes da mineração de cromita no estado da Bahia em busca de agrominerais condicionadores de solos com teores adequados de nutrientes e dentro de limites quanto a Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT) e faz parte dos resultados do Projeto Agrominerais da Região de Irecê e Jaguarari-Bahia, da CPRM - Serviço Geológico do Brasil (Blaskowski, Bergmann e Cavalcante 2016, no prelo).

Para o presente trabalho foram empregados parâmetros propostos de uso das rochas com base na instrução normativa para remineralizadores e substratos destinados à agricultura (Instrução Normativa nº 5, de 14 de março de 2016, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA) em vigor.

MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização do potencial como fonte de nutrientes e correção de acidez solos dos rejeitos das lavras de cromita da FERBASA contou com trabalhos de identificação e coleta de diversos litotipos, incluindo sua quantificação aproximada em pilhas de descartes. As amostras foram destinadas a análises de litoquímica, petrografia e DRX. Amostras com peso médio de 40 kg foram coletadas para ensaios agronômicos e encaminhadas à CODEVASF.

Contexto Geológico

A *Mina Coitezeiro* explora um corpo intrusivo máfico-ultramáfico mineralizado a cromita do Complexo Básico-Ultrabásico de Campo-Formoso, situado na borda leste do Granito Campo Formoso. A lavra a céu aberto (Figura 1 A) envolve serpentinitos, dunitos serpentinizados, piroxenitos, hazburgitos e gabros que encaixam as lentes de “*Lump*” (minério de cromitito maciço com teores de Cr_2O_3 em torno de 37%). Na pilha de rejeitos predominam serpentinitos (Figura 1 B e C), alternados a alguns níveis de escoria de cromitito.

A *Mina Ipueira* situa-se no Complexo Máfico-Ultramáfico do Vale do Jacurici, intrusão máfica-ultramáfica mineralizada em cromita, em parte encaixada em mármore. A lavra é **subterrânea** (Figura 1 D) e envolve serpentinitos, bem como piroxenitos, hazburgitos, dunitos, cromititos e mármore. Em valores estimados com base na observação de campo a pilha de rejeito da Mina Ipueira (Figura 1 E) é composta por aproximadamente 70% de rochas ultramáficas e 30% de rochas carbonáticas (Figura 1 F).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos teores de macronutrientes das amostras de rocha provenientes dos rejeitos das lavras Coitezeiro e Ipueira (Tabela 1) permite observar que todas as amostras atendem ao quesito de soma de bases da IN nº 5/2016, embora os valores superiores a 30% devam-se praticamente ao óxido de magnésio. Apenas uma amostra (serpentina-flogopita mármore) apresenta teor de K_2O superior a 1%. Os mármore da Mina Ipueira obtiveram teores MgO entre 18 e 27% e de SB superiores à 35%, agregando teores de CaO (12 a 26%).

Os teores de K_2O (5,38%) encontrado em amostra de serpentina-flogopita mármore (estimado em 4-5% em volume na pilha) são creditados à presença da flogopita, mineral com capacidade de disponibilizar potássio. A presença do flogopita mármore pode contribuir, por meio de *blendagem*, para a obtenção de um agromineral que atenda à IN nº 5/2016, que prevê um mínimo de 1% de K_2O nos remineralizadores de solos.

Em relação aos micronutrientes destacam-se nas rochas das pilhas de descartes Ni, Cr e Fe além de teores favoráveis de cobalto (até 80,6 ppm) ambos em amostras da mina Ipueira. Ainda os teores de cobre (até 37,1 ppm) podem ser aproveitáveis, considerando principalmente

a associação deste micronutriente aos teores relativamente altos de vanádio que todas as rochas apresentam (Tabela 1).

Em relação aos EPT as rochas não possuem teores impeditivos de As, Cd, Hg e Pb de acordo com a IN nº 5/2016.

Embora a IN nº 5/2016 não atribua limites para Cr é importante que algumas considerações sejam feitas sobre o emprego de rochas ricas neste elemento. Presente nos minerais formadores das rochas na valência Cr^{3+} o cromo constitui-se em nutriente essencial para o metabolismo humano, desempenhando um papel importante na metabolização dos açúcares. No entanto no estado oxidado Cr^{6+} o Cr tem solubilidade elevada e é altamente tóxico. É importante e necessário estudar a interação de rochas ricas em cromo com o sistema solo-planta, pois conforme observado por Garnier et al. (2006) as plantas podem promover a biodisponibilização de cromo através de sua absorção e translocação (concentração e mudanças na forma do Cr). Segundo os autores citados a passagem do Cr ao estado Cr^{6+} pode ainda ocorrer em solos por reações de oxirredução com óxidos de Mn, ou por reações com o ânion PO_4^{3-} , já que a afinidade do fosfato para as fases portadoras de Cr é maior para o Cr^{6+} . Considerando as situações acima referidas e um provável uso agrícola deste tipo de rocha, é necessário monitoramento no sistema solo-planta para o caso de aplicação em áreas mal drenadas, de várzeas, com acúmulo de óxidos de Mn e no caso das áreas de produção de hortaliças, as quais, de um modo geral, apresentam teores elevados de fósforo.

Figura 1 – (A) Aspecto da cava da lavra Coitezeiro; (B) Serpentinito da lavra Coitezeiro, com veios de serpentina; (C) Bancadas de rejeito estabilizado da Cava Coitezeiro, (D) Entrada da Mina Ipueira; (E) Uma das pilhas de rejeito da Mina Ipueira e (F) Rochas carbonáticas que compõem aproximadamente 30% do rejeito da lavra de Ipueira: (1) serpentina mármore, (2) wollastonita mármore, e (3) serpentina-flogopita mármore.



A



B



C



D



E



F

Como os rejeitos da mineração de cromita são compostos predominantemente por rochas ultramáficas que intrinsecamente apresentam também teores elevados de Ni, é necessário observar ainda que em teores superiores a 500 ppm o níquel é considerado fitotóxico. Os teores de Ni nas rochas ultramáficas dos rejeitos apresentaram quantidades equivalentes ao triplo deste valor, em torno de 1500 ppm (Mina Coitezeiro com 1.404,6 ppm e Mina Ipueira com 1.614,1 ppm de Ni). Torna-se necessária a *blendagem* (mistura) destes materiais com outros agrominerais de maneira a diluir estes teores.

Tabela 1 – Macronutrientes, Soma de Bases (SB) e Micronutrientes nas rochas dos rejeitos das lavras de cromita da FERBASA CIA DE FERRO LIGAS DA BAHIA.

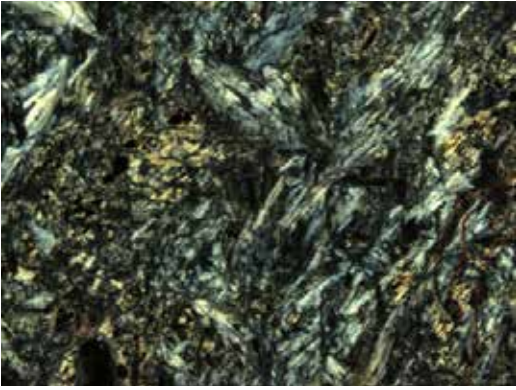
Procedência	Classificação dos tipos de rochas identificadas em cada procedência	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	SB	Cu	Zn	Co	V	Cr	Ni
		%					ppm					
Mina Coitezeiro	Serpentinito	5,52	0,04	30,00	<0,01	30,04	16,5	8,0	58,4	19,0	7.516,0	1.404,6
Mina Ipueira	Peridotito/herzolito	10,80	0,33	30,00	0,16	30,49	9,3	1,0	80,6	10,0	604,0	1.614,1
Mina Ipueira	Serpentina mármore	2,10	16,20	27,22	0,50	43,92	14,4	11,0	34	15,0	36,0	56,8
Mina Ipueira	Wollastonita mármore	1,77	23,01	24,34	<0,01	47,35	37,1	15,0	6,7	2,0	48,0	20,5
Mina Ipueira	Serpentina-flogopita mármore	4,57	12,46	18,15	5,38	35,99	27,1	47,0	20,6	59,0	52,0	58,5

As análises petrográficas e de DRX (Tabela 2), identificaram na maioria das amostras a presença abundante de serpentina ((Mg, Fe)₃Si₂O₅(OH)₄) um flossilicato hidratado de magnésio e ferro, que atinge concentrações de até 92% na composição modal de rochas da lava Coitezeiro (Figura 2), e de 60% na composição modal das rochas ultramáficas da pilha de rejeito de Ipueira. A serpentina é um mineral capaz de disponibilizar o macronutriente magnésio, podendo ser recomendada como fonte deste elemento para as plantas e também pode ser utilizada para corrigir a acidez dos solos, principalmente nos casos de regiões que comumente usam calcário calcítico. Outros minerais presentes em rochas da pilha de rejeito da Mina Ipueira são: olivina, clinopiroxênio, hiperstênio e biotita, além de dolomita, calcita, biotita, apatita, wollastonita e flogopita, este último presente principalmente no serpentina-flogopita mármore, rocha que compõe o rejeito da lava de Ipueira (Figura 3).

Figura 2 – (A) Serpentinito do rejeito da lava Coitezeiro e (B) Fotomicrografia (LPX02) evidenciando os cristais de serpentina.



A



B

Figura 3 – (A) Detalhe do serpentina-flogopita mármore (3) presente no rejeito da lavra Ipueira e (B) Fotomicrografia (LNX02) evidenciando agregados lamelares de flogopita (mineral castanho-claro) que envolvem parcialmente agregados fibrolamelares de serpentina (mineral branco).



A



B

Tabela 2 – Análises de DRX e Petrografia (composição modal) nas rochas dos rejeitos das lavras de cromita da FERBASA CIA DE FERRO LIGAS DA BAHIA.

Procedência	Classificação Petrográfica	DRX	Composição Modal
FERBASA - Cava Coitezeiro	Serpentinito	Serpentina dominante. Magnetita, clorita, e hydrotalcita e clinopiroxênio pode estar presentes em menor quantidade.	Serpentina 92%
			Opacos 5%
FERBASA - Mina Ipueira	Peridotito/lherzolito	Serpentina dominante. Clinopiroxênio, magnetita e biotita em menor quantidade.	Talco 3%
			Serpentina 60%
FERBASA - Mina Ipueira	Serpentina mármore (metaultrabásica serpentinizada e enriquecida em carbonato por alteração hidrotermal)	Dolomita abundante, seguido de serpentina, mica e calcita.	Olivina 15%
			Clinopirox. 8%
FERBASA - Mina Ipueira	Wollastonita mármore	Dolomita abundante, seguida de calcita e serpentina (provável crisotila). Pequena quantidade de Apatita. Sodalita Tr	Hiperstênio 3%
			Opacos 10%
FERBASA - Mina Ipueira	Serpentina-flogopita mármore (rocha ultrabásica, serpentinizada, enriquecida em flogopita e carbonato)	Biotita (flogopita) dominante, com clinopiroxênio e serpentina subordinados	Carbonato 1%
			Flogopita 3%
FERBASA - Mina Ipueira	Serpentina-flogopita mármore (rocha ultrabásica, serpentinizada, enriquecida em flogopita e carbonato)	Biotita (flogopita) dominante, com clinopiroxênio e serpentina subordinados	Clorita
			Serpentina 48%
FERBASA - Mina Ipueira	Serpentina-flogopita mármore (rocha ultrabásica, serpentinizada, enriquecida em flogopita e carbonato)	Biotita (flogopita) dominante, com clinopiroxênio e serpentina subordinados	Carbonato 40%
			Biotita 8%
FERBASA - Mina Ipueira	Serpentina-flogopita mármore (rocha ultrabásica, serpentinizada, enriquecida em flogopita e carbonato)	Biotita (flogopita) dominante, com clinopiroxênio e serpentina subordinados	Opacos 3%
			Clorita-Tr
FERBASA - Mina Ipueira	Serpentina-flogopita mármore (rocha ultrabásica, serpentinizada, enriquecida em flogopita e carbonato)	Biotita (flogopita) dominante, com clinopiroxênio e serpentina subordinados	Carbonato 48%
			Epidoto 25%
FERBASA - Mina Ipueira	Serpentina-flogopita mármore (rocha ultrabásica, serpentinizada, enriquecida em flogopita e carbonato)	Biotita (flogopita) dominante, com clinopiroxênio e serpentina subordinados	Wollastonita 18%
			Opacos 5%
FERBASA - Mina Ipueira	Serpentina-flogopita mármore (rocha ultrabásica, serpentinizada, enriquecida em flogopita e carbonato)	Biotita (flogopita) dominante, com clinopiroxênio e serpentina subordinados	Flogopita 3%
			Flogopita 45%
FERBASA - Mina Ipueira	Serpentina-flogopita mármore (rocha ultrabásica, serpentinizada, enriquecida em flogopita e carbonato)	Biotita (flogopita) dominante, com clinopiroxênio e serpentina subordinados	Serpentina 35%
			Carbonato 15%
FERBASA - Mina Ipueira	Serpentina-flogopita mármore (rocha ultrabásica, serpentinizada, enriquecida em flogopita e carbonato)	Biotita (flogopita) dominante, com clinopiroxênio e serpentina subordinados	Opacos 5%
			Titanita tr

CONCLUSÕES

Os rejeitos das lavras de cromita são constituídos predominantemente por rochas ultramáficas e têm potencial para corrigir a acidez de solos, além de serem fonte de nutrientes como Ca e Mg.

Nas pilhas de descartes da Mina Ipueira a presença de mármore a flogopita é providencial, permitindo misturas com os diferentes tipos de rochas de maneira a se obter um remineralizador como teor mínimo de K₂O requerido pela IN nº 5/2016 do MAPA. A composição de um remineralizador a partir de mistura desta e de outras rochas carbonáticas também é requerida para diluir os teores elevados de Ni e Cr, típicos em rochas ultramáficas.

Mesmo com estes cuidados, a realização de testes agronômicos com diferentes tipos de solos e de segurança ambiental e dos alimentos é imprescindível para habilitar as rochas em questão quanto ao seu potencial como remineralizador, e a recomendação do uso agrícola deste rejeito só poderá ser efetuada após a compreensão da dinâmica do Cr em solos e plantas a que se destinem.

Para aproveitamento das rochas descartadas pela mineração de cromita enquanto corretivos de solos é também necessário que se determine capacidade de neutralização relativa ao CaCO_3 , bem como sua reatividade (RE), e o Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) que expressa o quão rápido determinada substância age na correção da acidez em solos (ALCARDE, 2005).

Apesar das restrições para níquel e cromo, comumente encontrados em rochas ultramáficas, a caracterização dos rejeitos das lavras de cromita apresentada pelo Projeto Agrominerais da Região de Irecê e Jaguarari-Bahia, da CPRM - Serviço Geológico do Brasil (Blaskowski, Bergmann e Cavalcante 2016, no prelo) coloca em foco o potencial destes materiais para emprego como remineralizadores e na correção de acidez de solos agrícolas, enquanto materiais destinados ao projeto de agricultura sustentável desenvolvido pela CODEVASF na região do Baixo de Irecê.

REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J.C. Corretivos de acidez dos solos: características e interpretações técnicas. **Boletim Técnico ANDA**, São Paulo, n.6, 2005.
- BLASKOWSKI, Alessandra E.; BERGMANN, Magda; CAVALCANTE, Américo O. **Agrominerais da região Irecê-Jaguarari**. Salvador-BA: CPRM, 2016. CD-ROM, no prelo.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA N.º 05, de 10 de março de 2016. Dispõe sobre definições classificação, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para as plantas, destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 de março de 2016. Seção 1, p.10.
- CHESWORTH, W. The parent rock in the genesis of soils. **Geoderma**, v.10, p.215-225, 1973.
- GARNIER, J. *et al.* Solid speciation and availability of chromium in ultramafic soils from Niquelândia, Brazil. **Journal of Geochemical Exploration**, v.88, p.206-209, 2006.
- MACHADO, C.T.T. *et al.* Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de potássio para culturas anuais: II Fertilidade do solo e suprimento de outros nutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 30, 2005, Recife. **Anais...** Recife: SBCS, 2005. 1 CD-ROM.
- MARTINS, E.S. *et al.* Agrominerais: rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio para a agricultura. In: **Rochas e minerais industriais**. 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2008. p.205-223.
- RESENDE, A. V. *et al.* Potencial de rochas silicáticas no fornecimento de potássio para culturas anuais: I. Respostas da soja e do milho. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30. Recife, Anais. Recife: UFRPE/SBCS. (CD-rom), 2005.

ANÁLISES PETROGRÁFICAS, PROSPECÇÃO GEOFÍSICA E GEOBOTÂNICA: PONTENCIALIDADE AGROGEOLÓGICA DA PORÇÃO CENTRAL DO ESTADO DO TOCANTINS

Gustavo Rosa de Almeida¹

¹Universidade de Brasília (UnB) - geol.rosag@gmail.com

Resumo: A porção central do estado do Tocantins abriga uma ampla geodiversidade com disponibilidade de rochas com alto potencial como condicionadores de solos. Dentre os minerais que constituem essas rochas podemos destacar: diopsídeo, biotita, epidoto, hornblenda, plagioclásio, feldspato potássico e magnetita. Esses minerais têm como principais nutrientes cálcio, magnésio, potássio, silício e ferro, além de micronutrientes em pequenas proporções. Nesse sentido, algumas rochas portadoras desses elementos podem ser prospectadas utilizando métodos geofísicos (indiretos) - como aerogamaespectrometria e aeromagnetometria - ou mesmo através da observação de espécies arbóreas de ampla ocorrência como Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), Mutamba (*Guazuma ulmifolia*) e Angico (*Anadenanthera colubrina*). Aliado a isso, nesse trabalho foi realizado o estudo petrográfico de diversos litotipos como gnaisses calcissilicáticos, xistos máficos, xistos pelíticos (com alto teor de potássio), anfíbolitos, além de outras rochas potenciais. Dentre os métodos utilizados pode-se citar: Levantamento bibliográfico da geologia do estado de Tocantins, georreferenciamento de imagens geofísicas, mapeamento geológico e geobotânico, coleta de rochas e petrografia. Boa parte do presente projeto é relacionado com o trabalho de mapeamento geológico final da Universidade de Brasília. Esse trabalho objetiva elucidar a importância de correlações geofísicas, geobotânicas e de estudos petrográficos para auxiliar na prospecção e caracterização de remineralizadores, assim como abordar o potencial agrogeológico da porção central do estado do Tocantins.

Palavras-Chave: remineralizadores; petrografia; prospecção; geobotânica.

INTRODUÇÃO

Desde a revolução verde na década de 1970, o pequeno, médio e o grande produtor rural brasileiro foi ensinado que a utilização de fertilizantes químicos teria o melhor custo-benefício e eficiência na produção. Nesse período, o calcário foi a chave para avançar a fronteira agrícola em regiões de relevo plano, as quais geralmente apresentam solos ácidos (como no bioma Cerrado). Porém, alguns estudos pretéritos já apontavam a fertilidade natural de solos derivados de rochas silicáticas e mesmo no Brasil, na mesma década de 1970, essa fonte alternativa já vinha sendo testada com o pesquisador Othon Leonardos.

Nas últimas décadas, vários estudos laboratoriais, em casas de vegetação e mesmo em lavouras de maiores escalas têm comprovado os benefícios das rochas silicáticas como remineralizadores de solos enquanto insumos de excelente eficiência agrônômica (LEONARDOS et

al., 1987; KORNDORFER et al., 1995; BIZÃO et al., 2013). Esses materiais naturais são compostos que possuem dissolução relativamente lenta quando comparados com os fertilizantes químicos. Contudo, quando cominuídos e aplicados em solos com matéria orgânica manejada, propiciam a ação de microorganismos edáficos aptos a disponibilizar com eficiência os macro e micronutrientes desses minerais para as culturas logo na primeira safra (MARTINS et al., 2008).

O estado do Tocantins, assim como o Brasil, está situado num contexto de grande geodiversidade e tem o agronegócio e a agricultura familiar como atividades altamente dependentes da fertilidade do solo. Nesse sentido, torna-se necessário a busca por fontes alternativas regionais para suprir essa demanda constante por insumos importados (THEODORO & LEONARDOS, 2014).

O presente trabalho ressalta a potencialidade agrogeológica da porção central do estado do Tocantins, mais especificamente na região de Paraíso do Tocantins. A economia da região gira em torno do agronegócio, abrangendo desde o pequeno produtor até a indústria canavieira.

A integração das informações de imagens geofísicas, de mapeamento geológico, observações geobotânicas e os estudos petrográficos foram critérios importantes para selecionarem alvos potenciais na região. Em relação aos produtos geofísicos, para esse trabalho foram utilizados a composição ternária RGB, do método aerogamaespectrométrico, a qual capta no solo (até cerca de 40 cm) a radiação emitida por elementos como potássio, urânio e tório. Para aeromagnetometria foi utilizado a Amplitude do Sinal Analítico, que analisa a presença de rochas com minerais magnéticos em profundidades relativamente rasas ou aflorantes. A petrografia levantada inclui uma ampla variedade de rochas potencialmente remineralizadoras distribuídas na região de Paraíso do Tocantins.

MATERIAL E MÉTODOS

Este resumo é resultado da compilação de dados do trabalho de conclusão do curso de geologia, denominado Mapeamento Geológico Final, da Universidade de Brasília em 2015. As etapas consistiram na interpretação de imagens de satélite (imagens Google Earth e SRTM, estas disponibilizadas no site da USGS), processamento de dados aerogeofísicos, mapeamento geológico, observações geobotânicas e petrografia.

A etapa pré-campo foi realizada entre abril a maio de 2015 e consistiu no levantamento bibliográfico, processamento de dados aeromagnéticos e gamaespectrométricos (sendo este levantamento realizado pela Universidade de São Paulo (USP) em convênio com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), em 2004, além da interpretação dos mapas gerados a partir desses produtos. A etapa de campo foi realizada no mês de julho e resumiu-se ao mapeamento geológico e coleta de amostras. Por último, a etapa pós-campo consistiu na confecção de lâminas petrográficas (que somaram por volta de 300 lâminas) das diferentes unidades geológicas, elaboração de mapa geológico e relatório final.

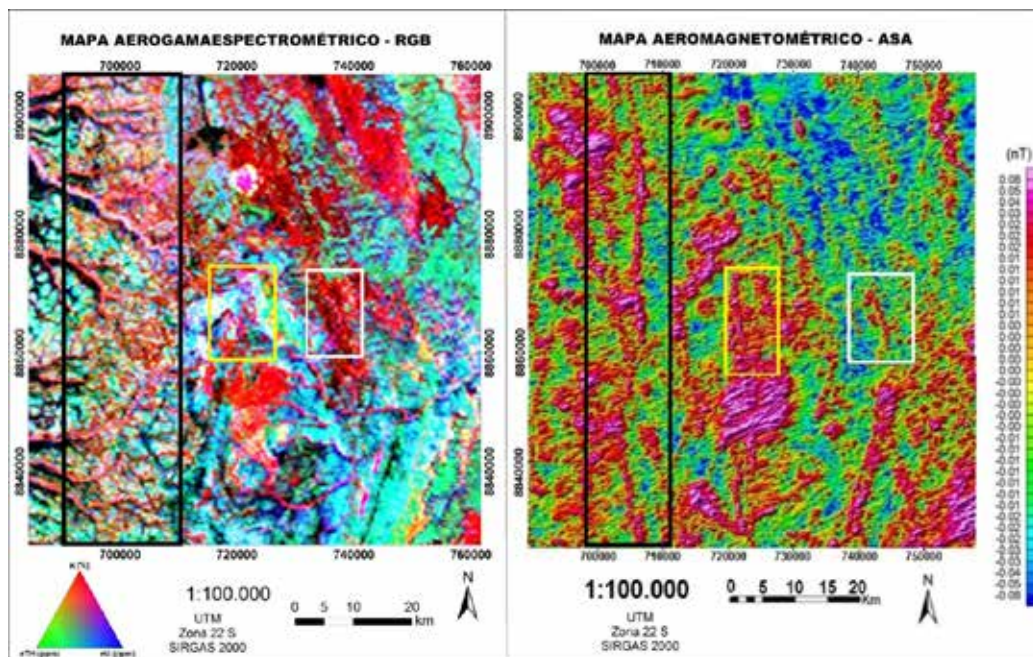
O mapeamento geológico foi acompanhado da coleta de diversos tipos de rochas e da observação e registro das diferentes fitofisionomias inseridas em cada substrato rochoso. Nesse trabalho foram consideradas apenas rochas que se enquadraram como pontenciais remineralizadores - segundo a Instrução Normativa Nº 5, de 10 de março de 2016 (Capítulo I, Art. 4º).

A associação e ocorrência de possíveis rochas potenciais com algumas espécies arbóreas em questão, não foram consideradas em locais próximos a córregos ou rios pois, além de apresentarem, em geral, maior umidade e matéria orgânica no solo, sedimentos de diferentes unidades geológicas podem ter sido carreados e depositados nas adjacências desses cursos d'água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porção central do Tocantins possui economia ligada fortemente ao agronegócio em diversas escalas. Além disso, possui uma grande geodiversidade agrogeológica incluindo biotita-muscovita xisto (com até 7% de sílica livre) da extensa Formação Pequizeiro (Fig 2-C), anfibolito e gnaisses calcissilicáticos do Complexo Rio dos Mangues, biotita-clorita-talco xisto e tremolita-xisto do Grupo Rio do Coco, diques máficos que cortam diferentes unidades, além de outros litotipos potenciais (ARCANJO, ABREU e MOURA, 2013; BARREIRA, 1980).

Figura 1 – Mapas aerogeofísicos do mesmo local em escala 1:100.000 na região de Paraíso do Tocantins. No mapa aerogamaespectrométrico, a legenda triangular indica a intensidade em vermelho (%K), verde (equivalente de Th, em ppm) e azul (equivalente de U, em ppm). Já a legenda em barra do mapa aeromagnetométrico (Amplitude do Sinal Analítico), indica a intensidade do campo magnético em nanoTesla.



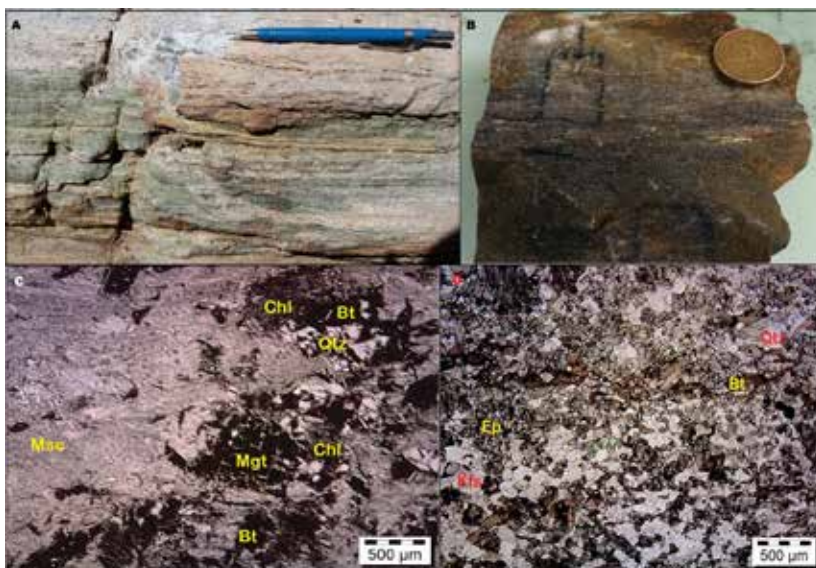
A geofísica foi uma ferramenta que auxiliou na busca por alguns litotipos. Por exemplo, no caso das rochas com maior teor de potássio, como biotita-muscovita xistos (retângulo preto do mapa gamaespectrométrico) e álcali-granito (alto magnético no centro do mapa magnético), as cores vermelha e magenta sobressaem no mapa gamaespectrométrico (Figura 1). Associado às primeiras rochas, que se estendem por aproximadamente 50 km, ocorrem diques de diabásio (composição basáltica), com até 20 metros de espessura e até 4 km de extensão, afloramentos descontínuos, também de direção N-S, os quais são representados por estruturas lineares no mapa magnetométrico (retângulo maior de cor preta – Figura 1).

Os alvos representados pelos retângulos amarelos e brancos correspondem a gnaisses calcissilicáticos (Figura 2-A,B e D) de diferentes composições. Apresentam mineralogia em geral à base de diopsídeo, epidoto, hornblenda, calcita, biotita, plagioclásio (An 45-60), K-feldspato, escapolita e quartzo (sendo este último apresentando proporção modal variando de 15 a 30%). No alvo amarelo também ocorrem diques de diabásio de até 50 metros de espessura (direção ~ N-S) e com extensões variando de 3 a 6 Km.

Algumas espécies arbóreas como Angico (*Anadenanthera colubrina*), Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), Mutamba (*Guazuma ulmifolia*) e por vezes Cega-Machado (*Physocalymma sacaberrimum*), típicas das fitofisionomias de florestais estacionais decíduas ou semidecíduas, comumente ocorrem no cerrado associadas a rochas como basalto (ou gabro), marga, calcário e rochas calcissilicáticas. Nessa porção do estado de Tocantins também se observou que estas espécies são referências prospectivas para rochas potenciais com teores elevados de Ca e Mg (RATTER et al., 1978; ARAÚJO & HARIDASAN, 1997).

Nesse sentido, gnaisses calcissilicáticos são rochas de ampla ocorrência no domínio de rochas paraderivadas do Complexo Rio dos Mangues, que afloram nas proximidades do município de Paraíso do Tocantins, e estão comumente sombreados por essas espécies arbóreas. Esses gnaisses ocorrem frequentemente interdigitados com rochas anfibolíticas e possuem ampla variação composicional, alternando mineralogicamente em escala centimétrica (bandamento) a métrica. O bandamento gnáissico é representado por intercalações de diversas composições (Fig. 2A), dentre elas, ora bandas de coloração verde com paragênese composta por diopsídeo, epidoto, biotita e quartzo, ora bandas de coloração rosada constituídas de microclíneo, calcita, plagioclásio e quartzo e ora de coloração branca, sendo basicamente compostas por plagioclásio, calcita e quartzo.

Figura 2 – Fotos macro e micrográficas de rochas potencialmente remineralizadoras. As rochas das fotos A, B e D são gnaisses calcissilicáticos do Complexo Rio dos Mangues. Em C, fotomicrografia de biotita-muscovita xisto da Formação Pequizeiro, com 60% de muscovita (Msc), 25% de biotita (Bt) (intemperizada), 7% de quartzo (Qtz), 5% de clorita (Chl) e 3% de magnetita (Mgt). Em D, as abreviações Ep e Kfs referem-se a epidoto e feldspato potássico, respectivamente.



CONCLUSÃO

Portanto, mostra-se que essa porção do estado do Tocantins apresenta grande potencial agrogeológico, representado por diversos tipos litológicos. Esse trabalho exemplifica que a prospecção por remineralizadores pode ser feita de maneira simples e com baixo custo, analisando parâmetros geofísicos (disponíveis gratuitamente), geobotânicos e petrográficos. Além disso, nota-se a importância e a possibilidade de misturar rochas que se encontram em contato ou próximas para elaborar um excelente produto final e que se enquadre dentro da nova instrução normativa para os remineralizadores.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, G. M. & HARIDASAN, M. Estrutura fitossociológica de duas matas mesófilas semidecíduais em Uberlândia, Triângulo Mineiro. **Naturalia** 22:115-129. 1997.
- ARCANJO S.H.S, ABREU, F.A.M., MOURA, C.A.V. Evolução geológica das sequências do embasamento do Cinturão Araguaia na região de Paraíso do Tocantins (TO), Brasil. In: **Braz. J. Geol.**, São Paulo, 43(3): 501-514. 2013.
- BARREIRA, C.F. **Geologia, prospecção geoquímica e geofísica da área de Rio do Coco, Paraíso do Norte-GO**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, 143 p. 1980.
- BIZÃO, A.A.; HACK, E.; BATISTA, N.T.F.; GÖRGEN, C.A.; RAGAGNIN, V.A., MARTINS, E.S.; MORAIS, L.F.; MARQUES, A.L.G.; CARVALHO, R.S.; ASSIS, L.B. **Avaliação econômica do uso da rochagem em lavoura comercial no Sudoeste Goiano**. In: Congresso Brasileiro de Rochagem, II, 2013, Poços de Caldas, MG, Anais..., p. 57-58. 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. ISSN 1677-7042, IN 05-2016 – **Remineralizadores e Substratos**. Disponível em: <http://www.in.gov.br/autenticidade.html>. Brasília: Ministério da Agricultura, 2016.
- KORNDORFER, G.H.; DATNOFF, L.E.. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Info. Agronômicas**, n.70, p. 1-3, 1995.
- MARTINS, E.S., OLIVEIRA, C.G., RESENDE, A.V.; MATOS, M.S.F. **Agrominerais – Rochas Silicáticas como Fontes Minerais Alternativas de Potássio para a Agricultura**. In: Adão B. Luz e Fernando Lins (eds.), Rochas e Minerais Industriais – Usos e Especificações, Rio de Janeiro: CETEM, p. 205-221. 2008.
- RATTER, J.A.; ASKEW, G.P.; MONTGOMERY, R.F. & GIFFORD, D.R. Observation on the vegetation of the northeastern Mato Grosso, II. Forest and soils of the the river Suiá-Missu area. **Proc. Roy. Soc.**, ser. B 203:191-208. 1978.
- THEODORO, S.H.; LEONARDOS, O.H. Stonemeal: principles, potential and perspective from Brazil. In: Goreau, T. J., Larson, R. W. and Campe, J. Geotherapy: **Innovative methods of soil fertility restoration, carbon sequestration and reversing CO₂ increase**. CRC Press. USA. p. 403-418. 2014.

ZONEAMENTO AGROGEOLÓGICO NO POLO DE FRUTICULTURA DE LIVRAMENTO DE NOSSA SENHORA E DOM BASÍLIO: UMA ABORDAGEM NO SEMI-ÁRIDO

**Maria Angélica Barreto Ramos¹, Maria Adelaide Mansini Maia¹,
Edgar Shinzato¹, Marcelo Eduardo Dantas¹**

¹Serviço Geológico do Brasil – CPRM, angelica.barreto@cprm.gov.br, adelaide.maia@cprm.gov.br, edgar.shinzato@cprm.gov.br, marcelo.dantas@cprm.gov.br

Sumário: Considerado o segundo maior polo de fruticultura de manga e maracujá irrigado do estado, a região dos municípios de Livramento de Nossa Senhora e Dom Basílio, no semiárido da Bahia, foi escolhido para a elaboração de um zoneamento agrogeológico que envolve a caracterização e seleção de rochas regionais para utilização nesse ambiente agrícola como remineralizadores. O presente estudo englobou identificação dos domínios geológico-ambientais (geodiversidade), tipo de rocha, o relevo, o clima, os solos e os sistemas de produção além de uma análise do potencial hídrico superficial e subterrâneo. Este estudo, ainda em execução, teve sua primeira etapa de campo em agosto de 2016, onde foi realizado o mapeamento da geodiversidade, a coleta de amostras de rocha e de rejeito para análises litoquímicas, de fluorescência, petrográficas e de Difração de Raio X (DRX).

Palavras-chave: geodiversidade, remineralizadores, zoneamento agrogeológico

INTRODUÇÃO

O Serviço Geológico do Brasil – SGB, como braço executor do Ministério de Minas e Energia (MME), através da Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial (DHT), é o responsável pela geração de produtos voltados para o ordenamento territorial e o planejamento dos setores mineral, hídrico, transportes, agricultura, reforma agrária, turismo e meio ambiente através do Programa Geologia do Brasil que engloba a ação Levantamento da Geodiversidade. A Geodiversidade tem como premissa traduzir o que as variações da geologia, relevo e solos do território brasileiro representam em termos de adequabilidades e limitações frente às várias formas de uso e ocupação proporcionando subsídios para macro diretrizes de planejamento territorial e gestão ambiental.

O Polo de Fruticultura de Livramento de Nossa Senhora e Dom Basílio, na Região da Serra Geral, no Centro Sul Baiano, tem na fruticultura irrigada um dos principais esteios de desenvolvimento social e econômico (Figura 1).

O início do polo de fruticultura irrigada ocorreu no final da década de 80 com as construções da Barragem Luís Vieira no Rio Brumado e do canal de irrigação, pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca – DNOCS. Já chegou a alcançar mais de 18.000 ha no município de Livramento de Nossa Senhora e 12.500 ha em Dom Basílio no ano de 2010 segundo dados do IBGE. Após a implementação do Projeto **Luz para Todos** do Governo Fe-

deral, que possibilitou a instalação de bombas d'água, houve um avanço da fronteira agrícola fora do perímetro do DNOCS com um aumento significativo da área cultivada de manga e maracujá por agricultores familiares em pequenas propriedades, porém de acordo com dados da Associação do Distrito Irrigado do Brumado devido ao prolongado período de estiagem houve uma redução na área plantada.

Figura 1 – Localização da área do Projeto no estado da Bahia.



METODOLOGIA

Na primeira etapa, a metodologia consiste em um levantamento da geodiversidade a partir do estabelecimento das unidades geológico-ambientais, fruto da reclassificação das unidades geológicas e coberturas superficiais, dos compartimentos do relevo e da compreensão dos solos e dos elementos da paisagem e da caracterização do aquífero cristalino em campo, seguido da coleta de amostras de rochas e rejeitos potenciais para uso como remineralizador de solo, com vistas a criação de um cadastro. As amostras coletadas foram enviadas para o Laboratório da CPRM – LAMIN, onde serão realizadas análises litoquímicas, de fluorescência, petrográficas e de DRX.

Os teores analisados seguirão as normas especificadas da Instrução Normativa Nº 5 de 10 de março de 2016, que define e classifica os remineralizadores e os substratos.

A partir de uma área selecionada na etapa anterior proceder-se a:

- Seleção de rochas a partir da interpretação dos resultados analíticos para utilização como remineralizantes;
- Análises químicas dos solos agrícolas e suas necessidades;
- Integração e parceria com entidades Governamentais (Embrapa, DNOCS, Prefeitura, etc);
- Identificação de agricultores e mineradores dispostos a participar da pesquisa;

- Testes em casa de vegetação;
- Escolha das áreas (Glebas) – para os testes de campo;
- Monitoramento das áreas;
- Apresentação dos Resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados preliminares: caracterização da geodiversidade

O Levantamento da geodiversidade envolvendo o conhecimento do meio abiótico, como: a geologia, o relevo, o clima, os solos e o potencial hídrico superficial e subterrâneo, pode subsidiar o zoneamento agrogeológico, potencializando o sistema agrícola na região, fundamentado nas culturas de manga e maracujá, bem como na indicação de outras culturas adequadas ao ambiente natural. Outro aspecto que pode ser abordado é o manejo da fertilidade do solo em função da sua origem e do cultivo comercial implantado, bem como na manutenção da capacidade hídrica diante do aumento do consumo de água para irrigação tanto a montante da bacia do Rio Brumado como nos municípios de Livramento de Nossa Senhora e Dom Basílio.

A região de estudo é constituída por rochas arqueanas, sucedidas por associações plutono-vulcanossedimentares de idades paleo e mesoproterozoica, intrudidas por rochas máficas desta última idade. Formações superficiais cenozoicas complementam o quadro litoestratigráfico da área.

De acordo com dados do projeto Ibitiara-Rio de Contas da CPRM, organizado por Guimarães et al., 2005, as rochas arqueanas, de fácies anfibolito alto compreendem ortognaisses migmatíticos com termos granitoides subordinados, pertencentes aos complexos Gavião. Também ao Arqueano relacionam-se as sequências metavulcanossedimentares tipo *greenschist belt*, metamorfizadas nas fácies xisto verde e anfibolito, dos complexos Brumado e Ibitira-Ibiraçaba.

Os registros de manifestações graníticas do Paleoproterozoico correspondem aos ortognaisses Lagoa Real e aos granitoides de Pé do Morro, Serra Alegre, Iguatemi e Rio do Paulo, estes três últimos com alto potássio. Sobre o conjunto encontram-se depositados os litotipos da Bacia do Espinhaço Oriental (bacia de *rifte-sag*), com a Formação Serra da Gameleira constituída por arenitos de origem eólica da fase *pré-rifte*; Grupo Rio dos Remédios, com as formações Novo Horizonte (vulcânicas, sub-vulcânicas e piroclásticas de caráter ácido); Lagoa de Dentro e Ouricuri do Ouro, com metassedimentos arenosos originados em ambientes lacustre, de leques aluvionares a flúvio-deltaicos e eólicos, da fase *sinrifte* e por último as formações Mangabeira (depósitos eólicos) e Araçuá (ambiente marinho raso) compõem o Grupo Paraguaçu e correspondem à fase *pós-rifte*.

O relevo predominante na região consiste de uma extensa superfície de aplainamento, embutida em cotas mais baixas, pontilhada por *inselbergs* e cristas isoladas. Localmente, observa-se em meio à vasta superfície aplainada, terrenos dissecados em forma de morros baixos a altos. Tais relevos estão associados às rochas arqueanas e paleoproterozoicas.

Nos limites leste e oeste da área de estudo emerge imponentes serras e escarpas de borda de planalto que delimitam superfícies elevadas alçadas em cotas entre. Caracterizam-se por terrenos acidentados com espaiada sedimentação de rampas de colúvio, tabuleiros e depósitos de tálus em seu sopé (Figura 2A). Tais terrenos relacionam-se com as sequências mesoprote-

rozoicas da Bacia Espinhaço Oriental enquanto que os tabuleiros se relacionam às Formações Superficiais Cenozoicas.

De uma maneira geral, a partir do levantamento em campo, os solos agrícolas estão relacionados em sua maior parte aos Latossolos Vermelhos e Vermelhos-Amarelos, muito profundos, bem drenados, de fácil mecanização, estabelecidos em relevos planos e suave ondulados (Figuras 2B e 2C) relacionados à áreas de presença das rochas básicas dos complexos Brumado e Ibitira-Ibiraçaba, e aos Cambissolos e Argissolos Vermelho-Amarelos, pouco profundos, moderadamente a bem drenados, desenvolvidos das rochas intrusivas paleo a mesoproterozoicas ricas em minerais potássicos e anfibólios.

Também, são registrados os Planossolos Nátricos, que compreendem solos mal drenados, com horizonte superficial de textura mais leve que contrasta abruptamente com horizonte Bt (B plânico), de textura argilosa, adensado e de baixa permeabilidade, muitas vezes responsável pela manutenção de um lençol freático próximo a superfície. Figuras 2D.



A



B



C

Os trabalhos de campo permitiram a seleção de treze (15) amostras de rocha e duas (2) de rejeito de mina a partir da caracterização mineralógica em campo e com potencial para uso como remineralizador de solo e expressividade de ocorrência na área.

Os tipos litológicos selecionados foram: rochas básicas das sequências metavulcanossedimentares tipo *greenschist belt*, metamorfizadas nas fácies xisto verde e anfibolito de Brumado e Ibitira-Ibiraçaba; metavulcânica da Formação Novo Horizonte; intrusivas da suítes Rio do Paulo e Pé do Morro, calcioalcalinos, contendo hornblenda-biotita de alto potássio; augengnaisse e hornblenda-biotita ortognaisse da Suite Lagoa Real; (hiperstênio)-biotita-hornblenda pertencentes ao Corpo São Timóteo.

A Figura 3 apresenta alguns dos tipos litológicos que foram selecionados para amostragem.



A



B



C



D

Os rejeitos foram coletados nas Minas de Pomba e Pedra Preta que possuem as maiores reservas de magnesita do Brasil e pertencem à Magnesita SA.

A magnesita é um mineral de carbonato de magnésio ($MgCO_3$). O nome magnesita é uma alusão à sua composição. Contém 47,81% de MgO e 52,19% de CO_2 . O ferro pode substituir o magnésio em grande extensão, porém magnesitas naturais, como regra, são pobres neste elemento. Pequenas quantidades de Ca e Mn são também encontradas.

De acordo com Oliveira & Fragomeni (1980), as minas de Pomba e Cabeceiras inclui as ocorrências de magnesita dentro do contexto do *greenstone belt* de Brumado, mais especificamente no Grupo Serra das Éguas. Este grupo, tem três unidades bem distintas, constituídas por anfibolitos, mármore dolomíticos e actinolita-tremolita-mármore, na base; mármore magnésitos, actinolita-mármore e rochas cálciossilicáticas, na porção intermediária e, finalmente, quartzitos, dolomita-quartzitos e quartzitos ferruginosos no topo. Esta sequência é tipicamente de caráter vulcanogênico.

Na mina de Pedra Petra o minério é de cor avermelhada, grã grossa, apresentando nítidos sinais de recristalização, já em Pomba mais a oeste o minério sofre forte branqueamento e a granulação se torna mais fina, culminando com o minério rosa claro de alta pureza da mina de Pomba.

Durante o beneficiamento também são gerados rejeitos de mineração no processo de britagem aos quais são separados conforme a seguinte granulometria:

- Acima de 70,0mm – graúdo
- Entre 70,0mm e 28,6mm – cascalho
- Abaixo de 28,6mm – refugo

Na Mina de Pedra Petra o rejeito possui maior percentual de Ferro (mais escuro) enquanto que em Pomba a cor é mais clara.

Na pilha de estéril das encaixantes foi coletada uma amostra de gabro.

Todas as amostras foram enviadas para o Laboratório da CPRM – LAMIN, onde serão realizadas análises litoquímicas, petrográficas e de DRX.

CONCLUSÕES

Ao final do projeto, espera-se conhecer as potencialidades, limitações agrícolas locais e a partir do conhecimento da geodiversidade e dos sistemas de produção. Assim, com as diversas variáveis envolvidas, o conceito de zoneamento agrogeológico responderia às seguintes questões: (1) características das rochas potenciais e localização; (2) características dos solos agrícolas e suas necessidades ou potencialidades; (3) características das culturas e dos sistemas de cultivo utilizados na atividade agrícola.

O Zoneamento Agrogeológico pode ser empregado como uma ferramenta de política pública com a finalidade de: diminuir a necessidade de importações de insumos; desenvolver processos sustentáveis de uso de recursos naturais na agricultura; minimizar os riscos à contaminação das águas, solos e sistemas agrícolas; disponibilizar o conhecimento geológico para a remineralização de solos; harmonizar os ciclos biogeoquímicos dos macro e micronutrientes das rochas, solos, águas e plantas nos sistemas agrícolas; regionalizar os processos produtivos ligados à cadeia agrícola e determinar o potencial agrícola de cada unidade de paisagem a partir da integração do conhecimento geológico com outros fatores ambientais e minimizar os impactos causados pelo armazenamento dos rejeitos da mineração.

REFERÊNCIAS

IBGE. Cidades@. **Livramento de Nossa Senhora / Dom Basílio**: Produção Agrícola Municipal – Lavoura permanente. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&cod-mun=291950&search=bahia|livramento-de-nossa-senhora>>. Acesso em: 28 abr. 2016.

GUIMARÃES, José Torres (Org.). **Projeto Ibitiara - Rio de Contas**: Estado da Bahia. Salvador: CPRM, 2005. 157p. Escala 1:200.000. Convênio CPRM – CBPM. Programa Recursos Minerais do Brasil.

OLIVEIRA, V.P.; FRAGOMENI, L.F.P. **Geologia da Serra das Éguas, Brumado – Bahia**. [Brumado]: Magnesita, 1980. 57p. Relatório interno.

TEMA 3 - INTEMPERISMO DE MINERAIS E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES

PALESTRAS



MICROBIAL INTERACTIONS WITH FELDSPARS – A CATALYST FOR NUTRIENT RELEASE

¹David Andrew Charles Manning; ²Joana Baptista

¹School of Civil Engineering & Geosciences, Newcastle University, Newcastle upon Tyne, UK, NE1 7RU - david.manning@ncl.ac.uk

INTRODUCTION

Corrosion features within potassium feldspars have been investigated for grains with different histories of exposure to soil biological communities. Scanning electron microscope images of grain surfaces show that a diverse community, including bacteria, (presumably fungal) filaments and protozoa (which feed on bacteria and other organisms) is developed within the corroded topography of a feldspar surface. The ability of K-feldspar to accommodate N and P within the crystal structure may account for the colonization of these surfaces by microbes and fungi. Corrosion is several orders of magnitude greater than predicted from experiment or catchment-scale field observation, suggesting that microbial communities play an important role in feldspar weathering, and confirm the ability of K-feldspar to decompose in soils.

Global food security depends on the ability of soils to provide the nutrients that crops require for growth. In addition to the major elements, N, P and K (also Si), plants require trace nutrients (such as Zn), and deficiencies in these in crops can lead to problems of human health. In general, the accepted process for compensating for removal of nutrients by crops is to apply chemical fertilizers. However, these can be too expensive for farmers in poorer countries, and are rapidly lost from freely draining deeply leached soils.

The 'Rocks for Crops' or agrogeology movement (van Straaten, 2007), like Rochagem, identifies new approaches to providing nutrients, by use of carefully selected crushed and milled rocks. In this way, farmers are able to use rocks that might occur locally, and although these may not be the ideal material they provide an adequate substitute that can make a difference between subsistence farming and production of cash crops, as well as other benefits. In many ways, the approach taken overlaps with that of organic (biological) farming practices, where chemical fertilizers are banned (Abbott and Manning, 2015).

The use of silicate minerals and rocks as fertilizers is not a new approach. In the case of potash, political factors have affected the supply of whatever source was available at the time (Ciceri et al 2015; Rittenhouse, 1979). The first scientific journal papers on K availability from crushed rock describe the use of nepheline syenites in Norway (e.g. Goldschmidt, 1922), and describe studies that addressed alternatives to the K salts mined then in Germany. This research has been revisited in Norway during the last 20 years (Bakken et al., 1997; 2000).

In a review of silicate minerals as sources of K, Manning (2010) highlights the fact that the performance of a rock source depends its mineralogical composition of the material.

The critical factor is the rate of dissolution of a mineral, not the K content. Nepheline, which typically contains 4% K_2O or less, is more effective than K-feldspar (12-15% K_2O), because it dissolves at a rate that is several orders of magnitude greater (Table 1). The data given in Table 1 show that the mineral leucite dissolves 10000 times faster than K-feldspar, and that nepheline dissolves about 1000 times faster than leucite. The micas dissolve at a similar rate to K-feldspar, but differ because K can be released through cation exchange reactions.

There are many reported experiments on silicate minerals/rocks as sources of K that fail to show statistically significant benefits to plant growth (e.g Harley and Gilkes, 2000), or weakly significant benefits (Mohammed et al., 2014). Very often this is due to the fact that the mineralogical composition of the soil was not controlled. If a soil already contains the mineral that is applied, it is a consequence of the Phase Rule that addition of more of the same mineral will not change the soil solution composition – until that mineral has been consumed (Manning et al., 2017). The design of the experiment is critical to ensure that the effect of a given mineral additive is truly distinguished from other factors.

Table 1: Dissolution rates of potassium-bearing rock-forming minerals, using data from Palandri and Kharaka (2004).

Mineral	Mineral family	Formula	Weight % K	Weight % K_2O	Dissolution rate, log mol $m^{-2} s^{-1}$
Potassium feldspar	Feldspar	$KAlSi_3O_8$	14.0	16.9	-10.06
Leucite	Feldspathoid	$KAlSi_2O_6$	17.9	21.6	-6.00
Nepheline	Feldspathoid	$(Na,K)AlSiO_4$	8.3*	10.0	-2.73
Muscovite	Mica	$KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$	9.0	10.9	-11.85
Biotite	Mica	$K_2Fe_6Si_6Al_{12}O_{20}(OH)_4$	7.6	9.2	-9.84

Given that it is so difficult to demonstrate in laboratory experiments and in trials that silicate minerals are effective nutrient sources, further attention needs to be given to the role of biology, especially microbiology, in mineral dissolution. The aim of this paper is to encourage further work on the microbial communities associated with feldspar weathering. The paper presents evidence of mineral weathering of feldspars from natural soils, the biological communities that inhabit weathered surfaces, and discusses the results in the context of the crystal chemistry of alkali feldspars.

MATERIALS AND METHODS

Feldspar grains >1mm size were handpicked from soils in Triunfo (Pernambuco, Brazil; 7.85° S, 38.04° W), Aberdeen (Scotland, Hilton Quarry; National Grid NJ 3918 0831; 57.16° N 3.01° W) and Weardale (England, Eastgate borehole; National Grid NY 9456 3817; 54.74° N 3.81° W). The Triunfo samples were chosen as they coincide with the evaluation of syenites at this location as a potentially commercial source of K (Terrativa SA). The samples from Aberdeen were taken from a soil developed on a quarry last worked before the early 1860s, and those from Weardale were of feldspar cuttings from a deep borehole (Manning et al., 2007), which became part of the soil 10 years before collection. After gold-coating, the

samples were gold coated and examined using scanning electron microscopy (Vega Tescan; Newcastle University Electron Microscopy Research Services) in secondary electron mode.

RESULTS

Images of the surfaces of K-feldspar grains taken from soils are shown in Figures 1-3. These typically show deeply corroded grains, with abundant evidence of biological activity. Bacteria are evident (Figure 3D), and cell division can be seen. More readily apparent in the images are filaments, possibly fungal, which penetrate the corroded fabric of the grain. Soil protozoa (testate amoeba; Puppe et al., 2014; Lansac-Tôha et al., 2014) were observed in the samples from UK soils (Figures 1D and 2D). These feed on a range of smaller organisms, including bacteria, indicating the presence of a community that provides the protozoa with prey (Smith et al., 2007).

Figure 1 – Surface features of feldspar from soil developed on granite, Hilton Quarry, Aberdeen, UK.

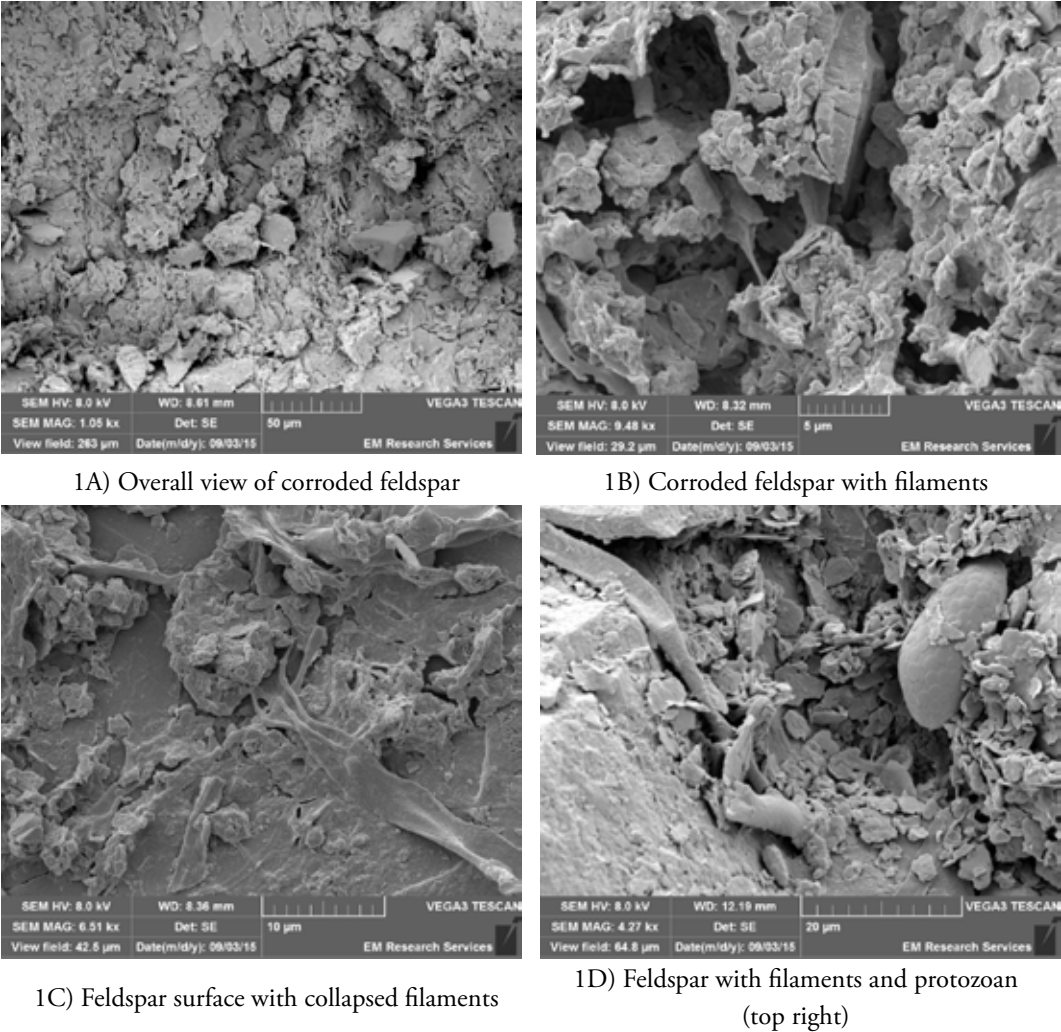
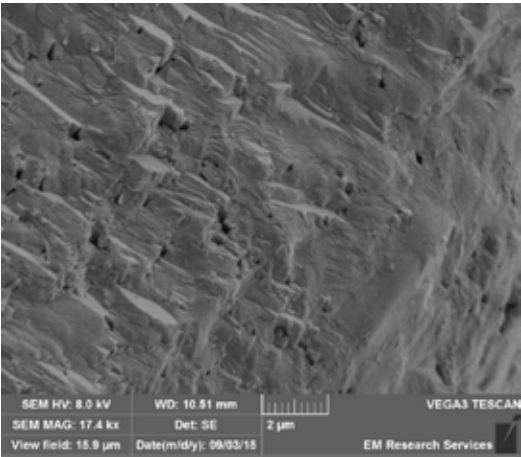
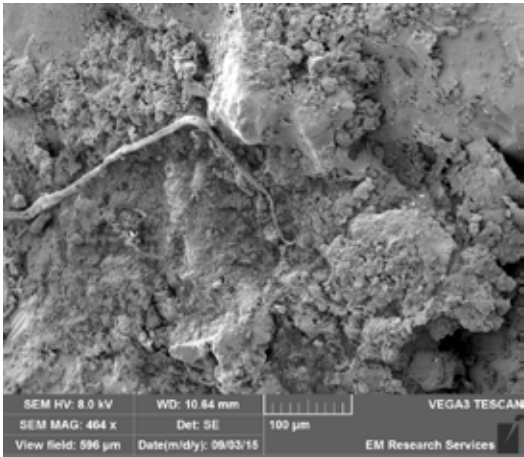


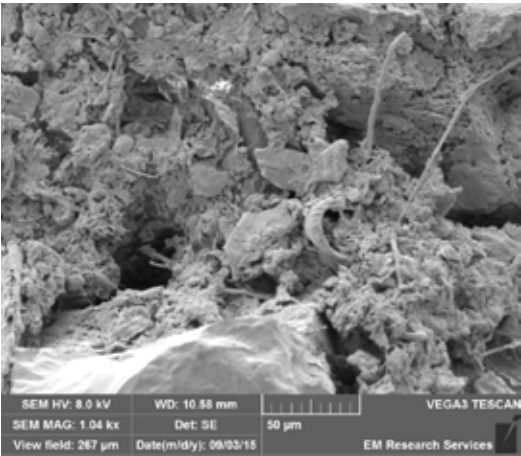
Figure 2 – Surface features of feldspar placed in soil in 2004, Eastgate, Co. Durham UK.



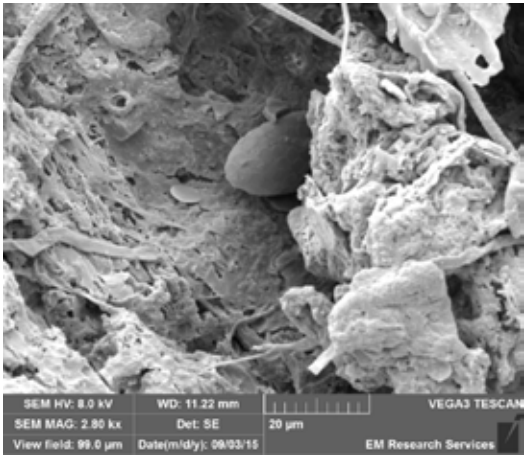
2A) Overview of poorly corroded feldspar



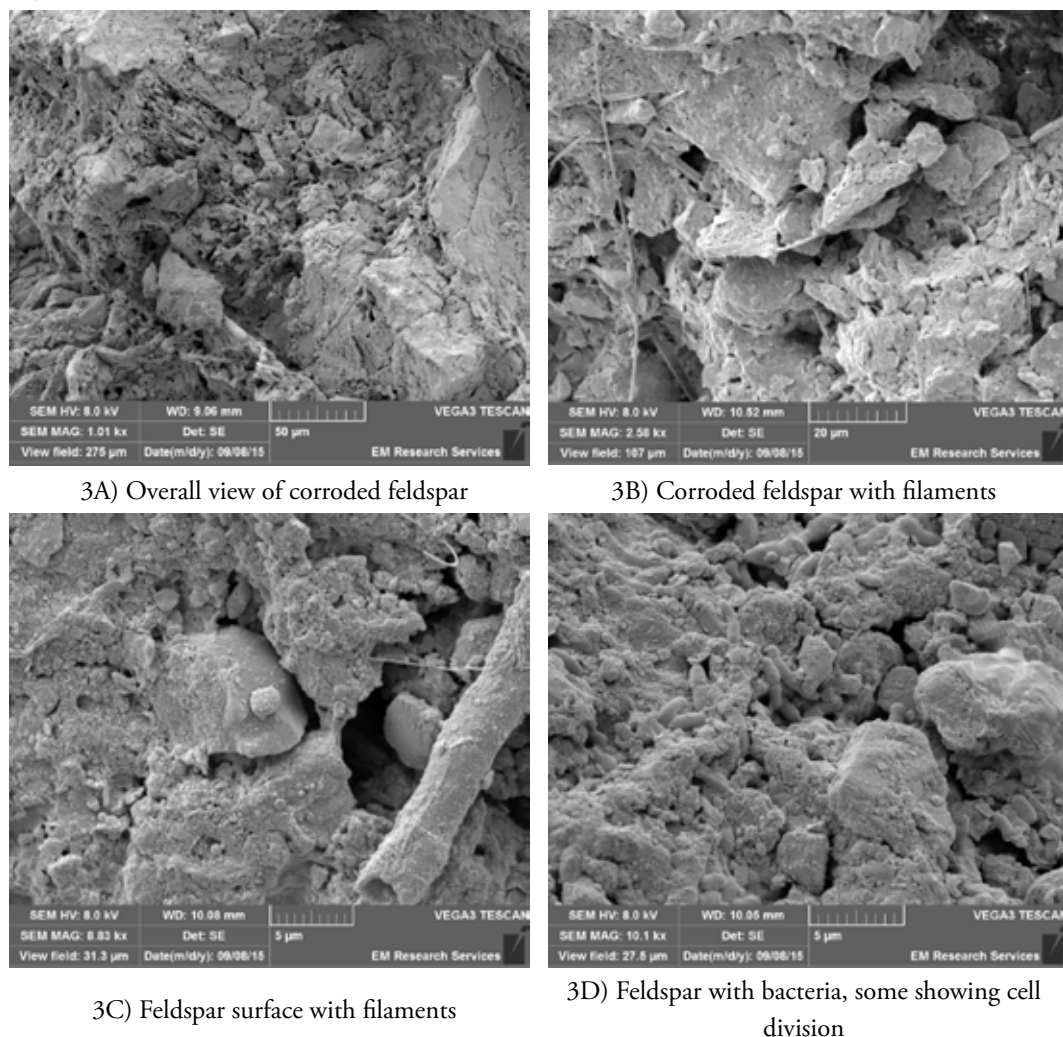
2B) Corroded feldspar with filaments



2C) Corroded feldspar surface with filaments



2D) Feldspar with filaments and protozoan (top centre)

Figure 3 – Surface features of feldspar from soil developed on syenite, Triunfo, Pernambuco, Brazil.

DISCUSSION

The observations made by scanning electron microscopy indicate that a diverse biological community develops on feldspar grains within soil, within as little as ten years (if not more rapidly). The surfaces of feldspar grains are typically highly corroded, providing a habitat for a diverse biological community. Bacteria have been identified with confidence (cells in the process of dividing have been observed) in samples from Triunfo, and testate amoebae in samples from the UK, which feed on bacteria and other organisms. The lack of testate amoebae in the samples investigated from Triunfo may reflect failure to observe them, or it may be due to differences in habitat (for example, too dry) leading to absence or small numbers (Smith et al., 2007). The shells of testate amoebae are composed of silica plates (Puppe et al., 2014), demonstrating the availability of silica to these organisms from the soil solution.

The importance of feldspars as a habitat for a biological community may arise from their ability to provide a range of nutrients. In addition to K, which is the major nutrient associated with potassium feldspar, both N and P may also be released by corrosion of the feldspar. Nitrogen substitutes for K as ammonium, in principle ultimately leading to the buddingtonite composition ($\text{NH}_4\text{AlSi}_3\text{O}_8$; Beran et al., 1992). Natural alkali feldspars with measured ammonium contents were first reported by Erd et al (1964), and up to 900 mg/kg NH_4 is reported from feldspar from southwest England (Hall, 1988).

In addition to ammonium substituting for K, P substitutes into the tetrahedral site in the feldspar crystal lattice through the berlinite coupled substitution (London, 1992) $\text{P} + \text{Al} = 2\text{Si}$, which gives compositions that can be generalized as: $\text{KAl}(\text{Al}_x\text{P}_x\text{Si}_{1-2x})\text{Si}_2\text{O}_8$. The amount of P present within K feldspar can be as much as 1-2 wt% P_2O_5 in late-stage granitic rocks (London, 1992). Determined by electron microprobe analysis, this can be identified with confidence as P within the mineral structure rather than as inclusions of apatite, and both ammonium and phosphorus-bearing feldspars can be synthesized.

Feldspar dissolution rates are low (Table 1), when determined in the laboratory, but are even lower when determined in the field, by orders of magnitude (White and Brantley, 2003), with the duration of weathering in the field of the order of millions of years. However, the extent of weathering in the samples reported here, exposed to weathering for 10-100 years, is evident as deeply corroded grains with extremely rough surfaces. These grains support a diverse biological community. It is possible that fungal exudates (organic acid anions, such as oxalate), accelerate weathering (Stillings et al., 1996). In any case, the corroded surface of the feldspar clearly provides a habitat for the soil community.

The lifetime in soil of a 1 mm sphere of a mineral can be estimated using its dissolution rate. Drever (1997) indicates that a 1 mm diameter grain of K-feldspar will last 921,000 years before being completely dissolved. The length scale of the dissolution features shown by the samples from Eastgate, known with certainty to have been in soil for 10 years, is of the order of 0.1 mm, so the expected life of a K-feldspar grain would be of the order of 100 years. Alternatively, if the estimate of a lifetime of 921,000 years is true, a grain in soil for 10 years would have lost only 0.01 μm from its surface, and would resemble the grain shown in Figure 2A.

The possibility that feldspars are potential sources for N and P for microbial populations living in the subsurface has been suggested by Rogers et al (1998), in the context of sediment diagenesis. The scanning electron microscopy observations reported here show abundant evidence of the community associated with feldspar weathering in soils, which includes microbes, filaments typical of fungi and protozoa that feed on smaller members of the community (bacteria, fungi etc). Importantly, these communities evidently develop very rapidly, within a few years of addition of feldspar to soil. The amounts of N and P within the feldspar are very low from the point of view of crop nutrition, but may be sufficient to attract microbes, and to support a biological community that enhances dissolution, releasing K and Si for plant growth.

One of the controls on mineral dissolution is the composition of the soil solution; if close to equilibrium, dissolution is inhibited. Secondary mineral precipitation affects the composition of the soil solution, and by doing so can inhibit feldspar dissolution. The presence of testate amoebae on feldspar surfaces suggests that these could be a sink for silica released by dissolution, in addition to sinks provided by secondary clay minerals.

This study has implications for the weathering of silicate rocks that are used as fertilizers. The evidence from Eastgate (Figure 2) shows that fresh K-feldspar weathers rapidly in soils, and is characterised by the presence of a biological community. Quite separately, Manning et al (2017) have shown that where care is taken in experiment design, feldspar (syenite from the Triunfo area) can be shown unambiguously to be the source of K needed for plant growth. To build confidence in the use of silicate minerals and rocks as nutrient sources, further work on the biological controls on weathering is needed.

CONCLUSIONS

This study has shown that the surfaces of K-feldspars from soils are highly corroded, even in samples taken from temperate soils with only 10 year's exposure. The corroded surfaces are occupied by a diverse biological community, with bacteria, filaments (possibly fungal) and protozoa in evidence. The rates of weathering implied by these observations are several orders of magnitude greater than those determined by experiment or large scale field experiments. The ability of K-feldspars to release nutrients may be due to the presence of N and P within the mineral lattice, sufficient to support microbes that accelerate weathering and the associated release of K and Si. Studies of this type add to the evidence base that helps understand the processes controlling the release of nutrients from silicate minerals.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Terrativa SA for support in collecting samples from Triunfo.

REFERENCES

- ABBOTT, L. K. and MANNING, D. A. C. Soil health and related ecosystem services in organic agriculture. *Sustainable Agriculture Research*. Vol. 4, 112-121. 2015.
- BAKKEN, A.K.; GAUTNEB, H. and MYHR, K. The potential of crushed rocks and mine tailings as slow-releasing K fertilizers assessed by intensive cropping with Italian ryegrass in different soil types. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. Vol. 47, 41-48. 1997.
- BAKKEN, A.K., GAUTNEB, H., SVEISTRUP, T. and MYHR, K. Crushed rocks and mine tailings applied as K fertilizers on grassland. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. Vol. 56, 53-57. 2000.
- BERAN, A.; ARMSTRONG, J. and ROSSMAN, G. R. Infrared and electron microprobe analysis of ammonium ions in hyalophane feldspar. *European Journal of Mineralogy*. Vol. 4, 847-850. 1992.
- CICERI, D.; MANNING, D. A. C. and ALLANORE, A. Historical and technical developments of potassium resources. *Science of the Total Environment*. Vol. 502, 590-601. 2015.
- DREVER, J. I. *The Geochemistry of Natural Waters, Third Edition: Surface and Groundwater Environments*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 436 pp. 1997.
- ERD, R. C.; WHITE, D. E.; FAHEY, J. J., and LEE, D. E. Buddingtonite, an ammonium feldspar with zeolitic water. *American Mineralogist*. Vol. 49, 831-850. 1964.

GOLDSCHMIDT, V. M. Oversiktskart over utbredelsen av de forskjellige kalimineraler I norsk fjeldgrund. Norsk Landmansblad. Vol. 41, 268-269. 1922.

HALL, A. The distribution of ammonium in granites from South-West England. Journal of the Geological Society of London. Vol. 145, 37-41. 1988.

HARLEY, A.D. and GILKES, R.J. Factors influencing the release of plant nutrients from silicate rock powders: a geochemical overview. Nutrient Cycling in Agroecosystems. Vol. 56, 11-36. 2000.

LANSAC-TÔHA, F. A.; VELHO, L. F. M.; COSTA, D. M.; SIMÕES, N. R. and ALVES, G. M. Structure of the testate amoebae community in different habitats in a neotropical floodplain. Brazilian Journal of Biology. Vol. 74, 181-190. 2014.

LONDON D. Phosphorus in S-type magmas: The P_2O_5 content of feldspars from peraluminous granites, pegmatites and rhyolites. American Mineralogist. Vol. 77, 126-145. 1992.

MANNING, D. A. C. Mineral sources of potassium for plant nutrition: a review. Agronomy for Sustainable Development. Vol. 30, 281-294. 2010.

MANNING, D. A. C.; BAPTISTA, J.; SANCHEZ LIMON, M. and BRANDT, K. Testing the ability of plants to access potassium in framework silicate minerals. Science of the Total Environment. Vol 574C, 476-481. 2017.

MANNING, D. A. C.; YOUNGER, P. L.; SMITH, F. W.; JONES, J. M.; DUFTON, D. J. and DISKIN, S. A deep geothermal well at Eastgate, Weardale, UK: a novel exploration concept for low-enthalpy resources. Journal of the Geological Society of London. Vol. 164, 371-382. 2007.

MOHAMMED, S. O.; BRANDT, K.; GRAY, N. D.; WHITE, M. L. and MANNING, D. A. C. Comparison of silicate minerals as sources of K for plant nutrition in sandy soil. European Journal of Soil Science Vol. 65, 653-662. 2014.

PALANDRI, J.L. and KHARAKA, Y.K. A compilation of rate parameters of water-mineral interaction kinetics for application to geochemical modeling. U.S. Geological Survey Open File Report 2004-1068, Menlo Park, 64pp. 2004.

PUPPE, D.; KACZOREC, D.; WANNER, M. and SOMMER, M. Dynamics and drivers of the protozoic Si pool along a 10-year chronosequence of initial ecosystem states. Ecological Engineering. Vol. 70, 477-482. 2014.

RITTENHOUSE, P. A. Potash and politics. Economic Geology. Vol. 74, 353-357. 1979.

ROGERS, J. R.; BENNETT, P. C. and CHOI, W. J. Feldspars as a source of nutrients for microorganisms. American Mineralogist. Vol. 83, 1532-1540. 1998.

SMITH, H. G.; BOBROW, A. and LARA, E. Diversity and biogeography of testate amoebae. Biodiversity and Conservation. Vol. 17, 329-343. 2007.

Van STRAATEN, P. Agrogeology: The use of rocks for crops. Enviroquest Ltd., Canada, 440 p. 2007.

WHITE, A.F. and BRANTLEY, S. L. The effect of time on the weathering of silicate minerals: why do weathering rates in the laboratory and field? Chemical Geology. 202:479-506. 2003.

USO TECNOLÓGICO DO INTEMPERISMO

Antonio Carlos de Azevedo

aazevedo@usp.br

Professor USP/ESALQ/LSO

Introdução

Nos últimos cinco séculos, a população mundial aumentou 14 vezes (de 250 milhões de habitantes no ano de 1500 para 7 bilhões no ano 2000) enquanto a produção manufaturada aumentou 240 vezes (de 250 bilhões de dólares em 1500 para 60 trilhões em 2000; Madison, 2001). O aumento desproporcional de consumo de recursos em relação ao aumento de população aproximou a perspectiva de esgotamento de matérias-primas, intensificando a busca por processos que permitam a manutenção do conforto humano com mínimo de consumo irreversível de recursos. Uma das estratégias utilizadas para atingir este objetivo é acoplar os processos de produção aos processos que ocorrem naturalmente. O intemperismo é um dos processos mais onipresentes na superfície da Terra. Como o intemperismo poderia ser utilizado para beneficiar a produção agrosilvopastoril?

De modo geral, a formação de minerais e rochas consome muita energia, que é fornecida pelo calor intenso dos processos ígneos e, em menor grau, dos processos metamórficos. Devido à grande energia de suas ligações atômicas, podemos dizer que estes minerais possuem grande “energia interna”, que em termodinâmica é chamada de Energia Livre de Formação (Lindsay, 1979). Os minerais formados por estes processos serão aqui denominados de minerais primários. Os minerais primários nas rochas ígneas se formam porque são o arranjo mais estável dos átomos que compõem o magma, nas condições de pressão e temperatura em que o magma se solidifica. Uma lei universal é que os átomos tendem a se arranjar de forma que atinjam um equilíbrio com as condições de seu entorno.

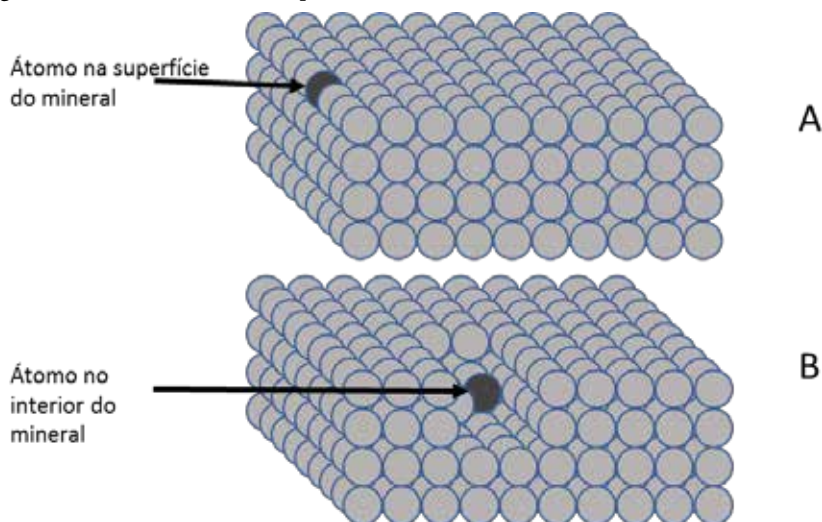
Quando a rocha é exposta na superfície da Terra, as condições do entorno são diferentes (“menos energéticas”) daquelas no ambiente em que os minerais primários se formaram. Como consequência, e em obediência às Leis da Termodinâmica, os átomos dos minerais primários começam a se reorganizar para atingir o equilíbrio com estas novas condições. Como as condições de entorno são menos energéticas, os produtos deste rearranjo dos átomos também tendem a ser menos energéticos. Este conjunto de mecanismos e reações que transformam materiais com grande Energia Livre de Formação em materiais com menor Energia Livre de Formação, quando expostos na superfície da Terra, é o intemperismo. Produtos do intemperismo podem ser elementos químicos em solução ou novos minerais com menor Energia Livre de Formação, chamados de minerais secundários (geralmente filossilicatos de alumínio e óxidos metálicos, muito comuns na fração argila de solos).

Pode-se avaliar a espontaneidade de uma reação, em termos termodinâmicos, pela variação da Energia Livre de Formação entre os produtos e os reagentes da reação (Δ Energia Livre de Formação = Energia Livre Formação dos Produtos – Energia Livre de Formação dos Reagentes). NO caso do intemperismo, os reagentes são os minerais primários, e os produtos, os minerais secundários e os elementos químicos em solução. Quando os produtos da reação possuem menor Energia Livre de Formação que os reagentes, a variação (isto é, o Δ Energia Livre de Formação) é negativa e a reação é chamada de exotérmica. Reações exotérmicas são, em geral, espontâneas. Portanto, as reações do intemperismo são espontâneas, e os produtos podem ser de interesse humano, por exemplo, elementos químicos nutrientes de plantas em estado solúvel, ou minerais secundários que possam aumentar a Capacidade de Troca de Cátions (CTC) do solo.

Estes rudimentos de termodinâmica indicam que o uso tecnológico do intemperismo é possível. No entanto, as leis da termodinâmica informam sobre possibilidade de uma reação ocorrer ou não, mas não informam sobre sua cinética, isto é, quanto tempo é necessário para que os produtos se convertam nos reagentes. No caso das reações de intemperismo, geralmente, este tempo é muito longo.

Esta lentidão está associada ao fato de que os átomos no *interior* do mineral são pouco reativos porque possuem ligações químicas com todos os átomos seus vizinhos, além de estarem muito pouco ou nada acessíveis aos agentes externos. Já os átomos na *superfície* do mineral, ligados a um número menor de átomos vizinhos (exatamente porque estão na superfície), são mais reativos, solubilizando-se mais facilmente (Figura 1).

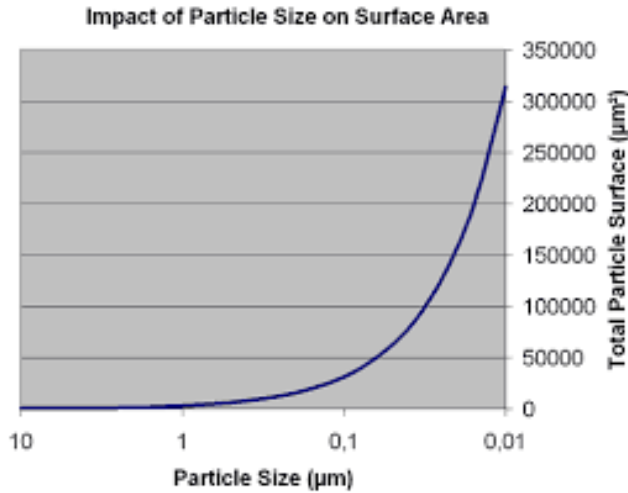
Figura 1 – Esquema apresentando o maior número de ligações químicas entre os átomos no interior de um mineral, em comparação com um átomo na superfície de um mineral. Observe que na figura A a esfera preta que representa um átomo liga-se (tangencia) 4 átomos, enquanto na figura B, liga-se a 6 átomos (alguns átomos foram retirados para melhor visualização).



A remineralização se beneficia deste mecanismo, acelerando o intemperismo dos minerais pelo aumento de área de uma massa de rocha. Quando se diminui o tamanho da partícula das rochas e minerais pela sua cominuição (britagem e/ou moagem), acelera-se o intemperismo, em parte porque muitas ligações químicas são quebradas durante o processo de cominuição, e em

parte porque a área de superfície nesse volume ou massa da rocha aumenta exponencialmente com a diminuição do tamanho da partícula, para um mesmo formato de partícula (Figura 2).

Figura 2 – Aumento da área superficial de uma massa constante de um sólido qualquer, em função da diminuição do tamanho de suas partículas, considerando a forma das partículas constante.



No entanto, transformar blocos grandes de rochas em grãos pequenos requer investimento em energia, contrariando o conceito de uso tecnológico do intemperismo. Por isto, uma das ideias centrais do uso tecnológico do intemperismo na remineralização é utilizar grãos que são produzidos marginalmente durante o processamento mineral de um produto principal, por exemplo, agregados para a construção civil. Deste modo, o custo (tanto financeiro quanto ambiental) da cominuição já está contabilizado durante a manufatura do produto principal. Às vezes, o remineralizador é um material que poderia se tornar um problema ambiental e/ou trabalhista, ao expor os trabalhadores à poeira, por exemplo.

Além da cinética lenta, outra característica importante do intemperismo é o modo de dissolução. Quando um mineral é exposto a um solvente, que nas condições naturais geralmente é uma solução muito diluída, os elementos químicos do mineral tendem a migrar para o meio líquido, isto é, sofrerem dissolução.

Os minerais podem se dissolver de duas maneiras diferentes, pelo menos.

A dissolução congruente é aquela na qual os elementos químicos passam do mineral sólido para a solução na mesma proporção da composição do mineral. No mineral Halita (NaCl), observa-se que para cada íon de Na^+ que se desprende do mineral e entra na solução, um íon de Cl^- também segue o mesmo caminho. Logo, a dissolução da Halita é congruente pois a mesma proporção de um Na^+ para um Cl^- é encontrada tanto na composição da fase sólida (o mineral) quanto na fase líquida (a solução).

No entanto, vários minerais se dissolvem incongruente, isto é, alguns elementos químicos se solubilizam mais rapidamente que outros. Os silicatos, que constituem mais da metade dos minerais conhecidos, tendem a se dissolver incongruente. Este é um mecanismo importante para aplicação de remineralizadores, pois estes são quase sempre rochas silicatadas.

Nesta breve introdução, portanto, foi sugerido que o uso tecnológico do intemperismo pode resultar em produtos de interesse humano o aumento da concentração de elementos químicos nutrientes de plantas na solução do solo e a formação de neocolóides. No entanto, para obter estes produtos em um tempo razoável dentro da perspectiva humana, as reações de intemperismo devem ser aceleradas, por exemplo, pelo aumento de área superficial específica dos remineralizadores.

O entendimento cada vez mais aprofundado destes e outros mecanismos do intemperismo de rochas cominuídas aplicadas ao solo permitirá o uso mais eficiente de remineralizadores na produção agrosilvopastoril.

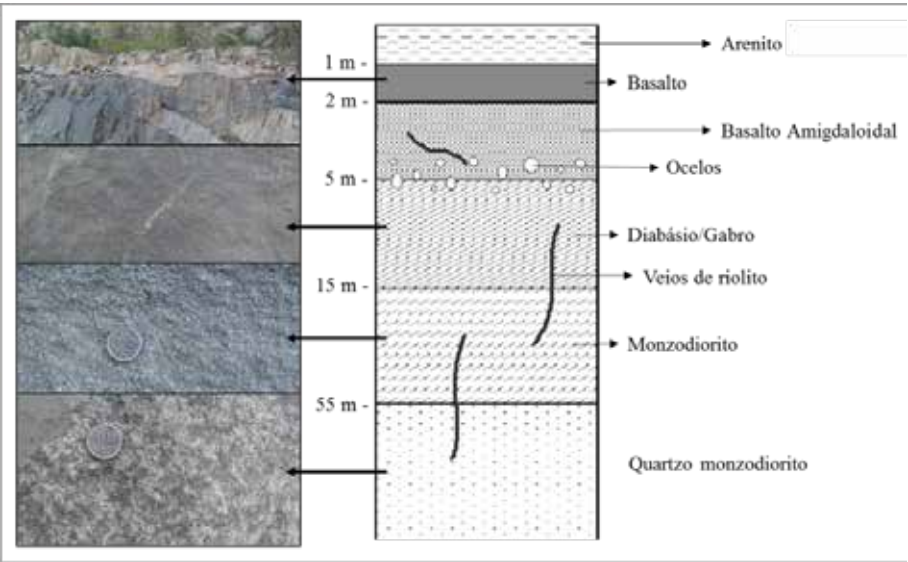
Neste contexto, o objetivo deste texto/palestra é apresentar alguns dos resultados parciais obtidos no projeto CNPq 406600/2013-9 “REMINERALIZADORES: INVESTIGAÇÃO DE MECANISMOS DE AÇÃO E AVALIAÇÃO DE CENARIOS DE SUCESSO”, EDITAL 51/2013 - Chamada MCTI/CNPq/CT-Mineral Nº 51/2013.

Resultados de projetos de pesquisa como exemplos de uso tecnológico do intemperismo

Importância da caracterização do material: exemplo do “basalto”

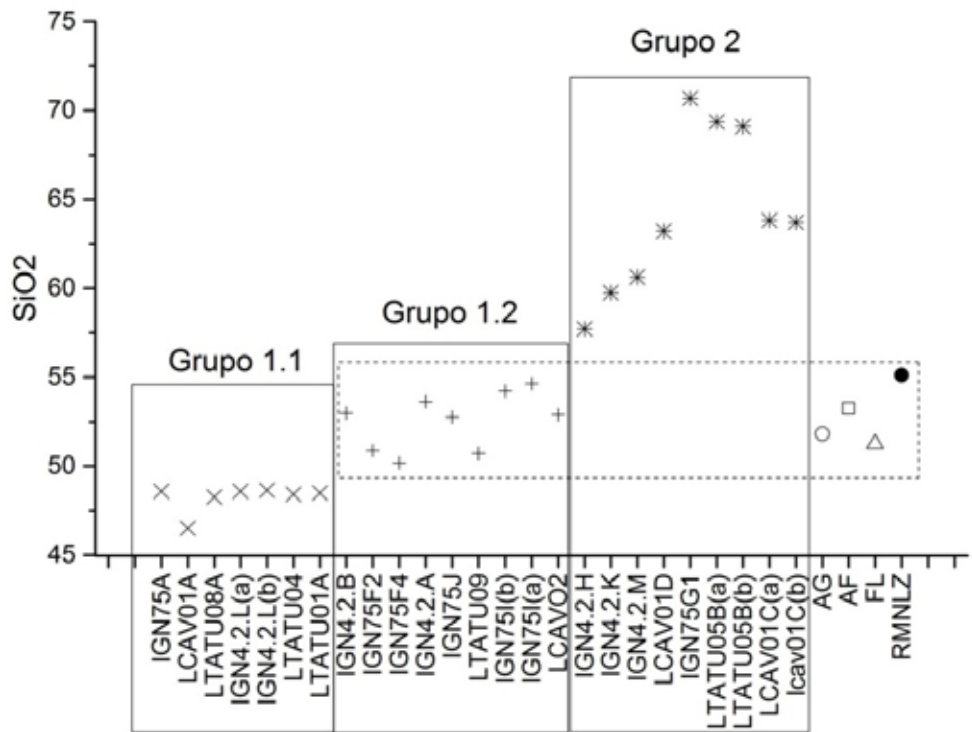
O material denominado como basalto utilizado no projeto é, na realidade, uma mistura de materiais formados durante o processo de diferenciação magmática que ocorreu na formação do sill (soleira) explorado pela mineradora no sill de Limeira (22°36'31,2” S; 47°21'45,7” W). Segundo Machado (2005) e Machado e Nardy (informação pessoal), trata-se de um dos sills mais heterogêneos do Estado de São Paulo. No entanto, foi escolhido pela detalhada caracterização disponível no trabalho de Faria (2008). Neste trabalho, a autora descreve a variação petrológica do sill (Figura 3).

Figura 3 – Estrutura do sill de Limeira (Silva, 2016, baseado em Faria, 2008).



Ao plotarmos o teor de sílica das amostras coletadas pela autora e aquele medido em nossas amostras, percebe-se que o material utilizado no nosso trabalho está no campo das rochas básicas (Figura 4, amostras AG, AF, FL e RMNLZ). Este exemplo demonstra a importância de coletar e/ou produzir o máximo de informação possível sobre a formação geológica, o processo de mineração e as variações na frente de lavra do material em uso, particularmente quando o material será utilizado para pesquisas. Na Figura 4 pode-se perceber a presença desde rochas ígneas básicas até ácidas, todas coletadas no mesmo sill.

Figura 4 – Teor de sílica das amostras analisadas por Faria (2008), Grupos 1.1; 1.2 e 2. Teor de sílica do remineralizador (RMNLZ) e de suas frações AG = areia grossa; AF = areia fina; FL = fração silte e menor.

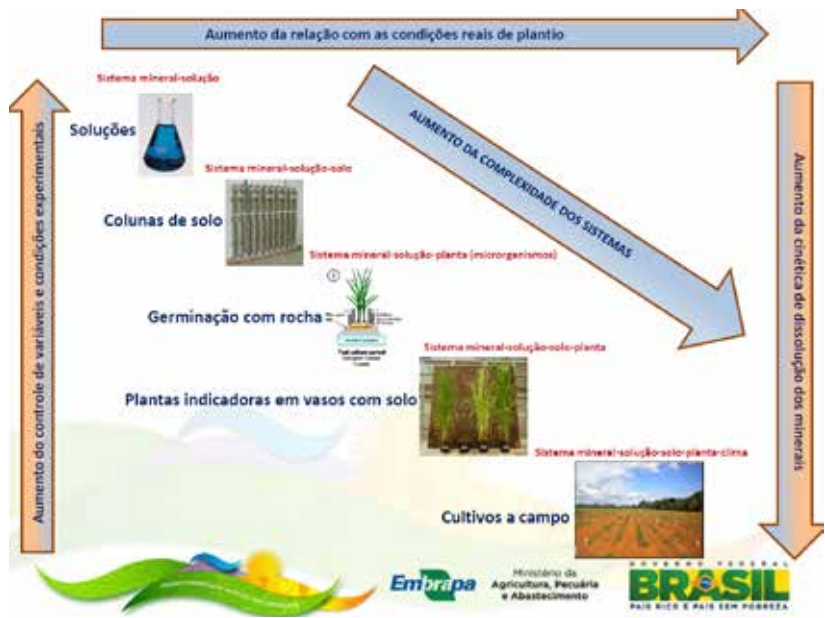


Ainda se beneficiando do trabalho de Faria (2008), a autora descreve a composição dos cristais de feldspatos que ocorrem no sill, concluindo que as bordas dos plagioclásios são mais ricas em albita, gradando para anortita em direção ao centro. Retomando a Figura 1 como modelo, nestes cristais de plagioclásios as posições representadas pelo átomo em destaque na Figura 1 A estão predominantemente ocupadas por sódio e aquelas representadas pelo átomo em destaque na Figura 1 B, por cálcio. Esta informação, obtida com a microsonda eletrônica, foi de grande importância para entender a dinâmica de solubilização dos elementos deste material, apresentada na próxima seção.

Liberação de elementos

Os ensaios de liberação de elementos foram realizados em uma sequência de experimentos de crescente complexidade, seguindo a concepção apresentada por Martins (2013) no II CBR (Figura 5).

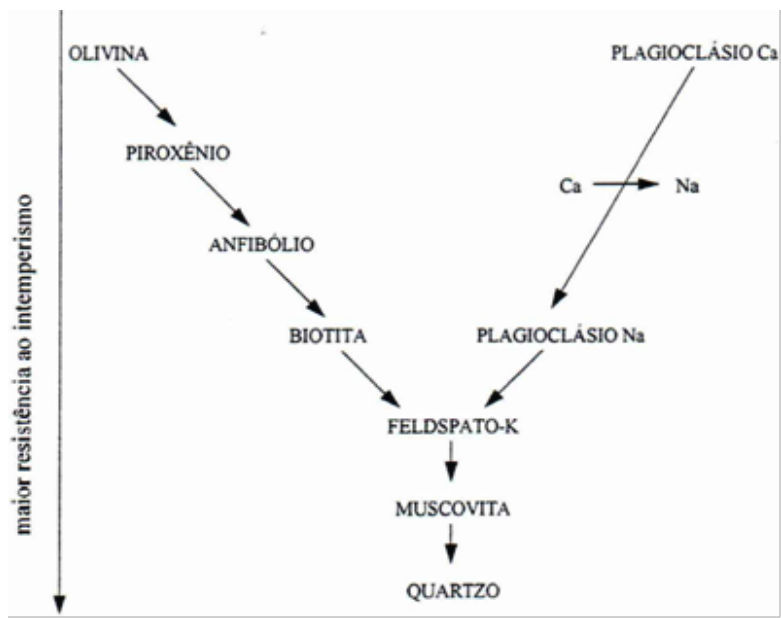
Figura 5 – Esquema conceitual das relações entre os tipos de experimentos e a complexidade dos sistemas nos estudos de remineralização (Martins, 2013).



Um aspecto interessante nestes experimentos foi que a dissolução simples, em tubos de ensaio, produziu alguns resultados que foram, posteriormente, observados no experimento de campo.

A sequência de Goldish é uma sequência bastante conhecida de resistência dos minerais, formados em ambiente ígneo, ao intemperismo (Figura 6).

Figura 6 – Sequência de resistência dos minerais ao intemperismo (Goldish, 1938)



Os minerais que se formam em altas temperaturas (tendem a possuir grande Energia Livre de Formação) e tendem a se intemperizar mais facilmente estão na parte superior do diagrama, enquanto que aqueles que se formam em temperaturas menores e são mais resistentes ao intemperismo estão na parte inferior. De acordo com a sequência de Goldish, os plagioclásios cálcicos deveriam se intemperizar (e liberar cálcio) antes dos plagioclásios sódicos, isto é, ao contrário do que foi observado nos experimentos em laboratório (Figura 7) e no campo (Figura 8). No entanto, conforme comentado no item anterior, as bordas dos cristais de plagioclásio possuem composição mais sódica e o núcleo, mais cálcico. Portanto, faz sentido que o sódio fosse solubilizado primeiro, ainda mais considerando a dissolução incongruente destes silicatos.

De fato, quando o intemperismo é avaliado a partir de seus produtos, a tendência geral é mesmo que o sódio seja solubilizado mais rapidamente que o cálcio, conforme proposto na série de Polinov-Hudson (Hudson, 1995), qual seja, $Cl > SO_4 > Na > Ca > Mg > K > Si > Fe > Al$.

Outro aspecto no qual a dissolução in vitro antecipou as observações em campo foi na quantidade de Fe liberada. Os óxidos de ferro litogênicos possuem uma dissolução predominantemente congruente, e a quantidade observado nas soluções in vitro foi relativamente alta. Este resultado corrobora com a formação de neocoloides de ferro, observada no experimento em colunas, com lixiviação acelerada e temperatura alta (50°C, ver próxima seção).

Figura 7 – Concentração de Na e Ca na suspensão da fração Areia Fina do RM em água, em tubos de ensaio, em cada uma de cinco extrações consecutivas (adaptado de Silva,2016)

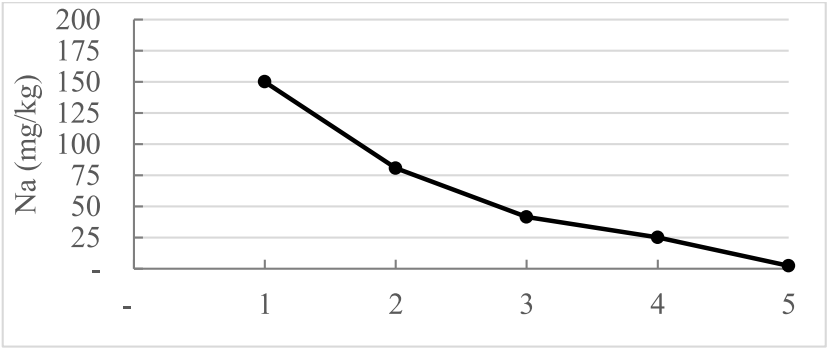
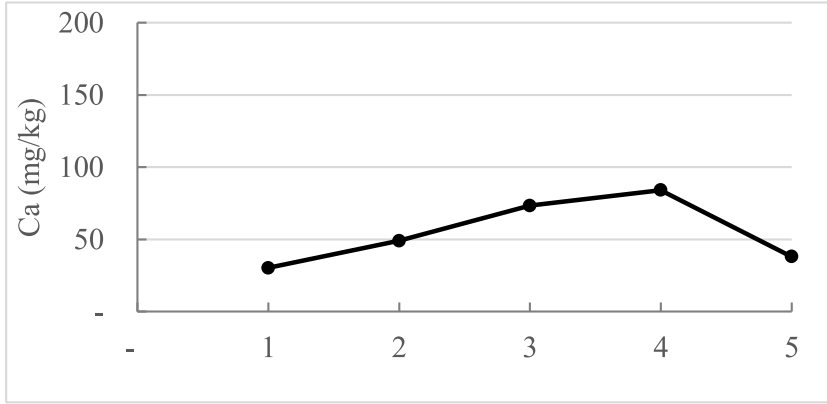


Figura 8 – Variação no Na e Ca trocáveis em amostras coletadas no solo remineralizado, em experimento de campo (adaptado de Silva,2016).



Neoformação de coloides

No ensaio de dissolução do remineralizador em colunas com solo, intensamente lixiviadas e mantidas a 50 °C, obteve-se um aumento de CTC nas amostras de solo, sem aumento de pH. Há várias hipóteses não exclusivas que podem explicar este aumento, inclusive a formação de artefatos durante a análise das amostras.

Nestas amostras testou-se a hipótese de que este aumento poderia ser originado pela neoformação de coloides durante o intemperismo do remineralizador.

Após seis meses os resultados de ferro extraído de formas solidas amorfas foi significativo, em relação ao controle (Tabela 1). Estimou-se a provável contribuição destes precipitados no aumento da CTC e concluiu-se que a quantidade de neocolóides não seria suficiente para explicar totalmente o aumento da CTC observado.

Tabela 1 – Teores de Fe e Al extraídos com DCB (d) e AO (o). S = solo controle e G = solo com remineralizador. Letras minúsculas: comparações entre tratamentos pelo teste de Bonferroni.

Trat.	Prof. (m)	Fe _o	Fe _d	Al _o	Al _d	Fe _o /Fe _d	Al _o /Al _d
		g kg ⁻¹					
RM	-	1,73	3,51	0,31	1,58	0,49	0,20
S	0-0,05	0,56 b	19,40 a	1,02 b	4,05 a	0,03 b	0,25 a
	0,05-0,10	0,56 b	20,74 a	1,01 b	4,00 a	0,03 b	0,25 a
G	0-0,05	0,69 a	19,29 a	1,18 a	4,56 a	0,04 a	0,26 a
	0,05-0,10	0,61 b	20,08 a	1,23 a	4,31 a	0,03 b	0,29 a
CV%		5,6	5,7	6,5	12,7	4,8	14,6

As outras hipóteses estão sendo testadas nos projetos atuais. No entanto, este subprojeto demonstrou a possibilidade de formação de precipitados, provavelmente como partículas de tamanho coloidal isoladas ou recobrando as superfícies de partículas maiores. Como as formas amorfas não apresentam sinais significativos à difração de raios X, as amostras estão sendo submetidas às espectroscopias VIS-NIR em busca de bandas que possam apontar a presença destas fases. Além disto, ainda é preciso verificar a contribuição do ferro extraído diretamente dos grãos do RM na amostra, embora em amostras de outros experimentos com a mesma dose de remineralizador, estas análises (DCB e AO) não resultaram significativos.

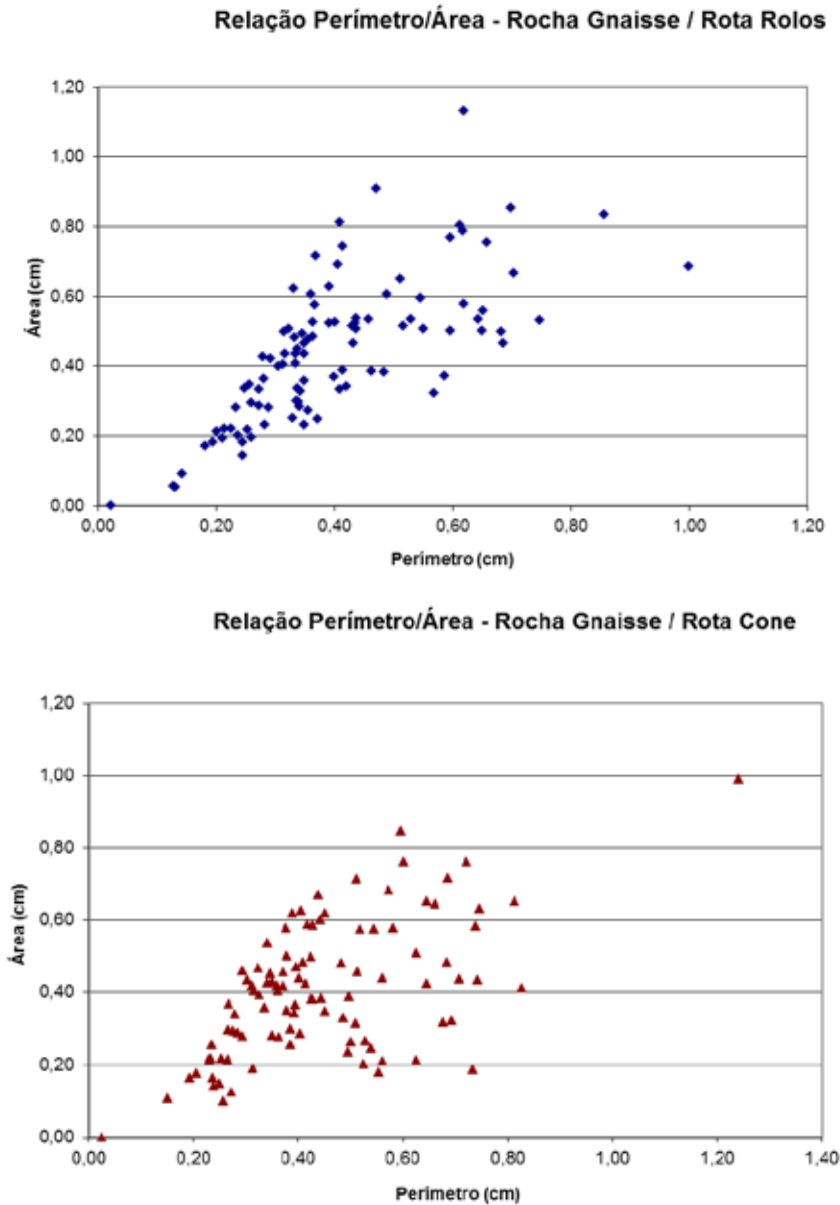
Formato de partícula

Conforme apresentado na introdução deste texto, um paradigma da remineralização é que a diminuição do tamanho das partículas aumenta sua taxa de dissolução. Isto ocorre porque a Área Superficial Específica (ASE) de uma partícula esta intrinsecamente relacionada à cinética de dissolução. Como a dissolução se dá pela interface, quanto maior a relação entre a área de interface e a massa da partícula, mais rápido tende a ser a dissolução. No entanto, se as partículas são de tamanho muito pequeno, há dificuldade para sua aplicação no campo, como deriva e embuchamento de calcareadoras e adubadoras.

Uma alternativa para diminuição do tamanho de partícula é a modificação de sua forma. O solido geométrico com menor área superficial específica é a esfera. Portanto, quanto menos esférico (ou, por aproximação, cúbico) for a partícula, maior sua ASE para um mesmo volume de partícula.

Um dos subprojetos estudou a possibilidade de modificar o formato dos grãos de re-mineralizadores de três rochas, através de duas rotas de processamento. Os grãos produzidos foram montados em lâminas e o perímetro e da área dos grãos foi medido. Foi assumido que o aumento da razão perímetro/área seria um bom indicativo de aumento da ASE (figura 9).

Figura 9 – Retas de regressão linear aplicada aos dados brutos de perímetro e área de grãos da rocha Gnaiss produzidos em duas rotas de cominuição (Carneiro, 2016)



O RM de gnaiss foi o que apresentou maior contraste entre as rotas, observando-se a dispersão dos dados. Transformações estatísticas estão sendo aplicadas para verificação da homogeneidade de variância e posteriormente, da tendência e da dispersão dos resultados. NO

entanto, é possível perceber visualmente, por exemplo, que a rota “rolos” possui um número maior de grãos com área maior que 0.8 cm.

COMENTÁRIOS FINAIS

A remineralização trata-se, em grande parte, de uma nova técnica que necessita, antes de mais nada, do entendimento da natureza do material aplicado, isto é, da composição química, mineralógica, textural e estrutural da rocha, acrescentada de aspectos da morfologia de grãos produzida pelas rotas de cominuição.

Além disto, o conhecimento dos processos de intemperismo de minerais devem ser aplicados para entendimento das transformações destes materiais após aplicação no solo. No entanto, as condições em que os minerais dos remineralizadores se intemperizam nos primeiros centímetros de solos já evoluídos são bastante diferentes daquelas na frente de intemperismo amplamente estudadas de quando o solo está se formando. Além disto, a grande superfície específica causada pela cominuição das rochas encontra raros paralelos nas condições naturais.

Os resultados do projeto CNPq 406600/2013-9, parcialmente e preliminarmente apresentados aqui, são uma pequena contribuição nesta direção.

REFERÊNCIAS

- Faria, C. A. 2008. Evolução magmatica do sill de Limeira: petrologia e geoquímica. Diss. Mestrado, IG-USP, 106 p.
- Goldish, S. S. 1938. A study in rock-weathering. The Journal of Geology, 48 (1): 17-58.
- Hudson, B. D. 1995. Reassessment of Polinov's ion mobility series. Soil Sci. Soc. Am. J. 59:1101-1103.
- Madison, A. 2006 The World economy. Volume 1: a millennial perspective. OECD. 657 p.
- Lindsay, 1979. Chemical equilibria in soils. John Wiley and Sons, 449 p.
- Machado, F. B.; Nardy, A. J. R.; Melo, R. P.; Oliveira, M. A. F. de; Squisato, E. 2005. As rochas intrusivas da formação Serra Geral na porção leste da Bacia do Parana no Estado de São Paulo: aspectos petrográfico e geoquímicos – resultados preliminares. Geociencias, 24 (1): 5-17.
- Martins, E de S., 2013 IN: Theodoro, S. M. C. H. ; Martins, E de S.; Fernandes, M. M.; Carvalho, A. M. X. de; Anais do II Congresso Brasileiro de Rochagem. Poços de Caldas, 399p.
- Silva, R. C. da, 2016 Intemperismo de minerais em um remineralizador. Tese doutoramento. ESALQ-USP. 184 p.

TEMA 3 - INTEMPERISMO DE MINERAIS E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES

RESUMOS



É POSSÍVEL AUMENTAR A REATIVIDADE DE REMINERALIZADORES SEM DIMINUIR TAMANHO DE PARTÍCULA?

Mayara Marques Carneiro¹; João José Cardinali Ieda²; Antonio Carlos de Azevedo³

¹Graduanda em Engenharia Agrônômica, Departamento de Ciência do Solo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Universidade de São Paulo (ESALQ - USP). Av. Pádua Dias, 11 CEP:13418-900, Piracicaba-SP. Email: mayara.marques.carneiro@usp.br; ²Bolsista DTI-CNPq (Processo: 380451/2014-0); ³Professor Associado do Departamento de Ciência do Solo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Universidade de São Paulo (ESALQ - USP). Av. Pádua Dias, 11 CEP:13418-900, Piracicaba-SP. Email: aazevedo@usp.br.

Resumo: Remineralizadores são materiais de origem mineral que sofreram apenas modificação e classificação em seu tamanho para aplicação como insumo agrícola. Uma dificuldade no uso destes materiais é sua pequena solubilidade. Este obstáculo pode ser contornado com a diminuição do tamanho das partículas e o consequente aumento na área superficial específica (ASE) dos grãos, aumentando sua reatividade. No entanto, a partir de um certo tamanho de partículas, há prejuízo na eficiência de aplicação devido à deriva, embuchamentos, etc. Uma alternativa para aumento da ASE e da reatividade das partículas sem diminuir seu tamanho é a modificação de sua forma. Este trabalho é uma investigação preliminar sobre a produção de partículas com formatos diferentes através de dois processos de moagem distintos. O perímetro e a área de um conjunto de grãos de três remineralizadores (granito, gnaiss e diabásio) moídos em dois equipamentos diferentes (rolo e cone) foram medidos em microscópio petrográfico. A morfoscopia/morfometria dos grãos demonstrou que os diferentes tipos de rochas e as rotas de cominuição modificam a razão entre a área e o perímetro das imagens dos grãos de mesmo tamanho ao microscópio.

Palavras chaves: Microscopia, rochagem, peneiramento, moagem

INTRODUÇÃO

Remineralizador é qualquer material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo (LEI Nº 12.890/2013). Os remineralizadores foram incluídos como insumos agrícolas numa perspectiva de que determinados rejeitos de mineração possam colaborar com o suprimento de nutrientes e outros benefícios nos solos para as culturas agrícolas. Destaca-se também a redução dos custos de produção, em torno de 89% menores em relação a uma adubação convencional solúvel (ALMEIDA & SILVA, 2009).

O processo de cominuição consiste na sequência de mecanismos pelos quais as rochas passam, visando diminuir o seu tamanho. Um desafio para o uso mais amplo dos remineralizadores é o aumento de sua solubilidade, o que os tornaria uma fonte mais lábil de nutrientes, atendendo melhor a demanda de culturas agrícolas de ciclo curto. No entanto, pela própria

definição deste insumo, isto é, de que possa apenas ter sofrido processo de moagem e peneiramento, estreita a possibilidade de processos que aumentem sua solubilidade. Uma vez que a dissolução é uma reação de superfície, é um pressuposto amplamente aceito que partículas de menor tamanho, de um mesmo material, tendem a reagir mais rápido.

Outro aspecto relacionado ao tamanho de partículas de remineralizadores são as observações de campo, que atestam a dificuldade de manipular e distribuir partículas muito pequenas, utilizando máquinas disponíveis para aplicação de fertilizante e calcário. Problemas como deriva pelo vento e “embuchamento” (entupimento dos mecanismos e dutos de distribuição), são relatados pelos agricultores que utilizam estes materiais.

Ocorre, porém, que a área superficial específica (ASE) das partículas depende, além do seu tamanho, também de sua forma. Assim, é possível derivar matematicamente que volumes que se aproximam da forma esférica diminuem sua ASE, enquanto aqueles que se aproximam de formas placóides, aumentam. Além disso, quanto maior for o aumento do perímetro em conjunto com o valor de área do grão, maior será sua ASE.

Assim, esse trabalho investiga se rotas diferentes de cominuição podem produzir partículas, de um mesmo material e classe de tamanho, com formatos diferentes e assim aumentar a ASE sem diminuir o tamanho das partículas.

Foram selecionados três remineralizadores, tendo como critério aqueles gerados como subprodutos da atividade de mineração com grande abundância. São eles: O diabásio, o granito e o gnaíse.

MATERIAL E MÉTODOS

Processo de cominuição

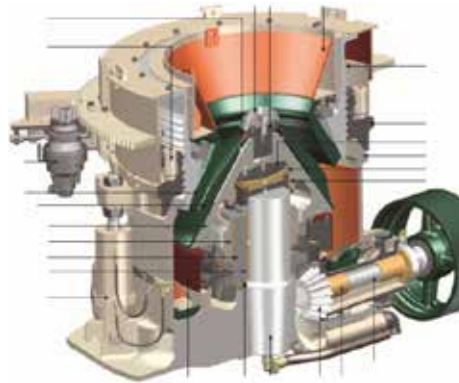
O material de análise foi cominuído em duas rotas no Laboratório de Pesquisa da Metso. A rota Rolo compreende dois cilindros de contra-rotação (um fixo e um flutuante), a fim de esmagar efetivamente o minério. Os cilindros hidráulicos aplicam uma pressão muito elevada no sistema, fazendo com que ocorra a cominuição das partículas, conforme a alimentação se desloca entre os dois pneus (Figura 1).

Figura 1 – Representação da rota Rolo. Estrutura interna do maquinário.



A rota Cone utiliza-se de trituradores cônicos que esmagam o material mineral, produzindo grãos de diversos tamanhos (Figura 2).

Figura 2 – Representação da rota Cone. Estrutura interna do maquinário.



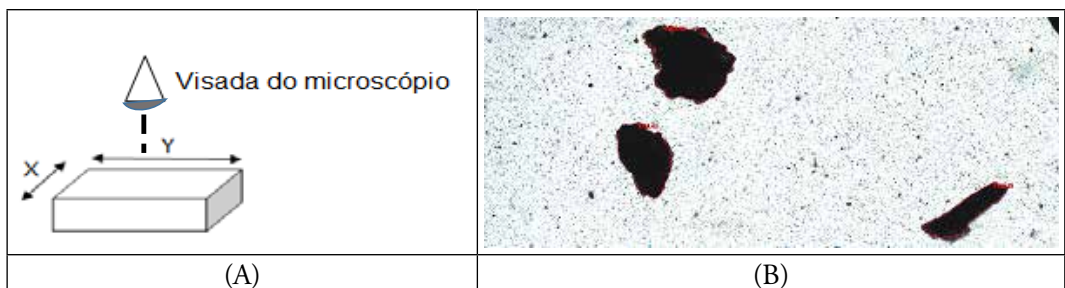
Preparo de lâminas para microscopia

As lâminas foram preparadas com bálsamo do Canadá (VICTORINO et al., 2004), com grãos obtidos entre as peneiras de 0,5 e 1,0 mm, juntamente com grãos vindos do peneiramento das amostras, e lamínula, para proteção do material.

Análise microscópica

A análise foi realizada em um microscópio petrográfico Axio ZEISS Scope.A1, com câmera AxioCam MRc (60N-c 1" 1,0x). As imagens obtidas foram processadas no software Axio-Vision-Zeiss©. Quatro parâmetros foram tomados, sendo eles: área, perímetro, comprimento ao longo do eixo x e do eixo y (Figura 3). Pelo menos 100 grãos de cada remineralizador/rota foram medidos, totalizando cerca de 600 grãos.

Figura 3 – A) Esquema de tomada das medidas x e y na imagem, em relação ao plano de visada do microscópio, e B) imagem dos grãos de Diabásio obtida através da microscopia. Em vermelho, ao redor dos grãos, a estimativa do perímetro.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Medições realizadas

Como a morfoscopia não permite medições dos grãos em três dimensões, assumiu-se o pressuposto de que, ao sedimentarem na lamina petrográfica, os grãos terão menor probabilidade de equilibrarem-se sobre seu eixo MAIOR, isto é, que os grãos tenham grande probabilidade de expor seu maior eixo à visada do microscópio.

Tabela 3 – Valores médios dos 100 grãos medidos de cada rocha/rota, nos diferentes parâmetros.

	Área	Comprimento	Largura	Perímetro
	(mm ²)		(mm)	
Diabásio				
HRC	0,55	0,93	0,91	0,42
CONE	0,59	0,96	0,99	0,48
Gnaisse				
HRC	0,44	0,82	0,83	0,40
CONE	0,40	0,79	0,81	0,45
Granito				
HRC	0,58	0,92	0,97	0,54
CONE	0,45	0,87	0,83	0,50

Relações Perímetro/Área (P/A)

Se estes pressupostos forem aceitáveis, o aumento da razão P/A deve implicar em um aumento da ASE em relação ao volume, dentro de uma mesma classe de tamanho. Espera-se o mesmo da taxa de dissolução dos grãos.

Tabela 5 – Relação dos coeficientes angulares das retas ajustadas entre Área e Perímetro dos grãos – Rocha/Rota

Rocha/Rota	Coefficiente angular da reta de regressão	Coefficiente de regressão (R ²)
Granito / Cone	0.82	0,54
Granito / HRC	0.84	0,45
Diabásio / Cone	0.95	0,47
Diabásio / HRC	1.38	0,68
Gnaisse / Cone	0.33	0,34
Gnaisse / HRC	0.87	0,51

Os coeficientes angulares das retas de regressão foram mais contrastantes para diabásio e gnaisse. No entanto os coeficientes de regressão também foram pequenos. Ainda é necessário realizar os testes estatísticos para verificar a significância dos coeficientes de regressão. A interpretação dos coeficientes angulares é de quanto aumenta a área da partícula para o aumento de 1 unidade no perímetro. Assim, por exemplo, o aumento de 1 mm no perímetro da partícula do diabásio na rota HRC provoca um aumento médio e 1,38 mm² na área, enquanto o mesmo aumento de 1 mm no perímetro das partículas do gnaisse na rota cone provoca um aumento médio na área de apenas 0,33 mm².

CONCLUSÕES

A morfoscopia/morfometria dos grãos demonstrou que os diferentes tipos de rochas e as rotas de cominuição modificam a razão entre a área e o perímetro das imagens dos grãos ao microscópio. Estes resultados serão então submetidos a testes de solubilização para verificar qual o impacto desta modificação na razão P/A produz na dissolução dos remineralizadores.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E.; SILVA, F.J.P.S. Transição Agroecológica De Sistemas Produtivos Familiares No Sul Do Paraná E Planalto Norte Catarinense: O Relato da Experiência Com o Pó de Basalto. I Congresso Brasileiro de Rochagem. **Embrapa**. 302 p. Brasília, 2009. Disponível em PDF. Consultado em: 13/07/2015

VICTORINO, M.C.; FACHINI, M.; GIANNINI, P.C.F.; SINFRÔNIO, E.A.S; MELO, M.S. Manual de Procedimentos Analíticos. **Instituto de Geociências da USP**. 50 p. São Paulo, 2004. Disponível em PDF. Consultado em: 10/10/2015

MODIFICAÇÕES MINERALÓGICAS EM UM REMINERALIZADOR APLICADO NO SOLO EM CAMPO: RESULTADOS PRELIMINARES

Marina Elias Cury¹; Rafael Cipriano da Silva²; João José Cardinali Ieda³; Antônio Carlos de Azevedo⁴

¹Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, E-mail: marina.cury@usp.br; ²Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, E-mail: ciprianors@usp.br; ³Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, E-mail: joao.ieda@terra.com.br; ⁴Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, E-mail: aazevedo@usp.br

Sumário: Remineralizador é um material de origem mineral que adicionado ao solo é capaz de alterar os índices de fertilidade do mesmo através da adição de macro e micronutrientes para as plantas, sendo permitidos apenas processos de peneiramento e moagem no mesmo. Para entender a ação dos remineralizadores aplicados ao solo é ideal ter compreensão das modificações mineralógicas que ocorrem nos mesmos, nessas condições. O objetivo deste trabalho é mostrar resultados preliminares de modificações mineralógicas de um remineralizador aplicado ao solo, obtidos através de difratometria de raios X da fração silte. Difratogramas da fração silte do solo remineralizado, coletados ao longo de um ano, são apresentados e agrupados em um dendograma. O experimento demonstrou que a diluição na dose de $4 + 15 \text{ Mg ha}^{-1}$ não foi suficiente para obstruir o sinal do remineralizador. Com esse experimento pudemos concluir que a difratometria de raios X foi capaz de identificar os sinais oriundos do remineralizador aplicado ao solo. Após este teste, as amostras serão reprocessadas para obtenção de difratogramas mais precisos e análise das modificações ocorridas.

Palavras-chave: dendograma; difratometria de raios x; fração silte

INTRODUÇÃO

A caracterização das modificações mineralógicas que ocorrem nos remineralizadores quando aplicados ao solo é uma informação importante para entender sua ação. No entanto, a diluição das partículas do remineralizador na matriz do solo dificulta bastante este tipo de investigação. No caso da difratometria de raios X, é necessário que a fase em estudo seja pelo menos 5% da amostra para que seu sinal seja percebido no difratograma (MOORE & REYNOLDS, 1997). Assim, foi instalado um experimento de campo onde uma dose de 4 Mg ha^{-1} foi aplicada no ano anterior e uma sobredose de 15 Mg ha^{-1} do mesmo remineralizador foi aplicada para atingir a relação mínima de 5% para obter-se sinal do material aplicado na difratometria de raios X. Essas duas aplicações compõem o tratamento GEX.

O objetivo deste resumo é apresentar os resultados preliminares sobre as modificações mineralógicas observadas por difratometria de raios X da fração silte de um solo remineralizado. Esta fração foi escolhida por ser a menor classe de tamanho que compõe o remineralizador e, portanto, a mais reativa. Utilizou-se apenas o tratamento GEX porque somente neste tratamento o remineralizador está em concentração suficiente para análise por difratometria de raios X. O foco é a observação das transformações do remineralizador neste tratamento ao longo do tempo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em Pirassununga (21°58'53,6"S;47°22'41,2"W) com a aplicação no solo de um remineralizador (pó de basalto/ diabásio), fornecido pela Mineradora Cavinatto (Limeira-SP). A área experimental (3.600 m²) foi dividida em parcelas de 150 m². A duração do experimento foi de 2 anos e 9 meses, sendo que a cultura principal utilizada no local do experimento foi o milho em plantio direto.

Amostras foram coletadas nas parcelas onde foi aplicado, a lanço, 4 Mg ha⁻¹ de remineralizador em setembro de 2012, e mais 15 Mg ha⁻¹ do remineralizador em dezembro de 2013 (tratamento GEX), e nas parcelas controle (tratamento S), onde não houve aplicação do remineralizador. A contagem de dias foi iniciada a partir da aplicação das 15 Mg ha⁻¹ do remineralizador. Seis coletas de solo remineralizado (GEX) foram realizadas na profundidade de 0-1 cm. A fração silte foi separada por centrifugação de acordo com EMBRAPA (1997), montadas em pó e irradiadas em um Sistema Miniflex II, Difratômetro de Raios X de bancada fabricado pela RIGAKU, usando radiação CuKα (0.1540562 nm), operado a 30kV e 15 mA, com filtro de Ni para supressão de Kβ, e detecção com um cintilador de NaI e janela de Be, no ARGILAB, Laboratório de Mineralogia de Solos do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ-USP.

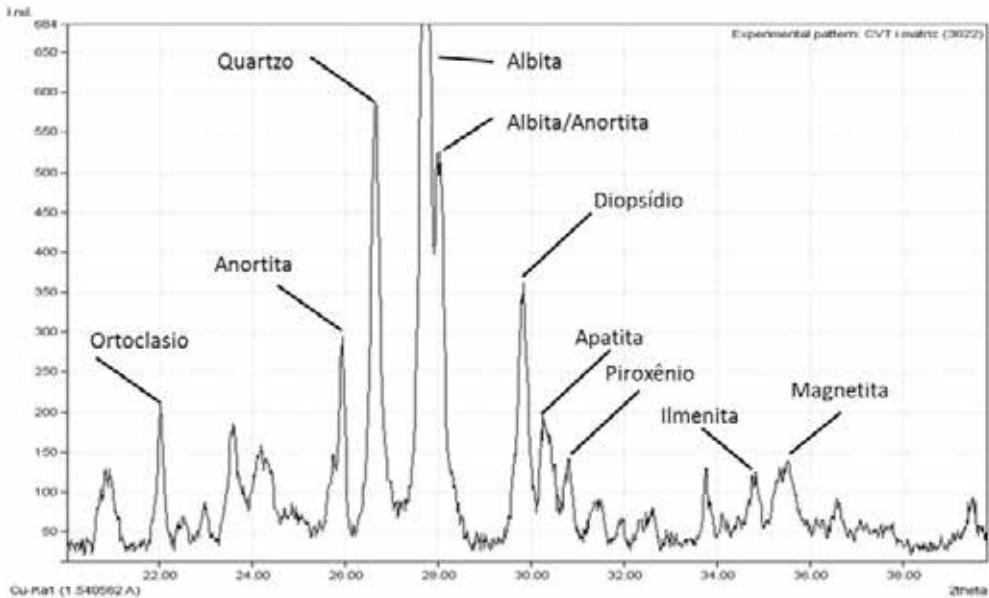
Os resultados foram processados no software Match! V.3 (Crystal Impact, Alemanha) e no PDXL 2 (Rigaku Corporation).

Os procedimentos apresentados aqui se constituem na identificação de amostras com potencial para serem retomadas e submetidas a análises mais detalhadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

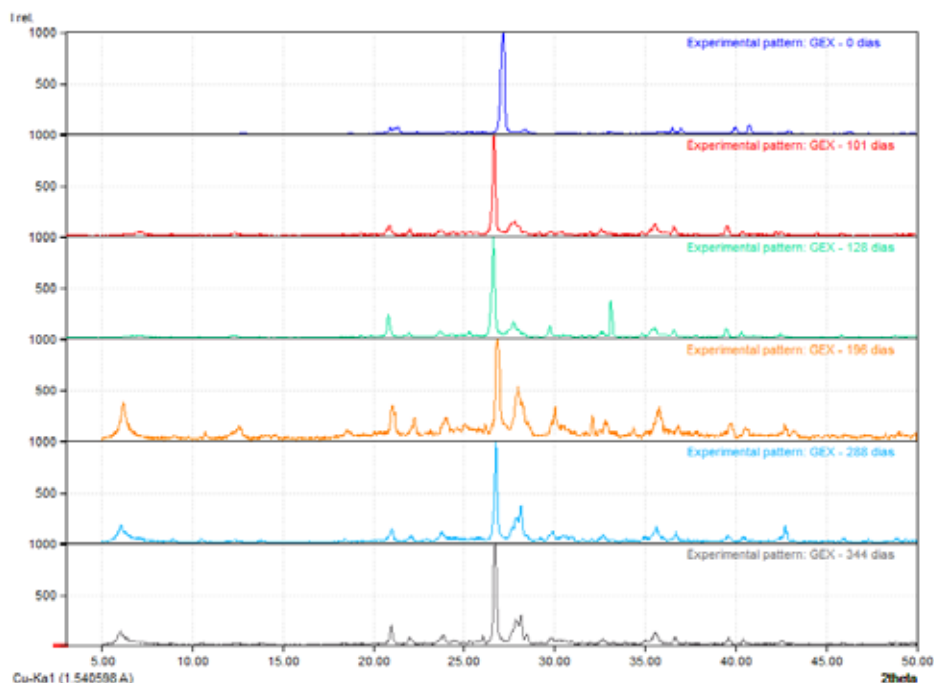
Os principais minerais presentes no remineralizador são mica, ortoclásio, anortita, quartzo, albita, diopsídio, apatita e piroxênio (Figura 1).

Figura 1 – Difratometria de raios x do Remineralizador (pó de basalto/diabásio).



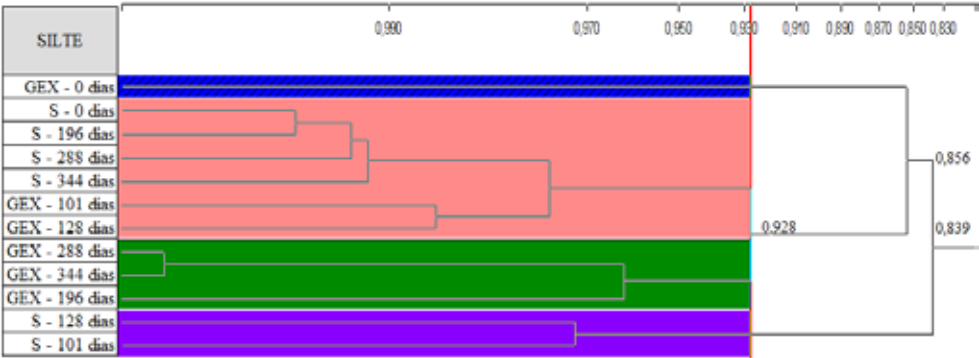
Os difratogramas das amostras do tratamento GEX foram analisados conjuntamente, conforme demonstra a figura 2. Pode-se perceber um alargamento do reflexo da clorita em direção aos ângulos maiores (menores espaçamentos – colapso) a partir dos 196 dias bem como modificações no conjunto de reflexos na região dos feldspatos, entre aproximadamente 26 e 30 graus dois theta.

Figura 2 – Difratogramas da fração silte do tratamento GEX em todos os monitoramentos realizados (tempo crescente de cima para baixo).



A coleta de solo em uma camada tão delgada e superficial torna inevitável que em algumas oportunidades o remineralizador esteja mais concentrado na amostra coletada do que em outras. Além disto, estas amostras não foram irradiadas com o porta-amostra acoplado ao spinner. Portanto, as flutuações de intensidade dos reflexos devem ser avaliadas com grande cautela, ou mesmo desconsideradas. Nesta fase exploratória, os difratogramas gerados foram clusterizados utilizando-se a correlação de Pearson e Speaman. Nesta correlação, quanto mais próximo de 1 for o índice, mais parecidos são os difratogramas. Assim, os 12 difratogramas gerados foram clusterizados em busca de padrões de agrupamentos para redução do número de amostras para a próxima etapa, na qual amostras selecionadas serão analisadas de forma mais detalhada. (Figura 3).

Figura 3 – Dendograma gerado a partir dos difratogramas da fração silte. Tratamento GEX (19 Mg ha⁻¹) e tratamento S (controle).



Serão discutidos apenas os nós com índice de similaridade inferiores a 0,950. O primeiro nó do dendograma ocorreu em 0,839, separando o tratamento S em 101 e 128 dias das demais amostras (região lilás na figura 3). Já no segundo nó (0,856) a amostra do tratamento GEX – 0 dias foi separada das remanescentes, o que é coerente pois esta é referente ao dia da aplicação do remineralizador, e, portanto, encontra-se na condição em que a diferença deveria ser maior (região azul na figura 3). Analisando o terceiro nó (0,928) é possível observar o agrupamento das amostras GEX de 196, 288 e 344 dias, que se separam das demais amostras GEX e S.

Os resultados exploratórios se mostraram promissores para separar GEX de S. Em função disso, as amostras serão novamente irradiadas para validação dos resultados obtidos. Para isso, será utilizado um padrão interno e o trocador de amostras com spinner.

Considerando que as frações argila, silte e areia de amostras de ambos tratamentos em cada monitoramento foram irradiadas, gerando um grande número de DRXs, o dendograma se mostra um método promissor para eleger amostras mais contrastantes para análises mais detalhadas, inclusive por outras técnicas. Os agrupamentos gerados pelo dendograma mostram boa coerência com a natureza e a evolução no intemperismo do remineralizador do solo. Apenas no nó 0,928, menos diferenciado, houve agrupamento de difratogramas do GEX e do controle (região rosa na figura 3).

CONCLUSÕES

A aplicação de 4+15 Mg ha⁻¹ de remineralizador, em superfície, foi suficiente para que sua composição produzisse sinal significativo nos difratogramas de raios X;

É possível que algumas das modificações mineralógicas que ocorreram no período de 1 ano possam ser caracterizadas nas amostras, justificando o reprocessamento das amostras a partir de metodologias mais específicas, a serem realizadas em amostras selecionadas.

Este ensaio também atesta a possibilidade de estudo mineralógico das alterações de remineralizadores em condições de campo, porém em aplicação na superfície e doses relativamente altas.

REFERÊNCIAS

MOORE, D. M., REYNOLDS, R.C. **X-ray Diffraction and Identification and Analysis of Clay Minerals**, 2a. ed. Oxford University Press, Oxford, 1997.

DINÂMICA DE LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES EM COLUNAS DE LIXIVIAÇÃO A PARTIR DE ROCHA VULCÂNICA HIDROTHERMALIZADA, RINCÃO DOS FRANCOS, BAGÉ/RS

Matheus Farias Grecco¹; Adilson L. Bamberg²; Magda Bergmann³; Carlos Augusto Posser Silveira²; Rosane Martinazzo²; João A. Toniolo³; Andrea Sander³; Thais W. Kohler⁴; Victoria S. Mathias⁵

¹Mestrando no Programa de Manejo e Conservação do Solo e da Água, Universidade Federal de Pelotas – MACSA – UFPEL, grecco.eg@hotmail.com; ²Embrapa Clima Temperado, adilson.bamberg@embrapa.com.br, augusto.posser@embrapa.br, rosane.martinazzo@embrapa.br; ³Serviço Geológico do Brasil-CPRM, magda.bergmann@cprm.gov.br, joao.toniolo@cprm.gov.br, andrea.sander@cprm.gov.br; ⁴Graduanda em Tecnologia em Gestão Ambiental, UFPEL, thaiskohler@hotmail.com.br; ⁵Graduanda em Engenharia Química, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense – IFSUL, victoriarmathias@hotmail.com.

Resumo: As rochas silicáticas moídas estão sendo avaliadas para utilização como remineralizadores de solos no Brasil. Com doses corretamente dimensionadas, as rochas moídas podem remineralizar os solos, suprimindo totalmente ou parte das demandas nutricionais das plantas. O objetivo desse trabalho foi analisar a litoquímica e a petrografia do basalto hidrotermalizado Rincão dos Francos (BHRF), Bagé/RS, contrastando com resultados preliminares de pH, condutividade elétrica e liberação de nutrientes Ca, Mg e K em ensaios conduzidos com colunas de lixiviação. O arranjo experimental foi composto por 2 tratamentos (T1 = Testemunha Padrão - Solo Natural, T2 = BHRF) e 3 repetições, sendo utilizados dois tipos de solo, Planossolo e Nitossolo e a dose de rocha moída aplicada foi equivalente a 10 t ha⁻¹. Em lâmina delgada, a BHRF apresenta textura porfirítica com fenocristais de grão médio a fino (inferiores a 4,0 mm), intensamente argilizados (sericita), mergulhados em matriz microcristalina rica em cristálitos de plagioclásio fortemente oxidada. Na litoquímica destaca-se o alto teor de K₂O para basaltos, 8,53% e de CaO, 11,51% e baixo para MgO, 0,22%. Em análises dos lixiviados, a liberação dos nutrientes Ca, Mg e K foi aquém do esperado, ficando próximo aos valores da T1. O alto teor de K₂O na rocha se deve ao processo de sericitização, porém esse argilomineral é conhecido pela baixa liberação de K de sua estrutura. Pelos aspectos litoquímicos, petrográficos e de colunas de lixiviação, o BHRF não apresentou características para fornecimento rápido de K, como por exemplo no cultivo de hortaliças. Porém, há a necessidade de experimentos com plantas em cultivos sucessivos, em casa de vegetação e em condições de campo, para confirmar os resultados das colunas de lixiviação e também para atestar a viabilidade de uso agrícola dessa litologia.

Palavras-chave: colunas de lixiviação; remineralização de solos; rocha vulcânica hidrotermalizada

INTRODUÇÃO

Rochas silicáticas moídas estão sendo avaliadas para a utilização como remineralizadores de solos no Brasil. Os fatores que favorecem essa prática são a crescente demanda da agricultura por fertilizantes alternativos e a viabilidade econômica devido ao seu baixo custo de beneficia-

mento. Com doses corretamente dimensionadas, as rochas moídas podem suprir totalmente ou parte das demandas para a correção do solo ou nutrição de bases de uma cultura, atuando principalmente como fornecedoras de macronutrientes secundários, de micronutrientes e como corretivos de acidez do solo (BAMBERG et al., 2011). Entretanto, a maioria das rochas moídas empregadas como remineralizadores no país carecem de estudos quanto à sua dinâmica de liberação de nutrientes para o solo e a sua disponibilidade às plantas.

Entre os diversos tipos de rochas que podem ser utilizadas na remineralização de solos, as rochas vulcânicas mostram um potencial destacado (KNAPICK, 2007). Os principais fatores favoráveis para o uso desse tipo de rocha como remineralizadores são o seu caráter básico, a sua textura afanítica e o baixo teor de sílica livre. Almeida & Silva (2009) comprovaram a eficiência de uma rocha basáltica como remineralizador de solos em experimento com a cultura do milho. Além disso, os mesmos autores destacam os custos de produção, em torno de 89% menores em relação a uma adubação convencional solúvel.

A composição química, mineralógica e textural das rochas variam muito. Cada mineral possui uma dinâmica de liberação de nutrientes, respondendo de maneira diferente aos processos intempéricos quando aplicado no solo. Por isso, faz-se necessária a caracterização petrográfica e química das rochas, além de experimentos de avaliação da eficiência agrônômica para comprovar a liberação de nutrientes.

O objetivo desse trabalho foi analisar a litoquímica e a petrografia de uma rocha vulcânica hidrotermalizada, Bagé, RS, contrastando com resultados de pH, condutividade elétrica e liberação de nutrientes Ca, Mg e K em experimento conduzido com colunas de lixiviação.

MATERIAL E MÉTODOS

A amostra do basalto hidrotermalizado foi coletada na localidade de Rincão dos Francos (BHRF), Bagé/RS. Foi amostrada uma rocha representativa do local da sua ocorrência em afloramento e sem alteração aparente por intemperismo. A petrografia foi realizada na CPRM-Porto Alegre e a litoquímica no laboratório ACME. O experimento em colunas de lixiviação foi implantado em abril de 2016 na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. Foram coletados, destorroados e passados em peneira de 4 mm de abertura de malha dois tipos bem distintos de solo (camada de 0-20 cm) para o experimento: um Planossolo Háplico, coletado no município de Capão do Leão, RS e um Nitossolo Vermelho, coletado no município de Sertão, RS.

Os tratamentos são: T1= BHRF e T2= Solo Natural. A amostra BHRF foi cominuída para que 100% das partículas tivessem diâmetro $<0,3$ mm (ABNT 50), sendo aplicado nas colunas uma dose equivalente de $10.000 \text{ kg ha}^{-1}$. A amostra de BHRF foi homogeneizada com o solo, sendo a mistura uniformemente disposta nas colunas de lixiviação. O arranjo experimental foi composto por 2 tratamentos, 2 tipos de solos e 3 repetições, perfazendo 12 unidades experimentais. As colunas de lixiviação foram confeccionadas com tubos de PVC de 10 cm de diâmetro e 30 cm de altura.

Para simular o efeito da água das chuvas que promovem a solubilização dos nutrientes liberados pelas rochas, optou-se por aplicar de forma gradual na parte superior das colunas de lixiviação o volume de 300 mL de água destilada uma vez por semana, coletando-se então a

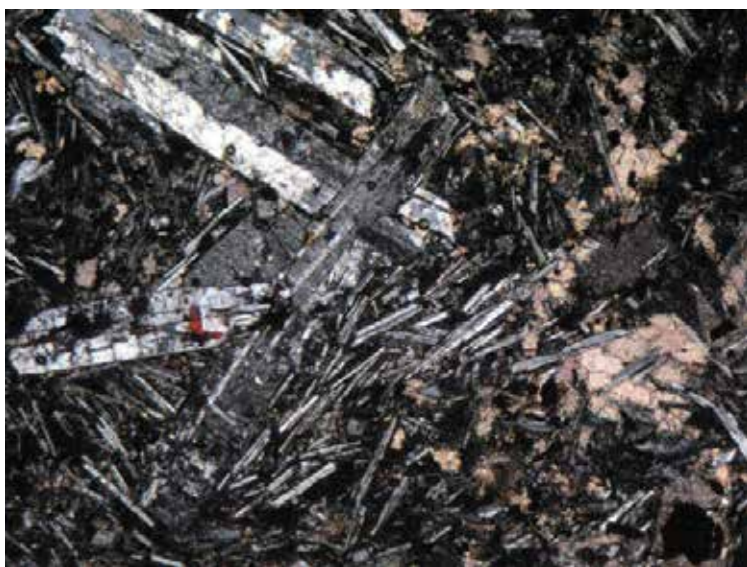
solução percolada. Essa quantidade de água aplicada equivale a aproximadamente 5 vezes a quantidade de água percolada no mesmo período em um solo de drenagem livre e sem vegetação na superfície. Portanto, esse experimento visa simular o processo de lixiviação que com um fator de aceleração de 5 vezes, resultando em 13 meses em condições normais de lixiviação em campo.

As soluções percoladas foram coletadas e acondicionadas em frascos de polipropileno (tubo tipo Falcon), sendo o pH e a condutividade elétrica imediatamente mensurados. Em seguida as amostras foram acidificadas com HNO_3 até pH inferior a 2. A preservação e as análises seguiram a metodologia proposta no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1992). Os elementos Ca, Mg foram determinados diretamente por espectrometria de absorção atômica (Varian AA240 Duo) e o K foi determinado pelo fotômetro de chama (Micronal B462).

RESULTADOS

Em lâmina delgada, a rocha apresenta textura porfírica com fenocristais de grão médio a fino (inferiores a 4,0 mm), intensamente argilizados (sericita), mergulhados em matriz microcristalina rica em cristálitos de plagioclásio fortemente oxidada. Estão presentes amígdalas complexas, de formas intersticiais, muitas vezes interligadas, preenchidas por sílica microcristalina e fragmentos da própria rocha, porém, em algumas cavidades há a possibilidade de ocorrerem sedimentos muito finos e imaturos (Figura 1).

Figura 1 – Petrografia da BHRE, a sericitização é observada nas manchas cinza-amareladas acima dos plagioclásios.



Na litoquímica destaca-se o alto teor de K_2O para basaltos, 8,53%. O CaO é de 11,51% e MgO é baixo com 0,22%, os outros teores são apresentados na Tabela 1

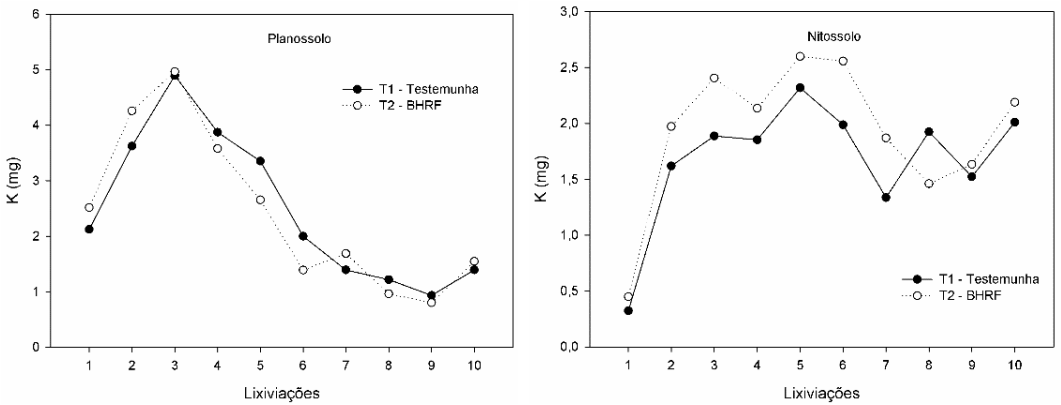
Tabela 1 – Composição litoquímica com os óxidos maiores do basalto hidrotermalizado.

Óxidos (%)											Total
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI*	
41,68	1,75	13,05	11,05	0,12	0,22	11,52	0,21	8,53	0,94	9,7	99,64

*Loss on ignition

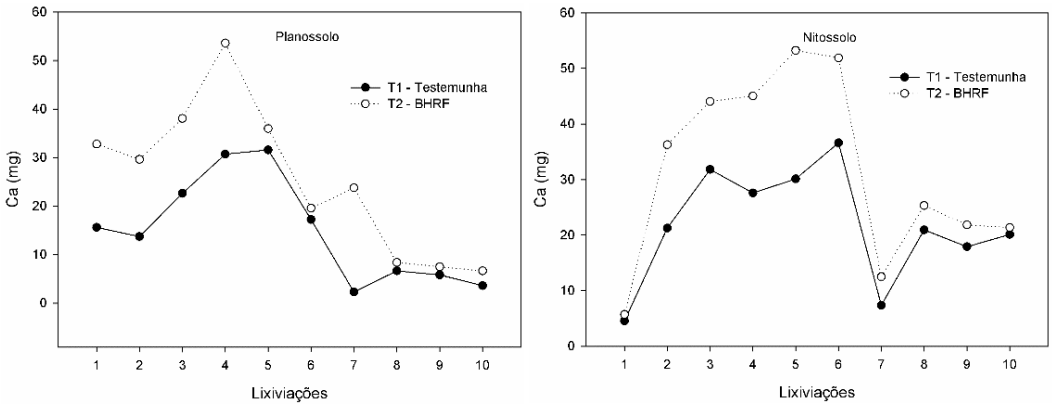
A Figura 2 apresenta os gráficos com a liberação de potássio para o Planossolo e Nitossolo. A liberação de K foi cerca de duas vezes maior no Planossolo do que no Nitossolo. No Planossolo o T2 teve um comportamento próximo ao T1.

Figura 2 – Liberação do nutriente K para Planossolo e Nitossolo.



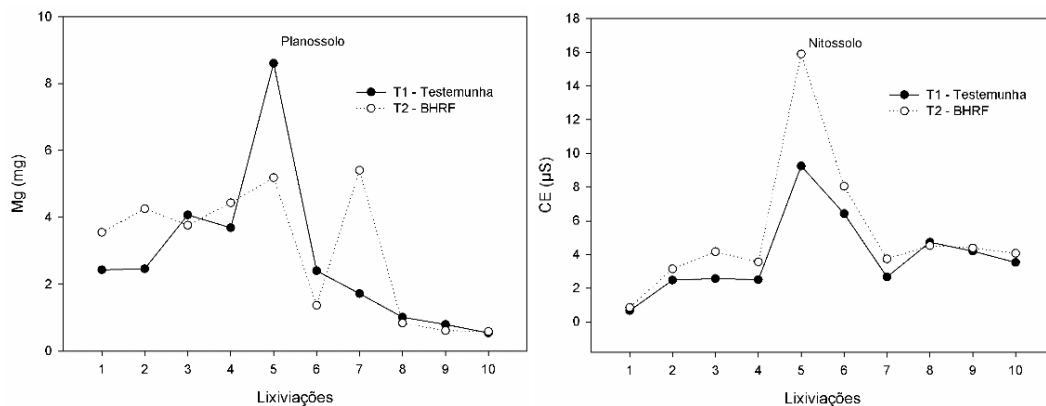
A Figura 3 mostra que a BHRF (T2) liberou mais Ca que a Testemunha (T1) em ambos os solos. Para o Planossolo os maiores teores liberados foram entre a 3ª e 5ª lixiviação, para o Nitossolo os maiores teores liberados foram entre a 2ª e a 6ª (Figura 3).

Figura 3 – Liberação do nutriente Ca para o Planossolo e para o Nitossolo.



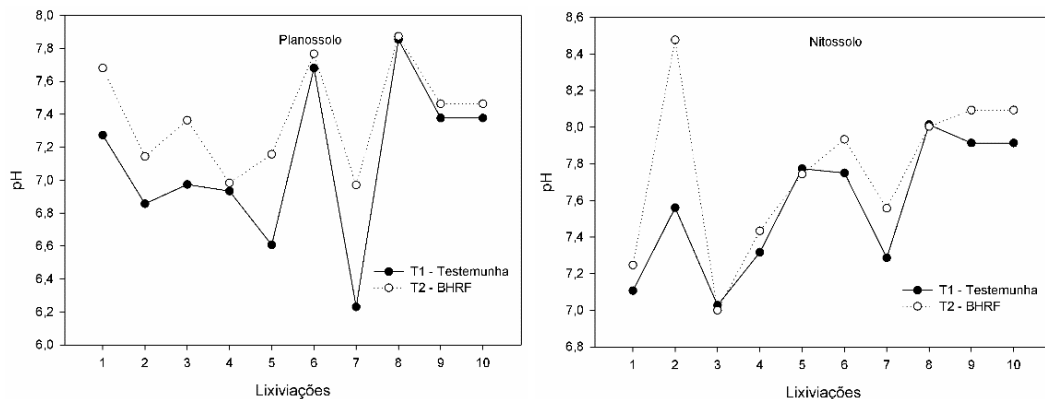
Para o Mg a liberação do nutriente foi baixa, sendo superior no Nitossolo. Em algumas lixiviações a liberação do nutriente no Planossolo no T1 foi superior ao T2 (Figura 4).

Figura 4 – Liberação do nutriente Mg para o Planossolo e para o Nitossolo.



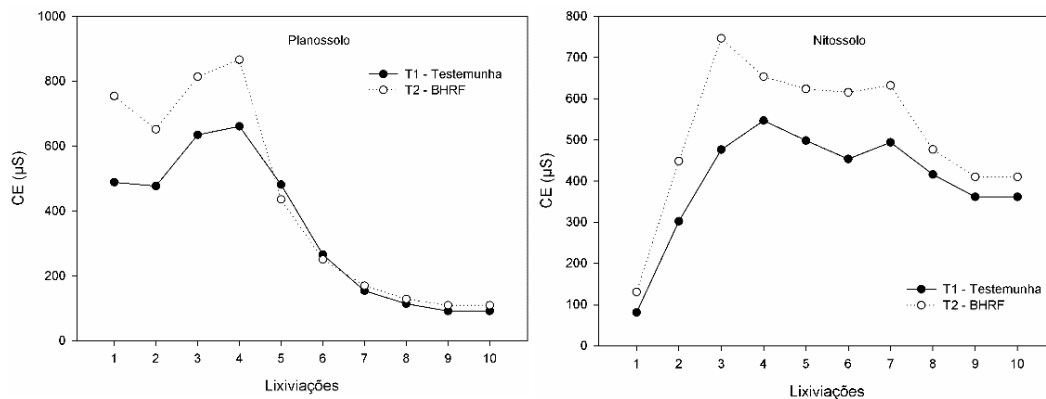
O pH teve apresentações valores entre 6 e 8,4. No Nitossolo observa-se uma leve tendência de aumento no pH.

Figura 5 – Valores de pH para o Planossolo e para o Nitossolo.



A condutividade hidráulica teve um comportamento diferente entre os solos. O Planossolo mostra um decréscimo a partir da 5ª coleta. O Nitossolo o T2 apresentou valores maiores que o T1 (Figura 6).

Figura 6 – Valores de CE (mS/cm) para o Planossolo e para o Nitossolo.



DISCUSSÃO

A argilização com sericita é responsável pelo o alto teor de K_2O para rochas básicas. Entretanto, esse argilomineral é conhecido pela baixa liberação de K de sua estrutura. Isso foi observado pela baixa liberação do nutriente K nas 10 lixiviações. O Ca é proveniente dos plagioclásios, esses minerais estão mais suscetíveis ao intemperismo, liberando o nutriente Ca em ambos os solos.

CONCLUSÕES

Pelos aspectos litoquímicos, petrográficos e de colunas de lixiviação, o BHRRF não apresentou uma liberação potencial para fornecimento de K às plantas e, conseqüentemente, à remineralização de solos a curto prazo. Porém, há a necessidade de experimentos com plantas em cultivos sucessivos, em casa de vegetação e em condições de campo, para atestar a viabilidade ou não de uso agrícola dessa litologia.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. & SILVA, F.J.P.S. Transição Agroecológica De Sistemas Produtivos Familiares No Sul Do Paraná E Planalto Norte Catarinense – O Relato da Experiência Com o Pó de Basalto. In: **I Congresso Brasileiro de Rochagem**, 2009, Brasília. Anais I Congresso Brasileiro de Rochagem. Brasília: Fundação Sonia Ivar. v. 1. p. 167-181. 2009.

BAMBERG, A. L.; SILVEIRA, C. A. P.; POTES, M. L.; PILLON C.N; LOUZADA, R. M; CAMPOS A. D. S. Dinâmica de Liberação de Nutrientes Disponibilizados por Rochas Moídas em Colunas de Lixiviação. 2011. In: **Anais XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Uberlândia, MG.

KNAPIK, J. G.; ANGELO, A. C. Crescimento de mudas de *Prunus sellowii* Koehne em resposta a adubações com NPK e pó de basalto. **Floresta**, v. 37, n. 2, p. 257-264, 2007.

CARACTERIZAÇÃO E DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES DAS FRAÇÕES MINERAIS MESOCRÁTICA E LEUCOCRÁTICA DE GRANITÓIDES DA REGIÃO DE MONTE BONITO, PELOTAS, RS

Matheus Farias Grecco¹; Adilson L. Bamberg²; Magda Bergmann³; Carlos Augusto Posser Silveira²; Rosane Martinazzo²; L. F. S. Pinto³; Victoria S. Mathias⁴;

¹Mestrando no Programa de Manejo e Conservação do Solo e da Água, Universidade Federal de Pelotas – MACSA – UFPEL, grecco.eg@hotmail.com; ²Embrapa Clima Temperado, adilson.bamberg@embrapa.com.br, augusto.posser@embrapa.br, rosane.martinazzo@embrapa.br; ³Serviço Geológico do Brasil-CPRM, magda.bergmann@cprm.gov.br; ⁴Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – FAEM - UFPEL, lfspin@uol.com.br; ⁴Graduanda em Engenharia Química, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense – IFSUL, victoriathamias@hotmail.com

Resumo: O Brasil importa a maior parte dos insumos que utiliza na produção agrícola. Uma opção seria a utilização de fontes alternativas de nutrientes, como coprodutos de processos agroindustriais e da mineração. O objetivo do trabalho foi propiciar a caracterização química e petrográfica das frações leucocrática e mesocrática do granitoide lavrado na Pedreira Silveira, comparando-as com os resultados obtidos em experimento com plantas conduzido em casa de vegetação. As análises químicas de rocha total foram realizadas no laboratório ACME e os testes em casa de vegetação na CPACT-ETB. Os tratamentos para o experimento agrônômico com a cultura do milho foram: T1: Controle + Ureia; T2: FrL + Fosfato Natural de Arad + Ureia; T3: FrM + Ureia; T4: Testemunha Padrão, Cloreto de Potássio + Fosfato Natural de Arad + Ureia. A granulometria das frações é de 100% < 0,3 mm. No experimento foi empregado um Planossolo Háplico, coletado na CPACT-ETB. Ao microscópio notou-se que a porcentagem de minerais máficos na FrM é 22% e o teor de quartzo foi reduzido para 24%. O teor de K₂O na FrL é 5,89%, enquanto que na FrM é 2,85%. O teor maior na FrL deve-se principalmente à maior concentração de feldspato potássico. Na FrM, os teores de MgO (2,32%), CaO (4,31%) e P₂O₅ (0,31%) foram superiores à FrL (MgO 0,07%, CaO 1,25% e P₂O₅ 0,04%). No que se refere à liberação de nutrientes, a FrM forneceu potássio para plantas de milho, apresentando produção de potássio na parte aérea em quantidades significativamente superiores à FrL. A maior liberação de potássio no T3 (FrM) em relação à T2 (FrL), embora tendo um teor menor de K₂O, atribui-se à fácil liberação de potássio a partir da biotita, enquanto que na FrL predomina feldspato potássico, tectossilicato muito resistente ao intemperismo. A seletora mecanizada SANMAK BS- 24 DG propicia a concentração de minerais máficos e redução de quartzo nos finos de britagem avaliados. A concentração de minerais máficos dos finos da Pedreira Silveira proporciona liberação significativa de nutrientes às plantas, sendo seu desempenho próximo a T4 (Testemunha Padrão) para potássio.

Palavras-chave: remineralização de solos; granitoides; composição mineralógica; fracionamento mineral

INTRODUÇÃO

O Brasil importa a maior parte dos insumos que utiliza na produção agrícola. Atualmente cerca de 60% das matérias-primas usadas na fabricação de fertilizantes fosfatados e nitrogenados e mais de 90% do potássio (ANDA, 2015) provém de outros países. Essa situação resulta em uma dependência externa do país, desfavorecendo a segurança econômica, os custos de produção e a balança comercial brasileira (Resende, 2006).

Uma opção seria a utilização de fontes alternativas de nutrientes, como coprodutos de processos agroindustriais e da mineração. Alguns grupos de pesquisa no país já comprovaram a eficiência de algumas litologias como remineralizadores de solos (Theodoro et al., 2006). Entretanto, as rochas ígneas plutônicas não são tidas como fornecedoras de nutrientes prontamente disponíveis. Isso se dá pela maioria desses litotipos possuírem minerais bem formados, o que lhes confere resistência maior ao intemperismo do que, por exemplo, as vulcânicas. Essa característica afeta a velocidade de liberação de nutrientes que geralmente é de longo prazo. Outro fator é o elevado teor de quartzo (> 30%). Por ser um mineral resistido atua como material inerte no solo.

Em avaliações da eficiência agrônômica realizadas na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado (CPACT-ETB) - Pelotas/RS, utilizando como fonte de nutrientes os finos de britagem (100% < 0,3mm) provenientes dos granitóides da Pedreira Silveira, Pelotas/RS, verificou-se a disponibilização de nutrientes (Bamberg et al., 2011).

Com a finalidade de promover maior liberação de macronutrientes (K, Mg e Ca) e reduzir a quantidade de quartzo, foi realizada separação mineral dos finos de britagem da Pedreira Silveira em duas frações, fração leucocrática (FrL) e fração mesocrática (FrM), com emprego de seletora mecânica ativada por luz monocromática. O objetivo do trabalho foi propiciar a caracterização química e petrográfica das frações leucocrática e mesocrática do granitóide lavrado na Pedreira Silveira, comparando-as com os resultados obtidos em experimento com plantas conduzido em casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

A Pedreira Silveira situa-se no distrito do Monte Bonito- Pelotas/RS, com coordenadas UTM 0362722mE e 6499037mS. São extraídas rochas para a comercialização de brita, paralelepípedos e pedras brutas. A rocha predominante na pedreira é um monzogranito, apresenta enclaves dioríticos e veios aplíticos e granitos pegmatitos.

Para o presente estudo foram coletados cerca de 60 kg de finos de britagem. Esse material é representativo da frente de lavra da pedreira no momento da coleta. A distinção entre as frações foi realizada com uma seletora mecânica ativada por luz monocromática, SANMAK BS- 24 DG, convencionalmente utilizada para separação de grãos de arroz não viáveis para a alimentação humana. A seleção entre as frações com granulometria 100% < 6 mm foi realizada com base na diferença na reflexão de luz monocromática emitida sobre partículas da rocha, separando-a nas cores escuras (catado) e claras (resíduo).

As frações resultantes do processo de seleção foram laminadas para a análise mineralógica no laboratório de petrografia do Serviço Geológico do Brasil - CPRM-PA, sendo

realizada a contagem modal, sendo mensurados os seguintes minerais: quartzo, K-feldspato, plagioclásio e minerais máficos (biotita, anfibólio e piroxênio). Ambas as frações foram analisadas quimicamente. A litoquímica foi realizada no ACME Analytical Laboratories Ltd, Vancouver, Canadá.

Os testes de desempenho agrônômico foram realizados em casa de vegetação, na Embrapa Clima Temperado (CPACT), Estação Experimental Terras Baixas (ETB) no município do Capão do Leão-RS. O experimento foi instalado com três repetições, sendo a parcela experimental constituída de cinco vasos de 25 kg de solo. O solo utilizado foi um Planossolo Háplico Eutrófico arênico (PHe), coletado na ETB. Após a coleta o solo foi destorroado, passado em peneira de 4 mm de abertura de malha.

Dessa forma, os tratamentos para o experimento foram: T1: Controle: Calagem + FNA + Ureia; T2: Calagem + FrL + FNA + Ureia; T3: Calagem + FrM + FNA+ Ureia; T4: Fertilização convencional: Calagem + KCl + FNA + Ureia. As doses para os tratamentos foram calculadas como base na análise química do solo (Tab. 1) e na recomendação de adubação e calagem segundo CQFSRS/SC(2004) para a cultura do milho e para uma produtividade estimada de 8 t ha⁻¹ de grãos de milho (Tab. 2).

Tabela 1 – Teores iniciais de macro e micronutrientes do planossolo utilizados no presente estudo.

Tipo de solo	pH	Índice SMP	Argila (%)	MO (%)	P mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	Na mg dm ⁻³	H+Al (cmol _c dm ⁻³)	Al (cmol _c dm ⁻³)	Ca (cmol _c dm ⁻³)	Mg (cmol _c dm ⁻³)	Saturação (%)		CTC (cmol _c dm ⁻³)	
												Al	Bases	Efetiva	pH 7
PHe	5,0	6,7	13	0,7	32,2	51	7	2	0,1	1,3	0,5	5	49	2	3,9

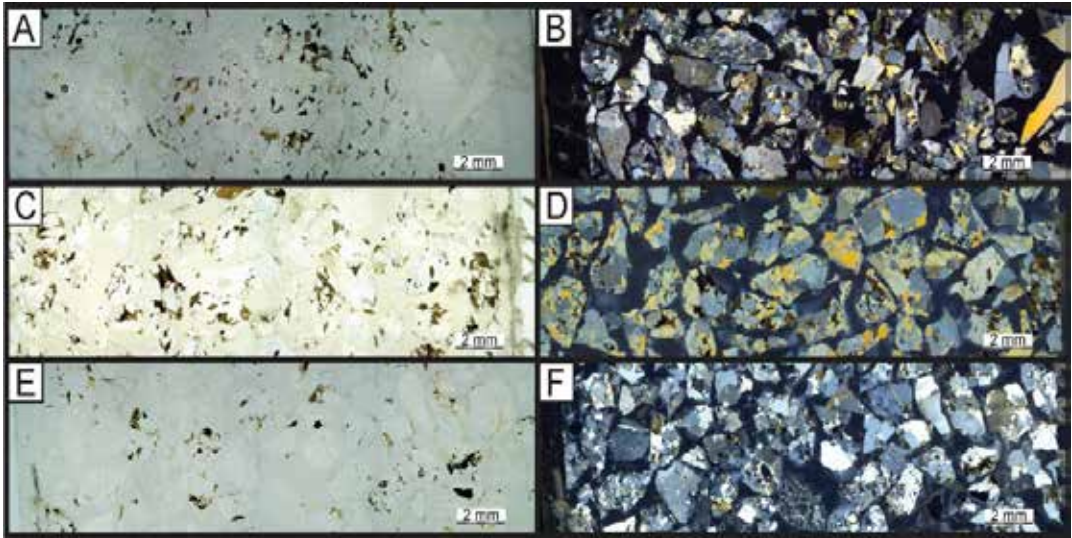
Tabela 2 – Doses e fontes de N, P₂O₅ e K₂O aplicados em cada tratamento a partir de diferentes fontes.

Recomendação de adubação e calagem segundo CQFS RS/SC (2004)										
Tipo de solo	Recomendação de calagem para pH 6 (t ha ⁻¹)	Doses e fontes de N (kg ha ⁻¹)		Interpretação, doses e fontes de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)			Interpretação, doses e fontes de K ₂ O (kg ha ⁻¹)			
	Cálcio dolomítico, PRNT 100%	Dose de N	Ureia	Interpretação de teor no solo	Dose de P ₂ O ₅	Fosfato natural de Arad	Interpretação de teor no solo	Dose de K ₂ O	Cloreto de potássio	Frações Pedreira Silveira
PHe	0,3	140	311,11	Alto	105	375	Baixo	110	183,33	8000

RESULTADOS

As rochas da Pedreira Silveira são granitóides. Sendo os principais minerais quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e máficos (biotita e anfibólio). Como pode ser observado nas lâminas delgadas (Figura 1).

Figura 1 – Lâminas delgadas com aumento de 7,5 x. A- FrE – Luz polarizada não analisada. B – FrE Luz polarizada analisada. C. FrM Luz polarizada não analisada. D. FrM Luz polarizada analisada. E. FrL Luz polarizada não analisada. F. FrL Luz polarizada analisada.



A Tabela 3 apresenta as proporções dos minerais. A fração entrada (FrE) apresenta um predomínio de quartzo, com 42%. A porcentagem de minerais máficos na FrM é de 22% e de quartzo 24%. Na FrL, existe um predomínio de quartzo (43%) e feldspato potássico (41%).

Tabela 3 – Proporções dos principais minerais nas frações analisadas.

Minerais	FrE		FrM		FrL	
	%	σ	%	σ	%	σ
Qz	42	0,8	24	1,3	43	0,6
Kfs	19	1,1	20	0,4	41	0,4
Pl	25	0,5	35	1,2	12	0,7
Mf	14	0,6	22	1,1	4	0,4

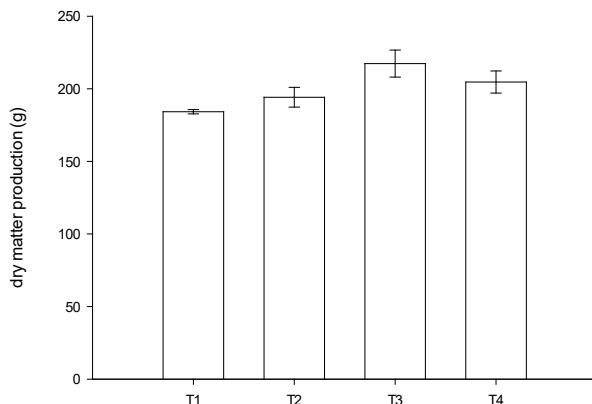
Na Tabela. 4 estão contidas a litoquímica das frações. O teor de K₂O na FrL é 5,89%, enquanto que na FrM é 2,85%. Na FrM, os teores de MgO (2,32%), CaO (4,31%) e P₂O₅(0,31%) foram superiores à FrL (MgO 0,07%, CaO 1,25% e P₂O₅ 0,04%).

Tabela 4 -Elementos maiores(%) do material original e das frações do granitóide da Pedreira Silveira.

Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	LOI
FrE	68,34	15,56	3,30	1,01	3,11	3,51	3,54	0,44	0,14	0,06	0,048	0,7
FrM	60,84	16,55	7,11	2,32	4,31	3,58	2,85	1,02	0,31	0,13	0,034	0,7
FrL	73,82	14,56	0,60	0,07	1,25	2,97	5,89	0,04	0,04	0,01	0,052	0,6

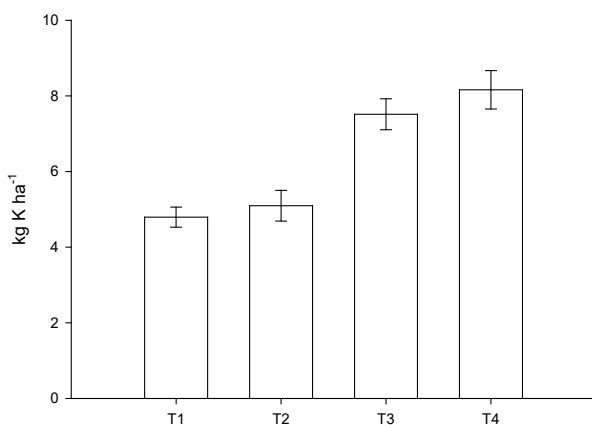
Para a produção de matéria seca o T3 (FrM) teve um desempenho superior em relação aos outros tratamentos (Figura 2).

Figura 2 – Produção de matéria seca da parte aérea de plantas de milho (g).



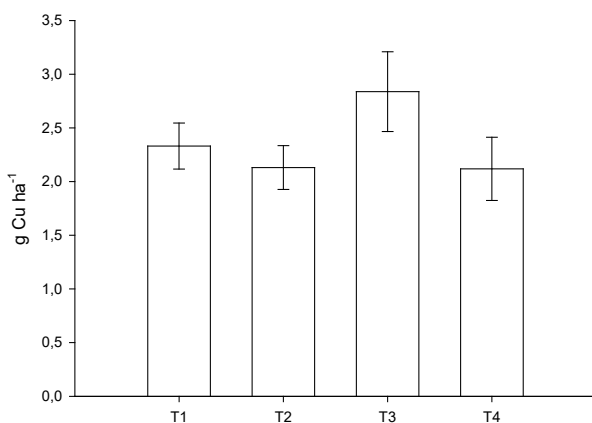
O T3 (FrM) teve uma produção superior de K, em relação a T1 e T2 e inferior a T4.

Figura 3 – Produção de K na parte aérea de plantas de milho.

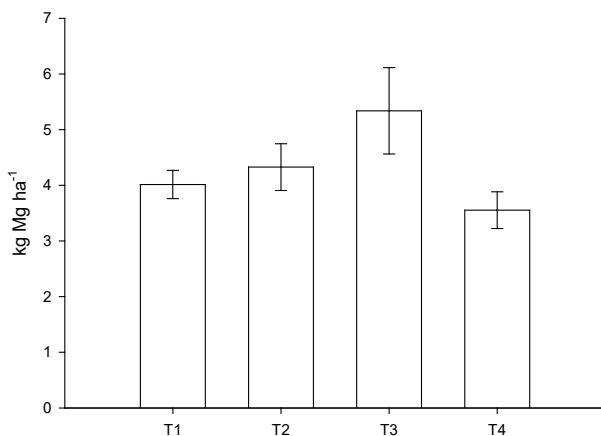


Para a Ca o T3 apresentou a maior produção (Figura 4).

Figura 4 – Produção de Ca na parte aérea de plantas de milho.



Para Mg o T3 apresentou o melhor desempenho. Observa-se que para Mg o tratamento convencional (T4) apresentou um desempenho inferior aos outros tratamentos.

Figura 5 – Produção de Mg na parte aérea de plantas de milho.

DISCUSSÃO

A distribuição dos minerais em lâminas delgadas mostra que a FrM teve um incremento de 8% de minerais máficos em relação a FrE, e o teor de quartzo reduziu em 20%. Já a FrL teve um aumento de 22% e o teor de quartzo mante-se na mesma proporção. Com isso a seletora mecanizada SANMAK BS- 24 DG, auxiliou na concentração de minerais máficos e redução de quartzo na FrM.

Na litoquímica observa-se que o teor de K é maior na FrL. Isso se deve principalmente à maior concentração de feldspato potássico nessa fração (41%). Na FrM o teor de Ca é maior do que nas outras frações, isso se deve a maior concentração de plagioclásio.

Os resultados de ensaios agrônômicos podem ser entendidos com base na mineralogia das frações. Para a FrM, a biotita libera K e Mg, a hornblenda libera Mg e as microvenulações de carbonato, internas em grãos de ortoclásio, além dos plagioclásios, liberam Ca. A FrE é rica em quartzo (SiO_2) que no solo é praticamente inerte, e em feldspato potássico que é um mineral resitado, levando muito tempo para se intemperizar.

CONCLUSÕES

A seletora mecanizada SANMAK BS- 24 DG propicia a concentração de minerais máficos e redução de quartzo nos finos de britagem avaliados.

A concentração de minerais máficos dos finos da Pedreira Silveira proporciona liberação significativa de nutrientes às plantas, sendo seu desempenho próximo a T4 (Testemunha Padrão) para potássio.

REFERÊNCIAS

ANDA, 2016. <http://anda.org.br/>. Acesso em 10 de agosto de 2016.

BAMBERG, A.L., SILVEIRA, C.A.P., POTES, M.L., PILLON, C.N., LOUZADA, R.M., CAMPOS, A.A. 2011. Dinâmica de liberação de nutrientes disponibilizados por diferentes tipos de rochas em colu-

nas de lixiviação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011. In: Anais... Uberlândia, MG.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O.; ROCHA, E. L.; REGO, K. G. Experiências de uso de rochas silicáticas como fonte de nutrientes. **Rev. Espaço & Geografia**, V.9,n. 2, p. 263-292. 2006.

TEMA 4 - INTERAÇÃO MINERAL - PLANTAS - MICRO-ORGANISMOS

PALESTRAS



ROCHAS FOSFATADAS E POTÁSSICAS COM MICRO-ORGANISMOS E MATÉRIA ORGÂNICA

Newton P. Stamford

Engenheiro Agrônomo, Professor do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE - newton.stamford@ufrpe.br

INTRODUÇÃO

Em função do acelerado aumento populacional, que vem sendo observado nos últimos anos, também se verifica a necessidade da demanda de produtos agrícolas que representam as grandes mudanças necessárias para atender a máxima produtividade das culturas, e que incluem a adoção de novas técnicas (Silva et al., 2012).

Para promover aumento na produtividade das culturas é importante a utilização de insumos modernos como: fertilizantes, corretivos, e defensivos agrícolas (Oliveira et al., 2015). Todavia, além de atender o aspecto econômico e de produtividade, é necessário que o insumo atenda outros aspectos de grande importância como a conservação da biodiversidade e a manutenção da fertilidade do solo para uma agricultura sustentável, sem causar prejuízo ao ambiente (Sinha et al., 2011). Neste contexto a aplicação de novas fontes alternativas de fertilizantes é necessária, especialmente para países como o Brasil, que é quase totalmente dependente da importação destes insumos (Roberts, 2004).

O fósforo é reconhecido como um dos principais nutrientes para a fertilização, e em solos tropicais é o mais limitante na produtividade para a maioria das culturas. Normalmente as quantidades de P aplicadas na adubação representam apenas 10 a 20% do que é extraído e exigido pelas plantas, o que mostra a baixa eficiência dos fertilizantes fosfatados atualmente utilizados.

O aumento do fósforo solúvel no solo normalmente é obtido através da aplicação de fertilizantes solúveis, ou de matéria orgânica com razoável teor de P. A adição de P ao solo é convencionalmente realizada com aplicação de fertilizantes minerais solúveis normalmente produzidos com adição de ácidos fortes, principalmente ácido sulfúrico e fosfórico (superfosfatos simples e triplo) e bem como fosfatos de amônio (MAP e DAP).

Reações enzimáticas realizadas no solo por alguns micro-organismos são consideradas úteis para avaliar o potencial da solubilização de nutrientes no solo, sendo normalmente utilizadas para avaliação da disponibilização do fósforo no solo. No estudo da solubilização de P no solo também é interessante discutir o papel desenvolvido pelos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) tendo em vista que estes micro-organismos são capazes de tornar disponível para as plantas, diversas formas de P que estão presentes no solo em forma menos disponíveis (Smith e Smith, 2012).

Para obter significativo aumento no processo de fixação biológica do N_2 (FBN) vários fatores precisam ser avaliados, sendo o primeiro a seleção de bactérias efetivas e também a escolha de materiais orgânicos que sejam fonte de carbono de fácil utilização para as bactérias selecionadas. Atualmente o nosso grupo de pesquisa conta com seis bactérias diazotróficas de vida

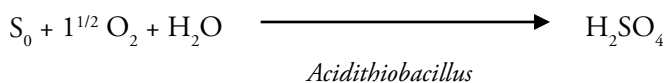
livre que realizam efetivo enriquecimento de N pelo processo da FBN, utilizando materiais que favorecem o aumento do N fixado, como resíduo de sorvete, resíduo de bebidas e resíduos de cana de açúcar (Stamford et al., 2008).

É importante observar a possibilidade de uso de fungos da Ordem Mucorales que possuem quitina e quitosana na parede celular e este biopolímero tem características de induzir resistência de plantas a patógenos. Estes são exemplos de processos realizados por micro-organismos que não podem ser desconsiderados quando se deseja realizar uma agricultura sustentável, com base no controle ambiental e na produtividade.

BREVE HISTÓRICO DAS PESQUISAS COM ROCHAS

No Nordeste, as pesquisas para produção de fertilizantes de rochas moídas, com atuação de micro-organismos, foram iniciadas em 1965, através de um amplo projeto financiado pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), sob a coordenação do Professor Augusto Chaves Baptista. O projeto tinha o objetivo de aumentar a disponibilidade de nutrientes usando a adição de coquetéis de fungos, todavia, de acordo com o relatório final do projeto, não foram obtidos resultados promissores na solubilização de fósforo e potássio das rochas (IMUFPE, 1966).

Os fertilizantes obtidos de rochas, aqui denominados de biofertilizantes de rochas, da mesma forma que os fertilizantes químicos solúveis, são obtidos a partir de rochas com P (apatitas) e de rochas com K (biotitas, feldspatos, micas e sienitos, entre outras), após a reação realizada por bactérias oxidantes do enxofre, que por ação enzimática são capazes de produzir ácido sulfúrico (El Tarabily et al. 2006). A liberação dos elementos contidos nas rochas é, portanto, realizada pela atuação do ácido sulfúrico metabolicamente produzido pelas bactérias oxidantes do enxofre, como as do gênero *Acidithiobacillus*, que atua no enxofre elementar em mistura com rochas moídas, de acordo com seguinte reação enzimática:



As espécies do gênero *Acidithiobacillus* compreendem principalmente: *A. thiooxidans*, *A. thioparus*, *A. ferrooxidans*, *A. denitrificans* e *A. albertensis*. Este gênero caracteriza-se por ser obrigatoriamente aeróbico e acidofílico, com pH ótimo menor que 4,0, e temperatura ótima entre 30 e 35 °C, e, atualmente, as espécies mais usadas na produção de biofertilizantes de rochas são *A. thiooxidans* e *A. ferrooxidans* (Stamford et al., 2007), sendo que esta última pode atuar em condições anaeróbicas, na presença de ferro oxidado, que é reduzido pelo *A. ferrooxidans* e o S oxidado a sulfato.

A produção de biofertilizantes fosfatados usando a bactéria *Acidithiobacillus* pode promover a disponibilidade de nutrientes de rochas fosfatadas (Stamford et al., 2003, 2004, 2007), com liberação de fósforo e cálcio; e de rochas potássicas (Stamford et al. 2006, 2007), utilizando biotita xisto moída, produzida por uma empresa mineradora no município de Santa Luzia, na Paraíba, que disponibiliza potássio e magnésio. Atualmente está sendo avaliada a produção de biofertilizante da rocha potássica Relinktum, cedida pela empresa Verde Fertilizante, de

Minas Gerais, que contém 8 % de K_2O total. O produto passa também a apresentar enxofre como sulfato ($S-SO_4^{-2}$) proveniente da reação metabólica com oxidação do S elementar, sendo esta a forma absorvida pelas plantas.

PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTES DE ROCHAS COM ACIDITHIOBACILLUS

Para a fabricação dos fertilizantes fosfatados solúveis são usadas rochas moídas (principalmente apatitas), e alguns trabalhos mostram que as rochas fosfatadas reativas (FRs) moídas, podem ser usadas como fonte de fósforo, entretanto, quando usadas como única fonte de fósforo apresentam baixa eficiência e não são capazes de manter níveis adequados de P solúvel para o desenvolvimento adequado das plantas (Sousa e Lobato, 2003, Stamford et al. 2008).

Os primeiros trabalhos para a produção de biofertilizantes na Universidade Federal Rural de Pernambuco (Núcleo de Fixação Biológica do N_2 nos Trópicos – NFBNT), a partir de rochas, com a adição de enxofre elementar inoculado com a bactéria oxidante do enxofre (*Acidithiobacillus*), foram realizados com as rochas fosfatadas: apatita de Gafsa - Tunísia, apatita de Daoui – Marrocos, e apatita de Irecê – Bahia (Brasil), e todas mostram excelentes resultados.

Inicialmente, foram conduzidos ensaios em laboratório utilizando placas de Petri (condição estéril), e a seguir, em bandejas de plástico, sem esterilização. Os resultados obtidos nos ensaios em placas de Petri (30, 45 e 60 dias) e em bandeja (60 dias) para a produção de biofertilizante fosfatado (apatita de Gafsa) encontram-se na Tabela 1

Tabela 1 – Resultados de pH e P disponível nos ensaios em placas de Petri e em bandejas para os biofertilizantes a partir de rocha fosfatada (apatita de Gafsa), e do superfosfato triplo (6 repetições).

Fontes de P	Períodos de incubação em Placas de Petri			Em bandejas	
	30 dias	45 dias	60 dias	60 dias	
	P disponível - Mehlich 1 (%)			pH	
Fosfato de Gafsa	1,9bA	1,9bA	2,0bA	1,1c	5,4a
Biofertilizante ₂₀₀ (FN+S)	-	-	-	1,6c	5,2a
Biofertilizante ₅₀ (FN+S*)	6,5aA	7,6aA	7,7aA	4,7b	4,2b
Biofertilizante ₁₀₀ (FN+S*)	6,1aA	6,5aA	6,5aA	5,5ab	4,1b
Biofertilizante ₁₅₀ (FN+S*)	5,8aB	5,8aB	7,7aA	6,0a	4,1b
Biofertilizante ₂₀₀ (FN+S*)	6,1aA	6,5aA	7,0aA	6,1a	4,1b
Superfosfato triplo (SFT)	-	-	-	6,0a	5,0b
C.V. (%)	8,93			7,56	6,78

(FN+S*) = fosfato natural mais S inoculado com *Acidithiobacillus*. (FN+S) = fosfato natural mais S sem *Acidithiobacillus*. ⁽²⁾ Valores seguidos por letras diferentes são diferentes significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$).

Em função dos resultados satisfatórios obtidos em experimentos realizados em casa de vegetação, usando os biofertilizantes produzidos em bandejas, foi iniciada a produção de biofertilizantes em condições de campo, a partir de rocha fosfatada (apatita de Irecê, BA) contendo 24% de P total, e de rocha potássica (biotita de Santa Luzia, PB), com 10% de K total.

Para a produção de biofertilizantes em escala piloto foi usado o sistema em leiras (10m de comprimento, 1m de largura e profundidade de 0,5m). O *Acidithiobacillus* foi adicionado diluindo-se 1L de meio (10^8 UFC) em 10 L de água esterilizada, e pulverizando-se cada camada de rocha e enxofre usando irrigador manual (Figura 1).

Figura 1 – Produção de biofertilizante em condições de campo



O revestimento com lona preta tem importância para evitar a arraste (percolação) de materiais solúveis, após a inoculação com *Acidithiobacillus*, para evitar problema com excesso de umidade pela precipitação, e também porque no escuro ocorre maior atividade da bactéria na produção de ácido sulfúrico pelo processo metabólico microbiano.

Os biofertilizantes de rochas após a inoculação (na fase final de produção) apresentam reação bastante ácida (pH 3,0 – 3,5) e portanto podem ser especialmente utilizados em solos com pH elevado, como demonstrado por Stamford et al., 2008, 2011 e 2013). Para os demais solos os biofertilizantes de rochas devem ser preferencialmente usados em mistura com húmus de minhoca ou com outros materiais orgânicos com pH elevado, visando o controle da reação ácida do produto final. Pode ser usada matéria orgânica para adição de N, entretanto, os materiais orgânicos em geral não apresentam teor suficiente para promover adequada produtividade na maioria das culturas econômicas (Carvalho e Zabot, 2012).

RESULTADOS COM BIOFERTILIZANTES DE ROCHAS (CASA DE VEGETAÇÃO)

Os primeiros experimentos com os biofertilizantes produzidos em laboratório foram avaliados com leguminosas (jacatupé, caupi, leucena e sabiá), com adição de N a partir da inoculação com estirpes de efetividade comprovada em cada espécie, tendo em vista que os biofertilizantes de rochas não apresentam N para o desenvolvimento normal das plantas. Os experimentos foram realizados em casa de vegetação, com solos da Zona da Mata e solos da região semiárida de Pernambuco, da Bahia e do Ceará. Os resultados obtidos mostraram o efeito da aplicação de biofertilizante, especialmente com aplicação de doses mais elevadas (100 e 150% da dose recomendada).

O efeito dos tratamentos no pH e no P disponível evidenciaram a produção de ácido sulfúrico pela atuação da bactéria oxidante do enxofre, tendo em vista que o pH foi reduzido de 7,2 (fosfato natural sem enxofre) para pH abaixo de 4,0 nos tratamentos com rocha e adição

de enxofre inoculado com *Acidithiobacillus*. Também foi observado o efeito do biofertilizante com rocha potássica (biotita de Santa Luzia-PB).

Em seguida foram realizados experimentos com várias culturas econômicas (alface, cana de açúcar, melão, pimentão, uva) com aplicação de biofertilizante de rochas fosfatada e potássica, sendo suplementada com matéria orgânica para atuação no controle do pH e para ceder N para as plantas. A matéria orgânica utilizada foi o húmus de minhoca em função de ter pH elevado (em torno de 7,0) e ter N suficiente para manter o desenvolvimento normal das culturas, além de este material ser utilizado, normalmente, na agricultura orgânica e sustentável.

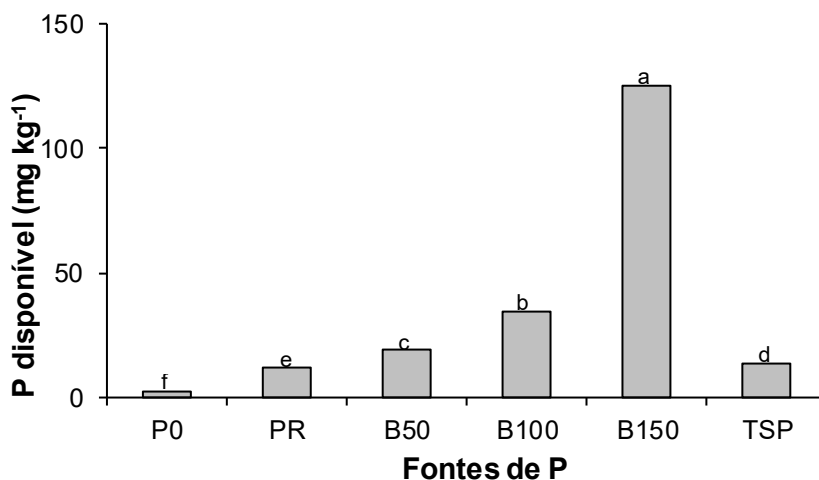
BIOFERTILIZANTE DE ROCHAS EM MISTURA COM MATÉRIA ORGÂNICA

Resíduos orgânicos como restos culturais, torta de mamona, resíduos da agroindústria e das indústrias de bebidas, entre outros, também podem ser utilizados para adição de nutrientes, mas necessitam aplicação de quantidades elevadas, tendo em vista que, normalmente mostram baixa concentração de NPK.

Pesquisas realizadas no Brasil mostram que micro-organismos específicos podem liberar elementos contidos nas rochas e em resíduos agrícolas, e estes micro-organismos são capazes de disponibilizar quantidades suficientes de nutrientes para desenvolvimento e produtividade das plantas.

Foram realizados experimentos em campo com aplicação de biofertilizantes de rochas com P e K, em mistura com matéria orgânica em diferentes solos da Zona da Mata de Pernambuco, comparando a eficiência agrônômica de biofertilizantes com fertilizantes NPK solúveis, como alternativa econômica. Em seguida são apresentados os resultados para as diferentes culturas e em vários solos de Pernambuco, Bahia e Ceará (Figura 2).

Figura 2 – Efeito das fontes de fósforo no P disponível no solo com jacatupé (*Pachyrrhizus erosus*) em solo de tabuleiro costeiro de Pernambuco.



Ocorre redução no pH do solo e aumento do P disponível quando aplicados os biofertilizantes B₁₅₀ e B₂₀₀ com *Acidithiobacillus*. De uma maneira geral ficou evidenciado que os biofertilizantes com rocha e enxofre inoculado com *Acidithiobacillus* podem ser usados como alternativa em substituição a fertilizantes solúveis em solos com baixo P disponível.

Com caupi realizou-se experimento na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária IPA, em solo de tabuleiro da Zona da Mata de Pernambuco, município de Goiana, com baixo teor de P e K disponível, cultivando caupi inoculado e sem inoculação com rizóbio. Foram usados biofertilizantes produzidos em campo, a partir de rocha fosfatada (apatita) e potássica (biotita) com adição de enxofre inoculado com *Acidithiobacillus* (*Ac*).

Verificou-se incremento da produtividade do feijão caupi, e redução no pH do solo e aumento no P e K disponível, especialmente quando usados os biofertilizantes com rochas fosfatadas e com rochas potássicas, nos níveis mais elevados (Tabela 2).

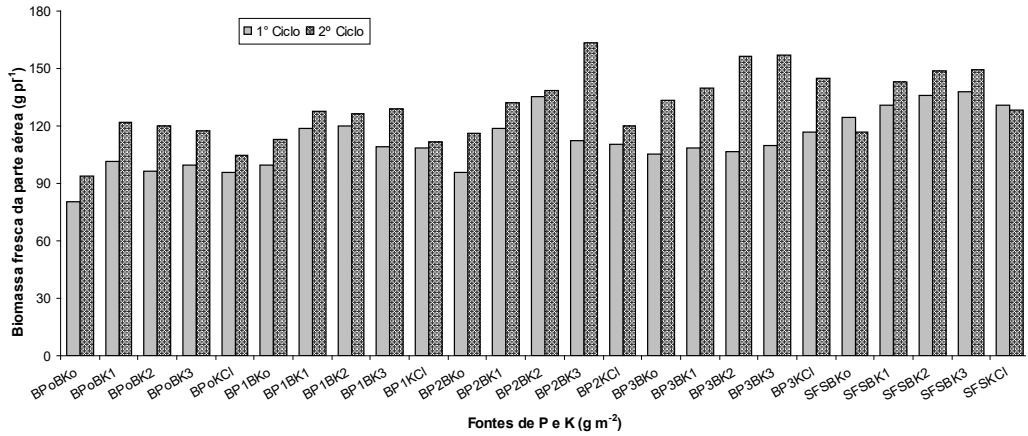
Tabela 2 – pH e P disponível no solo, em função dos tratamentos com P e K.

Tratamentos ⁽¹⁾	KCl	BK ₁	BK ₂	BK ₃	BK ₀	Biotita (RB ₆₀₀)
pH solo						-
Sem adição de P (BP ₀)	6,4	5,9	5,3	4,7	5,0	-
Biofertilizante BP ₁₀₀	5,0	5,1	4,5	4,2	-	-
Biofertilizante BP ₂₀₀	5,1	4,5	4,1	3,9	-	-
Superfosfato triplo	5,3	4,9	4,8	4,5	-	-
Apatita (RA ₃₀₀)	-	-	-	-	-	5,4
P disponível no solo (mg kg ⁻¹)						-
Sem adição de P (BP ₀)	2,8	3,3	5,2	5,8	3,25	-
Biofertilizante BP ₁₀₀	19,2	24,3	17,5	24,0	-	-
Biofertilizante BP ₂₀₀	21,0	13,7	19,5	19,8	-	-
Superfosfato triplo	15,3	16,8	15,0	15,7	-	-
Apatita (RA ₃₀₀)	-	-	-	-	-	13,5

⁽¹⁾ Biofertilizante com BK₁₀₀, BK₂₀₀, BK₃₀₀ (100, 200 e 300 kg ha⁻¹); RB₆₀₀ (600 kg ha⁻¹) e KCl nível recomendado (120 kg ha⁻¹); biofertilizante BP₁₀₀ e BP₂₀₀ (100 e 200 kg ha⁻¹); RA₃₀₀ (300 kg ha⁻¹) e SFT (superfosfato triplo) nível recomendado (100 kg ha⁻¹).

Em seguida são apresentados alguns resultados obtidos com biofertilizante de rochas em mistura com matéria orgânica, nos experimentos com cana-de-açúcar, alface, melão e uva. A figura 3 evidencia o efeito residual na alface no Cariri Cearense.

Figura 3 – Biomassa fresca da alface, em função da aplicação de tratamentos com P e K (biofertilizantes, fertilizantes minerais solúveis, rochas com P e com K e o controle sem aplicação de P e K).



BIOFERTILIZANTE MISTO – BNPK

O Núcleo de Fixação Biológica do Nitrogênio nos Trópicos NFBNT/UFRPE vem realizando pesquisas visando a produção de biofertilizantes mistos (BNPK), produzidos a partir de biofertilizantes de rochas fosfatadas e potássicas em mistura com materiais orgânicos de nova geração (resíduos que não promovem prejuízos ao ambiente) como: húmus de minhoca, enriquecido com N através da inoculação com bactérias diazotróficas de vida livre selecionadas para eficiente FBN (Figura 4A e 4B).

Figura 4A – N total com atuação dos diferentes isolados de bactérias diazotróficas após 0, 15, 30 e 45 dias de incubação. Letras minúsculas comparam o efeito dos isolados em cada período; letras maiúsculas comparam os efeitos de cada isolado bacteriano nos diferentes períodos de incubação.

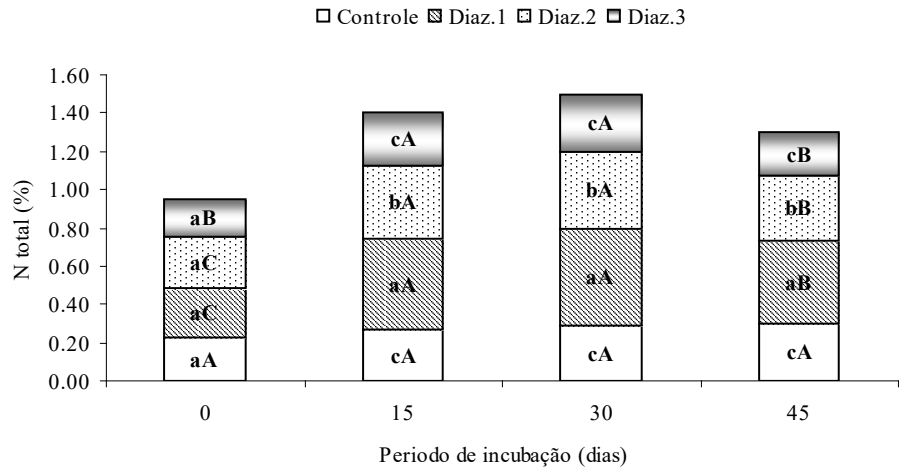
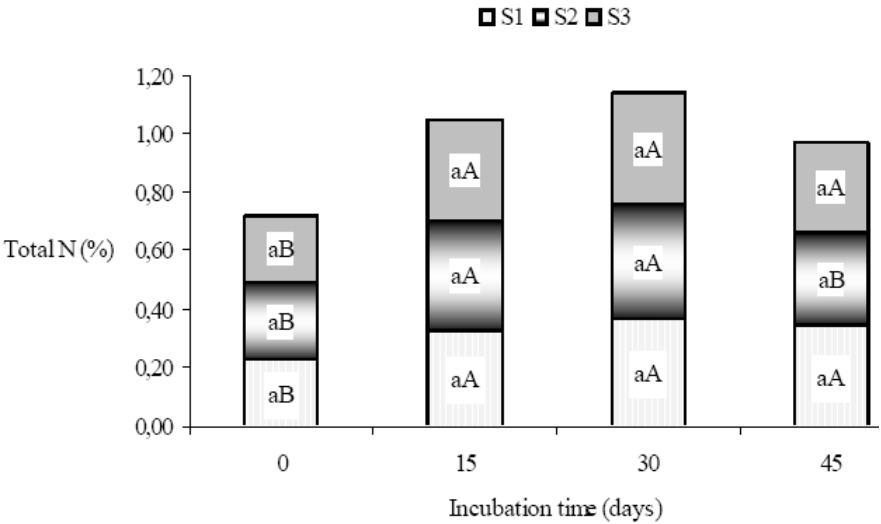
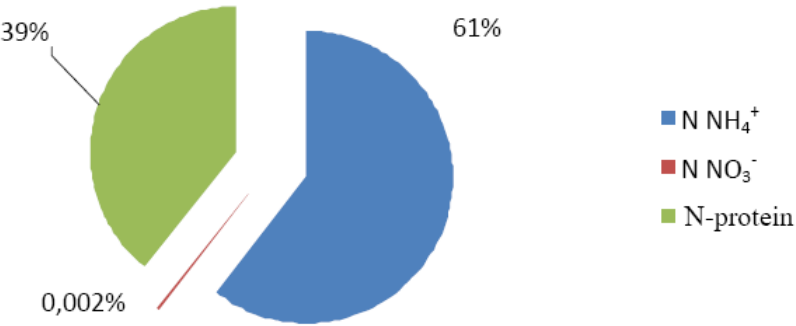


Figura 4B – N Total em diferentes substratos, aos 0, 15, 30 e 45 dias de incubação, com os 3 isolados de diazotróficas de vida livre (média dos 3 isolados). Letras minúsculas comparam os efeitos dos substratos em cada tempo de incubação, e maiúsculas comparam os efeitos de cada substrato nos tempos de incubação. Médias com as mesmas letras não são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$).



Com a realização destes trabalhos serão beneficiadas não apenas as leguminosas, mas também outras culturas de importância econômica como: alface, cana-de-açúcar, feijão, melão, pimentão, e na fruticultura irrigada, em especial a banana, maracujá e uva. Assim, a equipe do NFBNT espera estar contribuindo para o avanço da produtividade agrícola, promovendo economia com a utilização de fertilizantes naturais e sem agressão ao ambiente. Os resultados mostram que pode haver aumento superior a 100% no N contido na matéria orgânica. Estes biofertilizantes introduzem os nutrientes P e Ca solubilizados da rocha fosfatada, K e Mg liberados da biotita e S- solúvel ($S-SO_4^{-2}$) produzido metabolicamente pela reação promovida pela bactéria oxidante do enxofre elementar, além de outro nutrientes contidos em menor quantidade na matéria orgânica. O aumento em N é derivado do processo da fixação biológica, como comprova a Figura 2.

Figura 5 – Formas de N ($N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$ e N-proteico) no biofertilizante misto (BNPK) produzido de rochas em mistura com húmus de minhoca inoculado com bactéria diazotrófica de vida livre selecionada no NFBNT/UFRPE.



PRODUÇÃO DE BIOPROTETOR COM QUITOSANA (PNPK)

Foram observados resultados positivos e significativos da aplicação do biofertilizante misto (NPKB) na uva na Vinícola Botticelli em dois cultivos consecutivos (Figura 6), e no melão cultivado na estação experimental da Embrapa na região semiárida de Pernambuco (Figura 7).

Figura 6 – Produtividade da uva (*Vitis labrusca*) no vale do São Francisco fertilizada com biofertilizante, bioprotetor, fertilizante solúvel e o controle com húmus de minhoca.

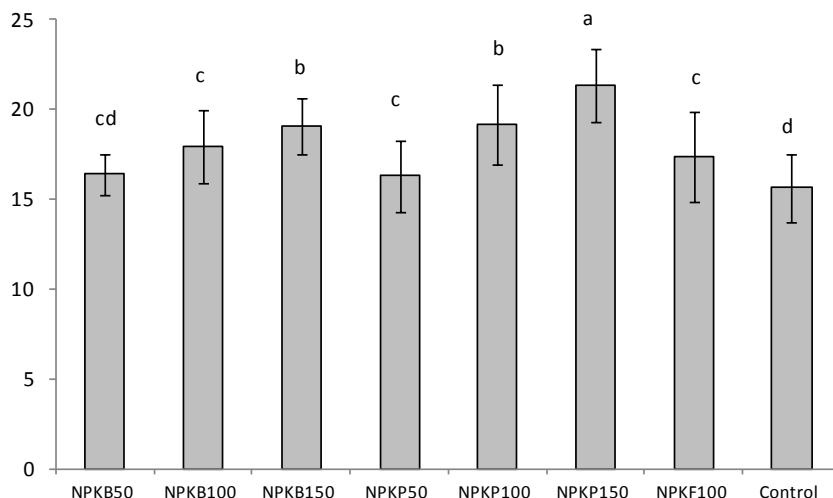
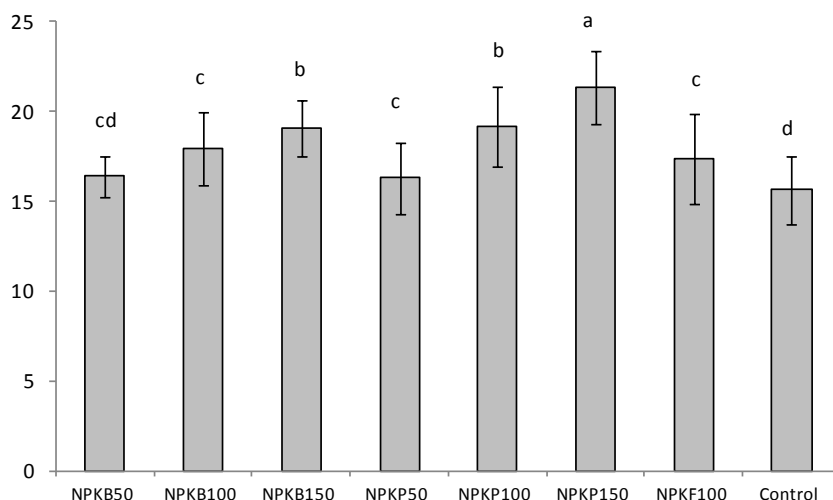
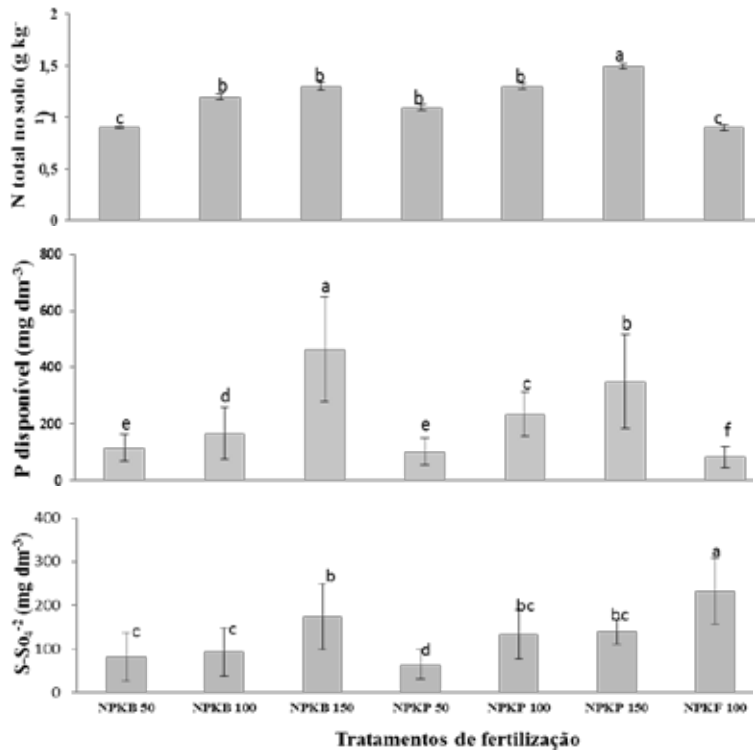


Figura 7 – Produtividade do melão com aplicação de biofertilizante (NPKB) e de Protetor (NPKP) comparando com a fertilização mineral e o controle com adição de húmus de minhoca (2,4 L planta⁻¹).



Na Zona da Mata de Pernambuco, em solo com pimentão foi evidenciado o efeito do biofertilizante misto (BNPK) e do bioprotetor (PNPK) em alguns atributos do solo (N total, P e SO_4^{-2}), comparando com o fertilizante mineral solúvel (Superfosfato simples e cloreto de potássio) e o controle com adição de húmus de minhoca (Figura 8).

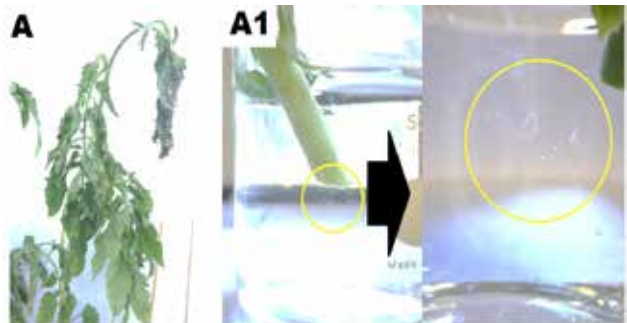
Figura 8 – N total, P disponível e SO_4^{2-} solúvel em solo da Zona da Mata de Pernambuco cultivado com pimentão com diferentes doses de biofertilizante, fertilizante mineral e húmus de minhoca.



EFEITO DO BIOPROTETOR NA PROTEÇÃO CONTRA DOENÇAS

Na Figura 9 está evidenciado o efeito da bactéria patogênica *Ralstonia solanacearum* no tomate fertilizado com NPK solúvel, enquanto as plantas com bioprotetor não mostraram sintomas da doença.

Figura 9 – (A) Plantas de tomate: mostrando o efeito da aplicação de FNPK na dose recomendada (DR) quando inoculada com *R. solanacearum*. (A1) exsudato na planta evidenciado o sintoma pelo teste de tecido (base do caule).



Comprovado o potencial da produção de biofertilizante misto, foi verificada a possibilidade de obtenção de biofertilizante contendo quitosana, biopolímero que possui a propriedade de incrementar a disponibilidade de alguns nutrientes, principalmente N e P, e promover

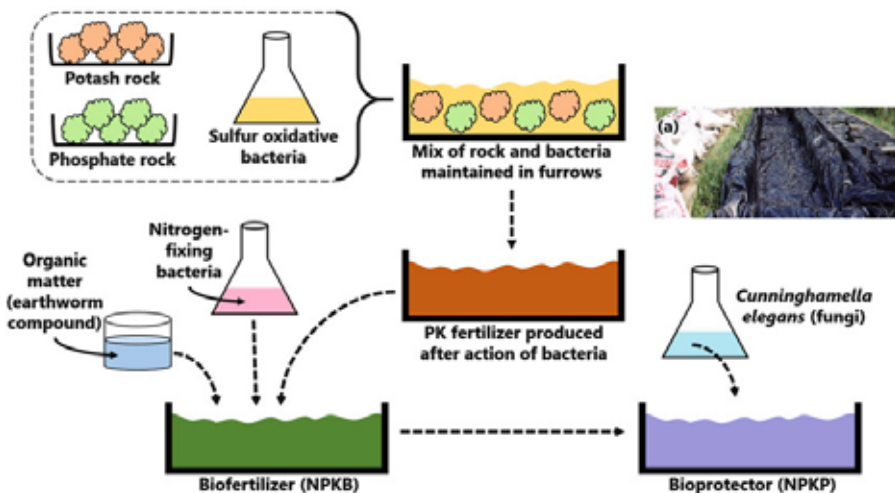
resistência das plantas a patógenos. Assim, adicionou-se ao produto o fungo *Cunninghamella elegans* (Ordem Mucorales), que possui quitina e quitosana na sua parede celular, e que também incrementa a formação de polifosfato inorgânico (Franco et al. 2011). Assim, está sendo realizada a produção de biofertilizante, aqui denominado de bioprotetor (PNPK), contendo quitosana que incrementa N e P, e também tem potencial para atuar na resistência das plantas a fitopatógenos (Hernández-Lauzardo et al. 2008).

PATENTES DA UFRPE

A Universidade Federal Rural de Pernambuco já tem no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual, as patentes dos biofertilizantes: 1) de rocha fosfatada em cobertura com enxofre inoculado com *Acidithiobacillus* (Número do registro: PI 09034463. Data de depósito: 24/08/2009. Número do depósito PCT: 337. Data de depósito PCT: 24/08/2009), 2) do biofertilizante de rocha potássica (Número do registro: PI1104734. Data de depósito: 23/08/2011. Número do depósito PCT: 11047348. Data de depósito PCT: 23/08/2011), 3) do biofertilizante misto (Número do registro: PI11059508. Data de depósito: 27/12/2011. Número do depósito PCT: 19110000348. Data de depósito PCT: 27/12/2011), 4) do bioprotetor (Número do registro: BR1030130030430. Data de depósito: 07/02/2013. Número do depósito PCT: 19130000035. Data de depósito PCT: 07/02/2013). Na UFPE: 1) Patente das nanopartículas (Número do registro: BR10201400017569. Data de depósito: 24/01/2014. Número do depósito PCT: 19140000023. Data de depósito PCT: 24/01/2014).

Em linhas gerais segue o esquema de produção dos biofertilizantes a partir de rochas com P e K mais S inoculado com *Acidithiobacillus* do biofertilizante misto com matéria orgânica por inoculação com bactérias diazotróficas, e do bioprotetor com o fungo da Ordem Mucorales que possui quitosana na parede celular.

Figura 9 – Esquema da produção dos biofertilizantes de rochas com P e K, do biofertilizante misto com MO inoculada com diazotrófica (BNPK) e do bioprotetor com adição do fungo *C. elegans* com quitosana na parede celular (PNPK). Reproduzido do Capítulo de livro “Beneficial Microorganisms: Current Challenge to Increase Crop Performance”. Autores: Márcia do Vale Barreto Figueiredo, Aurenivia Bonifácio, Artenisa Cerqueira Rodrigues, Fabio Fernando de Araújo e Newton Pereira Stamford.



CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a matéria orgânica pode ser enriquecida em N com uso de resíduo de sorvete, inoculado com a bactéria diazotrófica *Beijerinckia indica* (NFB 10001), em mistura com biofertilizante de rochas fosfatada e potássica mais enxofre elementar inoculado com *Acidithiobacillus* que promove aumento superior a 100% no N total do produto, com 28 a 30 dias de incubação. Com a adição de fungo com quitosana na parede celular o produto apresenta potencial para induzir resistência da planta a fitopatógenos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Todos os processos e mecanismos apresentados são potencialmente aplicáveis para uso em condições de campo, objetivando a melhoria quantitativa e qualitativa da produção agrícola, e sua efetiva participação como insumo biológico favorecendo aumento na produtividade. A utilização de micro-organismos na agricultura depende do conhecimento sobre sua diversidade, mecanismos de interação bactéria-planta e da habilidade de manter, manipular e modificar populações benéficas, em condições de campo.

A microbiologia do solo e, em sua plenitude, a biotecnologia aplicada na agricultura e no ambiente, são fatores da maior importância e representam função e papel estratégico na construção de modelos alternativos de produção agrícola, abrindo condições para aumento significativo de linhas de pesquisa visando o desenvolvimento de tecnologias e processos para incremento da produção agrícola com bases sustentáveis.

A despeito da potencialidade dos micro-organismos, os processos ainda são restritos a alguns grupos, e devido à descontinuidade e fragmentação das pesquisas no Brasil, torna-se necessário a adoção de um programa de grande amplitude e sem entraves metodológicos, para unificar os diferentes grupos de pesquisa que atuam nas diversas regiões do País.

Para que resultados mais consistentes e amplos sejam obtidos é necessário mais pesquisas com seleção de micro-organismos específicos visando atender as individualidades das diferentes plantas cultivadas na fertilização e na proteção das plantas. A introdução de bactérias benéficas diretamente no ambiente é uma condição desafiadora devido aos problemas de competitividade no ambiente solo e principalmente pela complexa relação solo-planta-microrganismo.

REFERÊNCIAS

- BERGER, L.R., STAMFORD, N.P., SANTOS, C.E.R.S., FREITAS, A.D.S., FRANCO, L.O., STAMFORD, T.C.M. Plant and soil characteristics affected by biofertilizers from rocks and organic matter inoculated with diazotrophic bacteria and fungi that produce chitosan. J. Soil Sci. Plant Nutr. 13, 592-603. 2013.
- DAWSON C.J., HILTON J., Fertilizer availability in a resource limited-world: Production and recycling of nitrogen and phosphorus. Food Policy. 36, 14-22. 2011.
- EL-TARABILY, K.A., SOAUD, A.A., SALEH, M.E., MATSUMOTO, S. Isolation and characterization of sulfur-bacteria, including strains of *Rhizobium* from calcareous soils and their effects on nutrient uptake and growth of maize (*Zea mays* L.). Austr. J. Agric. Res. 57: 101-111. 2006.

FRANCO, L.O., ALBUQUERQUE, C.D.C., STAMFORD, N.P., LIMA, M.A.B., TAKAKI, C.G.M. Avaliação da atividade ácida e alcalina e acúmulo de fosfato inorgânico em amostras de *Cunninghamella elegans*. *Analytica*. 54: 70-78. 2011.

HERNANDÉZ-LAUZARDO, A.N., BAUTISTA-BAÑOS, S., VELÁZQUEZ-DEL VALLE, M.G., MÉNDEZ-MONTEALVO, M.G., SÁNCHEZ-RIVERA, M.M., BELLO-PÉREZ, L.A. Antifungal effects of chitosan with different molecular weights on in vitro development of *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.:Fr.) Vuill. *Carbohydr Polymer* 73, 541-547. 2008.

LIMA, R. C. M., STAMFORD, N. P., SANTOS, E. R. S., DIAS, S. H. L. Rendimento da alface e atributos químicos de um Latossolo em função da aplicação de biofertilizantes de rochas com fósforo e potássio. *Rev. Bras. Horticul.* 25: 224-229. 2007.

LIMA, F.S., STAMFORD, N.P., SOUSA, C.S., LIRA JUNIOR, M.A., MALHEIROS, S.M.M., VAN STRAATEN, P. Earthworm compound and rock biofertilizer enriched in nitrogen by inoculation with free living diazotrophic bacteria. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 26: 1769-1777. 2010.

NELSON, E., RANGARAJAN, A. Vermicompost: a living soil amendment. Publication of Cornell University, Ithaca, U.S. 2010.

ROBERTS, T. Reservas de minerais potássicos e a produção de fertilizantes potássicos no mundo. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 7: 2-3. 2004.

OLIVEIRA, F. L. N., STAMFORD, N. P., SIMOES NETO, D. E., OLIVEIRA, E. C. A., OLIVEIRA, W. J., SANTOS, C.E.R.S. Effects of biofertilizers produced from rocks and organic matter, enriched by diazotrophic bacteria inoculation on growth and yield of sugarcane. *Austr J Crop Sci.* 9: 504-511, 2015.

OLIVEIRA, A.E., SÁ, J.R., MEDEIROS, J.F., NOGUEIRA, N.W. , SILVA, K.J. Interação da adubação organo-mineral no estado nutricional das plantas. *Revista Verde.* 5: 53-58. 2010.

SINHA, R.K., PANCHAM, G.H., RAVINDRA, S., SUHANE, K., ANTHONYREDDY, A. Organic Farming by Vermiculture: Producing Safe, Nutritive and Protective Foods by Earthworms (Charles Darwin's Friends of Farmers). *Amer J. Experimental Agric.* 1: 363-399. 2011.

SMITH SE, SMITH FA. Fresh perspectives on the roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant nutrition and growth. *Mycologia* 104:1-13. 2012.

STAMFORD, N.P., SILVA JUNIOR, S., SANTOS, C. E. R. S., FREITAS, A. D. S., SANTOS, C.M.A., ARNAUD, T.M.S., SOARES, H.R. Yield of grape (*Vitis labrusca* cv. Isabel) and soil nutrients availability affected by biofertilizer with diazotrophic bacteria and fungi chitosan. *Aust. J. Crop Sci.* 8: 301-306. 2014.

STAMFORD, N.P., SILVA JUNIOR, S., ETIENNE, C.E.R.S., FREITAS, A.D.S., LIRA JUNIOR, M.A., BARROS, M.F.C. Cowpea nodulation, biomass yield and nutrient uptake, as affected by biofertilizers and rhizobia, in a sodic soil amended with *Acidithiobacillus*. *Acta Sci.* 35: 453-459. 2013.

STAMFORD, N. P., ANDRADE, I.P., SANTOS, C.E.R.S., LIRA JUNIOR, M.A., SILVA JUNIOR, S., FREITAS, A.D.S., VAN STRAATEN, P. Soil properties and grape yield affected by rock biofertilizers with earthworm compound. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 11: 79 - 88. 2011.

STAMFORD, N.P., SANTOS, C.E.R.S., FREITAS, A.D.S., SANTOS, R.S., SILVA JUNIOR, S., LIRA JUNIOR, M.A., FIGUEIREDO, M.V.B. Effects of rhizobia and rock biofertilizers with *Acidithiobacillus* on cowpea nodulation and nutrients uptake in a tableland soil. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 24: 1857-1865. 2008.

STAMFORD, N.P., SANTOS, P.R., SANTOS, C.E.R.S., FREITAS, A.D.S., DIAS, S.H.L., LIRA JUNIOR, M. A. Agronomic effectiveness of biofertilizers with phosphate rock, sulphur and *Acidithiobacillus* in a Brazilian tableland acidic soil grown with yam bean. *Biores. Technol.* 98: 1311–1318. 2007.

STAMFORD, N.P., SANTOS, C.E.R.S., SANTOS, P.R.; SANTOS, K.S.R., MONTENEGRO, A. Effects of rock phosphate, sulphur with and without *Acidithiobacillus* and organic byproducts on mimosa (*Mimosa caesalpiniiifolia*) grown in a Brazilian tableland soil. *Trop. Grassl.* 39, 54-61. 2005.

STAMFORD, N.P., FREITAS, A.D.S., FERRAZ, D.S., MONTENEGRO, A.A.A., SANTOS, C.E.R.S. Nitrogen fixation and growth of cowpea and yam bean legumes in a sodic soil as affected by gypsum and sulfur inoculated with *Acidithiobacillus* and rhizobia inoculation. *Trop. Grassl.* 38: 11-17, 2003.

TEMA 4 - INTERAÇÃO MINERAL - PLANTAS - MICRO-ORGANISMOS

RESUMOS



AValiação DO CRESCIMENTO MICELIAL E ESPORULAÇÃO DE ISOLADOS DE *Trichoderma spp.* EM PRESENÇA DE DIFERENTES FONTES INORGÂNICAS E ORGÂNICAS

Yasmin dos Santos Lourenço¹; Glaucia de Figueiredo Nachtigal²;
Carlos Augusto Posser Silveira³; Rosane Martinazzo⁴; Adilson Luís Bamberg⁵

¹Universidade Federal de Pelotas - UFPel - yasminsantos2@yahoo.com.br; ²Embrapa Clima Temperado - glaucia.nachtigal@embrapa.br;

³Embrapa Clima Temperado - augusto.posser@embrapa.br; ⁴Embrapa Clima Temperado - rosane.martinazzo@embrapa.br; ⁵Embrapa Clima

Temperado - adilson.bamberg@embrapa.br

Resumo: O objetivo do presente trabalho foi avaliar através de ensaios *in vitro* o desenvolvimento de linhagens de *Trichoderma spp.* na presença de diferentes fontes inorgânicas e orgânicas com o intuito de verificar qual influência estes materiais possuem sobre a atividade deste gênero fúngico. O delineamento experimental compreendeu um fatorial 11 x 5, com três repetições, sendo os fatores representados por a) adição de diferentes fontes orgânicas e inorgânicas ao meio de cultura mínimo (com 11 níveis: Testemunha- meio mínimo puro; Lodo de água; Composto Ecocitrus; Basalto; Carbonatito Três Estradas; Dacito Itaara; Finos de Xisto; Fonolito-mineração Curimbaba; Granodiorito; MBR8; Xisto Retornado) e b) isolados de *Trichoderma spp.* (com cinco níveis: CPACT103; CPACT 124; CPACT 450; CPACT 630; CPACT 647). Foram realizadas avaliações diárias do crescimento micelial radial com auxílio de régua milimetrada, pelo período de quatro dias. No 15º dia procedeu-se à estimativa da concentração de esporos em microscópio óptico. Verificou-se a existência de comportamento diferenciado entre os isolados de *Trichoderma spp.* frente às diferentes fontes avaliadas. Os agrominerais diminuem a velocidade do crescimento micelial inicial, o qual se iguala ao tratamento testemunha aos sete dias de incubação. A maioria dos agrominerais proporciona desempenho superior à testemunha na esporulação dos isolados.

Palavras-chave: Agrominerais; Atividade microbiana; Microrganismo de solo.

INTRODUÇÃO

A produção agrícola no Brasil é consideravelmente dependente da utilização de fertilizantes. Estes, por sua vez, imprimem custo elevado na produção e oferecem riscos ao equilíbrio do meio ambiente, principalmente quando são aplicados de maneira errônea, pois exercem efeitos deletérios sobre vários componentes da biosfera (ARBIETO, 2005; KABATA-PEN-DIAS, 2001).

O aproveitamento das rochas como fontes restituidoras de nutrientes para as plantas, recuperadora e renovadora do solo configura uma tecnologia alternativa capaz de auxiliar na redução do uso de fertilizantes de elevada concentração e solubilidade, caso da maioria das fontes usadas em formulações N, P e K (THEODORO, 2000).

A aplicação desses materiais no solo influencia a atividade de micro-organismos que, por sua vez, afetam o potencial produtivo do solo e estão diretamente relacionados ao seu aproveitamento na agricultura. (NETO; SOUZA, 2000). Os fungos do gênero *Trichoderma* spp. são micro-organismos de solo, não patogênicos, habitualmente estudados como agentes de controle biológico de doenças de plantas e, mais recentemente, como promotores de crescimento das mesmas (OLIVEIRA, 2012). Possuem vários mecanismos de fitoestimulação, incluindo a capacidade de solubilização e disponibilização de nutrientes às plantas (BENÍTEZ et al., 2004). Fatores como temperatura, umidade, aeração, pH e teor de matéria orgânica influenciam a sobrevivência de *Trichoderma* no solo (ZUCCHI, 2010).

Pesquisas realizadas no âmbito do Projeto Xisto Agrícola identificaram remineralizadores de solos, fontes de macro e micronutrientes com potencial para o desenvolvimento de matrizes fertilizantes, os quais aplicados ao solo podem influir na atividade de micro-organismos benéficos como os do gênero *Trichoderma* spp.

Diante dessas considerações objetivou-se neste trabalho avaliar o crescimento micelial e a esporulação *in vitro* de linhagens de *Trichoderma* spp., em presença de diferentes matérias-primas de origem inorgânica e orgânica. Em última análise, buscou-se verificar a influência destas fontes minerais a diferentes linhagens fúngicas do gênero *Trichoderma*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na biofábrica localizada na Estação Experimental Cascata Embrapa Clima Temperado.

Para a condução deste bioensaio foram selecionadas cinco linhagens de *Trichoderma* spp. (CPACT450; CPACT630; CPACT647; CPACT124; CPACT103) pertencentes à Coleção de Micro-organismos de Interesse ao Controle Biológico de Pragas, vinculada à Embrapa Clima Temperado e oriundas de diferentes agroecossistemas da região Sul do país. Os isolados foram submetidos à técnica de cultura monospórica, a fim de garantir uniformidade genética.

A constituição das matérias-primas de origem inorgânica é apresentada nas Tabelas 1 e 2. Fontes orgânicas (Lodo de água proveniente da estação de tratamento de água de Santa Maria/RS e Composto Ecocitrus) foram inseridas como controles positivos, tendo em vista os pressupostos de uma maior facilidade de desenvolvimento desta espécie fúngica em presença de matéria orgânica.

Tabela 1 – Composição dos agrominerais quanto aos teores de elementos maiores

Agromineral/Remineralizador	Teores de elementos maiores (%)											
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	S	MnO	Cr ₂ O ₃	
Basalto	49,8	12,7	14,0	5,26	8,5	2,5	1,43	0,43	<0.02	0,20	0,004	
Carbonatito Três Estradas	3,9	0,5	4,1	3,23	46,4	<0.01	0,05	3,96	0,07	0,22	0,009	
Dacito Itaara	67,5	12,4	6,0	0,72	2,2	2,4	4,63	0,22	<0.02	0,22	<0.002	
Finos de xisto	48,1	12,9	6,1	2,14	4,7	1,3	1,76	0,21	3,26	0,15	0,003	
Fonolito - Mineração Curimbaba	53,7	21,4	3,3	0,22	1,3	7,1	8,37	0,07	0,05	0,22	<0.002	
Granodiorito	68,4	13,9	4,6	1,32	2,8	2,5	4,08	0,26	0,05	0,08	<0.002	
MBR8	47,5	9,3	5,3	5,35	7,3	1,3	1,76	0,23	10,75	0,13	0,007	
Xisto retornado	52,0	11,5	7,5	1,68	2,2	1,2	2,53	0,22	3,30	0,03	0,007	

Tabela 2 – Composição dos agrominerais quanto aos teores de micronutrientes e elementos traço

Agromineral/Remineralizador	Teores de micronutrientes e elementos traço (ppm)									
	Co	Cu	Mo	Zn	Se	As	Cd	Hg	Ni	Pb
Basalto	39,8	33,0	0,4	54,0	<0,5	<0,5	<0,1	<0,01	21,1	0,9
Carbonatito Três Estradas	13,6	9,9	0,5	24,0	3,2	<0,5	0,2	<0,01	14,7	12,9
Dacito Itaara	8,4	21,8	1,1	50,0	0,9	2,5	0,2	<0,01	2,4	4,2
Finos de xisto	14,1	39,9	6,9	102,0	2,0	25,8	0,7	0,43	13,9	17,5
Fonolito - Mineração Curimbaba	0,6	1,4	2,6	131,0	0,6	4,1	0,3	<0,01	1,1	24,7
Granodiorito	8,0	7,9	0,2	64,0	<0,5	<0,5	<0,1	<0,01	4,4	5,5
MBR8	23,6	58,9	10,1	77,0	1,1	29,8	0,5	0,40	16,5	34,0
Xisto retornado	21,2	53,7	9,1	85,0	2,4	29,3	0,4	0,21	22,0	23,8

O meio de cultura utilizado como testemunha e como base para a inserção das matérias-primas em avaliação foi o meio Mínimo (PONTECORVO et al., 1953), constituído por: 6g NaNO₃, 1,52g KH₂PO₄, 0,52g MgSO₄·7H₂O, 0,52g KCl, 0,01g FeSO₄, 0,01g ZnCl₂, 10g glicose, 15g Agar e 1000 mL água destilada.

Diferentemente dos demais agrominerais e fontes orgânicas, a matéria-prima xisto retornado possui pH ácido (4,0) que interfere na solidificação de meios de cultura contendo ágar. Antes da autoclavagem ajustou-se o pH para 6 com NaOH 1 N. Todas as demais fontes orgânicas ou inorgânicas foram empregadas com o pH original, variável de 6,0 a 9,0. As fontes orgânicas e os agrominerais foram inseridos na concentração de 10 g.L⁻¹ de meio e, posteriormente, autoclavados a 121°C pelo período de 20 minutos.

Disco de cinco milímetros de diâmetro de cada cultura fúngica foi repicado para o centro de placas de Petri contendo o meio mínimo solidificado agregado dos agrominerais ou fontes orgânicas (10 mL/placa). As placas foram vedadas com Parafilm® e incubadas em BOD, a 25°C, no escuro. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 11 x 5, com três repetições, sendo os fatores representados a) adição de diferentes fontes orgânicas e inorgânicas ao meio de cultura (com 11 níveis: Testemunha-meio mínimo puro; Lodo de água; Composto Ecocitrus; Basalto; Carbonatito Três Estradas; Dacito Itaara; Finos de Xisto; Fonolito-mineração Curimbaba; Granodiorito; MBR8; Xisto Retornado) e b) isolados de *Trichoderma spp.* (com cinco níveis: CPACT103; CPACT 124; CPACT 450; CPACT 630; CPACT 647).

As avaliações da interferência no crescimento micelial foram realizadas por meio de medições diárias do diâmetro das colônias fúngicas, com auxílio de régua milimetrada, em dois eixos ortogonais, iniciadas após 24 horas de incubação, e perduraram por quatro dias, momento em que ocorreu a colonização total da superfície do meio de cultivo no tratamento testemunha.

Após 15 dias de incubação procedeu-se à estimativa da concentração de esporos fúngicos. Três discos de micélio (5 mm de diâmetro) foram retirados de cada repetição e transferidos para frasco do tipo penicilina, contendo 9 mL de água estéril. Após homogeneização do conteúdo em agitador tipo vortex, alíquota de 20 µL foi imediatamente retirada, com auxílio de uma micropipeta, e transferida para câmara de Neubauer, a fim de proceder à contagem do número de esporos em microscópio ótico no aumento de 400X. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de crescimento micelial radial dos cinco isolados de *Trichoderma* spp. estão expressas na Tabela 3. Verificou-se crescimento micelial diferenciado dos isolados fúngicos em presença das fontes orgânicas e dos agrominerais avaliados. Muito embora o composto Ecocitrus e o lodo de água sejam compostos por matéria orgânica, o composto Ecocitrus apresentou crescimento comparável ao do tratamento testemunha independentemente do isolado, porém o Lodo de água proporcionou um retardo no crescimento do isolado CPACT450 na ordem de 37%.

Os agrominerais xisto retornado e finos de xisto apresentam carbono orgânico em sua constituição, muito embora resultados significativamente inferiores, da ordem de 32% e 36%, foram obtidos para os isolados CPACT 450 e CPACT 647 na presença de xisto retornado, respectivamente, em relação ao tratamento testemunha e composto Ecocitrus (Tabela 3). Percebe-se que o fino de xisto apresenta carbono mais lábil e, portanto, mais facilmente utilizável pelos micro-organismos (estruturas alifáticas), enquanto o xisto retornado tem maior proporção de estruturas aromáticas, o que poderia explicar, ao menos parcialmente, o desempenho inferior do xisto retornado frente aos dois isolados.

Todos os demais agrominerais avaliados resultaram em crescimento inferior à testemunha no quarto dia de avaliação, à exceção dos agrominerais MBR8, Granodiorito, Dacito Itaara e Carbonatito Três Estradas (CPACT 124) e MBR8 e Fonolito Curimbaba (CPACT 630). Embora tenha-se detectado retardo no crescimento micelial para os demais isolados fúngicos avaliados, todos apresentaram crescimento igualável ao do tratamento testemunha ao final de sete dias de incubação.

Nota-se que o CPACT 124 e o CPACT 630 apresentaram comportamento satisfatório na maioria das fontes em avaliação, diferentemente dos demais isolados, que se mostraram sensíveis até o quarto dia de avaliação frente às diferentes matrizes (Tabela 3).

Tabela 3 – Efeito in vitro de diferentes agrominerais e fontes orgânicas sobre o crescimento micelial de cinco isolados de *Trichoderma* spp. após quatro dias de incubação.

Fontes orgânicas e inorgânicas	Diâmetro médio da colônia (cm)					
	Isolados de <i>Trichoderma</i> spp. (CPACT)					
	103	124	450	630	647	
Basalto	6,98 bc A	3,37 b C	3,27 cd C	5,10 c B	3,92 ef C	
Carbonatito Três Estradas	6,40 cd B	8,00 a A	2,55 d D	3,98 d C	3,78 f C	
Composto Ecocitrus	8,00 a A	8,00 a A	8,00 a A	8,00 a A	7,62 a A	
Dacito Itaara	7,23 abc B	8,00 a A	3,88 c D	8,00 a A	4,73 cde C	
Finos de xisto	8,00 a A	8,00 a A	8,00 a A	8,00 a A	8 a A	
Fonolito Curimbaba	5,90 d B	4,02 b C	3,42 cd C	7,48 a A	3,78 f C	
Granodiorito	6,50 cd B	8,00 a A	3,27 cd D	6,30 b B	4,22 def C	
Lodo de água	7,42 ab AB	8,00 a A	5,00 b C	8,00 a A	6,7 b B	
MBR8	6,80 bc B	8,00 a A	3,78 c D	8,00 a A	5,05 cd C	
Testemunha	8,00 a A	8,00 a A	8,00 a A	8,00 a A	8 a A	
Xisto retornado	8,00 a A	8,00 a A	5,45 b B	8,00 a A	5,13 c B	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

A esporulação média dos cinco isolados de *Trichoderma* spp. estão apresentadas na Tabela 4. Verificou-se a existência de comportamento diferencial conforme os isolados avaliados frente aos diferentes agrominerais. A grande maioria dos agrominerais proporcionou desempenho superior em relação ao tratamento testemunha, com destaque para Carbonatito Três Estradas (CPACT 124), MBR8 (CPACT 103), xisto retornado (CPACT 124), granodiorito (CPACT 103), com incremento da ordem de 735%, 291%, 202% e 178%, respectivamente. Fonolito Curimbaba reduziu significativamente a esporulação do isolado CPACT 103 na ordem de 81%. Possivelmente o comportamento do Fonolito se deve aos teores elevados de sódio (Tabela 1). Soma-se a isto o fato de existir a possibilidade de estar-se avaliando diferentes espécies de *Trichoderma*, sendo esta premissa atribuída ao comportamento diferenciado dos referidos isolados em presença das matérias-primas (Tabela 4).

Tabela 4 – Efeito *in vitro* de diferentes agrominerais e fontes orgânicas sobre a esporulação de cinco isolados de *Trichoderma* spp. após 15 dias de incubação.

Fontes orgânicas e inorgânicas	Esporos (mL ⁻¹ x 10 ⁵)				
	Isolados de <i>Trichoderma</i> spp. (CPACT)				
	103	124	450	630	647
Basalto	19,62 bc A	1,11 b B	1,18 a B	2,27 a B	1,8 cd B
Carbonatito Três Estradas	14,45 cd A	10,65 a A	0,55 a B	1,63 a B	1,12 cd B
Composto Ecocitrus	25,43 b A	8,11 ab BC	7,94 a BC	2,07 a C	10,81 ab B
Dacito Itaara	14,52 cd A	1,97 b B	1,33 a B	1,61 a B	0,59 d B
Finos de xisto	14,66 cd A	2,53 ab BC	7,64 a ABC	0,84 a C	9,04 abc AB
Fonolito Curimbaba	1,74 e A	0,55 b A	1,16 a A	2,56 a A	1,56 cd A
Granodiorito	25,06 b A	2,98 ab B	0,47 a B	2,01 a B	2,08 cd B
Lodo de água	12,36 cd A	0,99 ab B	1,23 a B	0,38 a B	2,03 cd B
MBR8	35,34 a A	2,52 b B	2,07 a B	5,57 a B	2,96 bcd B
Testemunha	9,03 de A	1,27 b B	3,56 a AB	6,37 a AB	4,74 bcd AB
Xisto retornado	23,97 b A	3,85 ab C	2,45 a C	8,54 a BC	14,1 a B

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%

CONCLUSÕES

Existe comportamento diferenciado em relação ao crescimento micelial e esporulação de isolados de *Trichoderma* spp. frente aos agrominerais e fontes orgânicas avaliadas. Os agrominerais diminuem a velocidade do crescimento micelial inicial, o qual se iguala ao tratamento testemunha aos sete dias de incubação. A maioria dos agrominerais proporciona desempenho superior à testemunha na esporulação dos isolados, com destaque para Carbonatito Três Estradas (CPACT 124), MBR8 (CPACT 103), Xisto Retornado (CPACT 124), Granodiorito (CPACT 103).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Projeto Xisto Agrícola (cooperação técnica entre Embrapa Clima Temperado, Unidade de Industrialização do Xisto - Petrobras-SIX e Fundação de Apoio à Pesquisa e desenvolvimento do Edmundo Gastal - Fapeg) pelo apoio técnico e financeiro.

REFERÊNCIAS

ARBIETO, E.A.M. **Biodisponibilização de nutrientes de rochas por micro-organismos do solo.** Dissertação (Mestrado). Programa de pós-graduação em biotecnologia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2005.

BENÍTEZ, T. et al. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. **International microbiology**, V. 47, 2004.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace Elements in soils and plants.** 3, Ed. Boca Raton: CRC, 2001.

NETO, F.C.; SOUZA, C.M. **Avaliação de um método de recuperação de áreas degradadas através da estimação da respiração da microbiota.** In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13. 2000, Ilhéus. Anais... Ilhéus, SBCS, 2000. (CD-ROM).

OLIVEIRA, A.G. **Efeito da inoculação combinada de rizóbio e *Trichoderma* spp. na promoção do crescimento em feijão-caupi no cerrado.** Dissertação (Mestrado) Programa de pós-graduação em produção vegetal da Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO, 2012.

PONTECORVO, G.; ROPER, J.A.; HEMMONS, L.M.; MaC DONALD, K.D.; BUFTON, A.W.J. **The genetics of *Aspergillus nidulans*.** *Advances in Genetics*, San Diego, v. 5, p. 141-238, 1953.

THEODORO, S. C. H. **A fertilização da terra pela terra: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural.** Tese (doutorado) Universidade de Brasília – Centro de Desenvolvimento Sustentável. Brasília/DF, 2000.

ZUCCHI, F. ***Trichoderma* spp. em áreas cultivadas do cerrado.** JV Biotecnologia, 2010. Disponível em: < <http://www.agronomianet.com.br/Trichoderma.pdf>>. Acesso em: setembro de 2016.

ÉPOCAS DE APLICAÇÕES DE FOSFORITA ALVORADA, CAMA DE AVIÁRIO E MICRO-ORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATO

Renato Yagi¹; Thainara Camila Fernandes de Quadros²; Diva Souza Andrade³

¹Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR - ryagi@iapar.br; ²IAPAR - thainaracquadros@gmail.com ³IAPAR - 2013divaandrade@gmail.com

Resumo: A liberação de nutrientes por remineralizadores diversos está relacionada à solubilidade destas fontes, e por consequência, com épocas de aplicação. Objetivou-se avaliar as produtividades de espigas da cultura de milho silagem planta inteira a partir de épocas de aplicações conjuntas de fosforita Alvorada com cama de aviário, acrescidas ou não de microrganismos solubilizadores de fosfatos. Foram realizados dois experimentos na Estação Experimental do IAPAR Ponta Grossa, cada qual em delineamento em blocos ao acaso com 5 tratamentos com 4 repetições ((1) Cama de aviário 8 t ha⁻¹, (C); 2) Fosfato Natural de Rocha (FNR) Alvorada 4 t ha⁻¹ (F); 3) Cama de aviário 8 t ha⁻¹ + FNR Alvorada 4 t ha⁻¹ (CF); 4) Cama de aviário + FNR Alvorada + inoculante (CFM); 5) Tratamento testemunha, sem adubação)). Em um experimento, os tratamentos foram aplicados 120 dias antes da semeadura de cultura de milho silagem planta inteira, e em outro, 7 dias antes da semeadura do milho. Mediante possibilidade de análise conjunta de experimentos, empregou-se esquema fatorial 2x5. Os efeitos dos tratamentos foram avaliados a partir das produtividades de espigas desta cultura, colhidas em ponto de silagem. Concluiu-se que a aplicação conjunta e antecipada (120 dias) de fosforita Alvorada com cama de aviário aumenta a produtividade de espigas em cultura de milho silagem planta inteira.

Palavras-chave: fosfato natural de rocha; matéria orgânica do solo; fósforo

INTRODUÇÃO

A eficiência de remineralizadores diversos está associada à dissolução de suas estruturas minerais e à subsequente liberação de íons para a solução do solo que poderão ser absorvidos pelas plantas. Em decorrência da baixa solubilidade dos fosfatos naturais de rocha (FNR's), indicativos de acidez (pH < 5,5) e de baixos teores de Ca e P no solo são critérios para aplicação destes insumos (CQFS RS/SC, 2004).

Na mineralização da matéria orgânica do solo, ou, na mineralização e nitrificação do N orgânico em adubos orgânicos, ocorre a liberação de prótons que resultam na acidificação do meio (RAIJ, 2011). Em contrapartida, tem-se que fosfatos solúveis, como o superfosfato triplo e o superfosfato simples, podem reduzir as perdas N por volatilização de amônia (N-NH₃) na compostagem de resíduos orgânicos, devido à formação de compostos mais estáveis entre este gás e ácidos ou fosfatos nestes adubos fosfatados (PROCHNOW et al., 2001). Com cama de frango, por exemplo, a adição de superfosfato simples diminuiu em 43% a volatilização de N-NH₃ neste adubo (MEDEIROS et al., 2008), enquanto o uso de superfosfato triplo diminuiu a volatilização de N-NH₃ durante a compostagem de resíduos orgânicos (PROCHNOW et al., 2001).

Avaliando o efeito do lodo de curtume associado à fosforita Alvorada sobre a disponibilidade de P, correção do solo, teores foliares e rendimento de milho após a incorporação de fosfatos e lodo de curtume natural e compostado, Araújo (2011) utilizou os tratamentos: controle, NPK + calagem, lodo natural + fosforita Alvorada e lodo compostado + fosforita Alvorada. O autor constatou que o P disponível no solo (P-resina) aumentou 17% e 4% com relação à testemunha, nos tratamentos que receberam as maiores doses de lodo natural e compostado associados à fosforita Alvorada, respectivamente, demonstrando que a liberação do P do FNR foi influenciada pelo resíduo orgânico.

Tais estratégias para a dissolução de FNR's são fundamentais para a utilização de FNR's na agricultura, particularmente para os sistemas agroecológicos e orgânicos. Neste caso, além de eventuais benefícios técnicos também existem os benefícios operacionais, que diminuem etapas que oneram em tempo, capital e recursos humanos, a construção da fertilidade do solo. Diante do exposto, a hipótese com o presente trabalho é que existe diferença entre épocas de aplicação conjunta de fosforita Alvorada com adubo orgânico e microrganismos solubilizadores de fosfato nas produtividades de espigas da cultura de milho silagem planta inteira. O objetivo com este trabalho foi avaliar as produtividades de espigas da cultura de milho silagem planta inteira a partir de épocas de aplicações conjuntas de fosforita Alvorada com cama de aviário, acrescidas ou não de microrganismos solubilizadores de fosfatos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos na Estação Experimental de Ponta Grossa, localizada no município de mesmo nome e pertencente ao Polo Regional de Pesquisas de Ponta Grossa do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR). Os experimentos foram implantados sobre Latossolo Vermelho distrófico, conforme classificação baseada em Embrapa (1999), cujos resultados das análises químicas (PAVAN et al., 1992) e físicas (EMBRAPA, 1997) da camada de 0 a 20 cm são: pH-CaCl₂ = 5,5; 5,2 mg dm⁻³ de P-Mehlich1; 26 g dm⁻³ de C-Walkley & Black; 5,15 cmol_c dm⁻³ de Ca; 3,40 cmol_c dm⁻³ de Mg; 0,30 cmol_c dm⁻³ de K; V% = 65%; 720 g kg⁻¹ de argila e 140 g kg⁻¹ de areia.

Os dois experimentos foram realizados, cada qual, em delineamento em blocos ao acaso, com 5 tratamentos e 4 repetições. Mediante diferença inferior a 7 entre os quadrados médios dos resíduos de ambos os experimentos, foram feitas comparações entre eles, configurando-se em um delineamento em esquema fatorial 2 x 5. Os 5 tratamentos foram constituídos pelas adubações com cama de aviário (C), fosforita Alvorada (F) e microrganismos solubilizadores de fosfato (M) foram: 1) C, 8 t ha⁻¹; 2) F, 4 t ha⁻¹; 3) C, 8 t ha⁻¹ + F, 4 t ha⁻¹ (CF); 4) C, 8 t ha⁻¹ + F, 4 t ha⁻¹ + M (CFM); 5) Tratamento controle, sem C, F e/ou M (Tabela 1). Os tratamentos com compostos orgânicos, minerais e/ou microbiológicos foram misturados 10 dias antes da aplicação às parcelas experimentais, constituídas por 4 linhas espaçadas de 0,8 m com 7 m de comprimento, visando população de plantas de 55.000 plantas por hectare. Foram adicionados cerca de 750 mL de água por porção de cada tratamento por parcela, quantidade similar ao aplicado com o inoculante no tratamento CFM. A cama de aviário (15,6% de umidade) utilizada no presente trabalho apresentava, em g kg⁻¹, 25,2 de N; 11,8 de P; 33,7 de K. As 20 parcelas de cada experimento foram subdivididas em duas, assim como as quantidades

referentes a cada tratamento, para favorecer as aplicações uniformes dos tratamentos sobre as parcelas experimentais. No decorrer de ambos os experimentos, não foram feitas adubações nitrogenadas de cobertura.

Tabela 1 – Quantidades estimadas de macronutrientes primários nos tratamentos com cama de aviário (C), fosforita Alvorada (F), microrganismos solubilizadores de fosfato (M) e testemunha (T).

Nutrientes	C	F	CF	CFM	T
	----- kg ha ⁻¹ -----				
N	202	0	202	202	0
P ₂ O ₅	94	160	254	254	0
K ₂ O	270	0	270	270	0

A dose de cama de aviário foi determinada a partir do Manual com Sugestões de Adubação e Calagem para Culturas de Interesse Econômico no Estado do Paraná (OLIVEIRA, 2003) e da Comissão de Química e Fertilidade do Solo dos Estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS RS/SC, 2004). Foi utilizado a fosforita Alvorada (24% P₂O₅ total e 4% solúvel em ácido cítrico), cuja dose foi calculada com base em seu teor solúvel de ácido cítrico e nas demandas médias de P das culturas à serem cultivadas nos dois experimentos, conforme manuais de adubação e calagem do Estado do Paraná (OLIVEIRA, 2003) e dos Estados de RS e SC (CQFS RS/SC, 2004). O inoculante foi composto por rizóbio (estirpe IPR 1239), fungo (*Talaromyces pinophilus*) e microalga cianobactéria (estirpe IPR 7120) os quais fazem parte da coleção do laboratório de microbiologia do IAPAR-Londrina.

No experimento I a aplicação dos insumos foi feita a lanço no dia 29 de maio de 2015 (cerca de 120 dias antes da semeadura de milho cv. AG 5011), sobre cultura de aveia-preta (IPR 126), e no experimento II a aplicação dos insumos também foi feita a lanço no dia 2 de outubro de 2015 (7 dias antes da semeadura de milho 'AG 5011'). A colheita do milho silagem planta inteira, em ambos os experimentos, foi realizada quando o milho encontrava-se em seu ponto de silagem.

Para as obtenções das produtividades em ambos os experimentos, foram colhidas as espigas de dez plantas por parcela (no ponto de silagem). Para determinação da produtividade nos dois experimentos, espigas de dez plantas por parcela, colhidas no ponto de silagem foram pesadas e sub-amostras, com cerca de 30% do peso, foram colocadas em estufa à aproximadamente 60°C pelo período de 72 horas, para cálculo e estimativa de massas secas. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e de comparação de médias pelo teste t, ambos a 5% de probabilidade, a partir da análise conjunta dos dois experimentos.

RESULTADOS

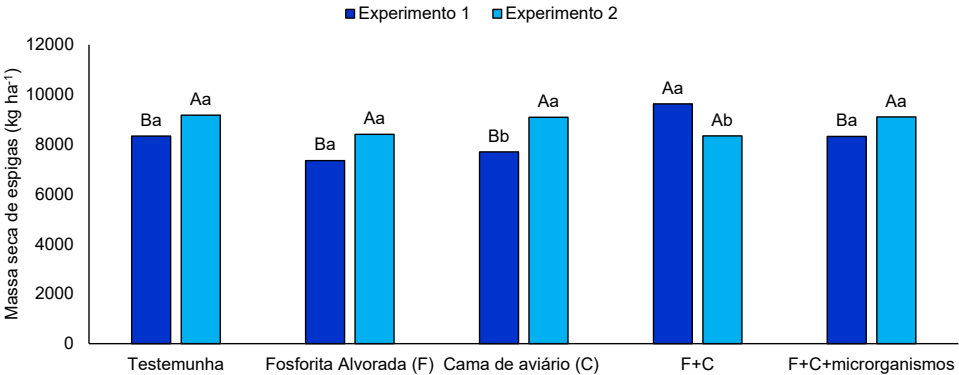
Houve interação ($P < 0,05$) entre os tratamentos com adubação e as épocas de aplicação dos tratamentos nos dois experimentos (Figura 1). De um modo geral, houve 6,7% mais rendimento em espigas quando os tratamentos com as adubações foram aplicados 7 dias antes da semeadura do milho. No primeiro experimento, naquele em que os tratamentos foram aplicados cerca de quatro meses antes da semeadura de milho silagem, houve 21,5% mais ($P < 0,05$) espigas com a aplicação conjunta de fosforita Alvorada e cama de aviário do que a média dos

demaís tratamentos. A aplicação conjunta destes insumos resultou respectivamente em 31,1% (2.282 kg ha^{-1}) e 25,1% (1.930 kg ha^{-1}) mais ($P < 0,05$) espigas, em relação às aplicações isoladas. Já quando a adubação foi aplicada uma semana antes da semeadura do milho não houve diferenças ($P < 0,05$) entre os tratamentos, cuja média foi de 8.819 kg ha^{-1} .

No tratamento com cama de aviário, observou-se que a aplicação do insumo imediatamente antes da semeadura do milho resultou em 18,0% (1.387 kg ha^{-1}) mais espigas do que a aplicação antecipada na cultura antecessora de inverno, aveia-preta. Por outro lado, a aplicação conjunta de fosforita Alvorada e cama de aviário na aveia-preta resultou em 15,4% (1.284 kg ha^{-1}) mais ($P < 0,05$) espigas do que a aplicação pouco antes da semeadura de milho silagem.

Para as aplicações isoladas de fosforita Alvorada, cama de aviário e conjuntas de fosforita Alvorada, cama de aviário e microrganismos solubilizadores de fosfato, não houve diferenças ($P < 0,05$) entre as épocas de aplicação.

Figura 1 – Produtividades de espigas em cultura de milho silagem planta inteira com aplicações conjunta ou isoladas de fosforita Alvorada (F), cama de aviário (C), fosforita Alvorada com cama de aviário (F+C) e de fosforita Alvorada, cama de aviário e microrganismos solubilizadores de fosfato. Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas entre tratamentos no mesmo experimento e minúsculas entre experimentos no mesmo tratamento, indicam ausência de diferença significativa pelo teste t a 5% de probabilidade.



DISCUSSÃO

Os desdobramentos da interação significativa observada, entre épocas de aplicação e os tratamentos aplicados, apontam para efeitos antagônicos entre a aplicação de cama de aviário e de cama de aviário acrescida de fosforita Alvorada. Se por um lado, a aplicação de cama de aviário imediatamente antes da semeadura de milho silagem resultou em maior produtividade de espigas em relação à aplicação antecipada em cerca de 4 meses, por outro, a aplicação conjunta de cama de aviário acrescida de fosforita Alvorada proporcionou maior produtividade de espigas quando os insumos foram aplicados antecipadamente na cultura de inverno.

A fração do N orgânico solúvel em água representa em média 21,8% do N total da cama de aviário, sendo que um terço deste valor é representado pelos teores de amônio; devido sua relação C/N menor que 25, este resíduo orgânico libera todo seu N em formas prontamente disponíveis para as plantas, sem imobilização pelos microrganismos (ROGERI et al., 2016). Por outro lado, uma eventual liberação de P da fosforita Alvorada, além de poder retardar a decomposição e a mineralização da cama de aviário, à semelhança do efeito do fósforo na com-

postagem de resíduos orgânicos (KIEHL, 1985), também pode ter reduzido perdas de N por volatilização de $N-NH_3$, assim como registrado para o efeito de fontes solúveis de P (PROCHNOW et al., 2001; MEDEIROS et al., 2008).

Em contrapartida, a hipótese de que a aplicação conjunta de adubo orgânico rico em N e fosforita Alvorada pode resultar na acidificação do meio e assim liberar P do FNR também deve ser considerada. Avalhães e Prado (2009) observaram que a compostagem de torta de filtro com fosforita Alvorada propiciou aumento dos teores de P disponível do composto. Por outro lado, Zuba Junio et al. (2013) não observaram efeito da interação entre doses de lodo de esgoto e a aplicação de fosfato natural de Gafsa, na produtividade de milho e nos teores de nutrientes no solo e na planta. Batista et al. (2011), no processo de compostagem de esterco bovino com aplicação de fosfato natural de rocha Itafós, não observaram efeito benéfico nas produtividades de milheto cultivado em vasos, em casa-de-vegetação. Gurgel et al. (2008) também não observaram interação significativa na aplicação de esterco de bovinos e FNR nas produtividades de plantas de pimentão cultivadas em vasos, em casa-de-vegetação.

CONCLUSÃO

A aplicação conjunta e antecipada (120 dias) de fosforita Alvorada com cama de aviário aumenta a produtividade de espigas em cultura de milho silagem planta inteira.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F.F.; Disponibilização de fósforo, correção do solo, teores foliares e rendimento de milho após a incorporação de fosfatos e lodo de curtume natural e compostado. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v.33, n.2, p.355-360, 2011.
- AVALHÃES, C.C.; PRADO, R.M. Compostagem de resíduos da indústria sucroalcooleira enriquecidos com fontes alternativas de fósforo. **Nucleus**, Ituverava, v.6, n.1, p.271-283, 2009.
- BATISTA, R.O.; RESENDE, A.V.; MOREIRA, S.G.; MARRIEL, I.E.; GOTT, R.M.; HICKMANN, C.; CONCEICAO, O.P. Avaliação preliminar de um processo de compostagem associado ao uso de rochas como fontes de fósforo e potássio. In: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2011. **Resumos...**Uberlândia: SBCS, 2011.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC (CQFS RS/SC). **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. Ed. Porto Alegre: SBCS, 2004. 400p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.
- GURGEL, G.C.S.; AZEVEDO, C.M.S.B.; LIMA, C.B.; OLIVEIRA, H.V.; FREITAS, A.V.L. Resposta biológica de plantas de pimentão cultivadas com effluente de piscicultura, fosfato natural e esterco bovino. **Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v.2, n.1, p.80-89, 2008.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 492 p.

MEDEIROS, R.; SANTOS, B.J.M.; FREITAS, M.; SILVA, O.A.; ALVES, F.F.; FERREIRA, E. A adição de diferentes produtos químicos e o efeito da umidade na volatilização de amônia em cama de frango. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.8, p.2321-2326, 2008.

OLIVEIRA, E. L. (Coord.) **Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico do estado do Paraná**. Londrina: Iapar, 2003. 30p.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina: Iapar, 1992. 40p. (Circular técnica, 76)

PROCHNOW, L. I.; CUNHA, C.; KIEHL, J.C.; ALCARDE, J. Controle da volatilização de amônia em compostagem, mediante adição de gesso agrícola e superfosfatos com diferentes níveis de acidez residual. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.1, p.65-70, 2001.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. 2. ed. Piracicaba: IPNI, 2011. v.1. 420p.

ROGERI, D.A.; ERNANI, P.R.; LOURENÇO, K.S.; MANTOVANI, A. Composition of poultry litter in southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 40, n.1. p. 1-7, 2016.

ZUBA JUNIO, G.R.; SAMPAIO, R.A.; NASCIMENTO, A.L.; SANTOS, G.B.; SANTOS, L.D.T.; FERNANDES, L.A. Produtividade de milho adubado com composto de lodo de esgoto e fosfato natural de Gafsa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.7, p.706-712, 2013.

TEMA 5 - AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE REMINERALIZADORES

PALESTRAS



PROTOCOLO PARA AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE REMINERALIZADORES DE SOLO – UMA PROPOSTA DA EMBRAPA

Carlos Augusto Posser Silveira¹; Adilson Luis Bamberg¹; Rosane Martinazzo¹;
Clenio Nailto Pillon¹; Éder de Souza Martins²; Clause F. de Brum Piana³

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa Clima Temperado - augusto.posser@embrapa.br, adilson.bamberg@embrapa.br, rosane.martinazzo@embrapa.br, clenio.pillon@embrapa.br; ²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa Cerrados - eder.martins@embrapa.br; ³Universidade Federal de Pelotas

INTRODUÇÃO

De acordo com a Lei 12.890 de 10 de dezembro de 2013, em seu artigo 3º, remineralizador considera-se *material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo*. Como complemento a esta Lei, a Instrução Normativa nº 5, de 24 de março de 2013, em seu artigo 4º, lista critérios de especificações e garantias que este tipo de produto deve apresentar. Porém, em relação a avaliação da eficiência agronômica (artigo 9º) os procedimentos são demasiado generalistas e voltados a uma gama de produtos de diferentes naturezas.

A Instrução Normativa nº 53, de 23 de outubro de 2013, em seu Capítulo VII, referente aos *Requisitos mínimos para avaliação da viabilidade e eficiência agronômica e elaboração do relatório técnico-científico para fins de registro de produto novo (fertilizante, corretivo e biofertilizante)*, sugere que, para fins de registro de um produto novo, sejam atendidos vários requisitos mínimos e procedimentos agronômicos, porém não contempla os remineralizadores de solo. Assim, no que diz respeito a avaliação agronômica desses produtos, considerando que esta categoria de insumo agrícola seja avaliada como “produto novo”, as particularidades dos remineralizadores de solo exigem modificações em alguns desses requisitos, a fim de adequar os protocolos agronômicos a essas particularidades. Basicamente a presente proposta parte do princípio que, em definição, **os remineralizadores de solo são fontes multielementares de nutrientes, os quais apresentam baixa e/ou gradual solubilidade e relativamente baixa concentração de nutrientes**. Assim, alguns requisitos, tais como tempo de duração dos experimentos, comparação com fontes de elevada solubilidade e concentração, não são compatíveis e adequados a este tipo de insumo agrícola. Deste modo se não forem realizadas adequações no protocolo agronômico, provavelmente não seja possível constatar que essa categoria “*altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo*”.

De qualquer forma, o protocolo deverá atender simultaneamente os seguintes objetivos:

a) *testar a capacidade dos remineralizadores em alterar positivamente uma ou mais variáveis respos-*

tas da cultura-alvo ou do solo e b) demonstrar que o produto atua na nutrição e/ou desenvolvimento da planta, direta ou indiretamente, ou no condicionamento do solo.

A seguir são apresentados alguns tipos de delineamentos para os experimentos cujos fatores de tratamento são os remineralizadores de solo, conduzidos tanto em condições de laboratório quanto em condições de campo.

Princípios básicos da experimentação agrônômica

Boa parte da formalização que existe hoje em experimentação se deve a Ronald A. Fisher, um estatístico que trabalhou na Estação Experimental de Rothamstead, na Inglaterra. Na década de 1920, Fisher lançou os fundamentos das técnicas modernas para o planejamento e análise de experimentos, as bases da inferência estatística e delineou muitos métodos originais para abordar vários problemas levantados por pesquisadores da área agrícola. As principais características da abordagem introduzida por Fisher são:

- 1) Uso da **repetição** como uma base para estimar o erro experimental, estimar as médias de tratamentos e, conseqüentemente, melhorar a precisão do experimento.
- 2) Uso da **casualização** para evitar a tendenciosidade dos resultados (médias e erro experimental).
- 3) Uso de **controle local** (bloqueamento) com o objetivo de controlar variáveis sistemáticas que não pertencem aos fatores de tratamento.
- 4) Princípio de que a análise estatística dos resultados é determinada pelo modo como o experimento foi conduzido.
- 5) Conceito de experimento fatorial, que salienta as vantagens de pesquisar o efeito de diferentes fatores de tratamento em um único experimento complexo, ao invés de dedicar um experimento separado para cada fator.

Planejamento experimental

O plano de um experimento deve definir inicialmente:

- 1) **Os fatores de tratamento:** características cujos níveis estão sendo comparados e sobre as quais o pesquisador deseja inferir.
- 2) **A unidade experimental:** maior fração do material experimental à qual é designada um nível do fator de tratamento.
- 3) **As variáveis respostas:** características *medidas ou observadas* nas unidades experimentais que expressam os efeitos dos fatores de tratamento;
- 4) **As características estranhas:** características das unidades experimentais que não são de interesse para as conclusões, mas cujos efeitos podem ficar confundidos com os efeitos dos fatores de tratamento.

O objetivo do experimento é inferir sobre a relação entre o fator de tratamento e a variável resposta, levando em consideração a presença das características estranhas. Por exemplo, em um modelo estatístico mais simples, que inclui somente duas variáveis (a resposta e um fator de tratamento), a variação da resposta tem duas origens: o efeito do fator de tratamento e o efeito das características estranhas. O **erro experimental** é a parte da variação da resposta

atribuível ao efeito das características estranhas. Na pesquisa experimental, o efeito de fatores de tratamento está sempre totalmente confundido com erro experimental. O uso de repetições possibilita que o confundimento entre os efeitos de tratamentos e a unidade experimental seja parcial, possibilitando que o erro experimental seja estimado sem o efeito de tratamento. Não é possível, no entanto, estimar o efeito de tratamento separadamente do efeito da unidade experimental. Por esse motivo, o processo de inferência sobre tratamentos, estabelecido pelo princípio da inferência experimental, sempre envolve a variação do erro associado à unidade respectiva. Os princípios do controle local e da casualização têm como propósitos, respectivamente, reduzir esse confundimento e evitar tendenciosidade nas inferências realizadas no experimento. A forma como esses princípios são utilizados é essencial para estabelecer o delineamento do experimento.

Delineamento experimental

O delineamento experimental pode ser definido como um conjunto de passos que define: i) a estrutura da resposta; ii) a estrutura das condições experimentais (tratamentos); iii) a estrutura das unidades (experimentais); iv) a estrutura do experimento, definida pela forma como a casualização combina a estrutura de condições experimentais com a estrutura de unidades.

Os delineamentos experimentais mais utilizados são:

- Delineamento completamente casualizado: não há uso do controle local, as unidades experimentais são homogêneas e a casualização é realizada sem restrições.
- Delineamento casualizado por bloco: o controle local é utilizado, as unidades experimentais são agrupadas em blocos homogêneos e a casualização é realizada por bloco.
- Delineamento em parcelas divididas casualizadas por bloco: há necessariamente dois fatores de tratamento: os níveis de um fator são alocados na parcela e os do outro fator nas subparcelas, que são subdivisões da parcela; a casualização é realizada, por bloco, e em duas etapas: na primeira casualiza-se parcelas dentro de bloco, e na segunda, subparcelas dentro de parcela.

Estrutura das condições experimentais ou delineamento de tratamento

O fator experimental mais importante é o fator de condição, pois deriva diretamente dos objetivos do experimento. Recebe esse nome porque seus níveis são condições impostas pelo pesquisador às unidades experimentais, pela escolha de unidades que possuam as propriedades de interesse ou pela atribuição das unidades aleatoriamente aos níveis, por meio de um processo de casualização. Assim, um fator de condição é o fator cujos níveis derivam dos objetivos do experimento. O fator de condição pode ser de dois tipos: **fator de tratamento**, quando qualquer unidade experimental pode ser atribuída aos seus níveis (por exemplo: dose do remineralizador), e b) **fator intrínseco**, quando os seus níveis já são atributos das unidades no momento da casualização, portanto, não pode ser casualizado (exemplo: tipo de solo, em um experimento de campo).

Outra importante classificação do fator de condição é baseada na escala de medida. Assim, o fator de condição pode ser **qualitativo**, quando os níveis se distinguem qualitativa-

mente, como tipo de remineralizador, tipo de solo, espécie de planta, ou **quantitativo** quando essa diferença é quantitativa, por exemplo, dose do remineralizador.

O planejamento das condições experimentais deve ser consequência dos objetivos do experimento, definidos pelo problema científico e pela correspondente hipótese científica. Esse planejamento estabelece a **estrutura das condições experimentais, que** tem implicações relevantes para a estrutura do experimento e, portanto, para as inferências referentes às relações causais entre características respostas e características explanatórias que constituem o objetivo do experimento.

No processo de escolha das condições experimentais, especialmente dos tratamentos, devem ser asseguradas propriedades importantes para as inferências. Uma propriedade particularmente importante é que os tratamentos difiram por atributos simples e identificáveis. Essa propriedade é relevante para garantir que qualquer diferença de resposta a tratamentos tenha interpretação única. A escolha de tratamentos que evite ambiguidade dessa sorte é um dos requisitos mais importantes e difíceis de implementar no planejamento do experimento.

De modo geral, o planejamento das condições experimentais compreende a seguinte sequência de passos:

- escolha dos fatores de condição;
- escolha dos níveis de cada um desses fatores;
- escolha das combinações dos níveis;
- escolha de tratamentos adicionais.

Essa sequência pode ser completa ou abreviada, conforme a complexidade do experimento. Em experimentos mais simples, com um único fator, os dois primeiros passos são suficientes.

Repetição e erro experimental

A multiplicação de unidades experimentais com um mesmo nível de fatores de tratamento constitui repetições do fator. A estimativa da variância do erro experimental para um fator de tratamento provém de unidades experimentais com um mesmo nível desse fator. Assim, a estimação do erro experimental requer pelo menos duas unidades experimentais com um mesmo nível. Há, portanto, uma associação íntima entre os conceitos de unidade experimental e erro experimental. A variância do erro experimental não pode ser estimada se não existem repetições.

Cabe ressaltar que, embora a repetição não contribua, necessariamente, para o aumento da precisão do experimento, é extremamente importante para o aumento da precisão das estimativas de médias e de outras funções das variáveis respostas. Assim, o aumento do número de repetições contribuiu substancialmente para o aumento da confiabilidade dessas estimativas e da sensibilidade do experimento para detectar pequenas, mas importantes, diferenças de efeitos de tratamentos.

Uma das questões mais difíceis da pesquisa experimental é a decisão sobre o número de unidades que deverão ser consideradas para que a precisão seja suficiente.

A complexidade dessa questão decorre da grande quantidade de fatores que precisam ser considerados nessa definição. Alguns deles são:

- disponibilidade de recursos;

- variabilidade do material experimental;
- estrutura das condições experimentais;
- tamanho da diferença que se deseja detectar;
- poder do teste;
- importância relativa das comparações.

Com base nestes fatores, alguns algoritmos têm sido propostos para determinar o número de repetições do experimento. O resultado, portanto, é variável e dependente das características específicas de cada experimento.

Embora seja de senso comum que quanto maior o número de repetições mais confiáveis são os resultados, torna-se oneroso realizar um experimento com grande número de repetições. Assim, na prática, o tamanho da amostra é determinado mais por considerações a respeito dos custos do que por técnicas estatísticas. Todavia, o pesquisador deve levar em conta, quando estabelece o tamanho de seu experimento, o que é usual na área (VIEIRA, 1999).

Assim, como regra geral, em experimentos com pelo menos quatro tratamentos, propõem-se que o número mínimo de repetições seja: **quatro**, quando o delineamento for completamente casualizado, e **cinco**, quando for casualizado por bloco. No delineamento em parcelas divididas, o número de unidades experimentais para o fator que está da parcela é sempre menor que o do fator da subparcela. Sugere-se, neste caso, que o número mínimo de quatro repetições seja para a parcela. Isso assegura que o número de graus de liberdade do erro experimental não seja inferior a doze, como recomendado por Pimentel Gomes (1990).

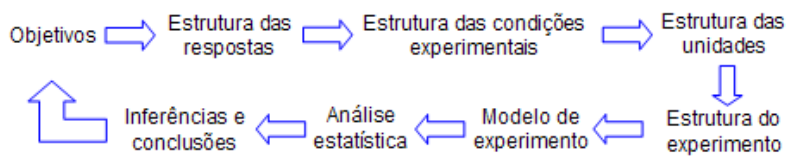
Vieira (1999) alerta que experimentos muito pequenos são inúteis porque não permitem conclusões e experimentos muito grandes, porém *mal conduzidos*, são piores porque dão a ilusão de conter uma verdade que não contêm. Assim, se o experimento foi bem planejado e bem conduzido, se foi aplicado um teste adequado e o resultado foi significativo a um nível razoável, não há porque criticar o tamanho da amostra.

Análises estatísticas

A análise estatística de experimentos envolve a especificação dos modelos estatísticos dos experimentos, incluindo as respectivas pressuposições, e o estabelecimento dos procedimentos de inferência, que usualmente envolve a estimação dos parâmetros do modelo, estimação da variância e teste de hipótese da hipótese global por meio da **análise da variância** e os processos de discriminação da variação das fontes de variação de interesse.

O modelo do experimento é um modelo linear, ou, mais especificamente, um modelo de classificação, cujos termos estão associados à estrutura do experimento. Uma porção do modelo depende da estrutura das condições experimentais e a outra depende da estrutura das unidades, e todos os termos desse modelo são aditivos.

Um aspecto importante a considerar é que o modelo do experimento é determinado pela estrutura do experimento. A figura que segue ilustra os passos necessários à especificação do modelo, além dos passos adicionais, onde conclusões de uma pesquisa geram novas pesquisas, reiniciando o ciclo.

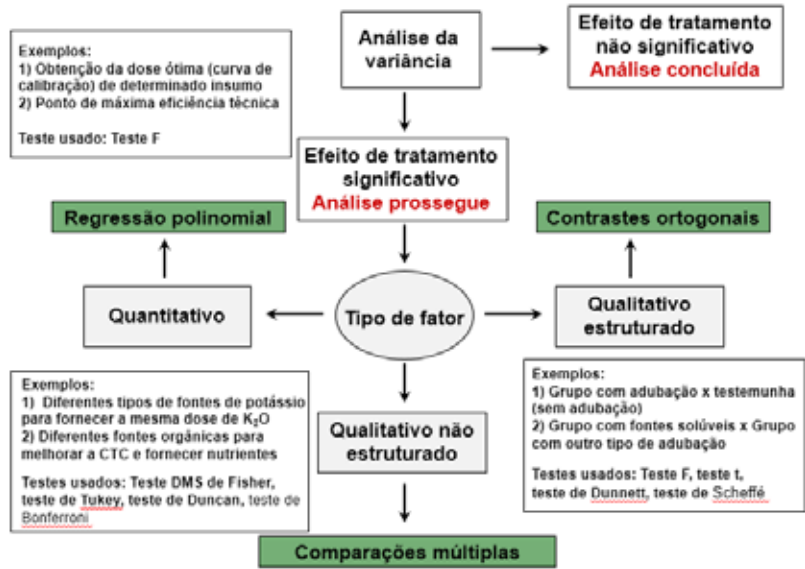


A hipótese global do experimento é testada por meio da análise da variância, uma técnica que visa decompor a variação total da variável resposta (expressa em termos de somas de quadrados) em causas ou fontes previstas de variação. As fontes de variação são determinadas pela estrutura do experimento e, consequentemente, expressas como efeitos no modelo do experimento.

Em experimentos unifatoriais (com apenas um fator de tratamento) a análise da variância possibilita testar o efeito do fator de tratamento. Já em experimentos fatoriais (com dois ou mais fatores de tratamento) é possível testar os efeitos principais dos fatores e também as suas interações. A análise da variância só será conclusiva se todos os efeitos testados resultarem não significativos. Em caso contrário, a análise terá desdobramentos e será necessário o uso de procedimentos para **discriminar a variação** das fontes de interesse.

A escolha desse procedimento deve levar em conta o tipo de fator e os objetivos da análise. Na Figura 1 apresenta-se um fluxograma simplificado que ilustra os caminhos possíveis a partir da análise da variância.

Figura 1 – Fluxograma simplificado indicando os procedimentos para a decomposição da variação de tratamento adequados para cada tipo de fator.



PARTICULARIDADES DOS REMINERALIZADORES DE SOLO – CONHECENDO O PRODUTO

Considerando as particularidades dos remineralizadores de solo anteriormente citadas, a seguir são sugeridos alguns exemplos de delineamentos de tratamento, os quais podem ser

utilizados quer para ensaios de incubação quer para ensaios com plantas em condições controladas e/ou de campo.

Para estes exemplos considere-se um grupo de remineralizadores com as constituições químicas (teores totais) descritas na Tabela 1. Como complemento à análise geoquímica, as análises mineralógicas e petrográficas são extremamente importantes para conhecer adequadamente o produto e auxiliar na compreensão dos resultados, mas essas análises não serão contempladas nos exemplos a seguir.

Tabela 1 – Constituições químicas (teores totais de óxidos maiores e de elementos potencialmente tóxicos, segundo a IN 5, 14/03/2016) de alguns tipos de remineralizadores de solo.

Tipo de remineralizador		Garantias mínimas ¹								
		SiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	SB ²	As	Cd	Hg	Pb
		%					ppm			
Remineralizador 1	R1	35,1	12,67	18,52	3,25	34,4	3,6	0,1	<0,01	12,1
Remineralizador 2	R2	37,2	16,3	10,61	1,00	27,9	<0.5	<0.1	<0.01	2,7
Remineralizador 3	R3	48,3	8,42	4,34	1,12	13,9	<0.5	<0.1	<0.01	2,4
Remineralizador 4	R4	61,1	3,31	2,65	7,41	13,4	2,8	<0,1	<0,01	24,7
Remineralizador 5	R5	62,6	4,19	1,29	3,73	9,2	1,4	<0.1	<0.01	2,9
Remineralizador 6	R6	62,7	0,05	0,05	14,32	14,4	15,0	<0,1	<0,01	9,8
Remineralizador 7	R7	63,0	3,26	2,46	7,83	13,6	2,0	0,02	<0.01	18,9
Remineralizador 8	R8	64,0	3,35	2,35	3,67	9,4	0,7	<0,1	<0.01	5,3

¹ IN 5 (14/03/2016) - K₂O: 1,0 %; ² SB - Soma de bases: 9,0 %; As: 15 ppm; Cd: 10 ppm; Hg: 0,1 ppm; Pb: 200 ppm; as células destacadas nas cores verde e amarela indicam os maiores e os menores valores, respectivamente, para os dois critérios

Considerando a constituição química dos remineralizadores apresentados na Tabela 1 constata-se grandes diferenças quanto aos teores totais das bases (ainda que todos atendam a IN 5) o que confirma a natureza **multielementar e a relativamente baixa concentração de nutrientes** desse tipo de insumo. Essa é uma das principais informações para planejar adequadamente os experimentos. Por exemplo, os remineralizadores 2 e 3 apresentam os menores teores totais de K₂O enquanto que os 4, 8 e 6, os maiores. Por outro lado, os remineralizadores 1 e 2 apresentam os maiores teores de CaO e MgO enquanto que o 6, praticamente não apresenta esses óxidos. Assim, baseando-se apenas nesses dados, é aceitável posicionar os **remineralizadores 1 e 2 como fontes de CaO e MgO** e os **remineralizadores 6, 8 e 4 como fontes de K₂O**. Para testar adequadamente essas hipóteses é importante no momento de definir o solo que será usado no experimento aquele **que apresente** níveis baixos desses elementos a fim de **obter respostas positivas à aplicação dos remineralizadores**. Por trás desse simples princípio usado na fertilidade do solo está o conceito conhecido como **teor crítico**, isto é, se o teor do nutriente no solo encontra-se acima do limite superior da faixa interpretada como **Médio, a probabilidade de resposta das culturas à**

adição de corretivos e fertilizantes é pequena ou nula (CQFS/RS-SC, 2016). Para o potássio, por exemplo, na cultura do milho, em solo com CTC_{pH7,0} de 7,6-15,0 cmol_c dm³, essa faixa vai de **61-90 mg dm³**, onde o maior valor é o teor crítico. Portanto, para testar adequadamente um **remineralizador fonte de potássio para a cultura do milho** seria adequado utilizar um solo que apresentasse teores menores do que este valor ou menores do que o limite inferior da faixa (61,0 mg dm³), mas principalmente solos com teores de potássio nas faixas classificadas como **Muito baixo (<30,0 mg dm³) e Baixo (31,0-60,0 mg dm³)**.

Aliado a isso, **as culturas a serem utilizadas também devem ser definidas baseadas nesse critério**. Por exemplo, gramíneas (cana-de-açúcar, arroz, milho, pastagens) necessitam de muito K e Si assim como o alho, a beterraba, a cenoura, o tomateiro, a batata e o morangueiro. As espécies frutíferas arbóreas (banana, citros e rosáceas) também demandam muito K. Portanto, levando em consideração essas informações, é aceitável supor que os remineralizadores 6, 8 e 4 poderiam apresentar melhores respostas para essas espécies que demandam K, principalmente se o solo apresenta teores classificados como baixos ou muito baixos desse elemento e se o solo for arenoso e apresentar baixa CTC. Por outro lado, para aqueles solos com teores baixos de Ca e Mg (e com pH baixo), os remineralizadores mais indicados seriam o 1 e 2. Neste caso, as espécies mais indicadas seriam as leguminosas por serem reconhecidamente demandantes em Ca, Mg e enxofre.

Outra característica particular dos remineralizadores que deve se levar em consideração é a **granulometria do produto final**. Considerando que os remineralizadores são rochas que passaram por processo de moagem, e que a **reatividade depende muito desse fator**, sugere-se adotar as mesmas granulometrias utilizadas para os corretivos de acidez. Para estes a fração que passa na peneira ABNT nº 50 (com diâmetro de orifícios de 0,30 mm) apresenta reatividade teórica igual a 100%, considerando-se um período de tempo de 12 a 36 meses; já as partículas com diâmetro entre 0,30 e 0,84 mm (passam na peneira ABNT nº 20, mas ficam retidas na peneira ABNT nº 50) apresentam reatividade de 60%, no mesmo período; as partículas mais grossas, com diâmetro entre 0,84 e 2,00 mm (ficam retidas na peneira ABNT nº 20, mas passam na peneira ABNT nº 10) apresentam reatividade igual a 20% e, finalmente, as partículas com diâmetro maior que 2,00 mm não apresentam efeito nesse período de tempo.

Considerando que a maioria dos minerais que constituem os remineralizadores apresenta baixa solubilidade em água a cominuição é uma maneira prática, ainda que cara, de aumentá-la. Ao serem finamente moídos, os minerais serão quebrados e ocorrerá um aumento da superfície de contato entre as partículas e o solo. No caso dos corretivos de acidez partículas menores que 0,053mm (passam em peneira ABNT nº 270) reagem completamente em menos de um mês, e partículas entre 2,00 e 0,84 mm (ficam retidas na peneira ABNT nº 20, mas passam na peneira ABNT nº 10) necessitam de prazo maior que 60 meses para completa reação.

Caso não se necessite de respostas imediatas a granulometria poderá ser mais grosseira, caso contrário, adota-se granulometrias mais finas (<0,105 mm). Porém, para auxiliar na definição da granulometria devem ser realizadas análises mineralógicas e petrográficas. Ao mesmo tempo, caso existam dúvidas quanto a **granulometria ideal a ser utilizada esta pode ser um fator de tratamento a ser testado**. Por exemplo, poder-se-ia testar as seguintes faixas de frações granulométricas de um determinado remineralizador: 1) 100% entre 2,0 e 0,84 mm; 2) 100% entre 0,84 e 0,30 mm; 3) 100% entre 0,30 e 0,105 mm; 4) 100% entre 0,105 e 0,053 mm; 5) 100% < 0,053 mm.

Outro aspecto importante diz respeito a definição das **doses a utilizar**. Como esse tipo de insumo apresenta **liberação gradual dos nutrientes** e até o momento, os teores conhecidos e utilizados são totais, sugere-se que após o tratamento testemunha (sem a aplicação do remineralizador) a primeira dose seja aquela que forneça 100% da necessidade do solo (informação obtida através de análise de solo) e da cultura (isto é, considerando-se o histórico e a expectativa de produtividade). Porém, como sabe-se de antemão que os teores dos nutrientes são totais e a liberação é gradual, as doses seguintes podem ser 200, 300, 400 e 500% da recomendação. Com isso é possível obter uma dose adequada para essa condição de solo e espécie de planta. Os modelos polinomiais esperados são quadrático (com a obtenção da dose de máxima eficiência técnica) e linear.

A seguir são apresentados alguns exemplos de delineamentos de tratamento os quais contemplam os princípios antes referidos.

**EXEMPLOS DE DELINEAMENTOS DE TRATAMENTO PARA EXPERIMENTOS COM
REMINERALIZADORES DE SOLO**

Exemplo 1. Experimento com um fator de tratamento quantitativo, testado em um único tipo de solo para a cultura do milho (Tabela 2)

Fator quantitativo – Dose do remineralizador (por exemplo, R6 como fonte de K_2O , com cinco níveis: 0, 100, 200, 300, 400 e 500% da recomendação). O número total de tratamentos será igual aos níveis do fator e após a análise da variância deve-se adotar o modelo de regressão polinomial. Neste caso, as hipóteses de interesse se referem aos efeitos linear e quadrático. No caso deste último apresentar significância é possível obter a dose ótima do remineralizador para as condições testadas. Neste delineamento é possível **incluir o fonolito como uma fonte equivalente de potássio como padrão de comparação** na dose que se desejar.

Tabela 2 – Exemplo de delineamento de tratamento para experimento com um fator de tratamento quantitativo (Dose de remineralizador).

Tratamento	Necessidade de K_2O (kg ha ⁻¹)	Doses do R6 (Fonte de K_2O) para fornecer a quantidade de K_2O	
		%	kg ha ⁻¹
T1	0	0	0
T2	140 ^a	100	978
T3	280	200	1.955
T4	420	300	2.933
T5	560	400	3.911
T6	700	500	4.888

^a Considerando um solo de CTC de 7,6-15,0 cm_c dm³, com teor baixo de K_2O (31 a 60 mg dm³) e para produção de 10 t ha⁻¹ de grãos de milho e considerando as adubações de correção e manutenção (CQFS, 2016)

Exemplo 2. Experimento com dois fatores de tratamento, sendo ambos quantitativos, testado em um único tipo de solo para a cultura do milho (Tabela 3)

Fator quantitativo 1 – Dose do remineralizador R6 (com cinco níveis: 0, 100, 200, 300, 400 e 500% da recomendação, R2: com três níveis: 0, 100 e 200 % da recomendação).

Fator quantitativo 2 – Dose do remineralizador R2 (com três níveis: 0, 100 e 200 % da recomendação).

Tabela 3 – Exemplo de delineamento de tratamento para experimento com dois fatores de tratamento quantitativos.

Tratamento	Dose do R2 (Fonte de Ca e Mg) kg ha ⁻¹	Dose do R6 (Fonte de K2O) kg ha ⁻¹
Testemunha	0 (0%)	0 (0%)
T1: 688-978		978 (100%)
T2: 688-1955		1.955 (200%)
T3: 688-2933	688 (100%)	2.933 (300%)
T4: 688-3911		3.911 (400%)
T5: 688-4888		4.888 (500%)
T6: 1376-978		978 (100%)
T7: 1376-1955		1.955 (200%)
T8: 1376-2933	1.376 (200%)	2.933 (300%)
T9: 1376-3911		3.911 (400%)
T10: 1376-4888		4.888 (500%)
T11: 2064-978		978 (100%)
T12: 2064-1955		1.955 (200%)
T13: 2064-2933	2.064 (300%)	2.933 (300%)
T14: 2064-3911		3.911 (400%)
T15: 2064-4888		4.888 (500%)

Considerando os dois solos com teores baixos de K₂O (31 a 60 mg dm⁻³), de Ca (<2,0 cmol_c dm⁻³) e de Mg (<0,5 cmol_c dm⁻³) e para produção de 10 t ha⁻¹ de grãos de milho e considerando as adubações de correção e manutenção e a exportação de 5,5 e 7,3 kg de CaO e MgO, respectivamente, por t de grãos e de (CQFS, 2016); a dose do R2 baseou-se na exortação de Mg, elemento mais exportado do que o Ca.

O número total de tratamentos será igual ao número de combinações de níveis dos fatores de tratamento, ou seja, 3 x 5 = 15 + 1 tratamento adicional (testemunha sem remineralizador). Neste caso, a análise da variância permite testar a significância dos efeitos principais e da interação dos fatores. Dois procedimentos poderão ser utilizados para discriminar a variação de tratamento: a regressão polinomial e o teste de Dunnett, que compara todos os tratamentos com a testemunha.

Exemplo 3. Experimento com um fator de tratamento qualitativo e um quantitativo testado em um único tipo de solo para a cultura do milho (Tabela 4)

Fator qualitativo – Faixa granulométrica (com cinco níveis: 2,0-0,84mm; 0,84-0,30mm; 0,30-0,105mm; 0,105-0,053mm; < 0,053mm)

Fator quantitativo – Dose do remineralizador R6 (com três níveis: 0, 978, 4.888 g ha⁻¹, equivalendo a 0, 100 e 500 % da recomendação).

Caso haja dúvida quando às granulometrias mais adequadas para o remineralizador R6, por exemplo, uma possibilidade seria lançar mão de um delineamento como o que está na Tabela 4. Neste caso, o delineamento seria constituído de um tratamento testemunha (solo sem remineralizador), duas doses do remineralizador R6, sendo uma fornecer 100% e outra para 500% da necessidade de K₂O ambas combinadas a cinco faixas granulométricas do R6, totalizando onze tratamentos.

Tabela 4 – Exemplo de delineamento de tratamento para experimento com dois fatores de tratamento sendo um qualitativo (Faixa granulométrica do remineralizador) e outro quantitativo (Dose de remineralizador).

Tratamento	Dose do R6 (kg ha ⁻¹)	Faixa granulométrica (mm)
Testemunha	0	Sem remineralizador
T1: 978-G1	978	2,0 - 0,84
T2: 978-G2		0,84 - 0,30
T3: 978-G3		0,30 - 0,105
T4: 978-G4		0,105 - 0,053
T5: 978-G5		< 0,053
T6: 4888-G1	4.888	2,0 - 0,84
T7: 4888-G2		0,84 - 0,30
T8: 4888-G3		0,30 - 0,105
T9: 4888-G4		0,105 - 0,053
T10: 4888-G5		< 0,053

Considerando um tratamento testemunha (solo sem remineralizador) e duas doses do remineralizador, sendo uma fornecer 100% e outra para 500% da necessidade de K₂O

As respostas da análise da variância possibilitariam obter informações práticas como, por exemplo, as melhores granulometrias do remineralizador R6 para promover aumento dos teores de K no solo e, ainda, se o fator dose do remineralizador poderia sobrepor-se ao fator granulometria.

Variações deste delineamento poderiam ser a substituição do fator dose do remineralizador por um fator qualitativo (Tipo de solo) ou ainda, transformar os dois fatores em qualitativos: 1. Fontes de intemperismo biológico e 2. Presença e ausência do remineralizador. Assim, para o primeiro caso, a dose do remineralizador poderia ser uma só (por exemplo, para fornecer 200% da recomendação de K₂O). As combinações de níveis desses fatores para o primeiro exemplo estão apresentados na Tabela 5 e as do segundo, na Tabela 6.

Para experimentos com estes delineamentos (número de tratamentos maiores e portanto, também de parcelas) os mesmos poderiam ser conduzidos em condições controladas, primeiramente através de incubação e posteriormente em casa de vegetação) e, finalmente, em campo após definir os melhores tratamentos.

Tabela 5 – Exemplo de delineamento de tratamento para experimento com dois fatores de tratamento, sendo ambos qualitativos (Faixa granulométrica do remineralizador e Tipo de solo).

Tratamento	Tipo de solo	Faixa granulométrica (mm)
Testemunha 1	Arenoso	Sem remineralizador
T1: Arenoso-G1		2,0 - 0,84
T2: Arenoso-G2		0,84 - 0,30
T3: Arenoso-G3		0,30 - 0,105
T4: Arenoso-G4		0,105 - 0,053
T5: Arenoso-G5		< 0,053
Testemunha 2	Argiloso	Sem remineralizador
T6: Argiloso-G1		2,0 - 0,84
T7: Argiloso-G2		0,84 - 0,30
T8: Argiloso-G3		0,30 - 0,105
T9: Argiloso-G4		0,105 - 0,053
T10: Argiloso-G5		< 0,053
Considerando dois tratamentos testemunhas (cada solo sem remineralizador) e uma única dose do remineralizador para fornecer 200% da necessidade de K ₂ O (1.955 kg ha ⁻¹ do R6)		

Tabela 6 – Exemplo de delineamento de tratamento para experimento com dois fatores de tratamento, sendo ambos qualitativos (Fontes de intemperismo biológico e Presença e ausência do remineralizador).

Tratamento		Fontes biológicas de intemperismo		Dose fixa do R6 (Fonte de K2O) kg ha ⁻¹
		Micro-organismo	Planta	
T1	Testemunha	Ausência	Ausência	Ausência 0 (0%)
T2		Ausência	Presença	Ausência 0 (0%)
T3		Presença	Ausência	Ausência 0 (0%)
T4		Presença	Presença	Ausência 0 (0%)
T5	Testemunha	Ausência	Ausência	Presença (500%) ¹
T6		Ausência	Presença	Presença (500%)
T7		Presença	Ausência	Presença (500%)
T8		Presença	Presença	Presença (500%)

¹ Presença: Dose R6 - 4888 g ha⁻¹ (500%) da dose recomendada

Exemplo 4. Experimento com três fatores de tratamento, sendo dois fatores qualitativos e um quantitativo para a cultura do milho (Tabela 7)

Fator qualitativo 1 – Tipo de remineralizador (com dois níveis, por exemplo, R6 como fonte de K₂O e R2 como fonte de CaO e MgO)

Fator qualitativo 2 – Tipo de solo (com dois níveis: solo arenoso e solo argiloso; ou solo com baixos teores de K, Ca e Mg e solo com altos teores de K, Ca e Mg; ou solo de baixa e solo de alta fertilidade)

Fator quantitativo – Dose do remineralizador (com cinco níveis para o R6: 0, 100, 200, 300, 400 e 500% da recomendação, e dois níveis para o R2: 0 e 688 kg ha⁻¹ – dose para fornecer 100% do Mg exportado pelo milho).

Neste caso o número total de tratamentos será igual a combinação dos três fatores de tratamento, ou seja, $2 \times 2 \times 5 = 20$. A análise da variância poderá indicar ou não efeito significativos dos fatores isolados ou mesmo a interação entre os fatores.

Tabela 7 – Exemplo de delineamento de tratamento para experimento com três fatores de tratamento sendo dois qualitativos (Tipo de remineralizador e Tipo de solo) e outro quantitativo (Dose de remineralizador).

Tratamento	Tipo de solo	Dose do R2 (Fonte de CaO e MgO), kg ha ⁻¹	Dose do R6 (Fonte de K ₂ O), kg ha ⁻¹
T1: Arenoso-0-0	Arenoso	0	0
T2: Arenoso-0-978			978
T3: Arenoso-0-1955			1.955
T4: Arenoso-0-2933			2.933
T5: Arenoso-0-3911			3.911
T6: Arenoso-0-4888			4.888
T7: Arenoso-688-0		688	0
T8: Arenoso-688-978			978
T9: Arenoso-688-1955			1.955
T10: Arenoso-688-2933			2.933
T11: Arenoso-688-3911			3.911
T12: Arenoso-688-4888			4.888
T13: Argiloso-0-0	Argiloso	0	0
T14: Argiloso-0-978			978
T15: Argiloso-0-1955			1.955
T16: Argiloso-0-2933			2.933
T17: Argiloso-0-3911			3.911
T18: Argiloso-0-4888			4.888
T19: Argiloso-688-0		688	0
T20: Argiloso-688-978			978
T21: Argiloso-688-1955			1.955
T22: Argiloso-688-2933			2.933
T22: Argiloso-688-3911			3.911
T24: Argiloso-688-4888			4.888

Considerando os dois solos com teores baixos de K₂O (31 a 60 mg dm⁻³), de Ca (<2,0 cmol. dm⁻³) e de Mg (<0,5 cmol. dm⁻³) e para produção de 10 t ha⁻¹ de grãos de milho e considerando as adubações de correção e manutenção e a exportação de 5,5 e 7,3 kg de CaO e MgO, respectivamente, por t de grãos e de (CQFS, 2016); a dose do R2 baseou-se na exortação de Mg, elemento mais exportado do que o Ca.

As respostas da análise da variância possibilitariam obter informações práticas como por exemplo a eficiência dos remineralizadores em promover aumento dos teores de Ca, Mg e K para cada um dos solos.

Para experimentos com este delineamento (contendo grande número de tratamentos) os mesmos devem ser conduzidos em condições controladas, primeiramente através de incubação, e posteriormente em casa de vegetação. Após definidos os melhores tratamentos estes seriam levados para condições de campo.

TIPOS DE EXPERIMENTOS COM REMINERALIZADORES DE SOLO

Partindo de experimentos simples e bem planejados, a seguir são discutidos alguns tipos de experimentos utilizando os delineamentos de tratamento antes descritos.

EXPERIMENTOS DE INCUBAÇÃO

A incubação (mistura de solo com o remineralizador a ser testado), possibilita **realizar um grande número de combinações entre os fatores de tratamento (tipos de solo, tipo, granulometria e dose do remineralizador, tempo de incubação...)**. Assim, para esta primeira abordagem, prévia aos experimentos com plantas em casa de vegetação ou campo, sugere-se que sejam contemplados **os tipos de solos mais representativos de cada região** (no mínimo dois tipos) selecionados a partir de suas representatividades agrícolas.

O **período de tempo de duração** pode ser semelhante aquele adotado para os corretivos de acidez (**no mínimo 03 meses**) com **amostragens de solo quinzenais ou mensais ao longo deste período**, sendo que a primeira amostragem poderá ser realizada após uma semana de incubação. Desta forma, ao final do período de incubação será possível determinar **a reatividade (liberação dos nutrientes para a solução do solo), a dose e a granulometria de cada remineralizador nos diferentes solos testados**.

EXPERIMENTOS EM VASOS

Após determinados o tipo, a reatividade, a(s) dose(s) e a granulometria do remineralizador no ensaio de incubação, procede-se aos experimentos usando vasos com **plantas**. Devem ser utilizados pelo menos **dois solos mais representativos de cada região** e, de preferência, contemplando **um arenoso e outro argiloso**, visto que tais características são determinantes tanto na dinâmica das reações, químicas, físicas e biológicas do solo, quanto nas respostas agrônômicas.

Geralmente os estudos de adubação em casa de vegetação tem duração de no máximo **60 dias para espécies produtoras de grãos**. O tamanho dos vasos varia de 2 dm³ a 30 dm³, dependendo das espécies de plantas e da duração do experimento (Novais et al., 1991).

Como citado anteriormente é de extrema importância a definição do tipo de planta que será utilizado nos experimentos visto que algumas espécies de plantas também são capazes de absorver nutrientes em suas formas menos solúveis ou não trocáveis, mediante mecanismos de acidificação no ambiente radicular, através da liberação de ácidos orgânicos fracos (Havlin; Westfall, 1985), os quais atuam modificando a estrutura dos minerais. Assim, para avaliação do efeito fertilizante ou de condicionador de solo dos remineralizadores, sugere-se **além da avaliação do efeito imediato, a continuidade do experimento com a realização de cultivos sucessivos (sequenciais) com espécies de plantas sabidamente demandantes dos nutrientes**

fornecidos pelo remineralizador testado, de rápido crescimento em condições controladas e que suportem cortes sucessivos com frequência.

O ensaio de cultivos sucessivos permitirá ainda determinar a **necessidade de reaplicação dos remineralizadores através do teor foliar (absorção pela planta) e do teor disponível no solo** daqueles nutrientes fornecidos pelo **remineralizador**. Os valores encontrados podem ser comparados com tabelas de referência já existentes (por exemplo, CQFS-RS/SC, 2016; Pauletti, 2004). Ao mesmo tempo é de extrema importância considerar **o acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas**. O teor foliar é um indicativo muito utilizado para monitorar o estado nutricional das plantas, mas pode não ser alterado facilmente em função dos tratamentos. Assim, para o caso dos remineralizadores de solo, sugere-se que seja avaliada a fitomassa da parte aérea (peso seco) para em combinação com os teores de nutrientes da parte aérea, se obtenha o **acúmulo de nutrientes na parte aérea**. Esta variável pode ser mais sensível aos fatores de tratamento do que o teor foliar.

Além do efeito fertilizante, os remineralizadores são constituídos de minerais primários e/ou secundários, os quais durante o processo de intemperismo e da consequente liberação de minerais nutrientes, formam argilominerais do tipo 2:1, os quais apresentam elevada capacidade de troca de cátions, aumentando desta forma, a retenção de nutrientes e de água no solo (Martins et al., 2010).

A partir do exposto acima, constata-se que para ensaios em condições controladas, incubação e com plantas confinadas a recipientes com volume de solo limitado (até no máximo 30 dm³) é possível contemplar, ao mesmo tempo, tipos de solos representativos e contrastantes; espécies de plantas; efeito imediato e residual (através de cultivos sucessivos); granulometria e dose do remineralizador, **propiciando conduzir experimentos com um grande número de tratamentos**.

EXPERIMENTOS EM CONDIÇÕES DE CAMPO

A partir dos resultados observados nos experimentos de incubação e em vaso, procede-se aos experimentos em condições de campo, a fim de validar os resultados observados em condições controladas. Porém, especial atenção deve ser dada a escolha dos locais onde serão implantados os experimentos **visando um correto controle das variações de tipos de solo, níveis de fertilidade e condições de excesso e/ou falta de umidade**. Quando forem implantados experimentos grandes (por exemplo, em torno de 1 ha) atentar para a correta alocação dos mesmos a fim de minimizar as diferenças de solo comuns em áreas grandes (ver Figura 2). Uma outra possibilidade de controle das variações na fertilidade do solo é demarcar a área do experimento e realizar as análises de solo com bastante antecedência. A partir dos laudos realiza-se o **bloqueamento por níveis de fertilidade e não como é feito normalmente (levando em conta declividade, exposição solar...)**. Assim, por exemplo, os blocos levariam em conta os níveis de fertilidade (teor de K, por exemplo) e poderiam ser adotadas as seguintes categorias para os blocos baseados no teor de K: **Muito baixo, Baixo, Médio e Alto**. Considerando o delineamento para o remineralizador R6 e as doses propostas (Tabela 2), nas Figuras 3 e 4 estão apresentados os delineamentos experimentais em blocos casualizados com quatro repetições considerando o bloqueamento tradicional (Figura 3) e o bloqueamento em função dos teores de K do solo.

Figura 2 – Mapa de solos de uma área experimental de tamanho de 10 hectares. Observar a grande variabilidade de tipos de solos (seis tipos).

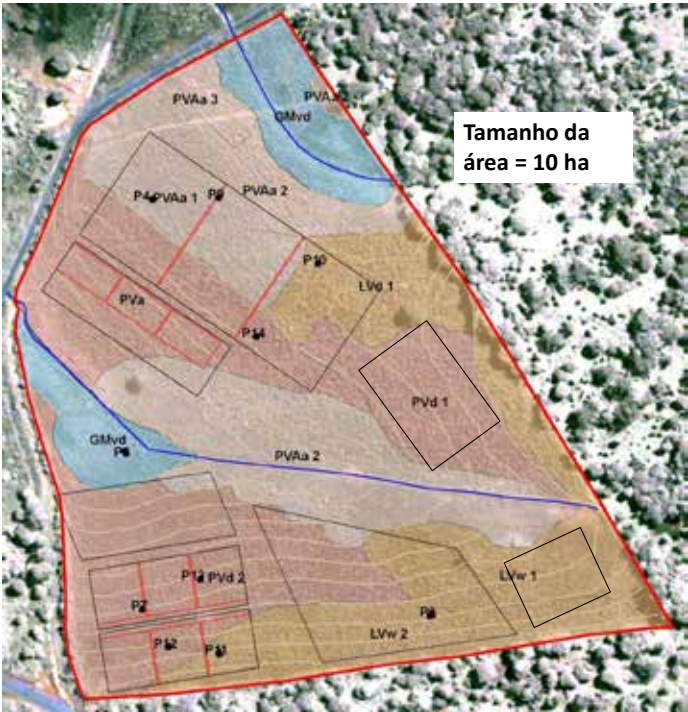


Figura 3 – Desenho experimental em blocos casualizados de um experimento com seis tratamentos (os valores dentro das células são as doses do remineralizador, em kg ha) e quatro blocos para testar a dose de um remineralizador fonte de K (R6).

	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3	Bloco 4
1	1955	3911	0	2933
2	2933	1955	4888	978
3	0	4888	3911	0
4	4888	2933	978	1955
5	3911	978	1955	4888
6	978	0	2933	3911

Doses do remineralizador R6 considerando um solo de CTC de 7,6-15,0 cmo_c dm³, com teor baixo de K₂O (31 a 60 mg dm³) e para produção de 10 t ha⁻¹ de grãos de milho e considerando as adubações de correção e manutenção (CQFS, 2016)

Figura 4 – Desenho experimental em blocos casualizados de um experimento com seis tratamentos e quatro blocos baseado no teor de K do solo e casualização dos tratamentos em função de classes/categorias do teor de K no solo para testar a dose de um remineralizador fonte de K (R6).

Teor de K do solo (mg dm³)

1	120	45	90	25
2	80	75	30	150
3	180	100	65	40
4	55	60	30	25
5	130	20	70	55
6	100	80	35	15

Considerando um solo de CTC de 7,6-15,0 cmol_c dm³ e teor de K₂O do solo segundo as seguintes categorias: Muito baixo (vermelho): <30 mg dm³; Baixo (amarelo): 31 a 60 mg dm³; Médio (verde): 61 a 90 mg dm³; Alto (azul): 91 a 180 mg dm³ (CQFS, 2016)

Casualização dos tratamentos (dose do remineralizador R6, em kg ha⁻¹), baseada no teor de K do solo

1	0	1955	2933	978
2	3911	4888	0	2933
3	1955	978	1955	0
4	2933	4888	1955	2933
5	3911	4888	978	978
6	4888	0	3911	3911

Considerando um solo de CTC de 7,6-15,0 cmol_c dm³ e teor de K₂O do solo segundo as seguintes categorias: Muito baixo: <30 mg dm³; Baixo: 31 a 60 mg dm³; Médio: 61 a 90 mg dm³; Alto: 91 a 180 mg dm³ (CQFS, 2016)

Em alguns experimentos em condições de campo tem se observado aumento da eficiência dos nutrientes P e K (Araújo, 2011; Vignolo, 2011; Malagi, 2011; Denardi, 2012), quando da aplicação de diferentes tipos de remineralizadores, possivelmente em função dos processos de sorção/dessorção mediados pelo elemento Si (Carvalho et. al., 2011) e/ou devido a CTC e a presença de argilominerais do tipo 2:1.

Os efeitos constatados nesses experimentos **indicam a ocorrência de processos de solubilização no ambiente do solo**. Provavelmente, a presença de **matéria orgânica em teores elevados** (45,6 a 50,9 g kg⁻¹), **juntamente com a aplicação de material orgânico (cama de aviário, tortas de mamona e de tungue, composto orgânico) tenha acelerado o processo de solubilização**. Ainda que tal efeito tenha ocorrido, a vantagem deste tipo de insumo é o seu **efeito residual, o qual, também foi constatado**, com graus diferentes sobre as fontes de fósforo e de potássio. Portanto, para que este efeito também possa ser quantificado, **sugere-se que os ensaios em condições de campo período sejam monitorados por no mínimo dois anos** (sempre com cultivos de verão e inverno). Ao mesmo tempo seria importante prever o **fator reaplicação do remineralizador testado**; para tanto, sugere-se que a parcela experimental tenha dimensões que permitam contemplar este fator. Geralmente parcelas experimentais em campo tem dimensões variáveis, mas um tamanho adequado pode ser 5,0 x 5,0 m (25 m²), o que permite que a área útil, eliminadas as bordaduras, propicie quantidade adequada de grãos

ou fitomassa para a realização das avaliações nutricionais. Porém, para contemplar o fator re-aplicação do remineralizador, **por exemplo, para duas reaplicações** sugere-se que a parcela seja duas vezes maior, isto é, passe a ter as dimensões de 5,0 x 10 m (50m²). Com tal adequação será possível avaliar, concomitantemente, os **efeitos imediatos e residuais** tanto do fator re-aplicação quanto do fator dose. O tempo entre as aplicações, assim como mencionado nos ensaios em condições controladas será determinado através do teor foliar ou da parte aérea (absorção pela planta) e do teor disponível no solo daqueles nutrientes fornecidos pelo remineralizador. Os valores podem ser comparados com tabelas de referência já existentes (por exemplo, CQFS-RS/SC, 2016; Pauletti, 2004).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando-se a natureza particular dos remineralizadores de solos, isto é, fontes multielementares de nutrientes, de baixa e/ou gradual solubilidade e relativamente baixa concentração de nutrientes, e que os protocolos agrônômicos em vigência foram desenvolvidos para a avaliação de fontes de elevada solubilidade e concentração, neste documento foi proposto um protocolo agrônômico específico para os remineralizadores de solo, levando em conta princípios básicos da experimentação agrônômica, conhecimentos de fertilidade do solo e de nutrição de plantas, para atender simultaneamente os seguintes objetivos: a) *testar a capacidade dos remineralizadores em alterar positivamente uma ou mais variáveis respostas da cultura-alvo ou do solo* e b) *demonstrar que o produto atua na nutrição e/ou desenvolvimento da planta, direta ou indiretamente, ou no condicionamento do solo*. O protocolo proposto pode auxiliar na adequada avaliação da eficiência agrônômica dos remineralizadores permitindo constatar que essa categoria de insumo agrícola “*altera os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo*”. E finalmente, será possível obter informações práticas tais como **granulometrias mais adequadas, doses mais eficientes, culturas responsivas e tipos de solos com maior probabilidade de resposta**.

REFERÊNCIAS

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFS. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11ª ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Porto Alegre, Brasil, 2006.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª ed., Brasília, 2013, 353 p.

LUZ, A.B.; LAPIDO-LOUREIRO, F.E.; SAMPAIO, J.A.; CASTILHOS, Z.C.; BEZERRA, M.S. Rochas, minerais e rotas tecnológicas para produção de fertilizantes alternativos. In: F. R. C. Fernandes; A. B. da Luz; Z. C. Castilhos. (Org.). **Remineralizadores para o Brasil**. 1 ed. Rio de Janeiro, RJ: CETEM, 2010, v. 1, p. 61-88.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual oficial de métodos analíticos para fertilizantes minerais, orgânicos e corretivos**. 2007.

MARTINS, E.S., OLIVEIRA, C.G., RESENDE, A.V.; MATOS, M.S.F. Remineralizadores – Rochas Silicáticas como Fontes Minerais Alternativas de Potássio para a Agricultura. In: Adão B. Luz e Fernando Lins (eds.), **Rochas e Minerais Industriais – Usos e Especificações**, Rio de Janeiro: CETEM, 2008, p. 205-221.

MARTINS, E.S.; RESENDE, A.V.; OLIVEIRA, C.G.; FURTINI NETO, A.E. Materiais silicáticos como fontes regionais de nutrientes e condicionadores de solos. In: F.R.C. Fernandes; A.B. da Luz; Z.C. Castilhos. (Org.). **Remineralizadores para o Brasil**. 1 ed. Rio de Janeiro, RJ: CETEM, 2010, v. 1, p. 89-104.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. OLIVEIRA, A.J., de; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D. de; LOURENÇO, S. (Eds). Brasília, Embrapa-SEA, 1991, 392p. Embrapa-SEA. Documentos 3.

PAULETTI, V. **Nutrientes: teores e interpretações**. 2.ed. Castro: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica e Agropecuária, 2004. 86p.

THEODORO, S.H.; MARTINS, E.S.; FERNANDES, M.M.; CARVALHO, A.M.X. (eds.). **Anais do II Congresso Brasileiro de Rochagem**. Poços de Caldas-MG, 2013, 399 p.

VAN STRAATEN, P. **Agrogeology: The use of rocks for crops**. Ontario-CA, Enviroquest Ltda., 440 p, 2007.

TEMA 5 - AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE REMINERALIZADORES

RESUMOS



ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO SOB CULTIVO DE SOJA E SORGO SUBMETIDO AO USO DE BASALTO MOÍDO

Nayra Thaís Ferreira Batista¹, Vilmar Antonio Ragagnin², Eduardo Hack³, Andréa Luiza Görgen⁴, Éder de Souza Martins⁵

¹Mestre em Agronomia (Produção Vegetal). UFG - Campus Jataí - nayrathais88@gmail.com.; ²Docente de Agronomia. UFG - Campus Jataí - vilmar.ragagnin@gmail.com.; ³Administrador de Agronegócio - agrojudas@hotmail.com.; ⁴Técnica Agrícola - andrealuizagorgen@gmail.com.; ⁵Doutor em Geologia – Embrapa Cerrados - eder.martins@embrapa.br

Resumo: Rochas silicáticas apresentam potenciais como fonte de nutrientes e como condicionador de solo. Os basaltos são rochas vulcânicas básicas, abundantes na Bacia do Paraná e sua disponibilidade está próxima aos solos agrícolas do Sudoeste Goiano. Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de doses de basalto moído sobre os atributos químicos de Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com soja (*Glycine max*) em sucessão de sorgo (*Sorghum vulgare*). O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí, com Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagem degradada do município de Montividiu – GO. Os tratamentos seguiram delineamento inteiramente ao acaso, com quatro repetições no esquema fatorial 2 x 6 + 1: 2 doses de calcário (0,0 e 1.600 kg ha⁻¹), 6 doses de pó de rocha basáltica (0,0, 960, 1.920, 3.840, 5.760 e 7.680 kg ha⁻¹) e um controle com adubação convencional. A avaliação foi iniciada no período de florescimento das culturas, onde foram realizadas análises químicas dos solos. O pó de basalto diminui a acidez do solo, bem como, proporciona aumento nos teores de cálcio, fósforo e silício.

Palavras-chave: Basalto toleítico, Rochagem, Manejo da fertilidade.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o maior consumo de fertilizantes e corretivos ocorre nas grandes e médias propriedades agrícolas (IBGE, 2013). Segundo Pedroso et al. (2004) o Sudoeste Goiano é uma microrregião composta por 26 municípios que conta com condições edafoclimáticas favoráveis, sendo a agricultura a base de sustentação econômica, com destaque para a produção de grãos. Os fertilizantes a base de fósforo e o potássio são os mais intensivamente consumidos por esse tipo de cultura (OLIVEIRA et al., 2006).

Por outro lado, 70% do total dos fertilizantes produzidos e consumidos no país são derivados de fontes convencionais de nutrientes importadas, compostas essencialmente de variantes de NPK, de elevada concentração e alta solubilidade (MARTINS e THEODORO, 2010).

Uma das limitações das fontes solúveis é a ausência de outros nutrientes minerais em sua composição (LEONARDOS et al., 1987). Várias culturas apresentam desequilíbrios nutricionais e maior sensibilidade ao ataque de pragas e doenças por este motivo (FANCELLI et al., 2012). Aliado aos desequilíbrios nutricionais, neste modelo de fertilização pode ocorrer o

“consumo de luxo” das culturas, onde os nutrientes acumulam na planta sem refletir em aumento de produção (RESENDE et al., 2006). Por outro lado, as rochas diferem na capacidade de disponibilização de nutrientes para as culturas e apresentam características de fertilizantes multinutrientes que devem ser consideradas no cálculo de balanço da adubação (OLIVEIRA et al., 2006).

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de doses do basalto moído sobre os atributos químicos do solo nas culturas da soja e do sorgo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Goiás – Câmpus Jataí, com Latossolo Vermelho Amarelo, coletado em área de pastagem degradada no município de Montividiu - GO, nas coordenadas geográficas latitude: -17º 01’ 14” Sul e longitude: -51º 05’ 21” Oeste; altitude de 800 m. O solo foi coletado em profundidade de 0-20 cm (Tabela 1). O material de origem deste solo é formado por cobertura detrito-laterítica indiferenciada do Cenozoico (LACERDA FILHO et al., 2000).

Tabela 1 – Análise química para caracterização de macro nutrientes no Latossolo Vermelho-Amarelo.

Horizontes	pH H ₂ O	P-Mehlich	H+Al	Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	CTC	V	MO	H ⁺
cm		mg dm ⁻³	 cmol _c dm ⁻³					%.....				
A 0-20	5,16	0,37	3,97	39,36	0,42	0,29	0,07	0,77	4,74	16,3	2,3	3,47

O ensaio foi desenvolvido inicialmente com a soja sucedida por sorgo granífero. A semeadura da soja ocorreu no dia 31 de janeiro de 2012, enquanto a do sorgo ocorreu em 26 de maio de 2012. As avaliações ocorreram no período de pleno florescimento de ambas as culturas (67 e 98 dias respectivamente), por ser considerado de maior atividade metabólica vegetativa (RAIJ et al.,1997).

Os pós de rochas utilizados no experimento foram o basalto toleítico vesicular, encontrado no município de Jataí da Formação Serra Geral, e o calcário do Grupo Irati localizado no município de Montividiu - GO. A Tabela 2 mostra as composições químicas totais do basalto e do calcário selecionados, obtidos em análise no laboratório ACME-Canadá. E a granulometria de ambos?

Tabela 2 – Composição química total dos elementos maiores do basalto e do calcário.

Elemento	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	TiO ₂	*PF	Total
Basalto (%)	50,07	12,32	14,9	8,21	4,73	2,39	1,43	0,3	0,2	2,63	2,57	99,75
Calcário (%)	20,82	0,92	0,85	22,43	17,93	0,04	0,09	0,06	0,16	0,07	36,5	99,87

*conteúdo total de voláteis

A análise da composição mineralógica do basalto foi realizada pelo software MoDan desenvolvido por Paktunc (2001), integrando a composição química da rocha e a composição dos basaltos conforme Bellieni et al. (1983). A composição mineralógica estimada (% em mas-

sa) para o pó de basalto estudado é a seguinte: plagioclásio (36,3%), clinopiroxênio (15,7%), quartzo (12,9%), pigeonita (11,1%), magnetita (9,6%), ortoclásio (7,9%), ilmenita (5,1%), e apatita (0,8%).

As unidades experimentais foram constituídas de vasos plásticos com aproximadamente 3,5 kg de solo seco ao ar. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com quatro repetições por tratamento, e o delineamento de tratamento em esquema fatorial 2 x 6 + 1, sendo 2 doses para a fonte calcário (0,0 e 1.600 kg ha⁻¹) e 6 doses para a fonte pó de rocha (0; 960; 1.920. 3.840; 5.760 e 7.680 kg ha⁻¹), tomando como base o teor de potássio presente na rocha e considerando a recomendação de 100 kg ha⁻¹ de K₂O (Tabela 3).

Tabela 3 – Doses de pó de rocha de acordo com a recomendação de K₂O.

Doses		Basalto
Recomendação %	g dm ⁻³	kg ha ⁻¹
0	0	0
50	1,92	960
100	3,84	1920
200	7,68	3840
300	11,52	5760
400	15,36	7680

Nas amostras de solo, coletadas em cada vaso, foram feitas análises para determinação dos teores de fósforo Mehlich e resina (P), potássio (K), cálcio (Ca), acidez ativa (pH em água) conforme preconizada por Embrapa (1997) e silício (Si) de acordo com Korndörfer et al. (2004). Com base nessas análises, calcularam-se a soma de cátions básicos (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por cátions básicos (V%).

Os dados foram analisados pela ANOVA, sendo os controles com e sem calcário, comparadas em contrastes, as médias entre doses foram estudadas por análise de regressão e médias com e sem calcário foram comparadas pelo teste de TUKEY a 5% de probabilidade. Para análise estatística foi usado o programa ESTAT (BARBOSA et al., 1992).

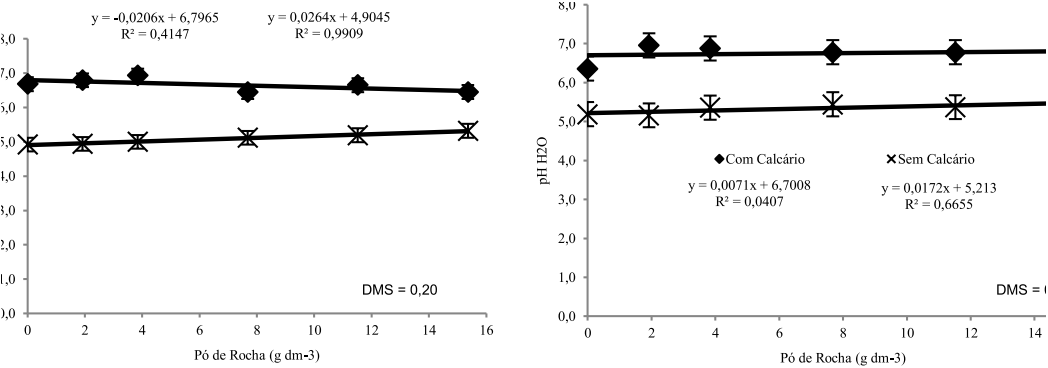
RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características químicas do solo apresentaram interações significativas entre as doses de pó de rocha e calcário para os valores de pH em água e Saturação de bases (V%). Teores de Fósforo mehlich (P-mehlich), Cálcio (Ca), Soma de bases (SB), Capacidade de Troca de Cátions (CTC), Silício (Si) e Fósforo resina (P-res) tiveram diferença significativa para o fator doses de pó de rocha para soja e sorgo. Para Potássio só houve diferença para o fator calcário, onde os teores de potássio foram maiores na presença do mesmo para a soja.

Na Figura 1 são apresentadas as regressões para os valores de pH em água em função dos tratamentos (com e sem calcário combinados com as das doses de pó de rocha) nos cultivos de soja e sorgo . Em ambos os casos os valores de pH as doses de pó de rocha na presença de calcário foram maiores quando comparado com os tratamentos sem calcário, no entanto, a correlação entre o pH do solo e as doses de pó de rocha foram baixas, enquanto a regressão dos

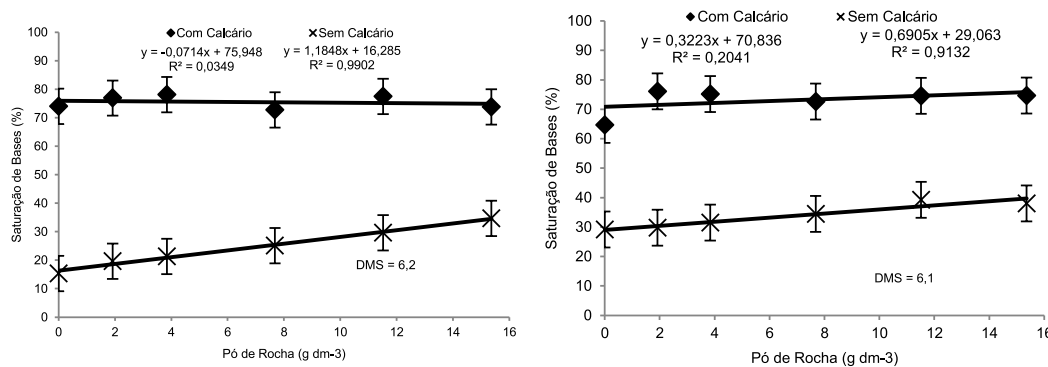
tratamentos sem calcário foi linear positiva significativa, ou seja, houve aumento do pH com o aumento da dose de pó de rocha. Escosteguy e Klamt (1998) observaram em experimento com basaltos moídos que para todos os tipos houve acréscimo nos valores de pH e diminuição do Al. De acordo com Melo et al. (2012) o efeito da adição das doses de basalto também apresentou maior eficiência para a neutralização da acidez potencial.

Figura 1 – Análise de regressão para teores de pH H₂O no solo em função das doses de pó de rocha e presença e ausência de calcário nas culturas da soja (esquerda) e sorgo (direita)



Na Figura 2 são mostradas as regressões do teor Saturação de Bases no solo em função da presença e ausência de calcário em diferentes doses de pó de basalto na soja e sorgo. Os valores de Saturação de Bases foram significativamente superiores para os tratamentos com calcário e os mesmos não apresentaram diferença para as diferentes doses de pó de basalto. Apesar dos tratamentos sem calcário estarem bem abaixo dos níveis ideais recomendados, eles foram explicados por uma regressão linear positiva, sendo que a dose máxima de pó de basalto mostrou resultado estatisticamente diferente das demais doses. Isso mostra que o basalto foi reativo no solo ao ponto de aumentar os níveis de Saturação de Bases de acordo com o aumento da dose de pó de basalto em ambas culturas (67 dias para a soja e 98 dias para o sorgo). Provavelmente esse efeito pode ser oriundo da presença de plagioclásio, clinopiroxênio, pigeonita e ortoclásio na rocha estudada. Sendo que, dentre esses minerais o de decomposição mais rápida em comparação aos outros seria o plagioclásio.

Figura 2 – Análise de regressão para teor de Saturação de Bases no solo em função das doses de pó de rocha e presença e ausência de calcário nas culturas da soja (esquerda) e sorgo (direita) (Barras verticais representam a DMS).



Os teores de cálcio para tanto para soja quanto sorgo foram maiores no solo para as maiores doses de pó de rocha, assim como para Si que foi maior no cultivo do sorgo (Figura 3). Para P-resina e P-Mehlich na dose equivalente à 7.680 kg ha⁻¹, os teores foram menores no sorgo (Figura 4). Na tabela 4 são apresentados os teores da SB e CTC da soja e também a CTC efetiva do sorgo. A SB da soja e CTC efetiva do sorgo assim como na figura 3 e 4 os resultados os solos com maior dose de basalto apresentaram maiores valores.

Figura 3 – Análise de regressão para Si e Ca no solo em função das doses de pó de rocha nas culturas da soja e sorgo (Barras verticais representam a DMS).

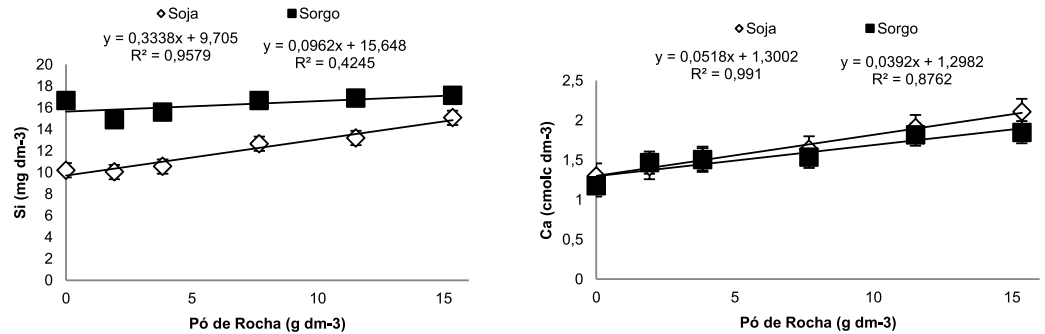


Figura 3 – Análise de regressão para P-Mehlich e P-resina no solo em função das doses de pó de rocha nas culturas da soja e sorgo (Barras verticais representam a DMS).

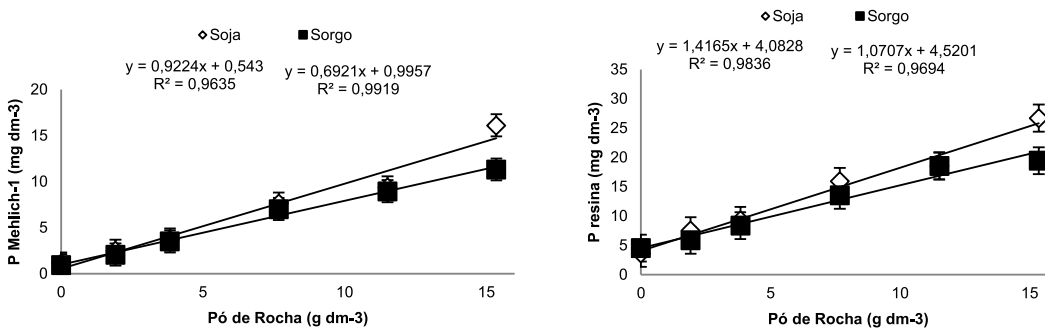


Tabela 4 – Médias dos teores de SB, CTC para soja e CTC efetiva no solo em função das doses de pó de rocha na cultura do sorgo.

Dose pó de rocha	SOJA		SORGO	
	SB	CTC	CTC efetiva	
.....g dm ⁻³	cmolc dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³	
0	2,72 c	5,78 a	5,47	b
1,92	2,93 c	5,7 a	5,57	ab
3,84	3,06 bc	5,81 a	5,59	ab
7,68	2,98 abc	5,79 a	5,61	ab
11,52	3,45 ab	6,04 a	5,89	a
15,36	3,49 a	6,1 a	5,88	a

*Média seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

A utilização de basalto na forma de pó de rocha no manejo da fertilidade de áreas de pastagem degradadas em Latossolo Vermelho Amarelo proporciona:

1. O calcário apresentou maior elevação nos valores de pH no solo, mas nos tratamentos sem calcário pode-se observar aumento do pH com o aumento da dose de pó de rocha.
2. Liberação Ca, P e Si no solo cultivado com soja em sucessão com sorgo, em um curto período de 67 e 98 dias respectivo.
3. Pode ser empregado no manejo da fertilidade de solos cultivados com soja e sorgo.

AGRADECIMENTO

Financiamento: FINEP - Projetos Demonstrativos do Uso de Novas Fontes e Rotas Tecnológicas de Agrominerais na Produção de Biocombustíveis Líquidos (ROCKBIOCOM), Projetos Pilotos do Uso de Novas Fontes e Rotas Tecnológicas de Agrominerais na Produção de Biocombustíveis Líquidos (ROCKAPL); Sociedade Ecológica de Jataí (SEJA); Universidade Federal de Goiás-Campus Jataí (UFG).

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Jonei Cerqueira; MALHEIROS Euclides Braga; BANZATTO, David Ariovaldo. **Estatística: Um sistema de análises estatísticas de ensaios agrônômicos..** Jabuticabal: Unesp, 1992. (2.0).

BELLIENI, G.; BROTZU, P.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; ERNESTO, M.; MELFI, A.J.; PACCA, I.G.; PICCIRILO, E.M.; STOLFA, D. Petrological and paleomagnetic data on the plateau basalts to rhyolite sequences of the Southern Paraná Basin (Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.55, p.355-383, 1983.

EMBRAPA; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **2: Manual de métodos de análises de solo.** Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212 p.

Pedro Antonio Varella Escosteguy; Egon Klamt; **Basalto moído como fonte de nutrientes.** Viçosa: Revista Brasileira de Ciências do Solo, v. 22, 1998. Bimestral.

MARILENE FANCELLI, et al 34., 2012, São Paulo. **Metamasius hemipterus L. Como praga de bananeiras cv. Terra: Metamasius hemipterus L. COMO PRAGA DE BANANEIRAS CV. TERRA.** São Paulo: Rbf, 2012. 3 v.

IBGE; RIO DE JANEIRO. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola.** Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 26 v.

KORNDÖRFER, Gaspar Henrique; PEREIRA, Hamilton Seron; NOLA, Antonio. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante:** Boletim Técnico 2. Uberlândia: Gpsi-iciag-ufu, 2004. 34 p.

LEONARDOS, Othon Henry; FYLE, William; KRONBERG, Barbara. **The use of ground rocks in laterite systems – an improvement to the use of conventional soluble fertilizers:** . Chemical Geology, 60:361-370 1997.

LACERDA FILHO, Joffre Valmório de; **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e do Distrito Federal. Escala 1:500.000. Goiânia:** CPRM/METAGO/UnB, 2ª edição. 2000, Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.

MARTINS, Eder de Souza; THEODORO, Suzi Huff (Ed.). Anais I Congresso Brasileiro de Rochagem: 21 a 24 de Setembro de 2009. Brasília: Embrapa, 2010. 321 p.

MELO, Valdinar Ferreira et al. **Doses de basalto nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo Distrófico da Savana de Roraima: Acta Amazônica**, v.42, p.471-476, 2012.

OLIVEIRA, Fábio Alvares de et al. **Eficiência da adubação residual com rochas brasileiras para a cultura da soja: Espaço & Geografia**, v.9, p.231-246, 2006.

PAKTUNC, A.D. MoDan – a computerprogram for estimating mineral quantitiesbasedon bulk composition: Windows version. **ComputersandGeoscience**, v.27, p.883-886, 2001.

VAN RAIJ, Bernardo et al. **Boletim Técnico do Instituto Agronômico de Campinas:** Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: 1997. 285 p. n100.

RESENDE, Alvaro Vilela et al. **Rochas como Fontes de Potássio e outros Nutrientes para Culturas Anuais.** Brasil: Espaço & Geografia, 2006. 9 v. 135-161.

EFEITO DO XISTO RETORTADO EM ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO. PARTE I - ESTOQUES DE CARBONO E DE NITROGÊNIO

Cristiane Mariliz Stöcker¹; Alex Becker Monteiro²; Pablo Lacerda Ribeiro³; Sandro José Giacomini⁴; Rosane Martinazzo⁵; Carlos Augusto Posser Silveira⁵; Adilson Luís Bamberg⁵

¹Doutoranda em Agronomia, PPG em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, UFPel-Pelotas, RS - crisstocker@yahoo.com.br; ²Doutorando em Ciências, PPG - em Manejo e Conservação do Solo e da Água, UFPel - alexbeckermonteiro@gmail.com; ³Graduando em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, UFPel - pabloribeiro@gmail.com; ⁴Professor Associado II da Universidade Federal de Santa Maria, UFSM - sjgiacomini@small.ufsm.br; ⁵Pesquisador Embrapa Clima Temperado - rosane.martinazzo@embrapa.br, augusto.posser@embrapa.br, adilson.bamberg@embrapa.br

Resumo: Este trabalho propôs avaliar os estoques de carbono e de nitrogênio de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico com doses cumulativas de xisto retortado em um experimento de sete anos, na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria. Amostras de solo foram coletadas em camadas (0-10 e 10-20 cm) visando avaliar o teor de carbono e nitrogênio total. Os resultados obtidos mostraram que a adição de xisto retortado até a dose acumulada de 18 t ha⁻¹ não alterou os estoques de carbono e nitrogênio do solo.

Palavras-chave: Carbono orgânico, nitrogênio, xisto retortado

INTRODUÇÃO

Na exploração do xisto são gerados diversos coprodutos, dos quais se destaca o rejeito sólido proveniente da pirólise da rocha, o xisto retortado (XR). Este coproduto representa 80 a 90% do volume de xisto (6.600 Mg) processado diariamente na Unidade de Industrialização do Xisto (PIMENTEL et al., 2006), instalada em São Mateus do Sul (PR).

O XR apresenta estrutura lamelar, com argilominerais e estruturas aromáticas de carbono como principais constituintes (MIOTTO & MACHADO, 2006; PIMENTEL et al., 2006), além de teores significativos de silício, cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes essenciais às plantas. Essas características podem viabilizar sua aplicação na agricultura, como condicionador de solo (PEREIRA & VITTI, 2004). Estudos realizados por Leão et al. (2014) e Doumer et al. (2011) mostram que o XR contribui para a manutenção da qualidade do solo, pois apresenta potencial para reter carbono no solo.

O armazenamento de carbono e nitrogênio no solo é importante parâmetro para a estimativa da acumulação e emissão desses elementos, assim como, sob diferentes sistemas, fornece informações importantes para avaliação da qualidade do solo. Neste sentido, considerando a importância do tema e a escassez de informações acerca dos estoques de carbono e nitrogênio em solos com aplicação de XR, o presente estudo teve por objetivo quantificar os estoques destes elementos em um Argissolo Vermelho Distrófico arênico submetido a doses anuais e cumulativas de XR.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na área experimental do Departamento de Solos, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria – RS, com coordenadas geográficas,

29°45'S, 53°42'W. Nessa área experimental foi conduzido um dos experimentos do Projeto Xisto Agrícola, no período de 2009 a 2015. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com quatro repetições em parcelas de 25 m² (5m x 5m).

O experimento foi iniciado no ano de 2009 e anualmente foram realizadas aplicações da adubação de base (nitrogênio, fósforo e potássio, na forma de ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente) e do XR em diferentes doses (Tabela 1).

O clima da região, segundo Köppen, é classificado como subtropical úmido, tipo Cfa2. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico (EMBRAPA, 2013), com os seguintes atributos químicos na camada 0–10 cm: pH 5,4; matéria orgânica 18 g kg⁻¹; fósforo 31 mg dm⁻³; potássio 105 mg dm⁻³; magnésio 1,2 cmol_c dm⁻³; cálcio 3,3 cmol_c dm⁻³ e H + Al 2,3 cmol_c dm⁻³ (DOUMER et al., 2011). Este experimento foi selecionado para a realização dos estudos de monitoramento ambiental por apresentar condições edafoclimáticas de interesse (solo arenoso, baixo teor de matéria orgânica, precipitação média anual de 1769 mm). O XR foi aplicado na superfície do solo antecedendo a semeadura do feijão, manualmente a lanço, na área total das parcelas experimentais. A adubação de base foi aplicada na linha de semeadura utilizando semeadora, juntamente com a semente de feijão. Nos anos seguintes, a aplicação dos tratamentos foi realizada no momento da semeadura da cultura de inverno (trigo) e no verão a área era cultivada com feijão, sem aplicação dos tratamentos. A rotação feijão/trigo foi mantida durante todo o período experimental.

Tabela 1 – Tratamentos, datas de coleta de solos, doses acumuladas de xisto retornado e adubação utilizada em Argissolo Vermelho Distrofíco arênico no período de 2009 a 2015. Santa Maria-RS

Trat.	Dose acumulada de xisto retornado (Mg ha ⁻¹)								
	Doses aplicadas	Dez/2009	Set/2010	Dez/2011	Jun/2012	Jan/2013	Dez/2013	Jun/2014	Dez/2015
T1	0	NPK	NPK	NPK	NPK	NPK	NPK	NPK	NPK
T2	0,75	0,75	1,5	2,25	3,0	3,0	3,75	4,5	4,5
T3	1,5	1,5	3,0	4,5	6,0	6,0	7,5	9,0	9,0
T4	3,0	3,0	6,0	9,0	12,0	12,0	15,0	18,0	18,0
T5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

T1: testemunha de adubação (sem adição de XR e com adubação de base), T2: adubação de base e aplicação anual de 0,75Mg XR ha⁻¹, T3: adubação de base e aplicação anual de 1,5Mg XR ha⁻¹, T4: adubação de base e aplicação anual de 3,0 Mg XR ha⁻¹ e T5: testemunha absoluta (sem adição de XR e sem adubação de base). Adubação de base: aplicação de N (100 kg ha⁻¹), P₂O₅ (120 kg ha⁻¹) e K₂O (90 kg ha⁻¹).

Foram realizadas coletas periódicas de solo ao longo do período experimental, sendo que neste trabalho serão apresentados somente os resultados da última coleta, realizada em dezembro/2015. Amostras deformadas e indeformadas de solo foram coletadas nas camadas 0 a 10 e 10 a 20 cm. As análises laboratoriais foram realizadas na Embrapa Clima Temperado.

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 2011). Para quantificação dos teores de carbono (C) e nitrogênio (N) as amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de malha de 2 mm e, posteriormente, moídas em gral de ágata, e

encaminhadas à Central Analítica da Embrapa Clima Temperado para determinação dos teores de C e N através de combustão seca, em analisador elementar Leco TruSpec CHN.

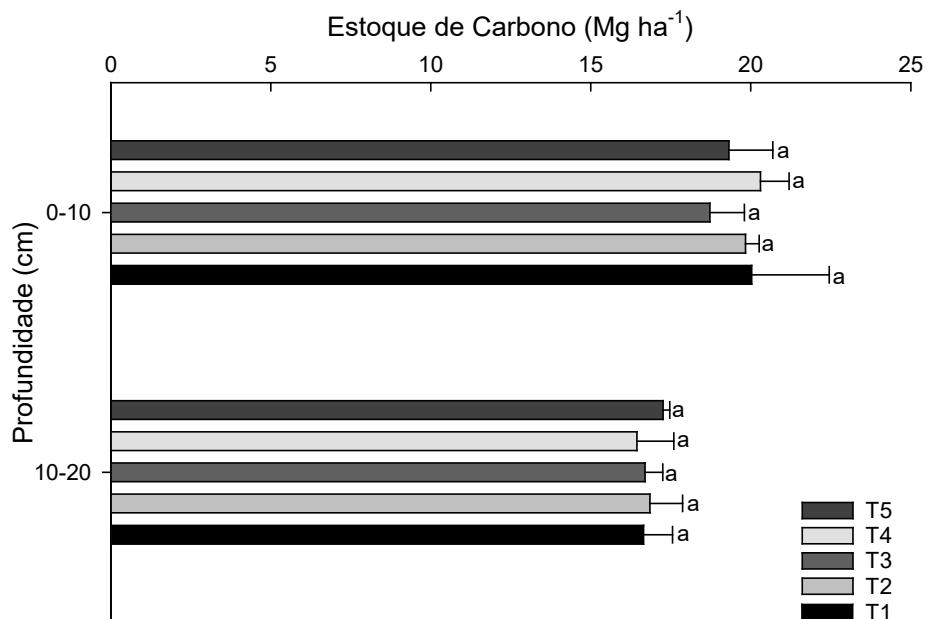
Os estoques de carbono (ECS) e de nitrogênio do solo (ENS) foram calculados considerando a densidade do solo, o teor de carbono ou de nitrogênio e a espessura de cada camada amostrada, empregando-se as fórmulas: $ECS = (C \times DS \times p)/10$ e $ENS = (N \times DS \times p)/10$, em que ECS = estoque de carbono do solo ($Mg\ ha^{-1}$); ENS = estoque de nitrogênio do solo ($Mg\ ha^{-1}$); C = teor de carbono do solo ($g\ kg^{-1}$); N = teor de nitrogênio do solo ($g\ kg^{-1}$); DS = densidade do solo ($g\ cm^{-3}$) e p = espessura da camada do solo (cm).

Os dados foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o auxílio do software ASSISTAT 7.7 (SILVA & AZEVEDO, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estoque de carbono do solo na camada 0-10 cm foi de 20,03 (T1); 19,83 (T2); 18,72 (T3); 20,31 (T4) e 19,32 (T5) $Mg\ ha^{-1}$. Não houve diferença significativa nos estoques de carbono do solo para os tratamentos e profundidades avaliadas ($p < 0,05$). Contudo, observa-se tendência de maiores estoques de carbono do solo na camada superficial (0-10 cm) quando comparada a camada subsuperficial (10-20 cm) com acúmulo médio de 16,65 (T1); 16,85 (T2); 16,70 (T3); 16,44 (T4) e 17,26 (T5) $Mg\ ha^{-1}$ (Figura 1). O maior acúmulo na camada superficial do solo provavelmente está associado à adição de material orgânico na superfície e à decomposição de raízes, em geral mais abundantes na camada superficial do solo (LOVATO et al., 2004).

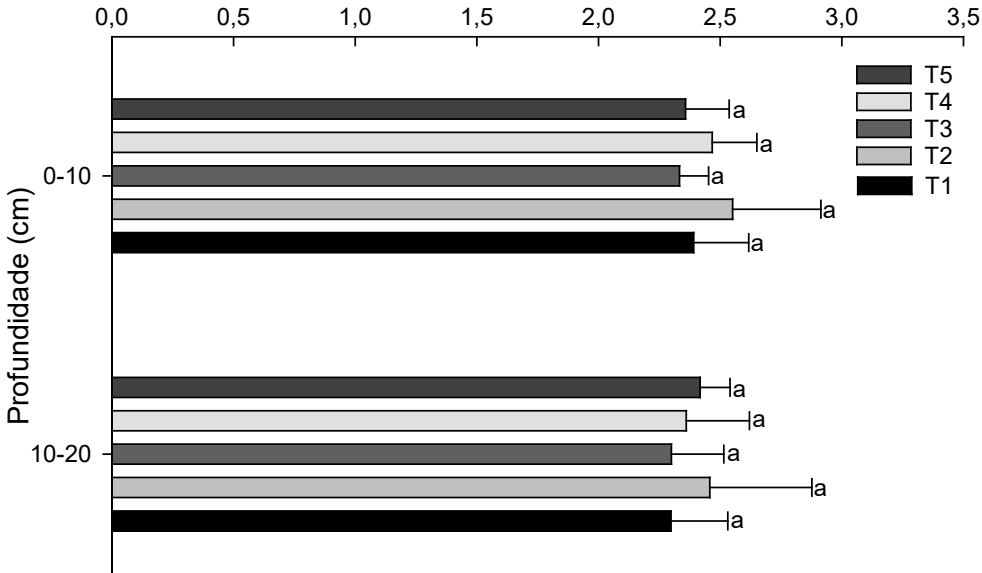
Figura 1 – Valores médios de estoques de carbono em um Argissolo Vermelho Distrófico arênico com doses crescentes de xisto retortado, nas camadas 0-10 e 10-20 cm. T1: testemunha de adubação (sem adição de XR e com adubação de base), T2: adubação de base e dose acumulada de 4,5 $Mg\ XR\ ha^{-1}$, T3: adubação de base e dose acumulada de 9,0 $Mg\ XR\ ha^{-1}$, T4: adubação de base e dose acumulada de 18,0 $Mg\ XR\ ha^{-1}$ e T5: testemunha absoluta (sem adição de XR e sem adubação de base).



O estoque total de carbono para o perfil avaliado (0-20 cm) foi de 36,67 (T1); 36,68 (T2); 35,42 (T3); 36,75 (T4) e 36,58 (T4). No entanto, estatisticamente, não foi observado efeito desse coproduto sobre a retenção do carbono no solo, o que pode estar relacionado ao fato de que o XR aplicado ao solo pode estar complexado aos minerais e à matéria orgânica do solo, o que reduz o seu possível poder de estabilização do carbono (LEÃO et al., 2014). Além disso, quantitativamente o conteúdo de carbono total aportado ao solo no experimento pelo XR, na maior dose aplicada, pode não ter sido significativo (aproximadamente 1.500 kg ha⁻¹ na maior dose acumulada), embora se saiba que suas características químicas e morfológicas exercem papel fundamental nas interações organominerais (DOUMER et al., 2011) e a longo prazo podem influenciar positivamente no sequestro do carbono aportado pela decomposição da biomassa, incrementando os estoques de carbono do solo em médio e longo prazo.

O estoque de nitrogênio do solo na camada 0-10 cm foi de 2,39 (T1); 2,55 (T2); 2,33 (T3); 2,47 (T4) e 2,36 (T5) Mg ha⁻¹, não havendo diferença estatística entre os tratamentos (Figura 2).

Figura 2 – Estoques de Nitrogênio em um Argissolo Vermelho Distrófico arênico com doses crescentes de xisto retornado, nas camadas 0-10 e 10-20 cm. T1: testemunha de adubação (sem adição de XR e com adubação de base), T2: dose acumulada de 4,5 Mg XR ha⁻¹, T3: dose acumulada de 9,0 Mg XR ha⁻¹, T4: dose acumulada de 18,0 Mg XR ha⁻¹ e T5: testemunha absoluta (sem adição de XR e sem adubação de base).



Semelhante ao estoque de carbono observou-se que para os estoques de nitrogênio do solo também houve tendência de maior acúmulo na camada superficial (0-10 cm), com exceção do T5. O estoque total de nitrogênio para o perfil avaliado (0-20 cm) foi de 4,69 (T1); 5,01 (T2); 4,63 (T3); 4,83 (T4) e 4,78 (T5).

CONCLUSÕES

A adição de xisto retornado até a dose acumulada de 18 Mg ha⁻¹ não alterou os estoques de carbono e de nitrogênio do solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Projeto Xisto Agrícola (cooperação técnica entre Unidade de Industrialização do Xisto - Petrobras-SIX, Embrapa Clima Temperado e Fundação de Apoio à Pesquisa e desenvolvimento Dr. Edmundo Gastal - Fapeg), pelo apoio técnico e financeiro, e à Universidade Federal de Santa Maria pela disponibilidade da área experimental.

REFERÊNCIAS

- DOUMER, M. E. et al. Atividade microbiana e enzimática em solo após a aplicação de xisto retornado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1538-1546, 2011.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353p.
- LEÃO, R. E. et al. A adição de xisto retornado aumenta a retenção do carbono de resíduos vegetais no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 10, p.818-822, out. 2014.
- LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adições de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.175-187, 2004.
- MIOTTO, D. M. M.; MACHADO, N. R. C. F. Utilização de xisto retornado como matériaprima em síntese de zeólitas. **Acta Scientiarum. Technology**, v.28, p.39-45, 2006.
- PEREIRA, H. S.; VITTI, G.C. Efeito do uso do xisto em características químicas do solo e nutrição do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v.22, p.317-322, 2004.
- PIMENTEL, P. M. et al. Caracterização e uso de xisto para adsorção de chumbo (II) em solução. **Cerâmica**, v.52, p.194-199, 2006.
- SILVA, F. de A.S. e. & AZEVEDO, C.A.V.de. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agriculture and Biological Engineers, 2009.

EFEITO DO XISTO RETORTADO EM ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO. PARTE II - ATRIBUTOS DE FERTILIDADE

Cristiane Mariliz Stöcker¹; Alex Becker Monteiro²; Pablo Lacerda Ribeiro³; Sandro José Giacomini⁴; Rosane Martinazzo⁵; Carlos Augusto Posser Silveira⁵; Adilson Luís Bamberg⁵

¹Doutoranda em Agronomia, PPG em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, UFPel-Pelotas, RS - crisstocker@yahoo.com.br; ²Doutorando em Ciências, PPG em Manejo e Conservação do Solo e da Água, UFPel - alexbeckermonteiro@gmail.com; ³Graduando em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, UFPel - pabloribeiro@gmail.com; ⁴Professor Associado II da Universidade Federal de Santa Maria, UFSM - sjgiacomini@smail.ufsm.br; ⁵Pesquisador Embrapa Clima Temperado - rosane.martinazzo@embrapa.br, augusto.posser@embrapa.br, adilson.bamberg@embrapa.br

Resumo: Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de aplicações cumulativas de xisto retortado nos atributos de fertilidade de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico em experimento de sete anos, na área experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria, RS. Amostras de solo foram coletadas nas camadas 0-5; 5-10; 10-20 e 20-40 cm visando avaliar os atributos de acidez e fertilidade do solo. Não foram observados efeitos significativos do xisto retortado nos parâmetros avaliados.

Palavras-chave: Argissolo; fertilidade; xisto

INTRODUÇÃO

Em 2015 foram utilizadas mais de 30 milhões de toneladas de fertilizantes no Brasil, das quais 70% foram importadas (ANDRADE, 2016). É neste cenário, de aumento das demandas pelo crescimento da agricultura, bem como pela preocupação cada vez maior no desenvolvimento de sistemas sustentáveis de produção, que surgem novas oportunidades a partir do aproveitamento de coprodutos de processos agroindustriais.

No processo de beneficiamento do folhelho pirobetuminoso (xisto) são gerados coprodutos líquidos e sólidos, dentre eles o xisto retortado (XR). A grande quantidade deste coproduto e sua composição química e mineralógica tornam promissor seu uso como matéria-prima na formulação de insumos agrícolas (CARDOSO, 2013; LEÃO et al., 2014; ARAÚJO, 2015; DOUMER et al., 2016).

Estudos anteriores demonstram a inocuidade ambiental do XR (DOLATTO, 2008; DOUMER, 2011a; SANTOS, 2015; DOLATTO et al., 2016; GONÇALVES, 2016), porém relatos do efeito deste coproduto em longo prazo na fertilidade do solo são escassos. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de aplicações cumulativas de XR em atributos da fertilidade do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área experimental do Departamento de Solos, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria, RS. Nessa área foi conduzido um dos experimentos do Projeto Xisto Agrícola, no período de 2009 a 2015. O delineamento experi-

mental utilizado foi blocos ao acaso com quatro repetições em parcelas de 25 m² (5m x 5m). O experimento foi iniciado em 2009 e anualmente foram realizadas aplicações da adubação de base (nitrogênio, fósforo e potássio, na forma de ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente) e do XR em diferentes doses (Tabela 1). A caracterização química dos três lotes de XR utilizados durante o experimento está apresentada na tabela 2.

Tabela 1 – Tratamentos, datas de coleta das amostras de solo, doses acumuladas de xisto retornado e adubação utilizada em Argissolo Vermelho Distrófico arênico, no período de 2009 a 2015. Santa Maria-RS

Tratamento	Dose acumulada de xisto retornado (kg ha ⁻¹)								
	Doses aplicadas	Dez/2009	Set/2010	Dez/2011	Jun/2012	Jan/2013	Dez/2013	Jun/2014	Dez/2015
T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	750	750	1.500	2.250	3.000	3.000	3.750	4.500	4.500
T3	1.500	1.500	3.000	4.500	6.000	6.000	7.500	9.000	9.000
T4	3.000	3.000	6.000	9.000	12.000	12.000	15.000	18.000	18.000
T5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

T1: testemunha de adubação (sem adição de XR e com adubação de base), T2: adubação de base e aplicação anual de 750 kg XR ha⁻¹, T3: adubação de base e aplicação anual de 1.500 kg XR ha⁻¹, T4: adubação de base e aplicação anual de 3.000 kg XR ha⁻¹, e T5: testemunha absoluta (sem adição de XR e sem adubação de base). Adubação de base: aplicação de N (100 kg ha⁻¹), P₂O₅ (120 kg ha⁻¹) e K₂O (90 kg ha⁻¹).

O clima da região, segundo Köppen, é classificado como subtropical úmido, tipo Cfa2. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico (EMBRAPA, 2013), com os seguintes atributos químicos na camada 0–10 cm: pH 5,4; matéria orgânica 18 g kg⁻¹; fósforo 31 mg dm⁻³; potássio 105 mg dm⁻³; magnésio 1,2 cmol_c dm⁻³; cálcio 3,3 cmol_c dm⁻³ e H + Al 2,3 cmol_c dm⁻³ (DOUMER et al., 2011). Este experimento foi selecionado para a realização dos estudos de monitoramento ambiental por apresentar condições edafoclimáticas de interesse (solo arenoso, baixo teor de matéria orgânica, precipitação média anual de 1.769 mm).

Tabela 2 – Caracterização química dos três lotes de xisto retortado utilizados durante o experimento.

	Elemento	Unidade	2006	2008	2012
Macroelementos	SiO ₂	%	n.a.	53,2	52,0
	Al ₂ O ₃	%	13,2	11,6	11,5
	C _{total}	%	n.a.	6,9	10,1
	Fe ₂ O ₃	%	n.a.	7,5	7,5
	S	%	2,5	3,5	3,3
	K ₂ O	%	3,2	2,5	2,5
	CaO	%	1,2	2,9	2,2
	MgO	%	1,0	1,8	1,7
	Na ₂ O	%	2,9	1,6	1,2
	P ₂ O ₅	%	0,5	0,3	0,2
	MnO	%	0,4	0,1	0,03
Micronutrientes	Zn	p.p.m.	81,6	169,0	85,0
	Cu	p.p.m.	51,0	68,6	53,7
	Co	p.p.m.	17,5	21,0	21,2
	Mo	p.p.m.	10,4	10,6	9,1
	Se	p.p.m.	2,2	2,1	2,4

Na implantação do experimento o XR foi aplicado na superfície do solo antecedendo a semeadura do feijão, manualmente a lanço, na área total das parcelas experimentais. A adubação de base foi aplicada na linha de semeadura utilizando semeadora, juntamente com a semente de feijão. Nos anos seguintes a aplicação dos tratamentos foi realizada no momento da semeadura da cultura de inverno (trigo) e no verão a área era cultivada com feijão e soja, sem aplicação dos tratamentos.

Foram realizadas coletas periódicas de solo ao longo do período experimental, sendo que neste trabalho serão apresentados somente os resultados da última coleta, realizada em dezembro/2015. Foram coletadas amostras deformadas de solo nas camadas de 0 a 5; 5 a 10; 10 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade. As análises foram realizadas pelo Laboratório de Análise de Solos- LAS, da Universidade Federal de Santa Maria, de acordo com a metodologia utilizada pela Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do RS (ROLAS). Os dados foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software ASSISTAT 7.7 (SILVA & AZEVEDO, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação do XR não influenciou significativamente o pH do solo, mesmo nas doses mais elevadas (Tabela 3). No entanto, houve redução do pH com o aumento da dose de XR na camada superficial do solo, isto por que o pH do XR é baixo (3,5 a 5,0) e a diminuição do pH do solo é possível que ocorra em longo prazo, pela acumulação de XR devido a aplicações sequenciais. Também não se verificou alterações significativas na matéria orgânica (MO)

do solo, $CTC_{efetiva}$ e CTC_{pH7} . Resultado semelhante foi encontrado por Pereira e Vitti (2004) ao avaliar o efeito da adição de diferentes doses de XR (0, 3, 6, 9, 12 Mg ha⁻¹) em Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico sobre as características químicas do solo. Os resultados obtidos indicaram que a adição de XR não promoveu alterações no valor de pH nem nos teores de cátions trocáveis.

Houve aumento nos teores de fósforo (P), especialmente na camada superficial (0-5 cm), em função dos tratamentos com XR quando comparados à testemunha absoluta (T5) e de adubação (T1), contudo não foi significativa, possivelmente em função da variabilidade do solo, conforme observado pelo alto CV apresentado. O possível aumento da disponibilidade de P no solo pela adição de XR pode ocorrer devido à ação dos silicatos contidos no xisto, pois o fosfato e o silicato competem diretamente pelos mesmos sítios de adsorção, embora a força de adsorção do fosfato seja maior que a do H₄SiO₄ em pH ácido (REIFENBERG & BUCKWOLD, 1954).

Em relação ao potássio (K), apesar de significativas, as diferenças entre os tratamentos nas camadas de 0-5 e 20-40 cm, e tendo por base as faixas de disponibilidade citadas pela CQFS (2004), observa-se que na camada de 0-5 cm todos os tratamentos encontram-se com níveis considerados altos para este nutriente e na camada 20-40 cm somente a testemunha absoluta (T5) e T2 apresentaram teores baixo e médio, respectivamente, enquanto que os demais tratamentos foram altos. O XR apresenta teores consideráveis de K (Tabela 2), contudo seu efeito imediato possivelmente será muito limitado em solos com teores altos desse nutriente.

Não houve diferença significativa para o Zn nos tratamentos avaliados. Observou-se uma maior concentração de Cu nos tratamentos T3 e T4 na profundidade 0-5 cm, sendo que o T4, com aplicação de doses mais elevadas de XR, diferiu da testemunha. Cabe salientar que em todos os tratamentos, inclusive na testemunha, o teor de Cu está acima do recomendado pela CQFS (2004), portanto a aplicação de insumos com altos teores deste elemento deve ser evitada, pois de acordo com Andrade (2011), o Cu em altas concentrações causa toxicidade às plantas.

Em relação ao teor de S, todas as amostras apresentaram teores altos (>5 mg dm⁻³, conforme CQFS, 2004) e não foram verificadas diferenças significadas entre os tratamentos nas camadas avaliadas. Pereira e Vitti (2004) avaliando o efeito do uso do xisto em características químicas do solo e nutrição do tomateiro, em um Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico, verificaram que a adição de maiores doses de XR promoveram o aumento dos teores de S no solo, na camada de 0-10 cm.

Tabela 3 – Teores de argila e atributos químicos de diferentes camadas de um Argissolo Vermelho Distrófico arenico com aplicações cumulativas de xisto retornado.

Trat.	pH _{H₂O}	M.O	Arg.	CTC _{ef}	CTC _{pH7}	P	K	Zn	Cu	S	Ca	Mg
		%				-----mgL ⁻¹ -----					--cmol L ⁻¹ --	
0-5 cm*												
T1	5,6 ^{ns}	2,1 ^{ns}	15,0 ^{ns}	4,1 ^{ns}	7,6 ^{ns}	47,3 ^{ns}	96ab	1,8 ^{ns}	0,9 b	12,8 ^{ns}	3,0 ^{ns}	0,8 ^{ns}
T2	5,5	2,4	15,0	4,1	8,5	54,1	93b	2,2	0,8 b	11,9	3,0	0,8
T3	5,5	1,9	16,0	4,2	8,0	62,1	100a	1,8	1,0 ab	13,5	3,1	0,8
T4	5,0	2,1	15,3	3,5	7,9	59,6	100a	1,8	1,1 a	11,7	2,2	0,5
T5	5,6	1,9	14,5	4,0	7,5	19,2	100a	1,9	0,8 b	13,2	2,7	0,9
CV(%)	5,9	18,2	9,1	19,8	12,0	49,4	20,4	19,4	12,9	21,7	27,8	27,9
5-10 cm												
T1	5,3 ^{ns}	1,4 ^{ns}	15,8 ^{ns}	3,1 ^{ns}	6,8 ^{ns}	25,5 ^{ns}	68 ^{ns}	0,9 ^{ns}	1,0 ^{ns}	10,4 ^{ns}	1,9 ^{ns}	0,7 ^{ns}
T2	5,0	1,3	17,8	2,8	7,5	31,9	53	0,6	0,9	11,9	1,5	0,5
T3	5,4	1,4	17,0	3,5	8,2	21,7	64	1,0	1,0	11,1	2,1	0,7
T4	5,1	1,3	17,0	2,9	7,1	28,1	64	0,7	1,0	11,2	1,6	0,5
T5	5,1	1,4	17,3	2,9	7,8	13,0	53	0,9	1,0	12,7	1,6	0,6
CV(%)	8,6	21,1	11,3	20,5	17,3	51,8	22,6	52,7	9,9	27,2	37,6	41,4
10-20 cm												
T1	5,2 ^{ns}	1,1 ^{ns}	18,8 ^{ns}	2,8 ^{ns}	7,2 ^{ns}	18,1 ^{ns}	56 ^{ns}	0,5 ^{ns}	1,1 ^{ns}	12,4 ^{ns}	1,4 ^{ns}	0,6 ^{ns}
T2	4,9	1,1	18,8	2,7	8,4	16,9	51	0,4	1,0	10,9	1,3	0,5
T3	5,6	1,1	17,8	3,8	8,0	15,3	62	0,5	1,0	11,4	2,3	0,8
T4	5,0	1,0	18,3	2,7	6,7	22,2	59	0,3	1,0	10,8	1,2	0,4
T5	5,1	1,1	18,5	2,8	8,8	15,6	38	0,5	1,0	11,2	1,3	0,5
CV(%)	8,7	13,8	9,9	24,7	24,3	62,0	23,5	48,9	13,3	15,9	49,16	53,9
20-40 cm												
T1	5,2 ^{ns}	0,9 ^{ns}	18,8 ^{ns}	2,8 ^{ns}	8,40 ^{ns}	9,1 ^{ns}	66a	0,3 ^{ns}	1,1 ^{ns}	12,3 ^{ns}	1,2 ^{ns}	0,5 ^{ns}
T2	4,7	1,0	19,8	2,6	10,50	10,2	41ab	0,3	0,9	11,2	1,0	0,4
T3	5,2	1,0	19,0	2,8	8,60	6,1	63ab	0,3	1,1	10,8	1,4	0,7
T4	4,9	1,0	22,5	3,1	11,78	13,3	69a	0,2	1,1	12,1	1,1	0,6
T5	4,7	0,9	19,3	2,3	9,95	5,9	34b	0,2	0,9	12,1	0,6	0,3
CV (%)	7,1	14,2	14,5	16,6	34,12	58,2	25,9	34,6	17,03	27,8	50,8	44,29

*Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ns - Não significativo. T1: testemunha de adubação (sem adição de XR e com adubação de base), T2: dose acumulada de 4.500 kg ha⁻¹ de XR, T3: dose acumulada de 9.000 kg ha⁻¹ de XR, T4: dose acumulada de 18.000 kg ha⁻¹ de XR e T5: testemunha absoluta (sem adição de XR e sem adubação de base).

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para os elementos Ca e Mg (Tabela 3). O Ca tende a estar em maior concentração na camada superficial (0-5 cm) e de forma geral, o Mg também. Embora estudos em condições controladas realizados previamente tenham demonstrado contribuição significativa do XR para os teores de Ca e Mg no solo, no presente estudo não é possível afirmar que a adição deste coproduto no solo propicia ganho nos teores de Ca e Mg. A presença de Ca e Mg no XR normalmente está associada aos minerais calcita e dolomita ou em concreções carbonáticas (RIBAS, 2012). Apesar de o XR ter o potencial de liberar bases para o solo, Ca e Mg provavelmente se ligam fortemente nas camadas de argilominerais, ou se dissolvem e reprecipitam formando novos minerais, não sendo encontrados na forma trocável (MCBRIDE, 1994).

CONCLUSÕES

A adição anual de xisto retornado até doses cumulativas de 18.000 kg ha⁻¹ não influenciou os atributos de fertilidade do solo avaliados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Projeto Xisto Agrícola (cooperação técnica entre Unidade de Industrialização do Xisto - Petrobras-SIX, Embrapa Clima Temperado e Fundação de Apoio à Pesquisa e desenvolvimento Dr. Edmundo Gastal - Fapeg), pelo apoio técnico e financeiro, e à Universidade Federal de Santa Maria pela disponibilidade da área experimental.

REFERÊNCIAS

ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos. Estatísticas Indicadores. São Paulo: ANDA, 2016. Disponível em:

<<http://anda.org.br/index.php?mpg=03.00.00&xver=por>>. Acesso em: 06 set. 2016.

ARAUJO, V. F. **Adubação do solo e foliar a base de co-produtos de xisto em sistema de sucessão com hortaliças**. 2015. 148 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

ANDRADE, M. G. **Elementos-traço As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se e Zn em latossolos e plantas de milho após treze aplicações anuais de lodo de esgoto**. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias e Veterinárias) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP. Jaboticabal, São Paulo. 2011.

CARDOSO, E. M. da C. **Caracterização espectroscópica de substâncias húmicas de solos condicionados com subprodutos do xisto**. 2013. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química Analítica, Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

Comissão de Química e Fertilidade do Solo - CQFS. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.

DOLATTO, R. G. **Estudo da interação de compostos fenólicos de interesse ambiental no solo**. 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

DOLATTO, R. G. et al. Preconcentration of polar phenolic compounds from water samples and soil extract by liquid-phase microextraction and determination via liquid chromatography with ultraviolet detection. **Talanta**, {s.i}, v. 148, p.292-300, 2016.

DOUMER, Marta Eliane. **Impacto de subprodutos sólidos da industrialização do xisto sobre atributos biológicos do solo**. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência do Solo, Programa de Pós- Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

DOUMER, M. E. et al. Atividade microbiana e enzimática em solo após a aplicação de xisto retornado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1538-1546, 2011.

DOUMER, M. E. et al. Efeito da ativação química nas propriedades de superfície de xisto retornado. **Química Nova**, [si], v. 39, n. 4, p.431-436, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353p.

GONÇALVES, M. G. **Caracterização química e espectroscópica de substâncias húmicas extraídas de solo com aplicação de doses cumulativas de xisto retornado**. 2016. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química Analítica, Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

LEÃO, R. E. et al. A adição de xisto retornado aumenta a retenção do carbono de resíduos vegetais no solo. **Pesq. Agropec. Bras.**, [s.l.], v. 49, n. 10, p.818-822, out. 2014.

MCBRIDE, M.B. **Environmental Chemistry of Soils**. New York: Oxford University Press, 1994.

PEREIRA, H.S.; VITTI, G.C. Efeito do uso do xisto em características químicas do solo e nutrição do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.317-322, abril-junho 2004.

REIFENBERG, A.; BUCKWOLD, S.J. The release of silica from soil by the orthophosphate anion. **The Journal of Soil Science**, v.5, n.1, p.105-117, 1954.

RIBAS, LAÍS. **Influência do processo de pirólise sobre as camadas de folhelho pirobetuminoso de São Mateus do sul – PR**. 2012. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SANTOS, J. V. dos. **Dessorção de elementos em solos que receberam doses crescentes de xisto retornado**. Tese (doutorado em Química Analítica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

SILVA, F. de A.S.E. & AZEVEDO, C.A.V. de. **Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance**. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agriculture and Biological Engineers, 2009.

EFEITO DO XISTO RETORTADO EM ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO. PARTE III - ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS

Cristiane Mariliz Stöcker¹; Alex Becker Monteiro²; Pablo Lacerda Ribeiro³; Sandro José Giacomini⁴; Rosane Martinazzo⁵; Carlos Augusto Posser Silveira⁵; Adilson Luís Bamberg⁵

¹Doutoranda em Agronomia; PPG em Sistemas de Produção Agrícola Familiar; UFPel-Pelotas, RS; crisstocker@yahoo.com.br; ²Doutorando em Ciências; PPG- em Manejo e Conservação do Solo e da Água, UFPel; alexbeckermonteiro@gmail.com; ³Graduando em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, UFPel; pabloribeiro@gmail.com; ⁴Professor Associado II da Universidade Federal de Santa Maria, UFSM; sigiacomini@smail.ufsm.br; ⁵Pesquisador Embrapa Clima Temperado; rosane.martinazzo@embrapa.br; augusto.posser@embrapa.br; adilson.bamberg@embrapa.br

Resumo: Este trabalho propôs avaliar os elementos potencialmente tóxicos (EPT's) de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico que recebeu doses cumulativas de xisto retortado em um experimento de sete anos na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria. Foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-5; 5-10; 10-20 e 20-40 cm, afim de quantificar os teores totais de arsênio, cromo, chumbo e cádmio. Os resultados obtidos mostraram que a adição de xisto retortado não contribuiu para o aumento dos teores de elementos potencialmente tóxicos (arsênio, cromo, chumbo e cádmio) no solo.

Palavras-chave: ambiente, elementos traços, xisto retortado

INTRODUÇÃO

A necessidade de preservar o meio ambiente tem estimulado o aproveitamento, como fertilizantes e/ou condicionadores de solo, dos mais variados tipos de resíduos gerados em atividades agroindustriais ou urbanas, proporcionando também retornos econômicos e melhoria na qualidade do solo (TEDESCO et al., 1999).

No processo de beneficiamento do folhelho pirobetuminoso (xisto), para extração de óleo combustível e gás, são gerados vários coprodutos líquidos e sólidos, dentre eles, o xisto retortado (XR), que nada mais é do que a rocha após extração dos hidrocarbonetos. A elevada disponibilidade deste coproduto e sua composição química e mineralógica tornam promissor seu uso como matéria-prima na formulação de insumos agrícolas (CARDOSO, 2013, LEÃO et al., 2014, ARAUJO, 2015, DOUMER et al., 2016). No entanto, para que os coprodutos sejam alternativas viáveis de utilização na agricultura é fundamental que apresentem eficiência agrônoma e sejam seguros do ponto de vista ambiental e da produção de alimentos (DELAY et al., 2007; DOUMER, 2011).

Neste sentido, é importante conhecer os EPT's presentes nos coprodutos, sua concentração e biodisponibilidade, pois muitos estão diretamente associados com problemas ambientais e com a saúde de plantas, animais e humanos (SWAINE, 2000).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a liberação de elementos potencialmente tóxicos (EPT's) para o solo devido a aplicações sucessivas de xisto retortado.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área experimental do Departamento de Solos, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria – RS. Nessa área foi conduzido um dos experimentos do Projeto Xisto Agrícola, no período de 2009 a 2015. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados com quatro repetições em parcelas de 25 m² (5 x 5m). O experimento foi iniciado em 2009 e anualmente foram realizadas aplicações da adubação de base (nitrogênio, fósforo e potássio, na forma de ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente) e do XR em diferentes doses (Tabela 1). A caracterização química contendo os teores de elementos potencialmente tóxicos dos três lotes de XR utilizados durante o experimento está apresentada na tabela 2.

Tabela 1 – Tratamentos, datas de coleta das amostras de solo, doses acumuladas de xisto retornado e adubação utilizada em Argissolo Vermelho Distrófico arênico, no período de 2009 a 2015. Santa Maria-RS.

Tratamento	Dose acumulada de xisto retornado (kg ha ⁻¹)								
	Doses aplicadas	Dez/2009	Set/2010	Dez/2011	Jun/2012	Jan/2013	Dez/2013	Jun/2014	Dez/2015
T1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	750	750	1.500	2.250	3.000	3.000	3.750	4.500	4.500
T3	1.500	1.500	3.000	4.500	6.000	6.000	7.500	9.000	9.000
T4	3.000	3.000	6.000	9.000	12.000	12.000	15.000	18.000	18.000
T5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

T1: testemunha de adubação (sem adição de XR e com adubação de base), T2: adubação de base e aplicação anual de 750 kg XR ha⁻¹, T3: adubação de base e aplicação anual de 1.500 kg XR ha⁻¹, T4: adubação de base e aplicação anual de 3.000 kg XR ha⁻¹, e T5: testemunha absoluta (sem adição de XR e sem adubação de base). Adubação de base: aplicação de N (100 kg ha⁻¹), P₂O₅ (120 kg ha⁻¹) e K₂O (90 kg ha⁻¹).

O clima da região, segundo Köppen, é classificado como subtropical úmido, tipo Cfa2. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico (EMBRAPA, 2013), com os seguintes atributos químicos na camada 0–10 cm: pH 5,4; matéria orgânica 18 g kg⁻¹; fósforo 31 mg dm⁻³; potássio 105 mg dm⁻³; magnésio 1,2 cmol_c dm⁻³; cálcio 3,3 cmol_c dm⁻³ e H + Al 2,3 cmol_c dm⁻³ (DOUMER et al., 2011). Este experimento foi selecionado para a realização dos estudos de monitoramento ambiental por apresentar condições edafoclimáticas de interesse (solo arenoso, baixo teor de matéria orgânica, precipitação média anual de 1769 mm). Na implantação do experimento o XR foi aplicado na superfície do solo antecedendo a semeadura do feijão, manualmente a lanço, na área total das parcelas experimentais.

A adubação de base foi adicionada ao solo na linha de semeadura, juntamente com a semente de feijão. Nos anos seguintes a aplicação dos tratamentos foi realizada no momento da semeadura da cultura de inverno (trigo) e no verão a área era cultivada com feijão e soja, sem aplicação dos tratamentos.

Tabela 2 – Teores totais dos elementos potencialmente tóxicos dos três lotes de xisto retortado utilizados durante o experimento.

Elemento	Unidade	2006	2008	2012
As	ppm	41,1	31,9	29,3
Pb	ppm	23,2	31,1	23,8
Cd	ppm	0,6	0,6	0,4
Cr	ppm	15,5	28,1	32,8

Análise realizada por ACME - Analytical Laboratories. Metodologia: água régia/ICP-MS.

Foram realizadas coletas periódicas de solo ao longo do período experimental, sendo que neste trabalho serão apresentados somente os resultados da última coleta, realizada em dezembro/2015.

Amostras deformadas de solo foram coletadas nas camadas 0 a 5; 5 a 10; 10 a 20 e 20-40cm de profundidade nos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 (Tabela 1). As amostras foram coletadas com o auxílio de pá de corte, acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao laboratório de Física do Solo da Embrapa Clima Temperado, onde foram secas à sombra. Posteriormente, cada amostra foi peneirada em malha 2 mm e encaminhadas ao laboratório da ACME-Analytical Laboratories para determinação dos teores totais dos elementos potencialmente tóxicos arsênio (As), cromo (Cr), chumbo (Pb) e cádmio (Cd)(metodologia: água régia/ICP-MS).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O xisto retortado não atende os critérios estabelecidos na Instrução Normativa Nº 5, de 10 de março de 2016, devido aos teores totais de As, portanto, estudos foram realizados para monitoramento deste e outros EPTs no solo após sucessivas aplicações, pois acredita-se que a comprovação de sua inocuidade ambiental através de estudos de longo prazo poderiam validar sua utilização agrícola, seja como remineralizador ou enquadrado em outra categoria de insumo agrícola.

Para a interpretação dos resultados deste estudo foi utilizada a Resolução CONAMA Nº 420, de 28 de dezembro de 2009, a qual dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

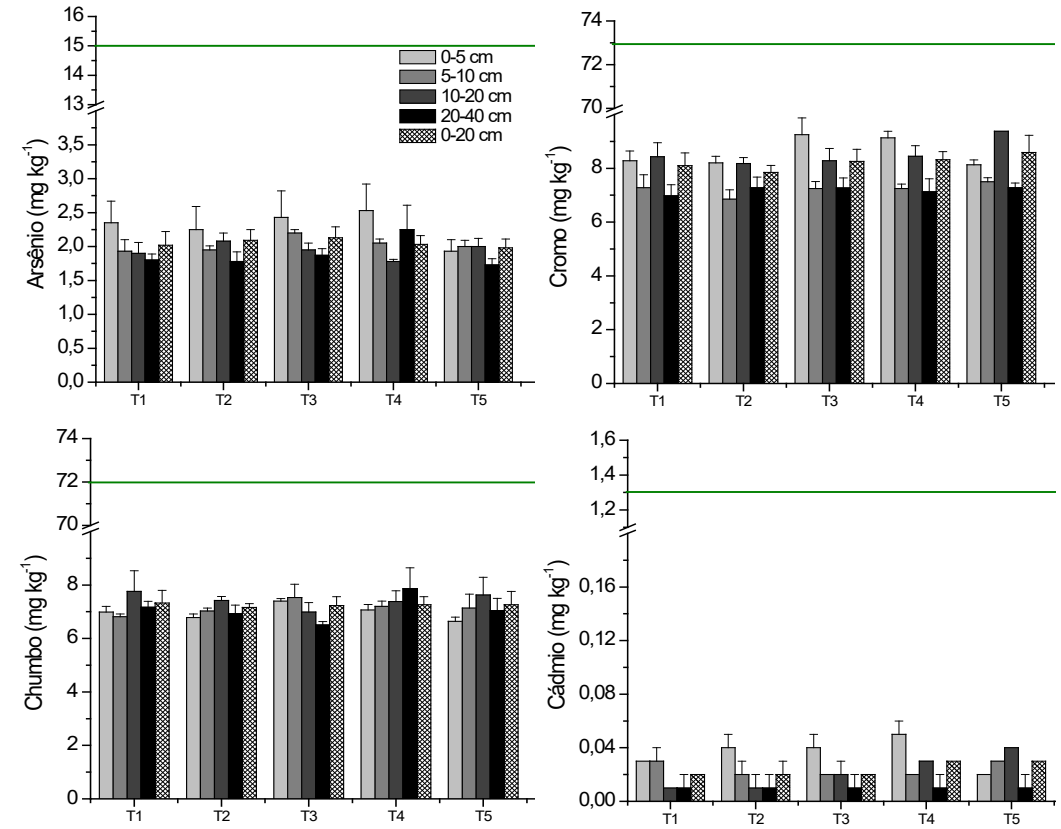
O As está presente em todos os tratamentos com teores muito abaixo dos Valores Orientadores de Referência de prevenção (VP), estabelecido pela Resolução do CONAMA 420/2009 (Figura 1A). Isso indica que este elemento se encontra naturalmente presente no solo devido ao material de origem ou é proveniente de aplicações anteriores de fertilizantes e pesticidas contendo As.

O Cr é considerado um micronutriente, no entanto, pode ser tóxico em concentrações elevadas, especialmente quando está na forma Cr^{6+} (ALLOWAY, 2013). Em todos os tratamentos, inclusive nos que receberam doses cumulativas de XR (T2, T3 e T4), os teores de Cr estão dentro dos limites estabelecidos pela resolução do CONAMA 420/2009 (75 mg kg^{-1}) (Figura 1 B). O Cr é praticamente imóvel no solo, e está presente geralmente na forma de $\text{Cr}(\text{OH})^3$ ou Cr^{3+} . Em valores de pH 5 pode estar na forma $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$ complexado à matéria orgânica ou sorvido às argilas e silicatos (MCBRIDE, 1994; ALLOWAY, 2013). Mesmo que o Cr esteja presente no XR (Tabela 2), não é possível afirmar que há contribuição deste coproduto para o solo, pois o teor de Cr no T5 (testemunha absoluta) se assemelha aos demais tratamentos.

Os teores totais encontrados para o Pb se mantêm num perfil constante e em todos os tratamentos avaliados encontram-se em torno de dez vezes abaixo do que determina o VP na legislação consultada (Figura 1 C). É possível observar que o Pb presente no solo pode não ser proveniente da aplicação do XR, pois este elemento está presente também no T1, o qual recebeu apenas adubação de base (NPK) e da mesma forma no T5, testemunha absoluta, que não recebeu aplicação de XR nem de adubação de base.

Contudo, para o elemento Cd os teores na camada superficial do T5 (testemunha absoluta) foram menores do que nos demais tratamentos, com adição de NPK (T1) e de XR (T2 a T4), indicando que estes insumos podem estar contribuindo para o incremento desse elemento no solo. Ainda assim, os teores observados encontram-se entre 25 e 43 vezes abaixo do VP (CONAMA, 2009). O Cd é considerado o um metal pesado perigoso devido suas implicações com a saúde humana, sendo que, a maioria das normas limitam severamente a concentração deste elemento no solo (TSUTIYA, 1999). Portanto, o monitoramento se faz necessário em áreas com aplicações elevadas de insumos contendo Cd. Cabe salientar que as doses utilizadas nesse experimento são para fins de estudos ambientais e estão acima das doses agrônômicas sugeridas pela pesquisa.

Figura 1 – Arsênio, cromo, chumbo e cádmio em amostras de Argissolo Vermelho Distrófico arênico com aplicações sucessivas de xisto retornado, nas profundidades 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm.



T1: testemunha de adubação (sem adição de XR e com adubação de base), T2: dose acumulada de 4.500 kg XR ha⁻¹, T3: dose acumulada de 9.000 kg XR ha⁻¹, T4: dose acumulada de 18.000 kg XR ha⁻¹ e T5: testemunha absoluta (sem adição de XR e sem adubação de base). A linha verde representa o VP estabelecido na resolução do CONAMA 420/2009 para cada elemento.

Por fim, a estimativa do NANA (Número de Anos para atingir o Nível de Alerta) para EPTs em solos considerando: a) uma aplicação anual de 3 t ha⁻¹ de XR com teores totais de EPTs iguais aos valores máximos apresentados na Tabela 2, b) os valores de referência em solos de São Paulo, Minas Gerais, Pernambuco, Paraná e Rio Grande do Sul, c) os limites para ações de prevenção (Resolução Nº 420/2009) e d) disponibilidade hipotética de 100% dos EPTs presentes no XR indica que este coproduto poderia ser aplicado anualmente por no mínimo 160 anos até que se atingisse os valores orientadores de prevenção para arsênio que é o elemento mais limitante.

CONCLUSÕES

A aplicação de xisto retornado no solo nas doses avaliadas não aumenta significativamente os teores de elementos potencialmente tóxicos (arsênio, cromo, chumbo e cádmio) na camada superficial (0 a 40 cm) do solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Projeto Xisto Agrícola (cooperação técnica entre Unidade de Industrialização do Xisto - Petrobras-SIX, Embrapa Clima Temperado e Fundação de Apoio à Pesquisa e desenvolvimento Dr. Edmundo Gastal - Fapeg), pelo apoio técnico e financeiro, e à Universidade Federal de Santa Maria pela disponibilidade da área experimental.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, V. F. **Adubação do solo e foliar a base de co-produtos de xisto em sistema de sucessão com hortaliças**. 2015. 148 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Programa de Pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.
- ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability**. 3rd ed. UK: Springer, 2013.
- CARDOSO, E. M. da C. **Caracterização espectroscópica de substâncias húmicas de solos condicionados com subprodutos do xisto**. 2013. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química Analítica, Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 420: critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas**, de 28 de dezembro de 2009.
- DELAY, M., LAGER, T., SCHULZ, H. D., FRIMMEL, F. H. **Comparison of leaching tests to determine and quantify the release of inorganic contaminants in demolition waste**. Waste Management, 27, 248-255, 2007.
- DOUMER, Marta Eliane. **Impacto de subprodutos sólidos da industrialização do xisto sobre atributos biológicos do solo**. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência do Solo, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

DOUMER, M. E. et al. Atividade microbiana e enzimática em solo após a aplicação de xisto retornado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1538-1546, 2011.

DOUMER, M. E. et al. Efeito da ativação química nas propriedades de superfície de xisto retornado. **Química Nova**, [si], v. 39, n. 4, p.431-436, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353p.

LEÃO, R. E. et al. A adição de xisto retornado aumenta a retenção do carbono de resíduos vegetais no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 49, n. 10, p.818-822, out. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução normativa nº. 5. Definições, classificação, exigências, especificações, garantias e registro. Diário oficial da união, Brasília, DF. 10 de março de 2016.

MCBRIDE, M.B. **Environmental Chemistry of Soils**. New York: Oxford University Press, 1994.

SWAINE, D. J. **Why trace elements are important**. Fuel Processing Technology, 65-66, 21-33. 2000.

TEDESCO, M. J. et al. Resíduos orgânicos no solo e impactos no ambiente. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre, Gêneses, 1999. p.159-192.

TSUTIYA, M.T. Metais pesados: O principal fator limitante para o uso agrícola de biossólidos das estações de tratamento de esgotos. In: **Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental**, 20, Rio de Janeiro, 1999. Anais. Rio de Janeiro, ABES, 1999. p.753- 761.

AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIZAÇÃO DE ELEMENTOS NUTRIENTES DO PÓ DE BASALTO VIA ADUBAÇÃO VERDE DE INVERNO E DE FEIJÃO COMO CULTURA DE VERÃO

Pedro Henrique de Castro Borges¹; Fábio Júnior Pereira da Silva²; André Mundstock Xavier de Carvalho¹

¹Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba - pedro.h.borges@ufv.br, andre.carvalho@ufv.br;

²ASPTA-PR – Palmeira – PR - fabio@aspta.org.br

Resumo: Os pós de rochas silicatadas são insumos empregados nas atividades agrícolas com a finalidade de fornecer nutrientes às plantas e melhorar as características químicas dos solos. Entretanto, o efeito destes insumos ocorre de médio a longo prazo e carece de tecnologias que aumentem a eficiência e a velocidade de solubilização dos elementos presentes nessas fontes. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de adubos verdes na solubilização de elementos presentes no pó de basalto. O experimento foi conduzido a campo e os tratamentos consistiram da aplicação de um basalto “A” na semeadura dos adubos verdes (que antecedeu ao feijão, a cultura de interesse), aplicação do basalto “A” na semeadura do feijão, aplicação de um basalto “B” na semeadura dos adubos verdes e um tratamento controle, totalizando 4 tratamentos com 5 repetições. Foram avaliados macro e micronutrientes disponíveis do solo e a produtividade do feijoeiro. Houve um incremento significativo no teor de cálcio disponível no solo por ação da adubação verde sobre o basalto. No entanto, o aumento na produtividade observado apenas no tratamento com aplicação de pó de basalto de forma não antecipada sugere que o manejo da adubação verde utilizado tenha imobilizado os nutrientes disponibilizados do basalto.

Palavras-chave: adubo verde; remineralizadores; rochagem

INTRODUÇÃO

A prática da rochagem no Brasil tem sido motivada por três questões principais: dependência externa por fontes fertilizantes de alta solubilidade, as quais são escassas no país, resultando na necessidade de importação de mais de 70% das fontes de N, P e K (RODRIGUES et al., 2010); destinação dos rejeitos de atividades mineradoras e demanda do seguimento da agricultura orgânica por fontes fertilizantes, uma vez que o uso de adubos é restrito neste seguimento produtivo.

O termo rochagem refere-se à utilização do pó de uma rocha, mais comumente de rochas silicatadas, e aplicação direta deste nas atividades agropecuárias. O processo de obtenção é estritamente físico, empregando apenas a moagem da rocha *in natura*. A rochagem possibilita ainda o reaproveitamento de resíduos, como rejeitos de pedreiras e de outras atividades de mineração, para produção do pó, o que possibilita um menor custo no processo de obtenção do insumo e criação de novos mercados. Apesar de ser uma prática antiga, os pós de rochas

silicatadas foram incluídos apenas recentemente na legislação brasileira dos fertilizantes, pela lei nº 12.890/2013, que enquadra este insumo na classe dos remineralizadores de solo.

O basalto é uma rocha silicatada que apresenta uma ampla distribuição nas regiões sul e sudeste do Brasil e um bom potencial de uso agrícola. Alguns trabalhos têm demonstrado que a aplicação do pó de basalto melhora as características químicas do solo, disponibilizando elementos como P, K, Ca e Mg, além da redução do Al trocável, correção da acidez e aumento da CTC do solo (NUNES et al., 2014; LOPES et al., 2014; ANDA et al., 2013; SHAMSHUDDIN & ANDA, 2012).

O processo de intemperismo, bem como a liberação de elementos, pode ser acelerado pela remoção de produtos solúveis das fontes. Agentes biológicos como micro-organismos e vegetais, extraem e absorvem esses produtos e os imobilizam temporariamente (CARVALHO, 2012; HARLEY & GILKES, 2000). Neste aspecto, a utilização de plantas de cobertura ou adubos verdes tem sido recomendada como parte das estratégias de manejo para aumento da disponibilidade de elementos à cultura de interesse, principalmente em função dos exsudados radiculares liberados pelas plantas que aceleram a solubilização de nutrientes (KEUSKAMP et al., 2015; MAGALHÃES et al., 1991). Além de aumentar o potencial de liberação de elementos dessas fontes, o manejo com adubos verdes é uma alternativa em substituição ao pousio, principalmente em regiões de clima subtropical, onde o inverno impossibilita o cultivo de grande parte das culturas agrícolas anuais. A presença do adubo verde aumenta a ciclagem de nutrientes, reduz a lixiviação de elementos e favorece maior aporte de matéria orgânica, o que melhora a qualidade do solo e beneficia os cultivos de verão.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar o efeito de adubos verdes sobre a biodisponibilização de nutrientes no solo pelo pó de basalto e sobre a produtividade do feijoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo experimental, localizado na região sul do Paraná, no município de Paula Freitas-PR, sobre um solo classificado como Latossolo Bruno.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com 5 repetições e os tratamentos consistiram na: (i) aplicação antecipada, em área total, de 3 t ha⁻¹ de pó de basalto (amostra “A”) na semeadura dos adubos verdes; (ii) aplicação de 3 t ha⁻¹ de pó de basalto (amostra “A”) na semeadura do feijão, sendo 2/3 em área total e 1/3 da dose no sulco de plantio; (iii) aplicação antecipada, em área total, de 3 t ha⁻¹ de pó de basalto (amostra “B”) na semeadura dos adubos verdes; (iv) e tratamento controle sem aplicação do pó de basalto e semeadura de adubos verdes. Os pós de basalto utilizados foram fornecidos pela empresa Ekosolos, os quais foram extraídos de duas pedreiras distintas (Tabela 1). A semeadura dos adubos verdes foi feita no inverno e utilizando ervilhaca, aveia, centeio, tremoço e nabo forrageiro no consórcio (informar as proporções e densidade de plantio – kg de sementes por hectare), e o feijão foi semeado no verão. Os adubos verdes foram mantidos no campo até o florescimento e posteriormente roçados para obtenção da palhada sobre o solo.

Tabela 1 – Composição química dos basaltos utilizados no experimento

Elementos principais	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	MnO
	 dag kg ⁻¹								
Amostra “A” ¹	51,13	13,99	13,48	10,79	6,70	0,51	2,10	0,12	0,19
Amostra “B” ²	65,46	12,41	7,04	3,28	1,56	3,37	4,01	0,30	0,13

¹Pedreira Luzia, Paula Freitas-PR; ²Pedreira Jangada, Porto União-SC. Fonte: Ekosolos.

A área das parcelas correspondentes a cada tratamento foi de 16 m². O cultivo do feijão foi no espaçamento de 50 cm entre linhas e população equivalente a 200 mil plantas por hectare. Para análise de produtividade do feijoeiro, foram coletados os grãos de dez plantas da parte central das parcelas.

As amostras de solo foram coletadas após a colheita do feijão, secas ao ar, passadas em peneira de 2 mm de abertura, secas e armazenadas para proceder a análise química do solo.

Foram analisados os teores de P, Si, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu e Mn disponíveis no solo. Para extração de Si no solo foi utilizada a solução de ácido acético 0,5 mol L⁻¹, e determinação feita por espectrometria de absorção molecular pelo método azul (LEITE, 1997). Os elementos Ca e Mg foram extraídos em solução de KCl 1 mol L⁻¹ e os demais elementos o extrator utilizado foi Mehlich-1 (relação solo:extrator de 1:10). A determinação de P foi feita por espectrometria de absorção molecular; K por espectroscopia de emissão de chama; Ca, Mg e micronutrientes por espectroscopia de absorção atômica, segundo Donagema et al. (2011).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e posteriormente ao teste de Student-Newman-Keuls (SNK) a 5 % de probabilidade para discriminar os tratamentos. Quando não atendidas as pressuposições da ANOVA, os dados foram transformadas pela função logarítmica ln(x+a).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

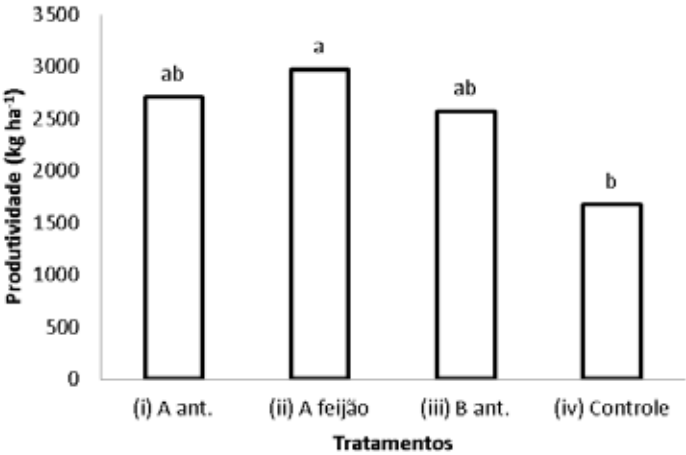
Não houve disponibilização significativa de elementos no solo, pela aplicação do pó de basalto antecipado ou não à adubação verde, com exceção do cálcio, que apresentou um incremento significativo de 44% no tratamento com o remineralizadror A, aplicado antecipadamente, em relação ao controle. Para este elemento, a aplicação antecipada do basalto (amostra “A”) na semeadura dos adubos verdes foi a que apresentou maior disponibilização no solo, em relação às demais aplicações (Tabela 2). Por outro lado, a melhor resposta em produtividade ocorreu em função da aplicação do pó de basalto na semeadura do feijão, com um aumento de 77% na produtividade em relação ao controle (Figura 1).

Tabela 2 – Teores de macro e micronutrientes disponíveis no solo em função da aplicação de pó de basalto de forma antecipada ou não à cultura do feijão.

Tratamentos	Ca		Mg		P		K		Si		Mn		Fe		Zn	
	-- cmol _c dm ⁻³ --				----- mg dm ⁻³ -----											
F – trat	30,2	**	1,7	ns	¹ 0,21	ns	3,0	ns	1,0	ns	1,4	ns	0,2	ns	0,7	ns
(i) A ant.	16,4	a	8,1	a	2,7	a	489,4	a	88,3	a	44,7	a	93,4	a	4,3	a
(ii) A feijão	12,7	b	7,7	a	3,0	a	548,5	a	79,8	a	44,8	a	89,0	a	4,4	a
(iii) B ant.	10,7	c	8,4	a	2,2	a	415,0	a	90,0	a	40,7	a	87,8	a	3,4	a
(iv) Controle	11,4	bc	8,1	a	2,3	a	468,2	a	83,7	a	45,0	a	92,9	a	4,1	a
C.V. (%)	8,2		5,8		52,5		14,9		12,2		8,9		15,2		29,7	

As médias seguidas pelas mesmas letras na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste SNK a 5% de probabilidade de erro. ¹ Análise feita com dados transformados por função logarítmica; ns não significativo (p > 0,05); ** significativo (p < 0,01)

Figura 1 – Produtividade do feijoeiro em função da aplicação de pó de basalto de forma antecipada ou não à cultura do feijão. As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste SNK a 5% de probabilidade. C.V.(%): 25,2.



Embora, neste experimento, apenas o cálcio mostrou-se disponível no solo com a aplicação do pó de basalto, existem vários trabalhos que indicam o potencial de disponibilização deste e de outros elementos dessas fontes, mesmo em curto prazo (LOPES et al., 2014; MELO et al., 2012; SILVA et al., 2008; KNAPIK & ANGELO, 2007). Tal fato sugere a possibilidade de que outros elementos tenham sido imobilizados pela adubação verde ou pela cultura do feijão e não tenham, portanto, resultado em aumento nos teores disponíveis no solo.

A disponibilidade de elementos no solo é um fator que influencia a dinâmica de liberação dos mesmos a partir de fontes minerais. A velocidade de disponibilização será aumentada pela menor concentração de elementos na solução do solo. Desta forma, em um solo com teores elevados de um determinado elemento em solução, será reduzida a velocidade de solubilização deste elemento do remineralizador. Dessa forma, o solo utilizado, com média a alta disponibilidade de elementos pode não ter favorecido uma melhor disponibilização de elementos.

Além disso, alguns trabalhos têm mostrado que formas não-trocáveis de elementos, ou seja, que não estão na solução do solo, podem ser acessadas pelas plantas. Segundo Vieira et al. (2016) teores de K absorvido pela cultura do milho, após cultivos sucessivos, foram superiores aos de K trocável, evidenciando o acesso à formas não-trocáveis de K. Isto demonstra a importância do aporte de formas não-trocáveis de elementos, pela adição dos remineralizadores, no solo, o que é negligenciado quando se analisa apenas teores de elementos disponíveis no solo.

CONCLUSÕES

O uso do pó de basalto aumenta a produtividade do feijoeiro e disponibiliza cálcio no solo. Esta disponibilização pode ainda ser potencializada com o cultivo prévio de adubos verdes.

AGRADECIMENTOS

À Ekosolos, à ASPTA-PR, à CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro através do Edital MCTI/CT-AGRONEGÓCIO/CNPq Nº 38/2013.

REFERÊNCIAS

- ANDA, M.; SHAMSHUDDIN, J.; FAUZIAH, C. I. Increasing negative charge and nutrient contents of a highly weathered soil using basalt and rice husk to promote cocoa growth under field conditions. **Soil and Tillage Research**, v. 132, p. 1-11, 2013.
- CARVALHO, A.M.X. Rochagem e suas interações no ambiente solo: contribuições para aplicação em agroecossistemas sob manejo agroecológico. 2012. 116p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.
- DONAGEM, G.K.; CAMPOS, D.V.B.; CALDERANO, S.B.; et al. (Org.). Manual de métodos de análise de solos. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- HARLEY, A.D.; GILKES, R.J. Factors influencing the release of plant nutrient elements from silicate rock powders: a geochemical overview. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.56, p.11–36, 2000.
- KEUSKAMP, D. H.; KIMBER, R.; BINDRABAN, P.; DIMKPA, C.; SCHENKEVELD, W. D. C. Plant exudates for nutrient uptake. VFRC Report, 4, 2015
- KNAPIK, J. G.; ANGELO, A. C. Pó de basalto e esterco equino na produção de mudas de *Prunus sellowii* Koehne (ROSACEAE). **Floresta**, v. 37, n. 3, 2007.
- LEITE, P.C. Interação silício-fósforo em latossolo roxo cultivado com sorgo em casa de vegetação. 1997. 87p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997
- LOPES, O. M. M.; CARRILHO, E. N. V. M.; LOPES-ASSAD, M. L. R. C. Effect of rock powder and vinasse on two types of soils. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 5, p. 1547-1557, 2014.
- MAGALHAES, J. D.; VIEIRA, R.; PEREIRA, J.; PERES, J. Efeito da adubação verde na disponibilidade de fósforo de fosfatos, numa sucessão de culturas, em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 15: 329-337, 1991.

MELO, V. F.; UCHÔA, S. C. P.; DIAS, F. O.; BARBOSA, G. F. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **Acta Amazonica**, v. 42, p. 471-476, 2012.

NUNES, J. M. G.; KAUTZMANN, R. M.; OLIVEIRA, C. Evaluation of the natural fertilizing potential of basalt dust wastes from the mining district of Nova Prata (Brazil). **Journal of Cleaner Production**, v. 84, p. 649-656, 2014.

RODRIGUES, A.F.S.; FONSECA, D.S.; HIDER, M.; et al. Agrominerais: recursos e reservas. In: FERNANDES, F.R.; LUZ, A.B.; CASTILHOS, Z.C. (Eds). Agrominerais para o Brasil. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. 380p

SHAMSHUDDI, N. J.; ANDA, M. Enhancing the productivity of Ultisols and Oxisols in Malaysia using basalt and/or compost. **Pedologist**, v. 55, n. 3, p. 382-391, 2012.

SILVA, E. D.; CASSIOLATO, A. M. R.; MALTONI, K. L.; SCABORA, M. H. Efeitos da rochagem e de resíduos orgânicos sobre aspectos químicos e microbiológicos de um subsolo exposto e sobre o crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott. **Revista Árvore**, v. 32, n. 02, p. 323-333, 2008.

VIEIRA, M. D. S.; de OLIVEIRA, F. H.; SANTOS, H. C.; MEDEIROS, J. D. S. D.. Contribution of non-exchangeable potassium forms and its accumulation in corn plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 9-15, 2016.

MELHORAMENTO DO CAMPO NATIVO COM A UTILIZAÇÃO DA ROCHAGEM

Gustavo Kruger Gonçalves¹; Eder Dambros¹; Nathalia Joughard Pozzebon¹; Kaway dos Santos Guedes¹; Francielly Baroni¹; Henrique Vizzoto Caleffi¹; Jerson Luiz Torres Aguer¹; Leonardo de Melo Menezes¹; Fabio Luiz Jacobsen²

¹Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS - gustavokguergs@gmail.com, eder.dambros2@gmail.com, nathypozzeon@hotmail.com, agroguedes@outlook.com, francielly_baroni@hotmail.com, jt.agroind@gmail.com, menezes@veterinario.med.br;

²Engenheiro Agrônomo autônomo - fljacobsen@hotmail.com

Resumo: A utilização de rochagem, também conhecida como a aplicação de determinados pós de rochas, dentro do conceito de agrogeologia, é uma forma alternativa de utilização de insumos, as quais podem aumentar a quantidade e a qualidade das pastagens, e com isso incrementar a produtividade animal. Em função do exposto, este trabalho objetivou avaliar a resposta do campo nativo a utilização de rochagem superficial. O experimento foi realizado no Campus Rural da UERGS em Santana do Livramento. Foi utilizado o delineamento completamente casualizado com quatro repetições, onde foram testados três tratamentos: T1- Testemunha, T2-Granodiorito gnáissico, T3-Basalto. As unidades experimentais foram gaiolas de exclusão de 0,25m², as quais receberão aplicação superficial equivalente de 6 Mg ha⁻¹ em setembro de 2014. Foram avaliadas as seguintes características respostas: produção de matéria verde, produção de matéria seca e análise química do tecido vegetal. Os resultados demonstraram que a aplicação superficial de pó de rocha não diferenciou-se da testemunha em relação a produção de matéria verde, produção de matéria seca e a maior parte dos nutrientes foliares. Em função dos resultados observados, conclui-se que a aplicação de granodiorito e basalto na dose de 6 Mg ha⁻¹, em superfície, não proporciona incremento de produção e qualidade do campo nativo nos primeiros seis meses após a aplicação.

Palavras-chave: basalto; dissolução; granodiorito gnaissico; nutrientes; solos

INTRODUÇÃO

O bioma pampa com a sua alta diversidade de fauna e flora está presente na região da campanha gaúcha, e em toda extensão do Uruguai e no norte da Argentina (BOLDRINI, 2009). Os campos de pastagem nativa desse bioma no Rio Grande do Sul vêm se reduzindo ao longo dos anos devido ao superpastejo e ao aproveitamento dessas áreas com outras atividades agrícolas, especialmente a cultura da soja e do arroz irrigado. Os baixos índices produtivos da pecuária extensiva são atribuídos em parte pela falta de investimentos em insumos. Dentre esses, destaca-se a aplicação nula ou escassa de fertilizantes nas pastagens, o que se deve ao alto preço dos adubos químicos solúveis (NABINGER et al. 2009).

A utilização de rochagem, também conhecida como o uso de determinados pós de rochas, dentro dos conceitos da agrogeologia, é uma forma alternativa de utilização de insumos

(VAN STRAATEN, 2007), as quais podem aumentar tanto a quantidade como a qualidade das pastagens, e com isso incrementar a produtividade animal tanto em ganho de peso individual quanto ganho por área. Essa prática de manejo faz parte do manejo agroecológico de pastagens. Vários materiais podem ser utilizados como rochagem: calcário agrícola “filler”, fosfato natural reativo, granito, granodiorito gnáissico, migmatito, riodacito, basalto, etc.... (BAMBERG et al. 2011) Além de fornecerem vários macro e micronutrientes, esses materiais podem contribuir para redução ambiental e visual, já que são resíduos de indústrias de britas e indústrias de extração de pedras preciosas como a ametista. Em função do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta do campo nativo a aplicação superficial de diferentes pós de rochas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Campus Rural da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul em Santana do Livramento, no período de agosto de 2014 a julho de 2015. Os atributos físico-químicos do solo Argissolo foram os seguintes: pH em água: 5,5; Índice SMP: 6,1; Argila: 140 g kg⁻¹; material orgânica: 7 g kg⁻¹; Al: 1,4 cmol_c kg⁻¹; Ca: 0,1cmol_c kg⁻¹; Mg: 0,2 cmol_c kg⁻¹; S.Al: 77,8%; V: 10%; P: 1,8 mg kg⁻¹; K: 0,1 cmol_c kg⁻¹; CTCpH7: 4,1 cmol_c kg⁻¹; B: 0,3 mg kg⁻¹; Cu: 2,2 mg kg⁻¹; Zn: 1,4 mg kg⁻¹; Mn: 5,2 mg kg⁻¹; Fe: 1,5 g kg⁻¹.

Foi utilizado o delineamento completamente casualizado com quatro repetições, onde foram testados os seguintes tratamentos: T1- Testemunha, T2-Granodiorito gnáissico, T3-Basalto.

As características litoquímicas das rochas utilizadas estão caracterizadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição litoquímica das rochas utilizadas

Oxidos	Granodiorito	Basalto
	----- % -----	
SiO ₂	70,29	48,26
Al ₃ O ₂	13,24	12,45
Fe ₂ O ₃	4,23	15,4
MnO	0,07	0,23
MgO	0,99	4,34
CaO	2,42	8,42
Na ₂ O	2,87	2,83
K ₂ O	4,33	1,12
P ₂ O ₅	0,15	0,57

As unidades experimentais foram gaiolas de exclusão de 0,25m², as quais receberam aplicação superficial de pó de rocha (granulometria < 0,3mm), equivalente a 6 Mg ha⁻¹ em setembro de 2014. Anteriormente a aplicação dos tratamentos, o pasto em cada parcela foi reduzido rente ao solo para que houvesse uma padronização do material vegetal em cada gaiola. As características avaliadas em dezembro de 2014 e março de 2015 foram as seguintes: a) Produção de matéria verde e seca; b) Análise Química do tecido vegetal. As análises de variância das características avaliadas foram realizadas através do software SANEST. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tuckey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em ambos os cortes, não foram observadas diferenças estatísticas na produção de matéria verde e seca (Tabela 2). Isso pode ser atribuído a aplicação superficial do pó de rocha, o qual ficou suscetível ao escoamento superficial pela água e ao transporte pelo vento. Além disso, pode ter ocorrido lenta dissolução dos elementos minerais devido ao contato reduzido com as partículas do solo. Segundo Lopes (2005), a eficiência da “rochagem” é dependente da incorporação de rochas. Com a adição de pó de rocha ao solo, a água, através do intemperismo químico, irá agir sobre o material pétreo, decompondo-o lentamente, podendo liberar de forma gradual os elementos químicos. Segundo os resultados obtidos por Gillman (1980), o efeito do pó de basalto sobre essas variáveis aumentou com a quantidade, com a diminuição do tamanho de partícula e com o tempo de incubação desse material no solo.

Tabela 2 – Produção de matéria verde e seca em duas épocas de corte em função da aplicação dos tratamentos

Tratamentos	Produtividade (gramas m²)	
	Matéria verde	Matéria Seca
	1º Corte (Dezembro)	
Testemunha	367,2 a	204,0 a
Granodiorito gnáissico	361,6 a	230,88 a
Basalto	343,2 a	191,88 a
2º Corte (Março)		
Testemunha	652,80 a	362,0 a
Granodiorito gnáissico	659,48 a	363,2 a
Basalto	639,00 a	321,6 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si.

Ocorreu maior produção de matéria verde e seca no segundo corte quando comparada ao primeiro corte. Isso se deve a época de realização do corte, a qual está relacionada com as condições climáticas favoráveis ao crescimento do campo nativo, o qual foi composto por gramíneas do gênero *Paspalum notatum*. A época do acúmulo de forragem do primeiro corte, ocorreu de agosto a dezembro. Neste período ocorre a retomada do crescimento das gramíneas estivais. Já a época do segundo corte, que ocorreu de dezembro a março, o crescimento das gramíneas estivais atingiram o máximo acúmulo de forragem.

Não foi constatado efeito da aplicação dos pós de rochas nos teores de N, P, Ca, Mg e Fe no primeiro corte e, de P, Mg e Fe no segundo corte (Tabela 3).

No primeiro corte o campo nativo apresentou menor concentração de K nos tratamentos que receberam granodiorito e basalto (Tabela 3). No segundo corte, houve incremento dos teores de N nos tratamentos com granodiorito e basalto (Tabela 3). Em relação à concentração de K, a testemunha e o granodiorito foram superiores ao basalto. Possivelmente, o menor teor de K no tratamento com basalto seja devido a sua elevada concentração em Ca e Mg (Tabela

1), que competem com o K pelos mesmos sítios de absorção. Entretanto, não foi constatada superioridade dos teores de potássio na parte aérea oriunda da aplicação do granodiorito em relação a testemunha. Isso é justificado pela lenta dissolução do feldspato potássico (mineral constituinte do granodiorito). Verificou-se ainda, um menor teor de Ca no tratamento com granodiorito, ocorrendo, provavelmente, pela inibição competição com o K, presente em concentrações relativamente altas nesta rocha. Entretanto, não foi detectada constatada superioridade dos teores de cálcio, magnésio e ferro na parte aérea oriunda da aplicação do basalto em relação a testemunha. Isso pode ter sido atribuído a lenta dissolução do pó de rocha aplicado superficialmente e consequentemente a lenta liberação de nutrientes em suas constituição.

Tabela 3 – Teores de nutrientes na parte aérea em duas épocas de corte em função da aplicação dos tratamentos

Tratamentos	Nutrientes na parte aérea das plantas (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	Fe
1° Corte (Dezembro)						
Testemunha	1,41 a	0,31 a	2,11 a	0,50 a	0,20 a	0,02 a
Granodiorito	1,40 a	0,29 a	1,91 b	0,70 a	0,20 a	0,02 a
Basalto	1,39 a	0,26 a	1,72 b	0,60 a	0,23 a	0,01 a
2° Corte (Março)						
Testemunha	0,98 b	0,26 a	1,84 a	0,40 a	0,20 a	0,007 a
Granodiorito	1,11 a	0,27 a	1,87 a	0,10 b	0,19 a	0,009 a
Basalto	1,23 a	0,25 a	1,48 b	0,50 a	0,23 a	0,003 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si.

CONCLUSÕES

A aplicação de granodiorito e basalto na dose de 6 Mg ha⁻¹, em superfície, não proporciona incremento de produção e qualidade do campo nativo nos primeiros seis meses após a aplicação.

AGRADECIMENTOS

A bolsa de estudo ofertada pela FAPERGS para a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

BAMBERG, A.L.; SILVEIRA, C.A.P.; POTES, M.L.; PILLON C.N; LOUZADA, R.M; CAMPOS A.D.S. Dinâmica de liberação de nutrientes disponibilizados por rochas moídas em colunas de lixiviação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2011, Uberlândia. Anais... Uberlândia: UFMG, 2011. CD-ROM.

BOLDRINI, I. I. A Flora dos Campos do Rio Grande do Sul In: Pillar, V.P.; Müller, S.C.: Castilhos, Z. M. S.; Jacques, A. V.. (Org.). **Campos Sulinos - Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade**. 2. ed. Brasília, DF: MMA, v. 1, p. 63-77. 2009.

GILLMAN, G.P. The effect of crushed basalt scoria on the cation exchange properties of a highly weathered soil. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p. 465-468, 1980.

NABINGER, C; FERREIRA, E. T.; FREITAS, A. K. Produção Animal com base no campo nativo: aplicações de resultados de pesquisa. In: PILLAR V. D.; MÜLLER S. C.; CASTILHOS Z. M. S.; JACQUES A. V. A. (eds). **Campos Sulinos: Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. p. 175-198. 2009.

VAN STRAATEN, P. **Agrogeology – the use of rocks for crops**. Cambridge, Canada; 2007.

EFICIÊNCIA DO REMINERALIZADOR EM DOIS TIPOS DE SOLO E MANEJOS NOS PARÂMETROS BIOMÉTRICOS E TECNOLÓGICOS DA SOQUEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Miriam Büchler Tarumoto¹; Otavio Bagio Rossato²; Carlos Alexandre Costa Crusciol³

¹Doutoranda FCA-UNESP, miriamtarumoto@gmail.com; ²Pós-doutorando FCA-UNESP; ³Docente FCA-UNESP;

^{1,2,3}Fazenda Lageado Rua José Barbosa de Barros, nº 1780 CEP 18.610-307 - Botucatu, SP

Resumo: A cana-de-açúcar, de extrema importância para a economia nacional, permanece no campo por anos, proporcionando várias safras, tornando importante o suprimento da demanda da cultura por nutrientes ao longo dos ciclos, que de forma convencional, se torna uma prática onerosa e com manejo dificultoso. Portanto o trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do remineralizador nos parâmetros biométricos e tecnológicos em dois locais variando quanto o manejo da cultura, variedades e ambientes de produção, na soqueira de cana-de-açúcar. O delineamento experimental em blocos casualizados foi composto pela testemunha (sem remineralizador) e tratada com 4 t ha⁻¹ de remineralizador. As avaliações de parâmetros biométricos (número de entrenós, diâmetro e número de colmos, altura de plantas, peso de colmos e palmitos e TCH) e tecnológicos (Pol, Pureza, Fibra, AR, ATR e TAH) foram realizadas. Os valores obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo Teste LSD, a 10% de probabilidade. Em cana soca, há o aumento de TCH e TAH e redução no teor de fibras com o uso do remineralizador. A presença do remineralizador pode aumentar os parâmetros altura de plantas, comprimento e número de entrenós, peso médio e número de colmos na soqueira de cana-de-açúcar.

Palavras-chave: pó de rocha, rochagem, *Saccharum* spp

INTRODUÇÃO

O intenso crescimento populacional e industrial acarreta na elevada produção de resíduos, que podem ser transformados em subprodutos e serem reaproveitados em outros setores, como na agricultura. Aliado a esse fato, está a crescente demanda por fertilizantes que tem despertado a preocupação quanto à duração das finitas fontes para a fabricação desses produtos. Portanto é importante investigar alternativas renováveis com a finalidade de proporcionar a nutrição das plantas de forma sustentável e inteligente, de acordo com a demanda da planta.

A cana-de-açúcar é considerada uma planta semiperene, pois permanece em campo por vários anos. Seus ciclos abrangem um período entre 12 e 18 meses no primeiro ciclo e 12 meses nos demais, porém iniciam-se os decréscimos insustentáveis de produtividade após em média 5 anos da implantação.

A nutrição mineral da cana-de-açúcar influencia o crescimento adequado e o estabelecimento da planta no campo, assim como a resistência a mudanças climáticas, equilíbrio do processo fotossintético, no controle de doenças e pragas proporcionando reflexos positivos na

produção, visto que a fertilidade é um dos principais fatores que causam o baixo rendimento da cultura. Fatores como cultivar, condições ambientais e capacidade produtiva podem determinar a exigência nutricional da cultura da cana-de-açúcar. Portanto é de fundamental importância o conhecimento da quantidade exigida de cada nutriente pela cultura, a época em que são requeridos em maior intensidade, a forma de aplicação e disponibilização para a planta de forma a otimizar a utilização dos recursos em busca de maiores produções.

Os remineralizadores, além de serem subprodutos outrora não utilizados e sem destinação correta, são definidos como material mineral que, após tratamento por processos mecânicos e classificação do tamanho, é capaz de disponibilizar macro e micronutrientes para a absorção pelas plantas de forma natural e gradativa, na medida em que sofre o intemperismo, com efeito residual que pode acompanhar todos os ciclos da cana-de-açúcar, até a necessidade de reforma do canavial.

A nutrição mineral é a base para o equilíbrio e a adubação é uma prática imprescindível para alcançar maiores rendimentos, principalmente em novas áreas de expansão da cultura. Nesses casos, altas doses de fertilizantes são aplicadas, muitas vezes contrariando as boas práticas agrônômicas e a sustentabilidade. Além disso, devido as grandes possibilidades de perdas a que estão sujeitos os nutrientes aplicados em fontes de alta solubilidade, seja por lixiviação ou fixação no solo, há a necessidade de pesquisas em busca de alternativas de fontes com maior eficiência no sistema.

Portanto, o trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do remineralizador nos parâmetros biométricos e tecnológicos em diferentes manejos, variedades e ambientes de produção de cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental, denominada Fazenda Ouro Branco, está localizada no município de Pederneiras-SP, o solo da área é do tipo Latossolo Vermelho mesotrófico típico, textura média e com média a baixa disponibilidade hídrica, caracterizando o ambiente de produção em B2/C1 (PRADO, 2008). As características químicas de solo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características químicas de solo da área experimental Rio Claro. Lençóis Paulista, SP, Brasil, 2016.

Profun- didade (cm)	pH	MO	P	S	Al ⁺³	H+Al ⁺³	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	m	Fe	Cu	Mn	Zn	B	Si
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³		mmolc dm ⁻³							%		mg/dm ³					
0-20	5,8	18	6	2	0	14	3,87	19	12	35	49	71	0	26	0,6	2,8	0,4	0,13	2,40
20-40	6,0	10	8	4	0	12	4,96	16	10	31	43	72	0	8	0,4	0,6	0,1	0,05	3,37

A variedade utilizada foi a RB966928 em 3º ciclo produtivo, em espaçamento simples, de 1,5m entre linhas. Todos os tratamentos receberam a adubação na soqueira de 180 kg ha⁻¹ de K₂O e 130 kg ha⁻¹ de N.

A área Agrícola Rio Claro, localizada no município de Lençóis Paulista – SP, com solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo álico, textura média, baixa disponibilidade hídrica, caracterizando o ambiente de produção em E2 (PRADO, 2008). Na Tabela 2, estão apresentadas as características químicas do solo.

A variedade utilizada foi a RB855156 em 3º ciclo produtivo, em espaçamento duplo, de 1,4 x 0,5m. Todos os tratamentos receberam a adubação de 300 kg de uréia e 90m³ de vinhaça por hectare aplicados em cobertura após o 2º corte.

Tabela 2 – Características químicas de solo da área experimental Ouro Branco. Pederneiras, SP, Brasil, 2016.

Profundidade (cm)	pH	MO	P	S	Al ³⁺	H+Al ³⁺	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	m	Fe	Cu	Mn	Zn	B	Si
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³				mmolc dm ⁻³					%				mg/dm ³			
0-20	5,6	16	9	8	0	15	3,20	27	10	39	55	72	0	13	0,5	7,0	0,2	0,06	5,77
20-40	5,3	10	34	2	0	18	0,54	21	7	28	45	61	0	6	0,5	2,6	0,1	0,09	5,05

O remineralizador utilizado foi derivado do processo de britagem de rocha ígnea, proveniente da Pedreira Diabásio Ltda, localizada em Lençóis Paulista/SP, região do Médio Tietê, na Bacia do Paraná, em derramamentos basálticos da Formação Serra Geral, do Grupo Bauru/Caiuá. Esse produto é composto por plagioclásio em 55%, piroxênio em 35%, magnetita em 5%, vidro vulcânico em 5% e em 1% de apatita e sua composição química, analisada pelo método EPA 3050B:1996/EPA30521996/EPA6010B:1996, está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Análise química do remineralizador.

B	Cu	Fe	Mn	K	Zn	K ₂ O	PO ₄ ³⁻	Mg	SiO ₂	CaO	MgO	Ca	S
mg Kg ⁻¹						mg L ⁻¹		% m m ⁻¹				%	
303	153	27756	626	866	97,4	1044	975	6,0	59,2	26,8	10,5	19,1	0,23

As partículas do remineralizador são classificadas de acordo com o seu tamanho, dessa forma, as partículas menores que 1,4 µm representam 10%, menores que 14,3 µm, 50%, inferiores à 38,16 µm, 90% e menores que 71,0 µm, 71%.

Foi adotado o delineamento experimental em blocos casualizados composto pela testemunha (sem remineralizador) e tratada com 4 t ha⁻¹ de remineralizador com 12 repetições em cada área. Em ambas as áreas se aplicou o tratamento com 4 t ha⁻¹ em soqueira sem incorporação após o segundo corte da cultura.

O experimento constitui-se em duas áreas de manejos e adubações distintas, com variedades de diferentes características, em soqueira, sem incorporação do remineralizador.

As avaliações tecnológicas foram realizadas em caldo de cana-de-açúcar após a moagem dos colmos e extração do caldo bruto. Os colmos coletados foram submetidos ao desponte na altura da gema apical, sendo as amostragens realizadas no momento da colheita.

As seguintes determinações tecnológicas, com base em Fernandes (2003), foram realizadas: Pol cana (%), Pureza caldo (%), Fibra cana (%), AR cana (%), ATR (Kg açúcar t cana⁻¹) e Produtividade de açúcar (TAH).

Foram cortados em 2 linhas 10 colmos de cada linha da parcela, em seguida despalhadas e retiradas para o carreador, a partir de então realizadas as seguintes avaliações: número de entrenós, diâmetro de colmo, altura de plantas, peso de colmos e palmitos, número de colmos m⁻¹ e produtividade estimada de colmos (TCH) a partir do número de colmos m⁻¹ e peso médio de colmos.

Os valores obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo Teste LSD, a 10% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os parâmetros biométricos e tecnológicos, na fazenda Rio Claro, a altura de plantas, comprimento de entrenós, peso médio de colmo, se destacam com as maiores médias para as parcelas tratadas com o remineralizador (Tabela 4).

A Tabela 4 também mostra que na fazenda Ouro Branco, as maiores médias foram para o tratamento com o remineralizador obtidas nas variáveis: número de colmos e número de entrenós.

As áreas que receberam o tratamento com o remineralizador, além de concentrar o teor de umidade, podem incrementar a biomassa das culturas e promover aumento nas características biométricas da planta, como o perfilhamento (Theodoro, 2013).

Tabela 4 – Parâmetros biométricos, produtividade de colmos (TCH), qualidade tecnológica (Pol cana, Pureza, AR e Fibra) e produtividade de açúcar (TAH) em dois locais em função da aplicação de remineralizador em cana soca e probabilidade de F. Lençóis Paulista e Pederneiras, Estado de São Paulo, Brasil, 2016.

Variáveis	Local	Remineralizador		Probabilidade de F
		Sem	Com	
Colmos, nº m ⁻¹	Rio Claro	8,4 a	8,3 a	0,716
	Ouro Branco	8,1 b	11 a	<0,001
Diâmetro de colmo, mm	Rio Claro	22 a	22 a	0,424
	Ouro Branco	22 a	22 a	0,988
Altura de plantas, m	Rio Claro	1,8 b	2,0 a	<0,001
	Ouro Branco	2,9 a	2,9 a	0,762
Entrenós, nº planta ⁻¹	Rio Claro	18 a	18 a	0,791
	Ouro Branco	23 b	24 a	0,079
Comprimento de entrenós, cm	Rio Claro	10 b	11 a	<0,001
	Ouro Branco	13 a	12 a	0,171
Peso médio de colmo, kg	Rio Claro	1,6 b	1,8 a	0,007
	Ouro Branco	1,8 a	1,7 a	0,573
TCH, t ha ⁻¹	Rio Claro	145 b	158 a	0,003
	Ouro Branco	113 b	155 a	<0,001
Pol cana, %	Rio Claro	14 a	14 a	0,579
	Ouro Branco	14 a	13 a	0,266
Pureza, %	Rio Claro	87 a	87 a	0,928
	Ouro Branco	86 a	86 a	0,218
AR, %	Rio Claro	0,55 a	0,55 a	0,765
	Ouro Branco	0,58 a	0,61 a	0,167
Fibra, %	Rio Claro	13 a	12 b	0,042
	Ouro Branco	12 a	11 b	0,016
TAH	Rio Claro	20 b	22 a	0,007
	Ouro Branco	16 b	21 a	<0,001

*Médias seguidas de letras diferentes na horizontal diferem entre si pelo teste LSD a 10%.

Ambas as áreas experimentais mostraram aumento de TCH e TAH nas parcelas tratadas com o remineralizador, e na testemunha o teor de fibras foi maior para as duas fazendas (Tabela 4).

Segundo Theodoro et al. (2012), culturas anuais como milho e feijão apresentaram incremento de produção devido ao uso de remineralizadores na ordem de 20%, enquanto a mandioca mostrou produção 30% maior que a média regional.

No presente trabalho a Rio Claro apresentou um acréscimo em torno de 10% no TCH e para a Ouro Branco, o acréscimo foi aproximadamente 4 vezes maior, ao redor de 37%.

CONCLUSÕES

Em cana soca, há o aumento de TCH e TAH e redução no teor de fibras com o uso do remineralizador.

A presença do remineralizador pode aumentar os parâmetros altura de plantas, comprimento e número de entrenós, peso médio e número de colmos na soqueira de cana-de-açúcar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Grupo Siqueira pela colaboração e fornecimento da matéria-prima foco do estudo e pelo apoio financeiro, e aos produtores pela disponibilização das áreas experimentais.

REFERÊNCIAS

FERNANDES, A.C. Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar. Piracicaba: **STAB**, 2003. 240 p.

PRADO, H, et al. **Solos e ambientes de produção: cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. p.179-204.

THEODORO, S.H.C. TCHOUANKOUE, J. P.; GONÇALVES, A. O.; LEONARDOS, O.; HARPER, J. **A Importância de uma Rede Tecnológica de Rochagem para a Sustentabilidade em Países Tropicais**. Revista Brasileira de Geografia Física 06 1390-1407, 2012.

THEODORO, S.H.C.; ALMEIDA, E. Agrominerais e a construção da soberania em insumos no Brasil. **Revista Agriculturas: experiências em agroecologia**, Rio de Janeiro, v.10, n.1, p. 22-8, 2013.

ESTUDO PRELIMINAR DE APLICAÇÃO DE BASALTO COM ZEÓLITAS COMO REMINERALIZADOR DE SOLO EM PLANTIO DE EUCALIPTO

Claudete Gindri Ramos¹; Adilson Celimar Dalmora¹; Zeferino Chielle²; Fagner T. Campos de Sá²; Gelsa E. N. Hidalgo²; Ivo A. H. Schneider¹; Rubens M. Kautzmann²

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul -PPGE3M – UFRGS - claudeterms@brturbo.com.br, ²Centro Universitário La Salle – UNILASALLE,

³Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO, Vale do Taquari

Resumo: A remineralização de solos através do uso de pó rocha basáltica é uma alternativa, que poderá contribuir na melhoria da fertilidade dos solos, com resultados na sustentabilidade da atividade de mineração e agrícola. Neste trabalho serão apresentados os resultados preliminares do desenvolvimento de mudas de eucalipto com o uso de horizonte amigdaloide de derrame basáltico contendo zeólitas, como remineralizador proveniente de uma pedreira em Estância Velha, RS. A metodologia do trabalho consistiu na caracterização física, química e mineralógica do remineralizador; na avaliação agronômica do solo; e em um delineamento experimental envolvendo diversas condições de adubação/rochagem para o crescimento de eucaliptos. Os resultados mostraram que o remineralizador apresenta minerais do grupo das zeólitas e características químicas e mineralógicas com potencial de proporcionar melhorias ao solo. Os resultados preliminares apresentaram pequenas alterações de qualidade do solo entre os tratamentos, com valores de P e K interessantes para o tratamento com adubação mista (química e remineralizador) e medidas de desenvolvimento das mudas (altura e diâmetro) com grande variabilidade em alguns tratamentos.

Palavras-chave: Basalto amigdaloide, Eucaliptos; Remineralizador de solos

INTRODUÇÃO

A remineralização de solos, também conhecida como rochagem, consiste na reposição de macronutrientes e micronutrientes ao solo, através da aplicação de pó de rochas (THEODORO et al., 2010; LEONARDOS et al., 1976). A rochagem é uma alternativa que pode contribuir na melhoria da fertilidade do solo, com expectativa de reduzir a necessidade de adubos químicos solúveis, especialmente NPK, os custos dos agricultores e os impactos gerados nos solos pelo consumo excessivo de tais fertilizantes. A rochagem com uso de remineralizadores silicáticos, parte do princípio de que sua aplicação poderá aportar, de forma complementar, macro e micronutrientes minerais, na adubação de solos pobres, degradados e/ou sujeitos a agricultura intensiva (RAMOS et al., 2015).

Nas pedreiras de produção de agregados que mineram rochas da Formação Serra Geral, principalmente os basaltos na base da sequência de derrames, são encontradas zonas vesiculares onde se concentram minerais do grupo das zeólitas. A presença de vesículas contendo zeólitas torna a rocha inapropriada à produção de agregado para uso em concreto cimento e concreto asfáltico, por acarretar prejuízos à qualidade mecânica destes concretos. Por isto, estes materiais

são descartados ou comercializados como aterro ou na manutenção de estradas não pavimentadas. Por outro lado, as zeólitas são conhecidas por suas qualidades agronômicas, e quando incorporadas ao solo, contribuem com o aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo e na disponibilidade de macro e micronutrientes às plantas (BANDEIRA et al., 2013).

O presente trabalho apresenta os resultados da primeira etapa do estudo de aplicação de remineralizador de rocha basáltica com presença de zeólitas em plantio de eucaliptos. Os objetivos desta etapa compreenderam a seleção e caracterização do remineralizador e do solo da área do experimento, o estabelecimento de critérios de tratamentos agronômicos e resultados dos atributos dos solos e desenvolvimento das mudas de eucalipto após 60 dias do plantio.

MATERIAL E MÉTODOS

O remineralizador aplicado no experimento foi proveniente da pedreira de basalto IN-COPEL Indústria e Comércio de Pedras Ltda, Estância Velha – RS, no local de coordenadas 485.959 S; 6.722.047 W, datum WGS 84. Trata-se de material selecionado de zona de capeamento vesicular de alto grau de alteração com presença de minerais zeolíticos, com espessura média de 6 m.

A mineralogia da amostra de basalto foi avaliada por difração de raios-X e a composição química majoritária foi determinada por fluorescência de raios-X (FRX). A amostra foi submetida à digestão ácida total utilizando ácido fluorídrico, nítrico e perclórico, para determinar a composição química elementar da rocha, por espectrometria de emissão atômica por plasma indutivamente acoplado (ICP-AES) e por espectrometria de massa por plasma indutivamente acoplado (ICP-MS).

O experimento em plantio de eucaliptos foi instalado nas terras da Fazenda Barbosa no município de Triunfo - RS, coordenadas 443.351 S; 6.703.936 W, SAD 69. A área total de instalação do experimento foi de 0,56 há⁻¹, contemplando seis tratamentos com três repetições cada, visando avaliar o efeito da ação remineralizadora do basalto. O delineamento dos tratamentos está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Doses de basalto, calcário, nitrato de potássio (KNO₃) e superfosfato simples (SFS) aplicadas nos tratamentos.

Tratamentos	Calcário dolomíticoPRNT 70,1%	Pó de basalto	N KNO ₃	K KNO ₃	P ₂ O ₅ SFS
	(t ha ⁻¹)		(kg ha ⁻¹)		
1 - Sem adubação	0	0	0	0	0
2 - Adubação do produtor	0	0	2	20	20
3 - Adubação recomendada	6	0	230	230	666,6
4 - Rochagem	0	12	0	0	0
5 - Adubação mista	3	6	115	115	280
6 - Rochagem e adubação orgânica	0	12	900*	0	0

* Cama de aviário

As análises de fertilidade dos solos foram realizadas antes e após a intervenção da preparação e adubação dos solos. Após 4 meses da aplicação dos tratamentos e 2 meses após o plantio, foi realizada nova amostragem do solo para cada tratamento experimental. Cada amostra foi composta por 3 sub-amostras, coletadas nas linhas de plantio, com profundidade de 20 cm, utilizando trado holandês.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise granulométrica do remineralizador destorroado mostrou a predominância das frações de areia grossa, tendo mais de 60% da massa retida na peneira 0,6 mm. A fração fina menor que 0,15 mm (pó) representou menos de 20% da massa.

A análise mineralógica qualitativa por Difração de Raios-X (DRX) apresenta os minerais predominantes na amostra analisada (Tabela 2). Duas zeólitas identificadas na DRX são citadas no Projeto Agrominerais da Bacia do Paraná da CPRM/Porto Alegre presentes nos basaltos amigdalóides do RS. Neste estudo, segundo Bandeira et al (2013), a ocorrência da Escolecita é identificada, a qual se atribui uma CTC de 500 cmol dm⁻³, tamanho de máximo dos poros de 2,5 à 4,1 Å e cátions compatíveis a troca: Ca⁺², Na⁺, Mg⁺², Fe⁺³ e K⁺. Enquanto que a Laumontita do Grupo da Heulandita (DEER; HOWIE; ZUSSMANN, 1978) pode trocar cátions de Ca⁺², Na⁺, K⁺ e NH₄⁺ (BANDEIRA, et al, 2013).

Tabela 2 – Mineralogia qualitativa do remineralizador por análise de DRX.

Mineral	Composição padrão	Classe Mineral	Predominância
Escolecita	CaAl ₂ Si ₃ O ₁₀ ·6H ₂ O	Zeólita	Baixa
Laumontita	Ca ₄ Al ₈ Si ₁₆ O ₄₈ ·14H ₂ O	Zeólita	Média
Calcita	CaCO ₃	Carbonato	Média
Hematita	Fe ₂ O ₃	Óxido	Média
Ankerita	Ca(Fe ⁺² ,Mg)(CO ₃) ₂	Carbonato	Média
Albita	Na(Si ₃ Al)O ₈	Feldspato	Alta
Quartzo	SiO ₂	Sílica	Alta

O local da pedreira é mapeado como de derrame basáltico, apresentando teor de 54,82% de SiO₂ obtido por fluorescência de raios-X. O valor do SiO₂ é relevante, pois classifica a rocha como basalto (GILL, 2010).

É relevante destacar, que o remineralizador atende as garantias mínimas em relação à soma de bases (6,96% de CaO, 1,93% de MgO e 2,50% de K₂O), que deve ser igual ou superior a 9%, e ao teor de óxido de potássio (K₂O), que deve ser igual ou superior a 1%, estabelecidos pela Instrução Normativa MAPA Nº 05/2016 (BRASIL, 2016). Os principais elementos que compõem a amostra do remineralizador estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Composição química de elementos predominantes no remineralizador.

mg kg ⁻¹											
Al	As	Ca	Cd	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	Pb	Zn
71346	5,5	34290	0,6	63023	21175	18389	1050	24503	1045	15	112

Destaca-se a abundância de elementos como Ca, K e P, que com o intemperismo via hidrólise são facilmente disponibilizados para o solo (ALLEONI & MELO, 2009), fornecendo assim macronutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas. Pode-se verificar também, que as concentrações de elementos potencialmente tóxicos como As (5,5 mg kg⁻¹), Cd (0,6 mg kg⁻¹) e Pb (15 mg kg⁻¹) não representam risco de contaminação ambiental, pois estão bem abaixo dos teores estabelecidos pela IN, MAPA N° 05/2016 para estes elementos, que são de 15, 10 e 200 ppm respectivamente (BRASIL, 2016).

A Tabela 4 traz os resultados dos atributos dos solos coletados nas profundidades de 0-50 cm antes da aplicação dos tratamentos e após 120 dias da aplicação dos tratamentos e 60 dias do plantio.

Tabela 4 – Atributos dos solos antes e após a implantação do experimento.

Atributos dos Solos	Tratamentos						
	Inicial 0-50 cm	1	2	3	4	5	6
P (mg/dm ³)	2,0	1,9	2,4	1,7	2,9	3,6	1,8
K (mg/dm ³)	41,75	29,3	26,3	29,7	27	34,3	37
Al ^{tr} (cmol/dm ³)	6,8	3,3	3,3	3,7	3,2	3,6	3,3
Ca ^{tr} (cmol/dm ³)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,5	0,7
Mg ^{tr} (cmol/dm ³)	0,27	0,3	0,3	0,2	0,4	0,2	0,3
S (mg/dm ³)	14,75	13,7	22,3	23,7	18	30	15
Zn (mg/dm ³) ³	0,5	0,6	0,5	0,5	0,7	0,4	0,7
Cu (mg/dm ³)	0,55	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6
B (mg/dm ³)	0,62	0,6	0,7	0,8	0,6	0,6	0,7
Mn (mg/dm ³)	6,75	5,3	5,3	4	6,3	4,3	7
% Argila	40	35,3	33,7	39	40,7	34,7	35,3
pH H ₂ O	4,01	3,8	3,8	3,7	3,9	3,6	3,8
CTC (cmol/dm ³)	11,1	16,3	18,9	23,4	19,8	27,2	24,2
MO %	2,15	2,1	1,8	2,1	2,1	2,3	2,2

De maneira geral, os resultados apresentados na Tabela 4, revelam que os solos de todos os tratamentos apresentaram baixas condições de sucesso agrônômico, com acidez elevada e baixos valores de fertilidade. Observou-se que os macronutrientes P e K e a argila, apresentaram redução dos valores dos tratamentos em relação a condição anterior ao plantio. Portanto, é possível que o revolvimento do solo de preparação ao plantio e as intensas chuvas que ocorreram durante o processo de adubação e após o plantio influenciaram para a redução destes indicadores de fertilidade. Os valores baixos de pH implicaram valores de Al trocável altos.

Os resultados das medições de altura e diâmetro das mudas (Tabela 5) mostram para os tratamentos (2, 3 e 5), comportamentos de dispersão média e alta, fato que prejudicou a comparação dos resultados.

Tabela 5 – Valores médios das medições das plantas de eucalipto.

Tratamentos	Altura	Diâmetro	C. V.
1	69,81	0,80	8,66
2	88,64	1,13	38,48
3	104,63	1,21	35,62
4	57,67	0,64	8,97
5	107,56	1,33	29,56
6	76,39	0,87	8,19

A confiabilidade estatística sobre os resultados destes primeiros meses de desenvolvimento das mudas está evidente na Tabela 6, que apresenta a avaliação de variabilidade do teste ANOVA. Observa-se que o valor da soma quadrada dentro dos tratamentos é maior que entre tratamentos, apresentando também um valor-P maior que 0,05, o que indica a impossibilidade de avaliar a significância das médias encontradas.

Tabela 6 – Teste Anova de significância

Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	F	valor-P	F crítico
Entre tratamentos	5861,898	5	1172,38	1,929217	0,162841	3,105875
Dentro dos tratamentos	7292,366	12	607,6971			
Total	13154,26	17				

CONCLUSÕES

De modo geral, as análises de solo revelaram condições de baixo pH e variações pouco expressivas de disponibilidade de macronutrientes entre os tratamentos. As medições de desenvolvimento das mudas indicam os melhores resultados médios para os tratamentos de adubação recomendada e de adubação mista, no entanto ambos com alto coeficiente de variabilidade.

Com a continuidade do monitoramento deste experimento espera-se identificar possíveis contribuições de parâmetros de fertilidade e desenvolvimento nos tratamentos com aplicação do remineralizador.

REFERÊNCIAS

ALLEONI, L. R. F.; MELO, V. F. **Química e Mineralogia do Solo**. SBCS, Viçosa, 2009

BANDEIRA, J.B.; MARTINAZZO, R.; BERGMANN, M.; SILVEIRA, C.A.P.; BAMBERG, A.L.; GRECCO, M.F. Seletividade Teórica dos Basaltos Amigdaloides à Zeolitas do RS para os Cations NH_4^+ , K^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2} . In: Anais do II Congresso Brasileiro de Rochagem, **Anais...** Poços de Caldas, 2013, p. 246-254.

BRASIL. Instrução Normativa MAPA Nº 5, 10 mar. 2016. Dispõe regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 14 mar. 2016. Seção 1, p. 10.

DEER, W.A.; HOWIE, R.A.; ZUSMAN, J. **An Introduction to the Rock-Forming Minerals**. London: Longman, 1978.

GILL, R. **Igneous Rocks and Processes**: A Practical Guide, 1 ed., 2010.

LEONARDOS, O.H., FYFE, W.S. & KRONBERG, B.I. Rochagem: O método de Aumento da Fertilidade em Solos Lixiviados e Arenosos. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 29. **Anais**, Belo Horizonte, pp. 137-145, 1976.

RAMOS, C.G.; QUEROL, X.; OLIVEIRA, M.L.S.; PIRES, K.; KAUTZMANN, R.M.; OLIVEIRA, L.F.S. A preliminary evaluation of volcanic rock powder for application in agriculture as soil a remineralizer. **Science of the Total Environment**, 2015, p. 371-380.

THEODORO, S.H., LEONARDOS, O.H. & ALMEIDA, E. de. Mecanismos para Disponibilização de Nutrientes Minerais a Partir de Processos Biológicos; In: Congresso Brasileiro de Rochagem, I. **Anais...**, Planaltina, EMBRAPA, 2010.

EFEITO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E SUBPRODUTO DA EXPLORAÇÃO DE CALCÁRIO SOBRE O pH, Ca E Mg DO SOLO E NA PRODUÇÃO DE MASSA SECA DO MILHO

Marlon Rodrigues¹; Carlos Augusto Posser Silveira²; Ledemar Carlos Vahl³

¹ Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água (PPG MACSA) pela Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPEL) - marlonr.faem@ufpel.edu.br; ² Pesquisador, Doutor, Embrapa Clima Temperado;

³ Professor, Doutor, Departamento de solos, FAEM/UFPEL

Resumo: O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de um calcário e de um subproduto da exploração de calcário sobre o pH do solo, no fornecimento de Ca e Mg e na produção de massa seca do milho. O estudo foi conduzido em casa de vegetação e utilizou-se um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico. As doses utilizadas de calcário e de subproduto foram equivalente a 0; 0,5; 1; 2 e 4 vezes a dose do calcário recomendada pela CQFS-RS/SC, com base no pH SMP, para correção do solo até pH 6. O experimento foi implantado em vasos contendo 3,5 kg de solo seco mantidos a uma umidade próxima da capacidade de campo. Inicialmente foi realizada a determinação semanal do pH do solo até a sua estabilização. Após um período de 4 meses de incubação foi realizada a determinação dos teores disponíveis de Ca e Mg do solo juntamente com a aplicação de fertilizante NPK e semeadura do milho. As plantas foram colhidas no estágio V7 e tiveram sua massa seca da parte aérea (MSPA) avaliada. A aplicação do calcário e do subproduto elevaram o pH do solo. Os teores de Ca e Mg aumentaram com a aplicação do calcário e do subproduto. A elevação do pH e a disponibilização de Ca e Mg pelas fontes proporcionaram maior produção de MSPA.

Palavras-chave: calcário, subproduto, milho

INTRODUÇÃO

A maioria dos solos do Brasil são ácidos. Grande parte dos nutrientes (K, Ca, Mg, N, S, B e P) estão menos disponíveis em valores baixos de pH. A calagem é uma prática que corrige a acidez do solo e colabora para que o sistema radicular das culturas explore maior volume de solo, de maneira que a planta absorva água e nutrientes para seu crescimento e desenvolvimento. Dessa forma, é efetuada a aplicação de substâncias capazes de neutralizar prótons da solução do solo. Os materiais empregados como corretivo de acidez são basicamente os carbonatos, óxidos, hidróxidos e silicatos (Alcarde, 1992).

A mineração é uma exploração de recurso natural que pode causar impactos ambientais tanto na área minerada, como também nas áreas próximas. Normalmente os subprodutos do processo de mineração do calcário são pouco explorados na agricultura e muitas vezes descartados em aterros ou depositados no meio ambiente, sem qualquer processo de tratamento (Machado et al., 2014). Segundo o IPEA (2012) 263 milhões de toneladas de subprodutos de mineração de calcário serão produzidas de 2016 até 2030. Nesse sentido, promover um

destino adequado aos subprodutos de mineração é fundamental para um ganho econômico e ambiental.

A aplicação de materiais secundários ao solo caracteriza-se pelos diversos efeitos benéficos proporcionados. Minerais provenientes de rochas contêm a maior parte dos nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento das plantas. De forma geral, dentre os nutrientes fornecidos pelas rochas estão: potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre, além de alguns micronutrientes, elementos benéficos às plantas, como silício e elementos-traços (Melo et al., 2009).

O desenvolvimento e produtividade das culturas agrícolas em solos ácidos e dessaturados por bases pode ser limitado em virtude da deficiência de elementos como Ca e Mg, que são macronutrientes secundários absorvidos pelas plantas como cátions divalentes (Ca^{2+} e Mg^{2+}). O primeiro estimula o desenvolvimento das raízes e das folhas, forma compostos que fazem parte da parede celular, reforçando a estrutura das plantas. Já o magnésio é um mineral constituinte da clorofila e conseqüentemente está envolvido ativamente na fotossíntese. Ambos podem ser fornecidos ao solo com a aplicação do calcário e materiais que contenham Ca e Mg em sua composição, como os subprodutos da mineração denominados materiais secundários.

Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de um calcário e um subproduto da exploração de calcário sobre o pH do solo, no fornecimento de Ca e Mg e na produção de massa seca do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido um experimento em casa de vegetação do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), no Campus Capão do Leão-RS. O solo, procedente da camada arável (0-20 cm) foi coletado no Centro Agropecuário da Palma – CAP/UFPel, e classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico.

As fontes utilizadas foram um calcário dolomítico e um subproduto encontrado na forma de ritimito calcário/folhelho pirobetuminoso, ambos oriundos de uma mineração de calcário. A análise química do solo apresentou os seguintes resultados: pH em água (1:1) = 5,1; pH SMP = 6,3; Ca = 1,1 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; Mg = 1,0 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Os teores de CaO e MgO do calcário foram 25,8% e 18,4% respectivamente, proporcionando um PN de 92%. Já os teores de CaO e MgO do subproduto foram 13,8% e 12,3% respectivamente, proporcionando um PN de 55%. O tamanho de partículas foi 100% < 0,3 mm, o que confere uma reatividade teórica de 100% e PRNT de 92% para o calcário e 55% para o subproduto. As diferentes dosagens utilizadas foram baseadas na dose recomendada pela CQFS (2004), com base no pH SMP do solo e PRNT do calcário para correção do solo até pH 6. O delineamento experimental foi blocos casualizados com 3 repetições. As doses utilizadas de calcário e de subproduto foram: 0; 0,489; 0,978; 1,956 e 3,912 g por kg de solo. Estas doses equivalem a 0; 0,5; 1; 2 e 4 vezes a dose do calcário recomendada para correção do solo até pH 6.

O experimento foi implantado em vasos contendo 3,5 kg de solo (massa seca). O controle de umidade do solo no período experimental visou manter valores próximos à capacidade de campo. Inicialmente foi realizada a determinação semanal do pH do solo até a sua estabilização, que ocorreu aos 28 dias. O período de incubação do solo com o calcário e com o subproduto foi de 4 meses. Após a incubação foi realizada a análise de Ca e Mg do solo seguindo

metodologia desenvolvida por Tedesco et al. (1995). Paralelamente foi realizada a aplicação de fertilizantes NPK e semeadura da cultivar de milho SHS 4080. A fonte nitrogenada foi a ureia na dose de 20 mg de N por kg de solo na semeadura e o restante (80 mg) dividido de forma igual nos estádios V3 e V5, totalizando assim 100 mg de N por kg de solo. Para a correção de P foi utilizado super fosfato triplo na dose de 100 mg de P por kg de solo na semeadura. Já para a correção de K foi utilizado KCl na dose de 100 mg de K por kg de solo na semeadura. Quando a planta atingiu o estágio V2 foi realizado o raleio, deixando 4 plantas por vaso. A colheita do milho foi realizada no estágio V7, 30 dias após a semeadura.

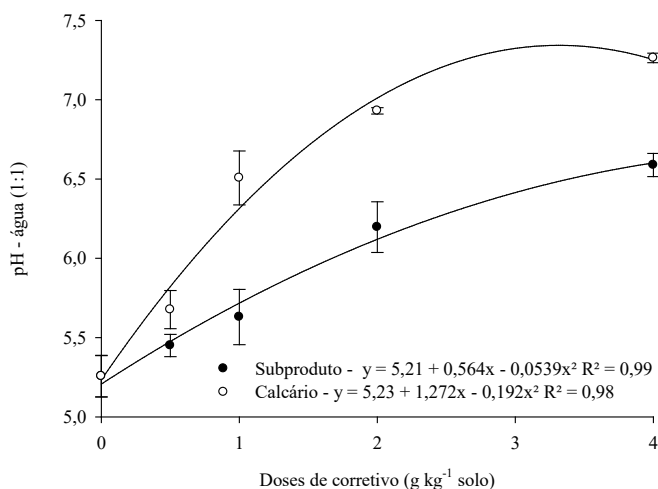
Ao término do experimento foi avaliada a massa seca da parte aérea do milho. Os resultados foram submetidos ao teste de regressão até 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH do solo (água - 1:1) aumentou com as doses do calcário e do subproduto, sendo os maiores valores encontrados no calcário e nas maiores doses (**Figura 1**). Os maiores teores de CaO e MgO do calcário, contribuíram para um maior PN e consequente aumento do pH. Já o menor PN do subproduto fez com que as doses necessárias para elevar o pH do solo fossem maiores que as do calcário. Para o solo atingir pH 6, valor recomendado para o milho, foram necessárias aproximadamente 2 g do subproduto por kg de solo, diferentemente do calcário, que exigiu entre 0,5 e 1 g por kg de solo. A aplicação tanto do calcário, como do subproduto geram íons OH^- e HCO_3^- que reagem com os H^+ presentes no solo liberando água e gás carbônico, aumentando assim o pH.

A acidez do solo é um dos fatores que mais restringem a produtividade de diversas culturas em várias partes do mundo, inclusive no Brasil. Os solos ácidos apresentam problemas de deficiência e/ou toxidez nutricional, baixa capacidade de retenção de água e baixa atividade dos micro-organismos. Para incorporação desses solos ao processo produtivo é imprescindível o uso adequado de materiais com potencial de elevação do pH (Fageria, 2001).

Figura 1 – Variação do pH em água aos 28 dias de incubação em função das doses de calcário e subproduto aplicadas.

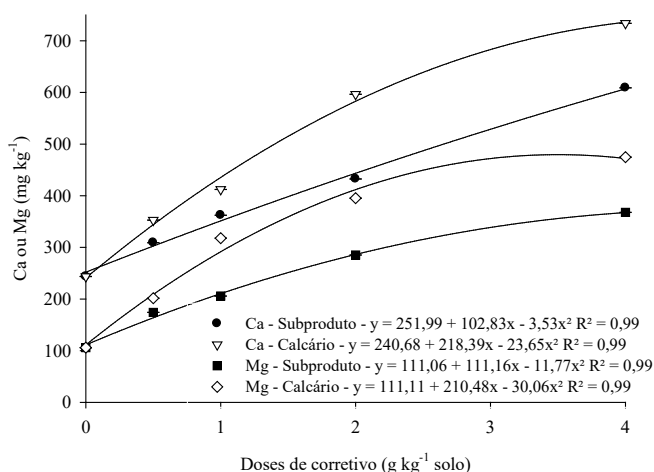


A aplicação do calcário e do subproduto, além de corrigir o pH do solo, elevaram os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis no solo (**Figura 2**). Os maiores teores de CaO em comparação ao MgO, tanto no calcário, como no subproduto, resultaram em maior incremento nos teores de Ca no solo em ambos materiais.

Segundo a CQFS (2004), solos que apresentam teores de Ca entre 420 e 800 mg kg^{-1} e Mg entre 72 e 120 mg kg^{-1} são considerados satisfatórios. Para os teores de Ca, a aplicação do calcário nas doses próximas ou maiores que 1 g kg^{-1} de solo atingiram valores considerados satisfatórios. Já com a aplicação do subproduto, em virtude dos menores teores de Ca, os valores considerados satisfatórios foram encontrados em doses iguais ou maiores que 2 g kg^{-1} de solo. Diante disso, observa-se que para elevar os teores de Ca para níveis satisfatórios, há necessidade de utilizar maiores doses de calcário e subproduto do que para atingir o pH considerado satisfatório para o milho (pH 6) – (**Figura 1**). Já para o Mg, os valores foram considerados satisfatórios em todas as doses.

Tanto o Ca como o Mg, são considerados macronutrientes secundários essenciais para as plantas. Seu fornecimento normalmente é realizado por meio da aplicação de calcário, que pode ser calcítico, magnesiano ou dolomítico quando apresenta menos de 5% de MgO, de 5-12% de MgO e acima de 12% de MgO, respectivamente.

Figura 2 – Teores de Ca e Mg no solo submetidos a aplicação de calcário e subproduto.

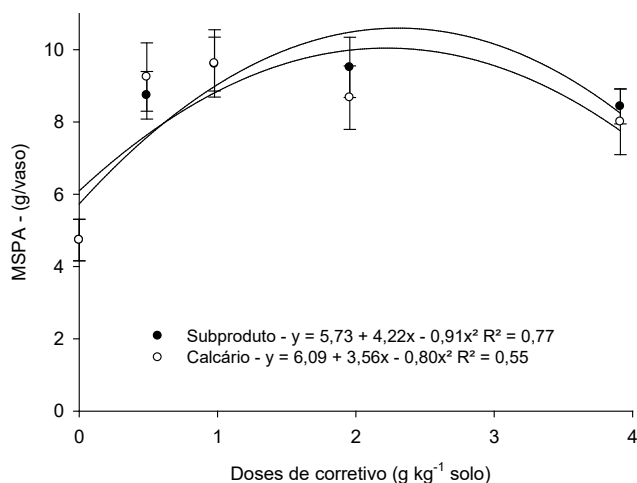


Nota-se (**Figura 3**) aumento na massa seca da parte aérea (MSPA) com a aplicação do calcário e do subproduto. As doses 0,5 e 1 g de calcário por kg de solo e 1 e 2 g de subproduto por kg de solo proporcionaram as maiores produções de MSPA. O pH do solo (**Figura 1**) nas doses anteriormente citadas encontrava-se entre 5,5 e 6,5, faixa considerada aceitável para o milho expressar um bom potencial de produtividade.

A correção da acidez do solo traz vários benefícios, tais como: fornecimento de Ca e Mg como nutrientes; diminuição dos efeitos tóxicos do Al, Mn e Fe; diminuição da “fixação” de P; aumento da disponibilidade do N, P, K, Ca, Mg, S e Mo no solo; aumento da eficiência dos fertilizantes; aumento da atividade microbiana e a liberação de nutrientes, tais como N, P, S e B, pela decomposição da matéria orgânica. Os resultados dos efeitos anteriormente citados podem ter colaborado para os maiores valores de MSPA. Observa-se ainda que a MSPA mes-

mo em doses acima do recomendado (2 e 4 g de calcário por kg de solo), foram maiores que a dose 0. Silva et al. (2005) estudando uma super calagem no milho, chegaram à conclusão que a calagem excessiva, mesmo não sendo recomendada, é menos prejudicial às plantas do que não fazê-la. Oliveira et al. (1997) mostraram efeito positivo da aplicação de calcário na produção de milho em um Latossolo Vermelho Escuro, cuja produtividade máxima foi obtida com a aplicação 6,6 Mg ha⁻¹ de calcário.

Figura 3 – Produção de massa seca da parte aérea (MSPA) em função das doses de calcário e subproduto aplicadas.



CONCLUSÕES

A aplicação do calcário e do subproduto elevam o pH do solo, sendo o primeiro mais eficiente no aumento.

Os teores de Ca e Mg aumentam com a aplicação do calcário e do subproduto, sendo o primeiro mais eficiente no aumento.

A elevação do pH e a disponibilização de Ca e Mg pelas fontes proporcionam maior produção de MSPA.

AGRADECIMENTOS

A FAPEG pela concessão da bolsa.

REFERÊNCIAS

ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos**: Características e interpretações técnicas. 2 ed. São Paulo, ANDA, 1992. 26p. (Boletim Técnico, 6)

CQFS - Comissão de química e fertilidade do solo - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400 p.

FAGERIA, N. K. **Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 36, n. 11, p. 1419- 1424, nov. 2001

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Caderno de Diagnóstico: **Resíduos Sólidos da Atividade de mineração.** IPEA, Brasília, 41p. 2012.

MACHADO, A.F; LUCENA, G.N.; CARNEIRO, J.S.S.; NEGREIROS NETO, J.V.; SANTOS, A.C.; SILVA, R.R. **Aproveitamento de rejeito de mineração na blendagem de calcário comercial para correção do solo.** Amazon Soil – I Encontro de Ciência do Solo da Amazônia Oriental, 2014, p. 17-27.

MELO, V. F.; CASTILHOS, R. M. V.; PINTO, L. F. S. Reserva mineral do solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Ed.). **Química e mineralogia do solo: conceitos básicos.** Viçosa, MG: SBCS, 2009. v. 1, p. 251-332.

OLIVEIRA, E. L. de; PARRA, M. S.; COSTA, A. Resposta da cultura do milho, em um Latossolo VermelhoEscuro álico, à calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 65-70, 1997.

SILVA, P. A.; RIGATO, L. I.; JALES, L de. L.; POLESSA, M. F.; SATHER, M.; BERGER NETO, R.; PASSOS, J. L.; SOUZA, C. M de; SANTOS, J. N. B dos; AMARAL, J. A. T do. **Estudo Mineral de uma super calagem no milho.** CCA-UFES/Fitotecnica. Alto universitário, Alegre, ES. 2005.

TEDESCO M. J.; GIANELLO C.; BISSANI C. A.; BOHNEN H.; VOLKWEISS S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim técnico, 5).

EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE REMINERALIZADORES NA PRODUÇÃO DE MORANGUEIRO E A DINÂMICA DE NUTRIENTES EM ÁREA DE ELEVADA FERTILIDADE CONSTRUÍDA

Vanessa Fernandes Araujo¹; Roberta Volz Krause²; Simoni Becker¹, Gerson Kleinick Vignolo¹; Clause Fátima de Brum Piana², Carlos Augusto Posser Silveira¹

¹Embrapa Clima Temperado - vagroufpe1@hotmail.com, beckersimoni@gmail.com, gerson_vignolo@yahoo.com.br, augusto.posser@embrapa.br; ²Universidade Federal de Pelotas - UFPEL - robertakrauservk@hotmail.com, pianac1ause@gmail.com

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de matrizes fertilizantes a base de subprodutos de xisto como adubação complementar na cultura do morangueiro. Foi adotado o delineamento experimental de parcelas sub-subdivididas, casualizadas por bloco, com quatro repetições para parcela. Os 40 tratamentos utilizados resultaram das combinações de níveis de três fatores: Adubação com uma matriz fertilizante (MBR), com dois níveis (MBR 33 e MBR 34), alocado na parcela, Dose de Adubação com MBR, com quatro níveis (0, 1000, 2000 e 3000 kg ha⁻¹), alocado na subparcela, e Cultivar, com cinco níveis (Camarosa, Camino Real, Festival, Aromas e um nível sem planta), alocado na sub-subparcela. As variáveis analisadas foram produção média por planta (g planta⁻¹) e teores dos nutrientes P, K, Ca, Mg e S no solo e P, K, Ca e Mg nas folhas. A produção obtida no cultivo do morangueiro situou-se em níveis comparáveis ou superiores à média dessa cultura a nível nacional. Nas condições desse estudo, em área de alto nível de fertilidade inicial, as adubações com MBR não influenciaram as variáveis analisadas.

Palavras-chave: Adubação; Fragaria x Ananassa; Rochagem

INTRODUÇÃO

Com a denominação de remineralizadores, os pós de rocha passaram a ser considerados na Lei n. 6.894, de janeiro de 1980, como fontes de nutrientes. E, após a realização de dois congressos brasileiros sobre rochagem (2009 e 2013), no final de 2013 foram finalmente reconhecidos como insumos agrícolas. Silva et al. (2015) ressaltam o fato de que a rochagem não pode ser concebida como uma simples substituição de insumos agroquímicos pelos pós de rocha. Para que sua efetividade agrônômica seja potencializada, ela deve ser incorporada nos sistemas agrícolas em conjunto com práticas de manejo da biomassa, de forma a intensificar a ciclagem biogeoquímica dos nutrientes. Segundo Theodoro (2000), a rochagem pode ser entendida como um processo de rejuvenescimento do solo por meio de sua fertilização com uso de pós de rochas. Essa mudança na lógica de manejo vincula-se à necessidade de superação do paradigma mineralista e à revisão do próprio conceito de fertilidade, ainda fortemente associado à ideia de disponibilidade de nutrientes solúveis facilmente absorvíveis pelas plantas cultivadas (PETERSEN & ALMEIDA, 2008). As MBR's são matrizes fertilizantes compostas de diferentes subprodutos de xisto em diferentes proporções, como o calcário de xisto, finos

de xisto ou xisto retornado em sua composição. De acordo com Miyasaka et al. (2004), foi testado em vários solos mostrando-se um eficiente recuperador, melhorador e rejuvenescedor por possuir uma grande variedade de elementos químicos, fornecendo nutrientes essenciais às plantas. O trabalho objetivou avaliar a produção e a dinâmica dos macronutrientes na cultura do morangueiro nos anos de 2010, 2012 e 2014, submetidas a diferentes doses de MBR.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido sob condições de campo no período de 2010 a 2014, em propriedade particular na Estrada da Gama, 9º distrito, município de Pelotas, RS. O solo do local onde foi instalado o experimento é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2006). Em 2010, o solo do local apresentava as seguintes características: pH em água de 5,9; 190,6 mg dm⁻³ de P; 210 mg dm⁻³ de K; 3,4 cmol_c dm⁻³ de Ca; 1,5 cmol_c dm⁻³ de Mg, 14% de argila; e 2,0 % de matéria orgânica para a camada de 0 a 20 cm de profundidade. Anteriormente aos plantios da cultura do morangueiro, foram realizadas análises de solo para recomendação de adubação de base com N, P e K. No ano de 2010, em função dos altos teores de P e K no solo, optou-se por não realizar a adubação com fontes desses nutrientes e aplicou-se somente as MBR's. No ano de 2012, foram utilizadas as doses de 120 de N, 90 de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O em função da produtividade e o princípio da reposição. Como fonte de N foi utilizada a torta de tungue (5,0% de N; dose de 2.400 kg ha⁻¹), como fonte de P, o fosfato Bayovar (33,0% de P₂O₅, dose de 273 kg ha⁻¹) e, como fonte de K, um subproduto de extração de rochas para construção civil identificado como monzogranito (4,3% de K₂O total; dose de 1.395 kg ha⁻¹). Essas fontes foram utilizadas devido à composição de nutrientes e disponibilidade na região de cultivo. A dose de N foi definida de acordo com o teor de matéria orgânica do solo (<2,5%). Para os nutrientes P e K, adotou-se a menor dose recomendada, considerando o critério de reposição – exportação de nutrientes pela cultura (CQFS RS/SC, 2004) uma vez que seus teores no solo foram classificados como ‘muito alto’ (>42 mg dm⁻³) e ‘alto’ (61-120 mg dm⁻³), respectivamente. A área experimental compreendeu quatro canteiros com dimensões de 1,25 m de largura e 60 m de comprimento e aproximadamente 20 cm de altura. O espaçamento entre canteiros (passeios) foi de 50 cm. Cada canteiro constituiu um bloco do experimento. Foi adotado o delineamento experimental em parcelas sub-subdivididas, casualizadas por bloco, com quatro repetições para parcela. Os 40 tratamentos utilizados resultaram das combinações de níveis de três fatores: Adubação com uma matriz fertilizante (MBR), com dois níveis (MBR 33 e MBR 34), alocado na parcela, Dose de Adubação com MBR, com quatro níveis (0, 1000, 2000 e 3000 kg ha⁻¹), alocado na subparcela, e Cultivar, com cinco níveis (Camarosa, Camino Real, Festival, Aromas e um nível sem planta), alocado na sub-subparcela. As matrizes fertilizantes MBR33 e MBR34 foram definidas em função dos teores de CaO, MgO e S (MBR33: 8,3% CaO, 2,5% MgO, 2,8% de enxofre; MBR34: 11,5% CaO, 4,1% MgO, 7,8% de enxofre). A sub-subparcela constituiu-se de nove plantas. O espaçamento entre plantas na linha e entre linhas foi de 30 cm, correspondendo à densidade populacional de 50.000 plantas ha⁻¹. As colheitas tiveram início na fase de maturação dos frutos, com 75% ou mais da epiderme vermelha. As variáveis analisadas foram produção média por planta (g planta⁻¹) e teores dos nutrientes P, K, Ca, Mg e S no solo. A análise estatística compreendeu a análise da variância

para todas as variáveis e o teste DMS de Fisher, quando necessário discriminar a variação de tratamento. Em ambos os testes adotou-se o nível de significância de 0,05. Foram avaliados também os teores dos nutrientes P, K, Ca e Mg nas folhas, mas não analisados estatisticamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise da variância para as variáveis produção e teores de nutrientes no solo, nos três anos, são apresentados na Tabela 1. Verifica-se a significância de: algumas interações duplas para as variáveis produção (Dose x Cultivar, em 2010 e 2014, e Adubação x Dose, em 2014), teor de K (Adubação x Dose, em 2014) e teor de S (Adubação x Cultivar, em 2010); efeito principal de Cultivar para produção (em 2012), teor de P (em 2014), teor de K (em 2010 e 2012) e teor de Mg (em 2012); efeito principal de Dose para produção (em 2012) e teor de S (em 2012 e 2014). O efeito principal do fator Adubação foi não significativo para todas as variáveis analisadas, nos três anos.

Tabela 1 – Resultados da análise da variância para as variáveis produção e teores de nutrientes no solo, nos anos de 2010, 2012 e 2014.

Ano	Efeito	GL do Erro	Prob. > F					
			Produção (g planta ⁻¹)	P (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	Ca (cmol _c dm ⁻³)	Mg (cmol _c dm ⁻³)	S (mg kg ⁻¹)
2010	Adubação (A)	3	0,3316	0,4773	0,6886	0,5536	0,4354	0,9501
	Dose (D)	18	0,0954	0,7385	0,7948	0,9973	0,9658	0,4718
	A x D	18	0,6710	0,2233	0,9756	0,9052	0,9826	0,7145
	Cultivar (C)	96	<0,0001	0,9147	0,0358	0,7623	0,9429	0,0157
	A x C	96	0,2278	0,5632	0,1969	0,1803	0,7646	0,0012
	D x C	96	0,0423	0,4815	0,8379	0,5324	0,9130	0,7191
	A x D x C	96	0,1755	0,7557	0,6169	0,6257	0,8921	0,7860
	Média geral		418,1	299,0	157,7	6,38	2,21	7,39
	CV (%)		17,16	18,02	17,93	7,83	10,80	26,88
2012	Adubação (A)	3	0,7736	0,9192	0,8211	0,8863	0,9233	0,4445
	Dose (D)	18	0,0295	0,7486	0,4938	0,9767	0,5440	0,0015
	A x D	18	0,1912	0,6651	0,8058	0,9832	0,9679	0,2732
	Cultivar (C)	96	<0,0001	0,6222	<0,0001	0,1169	0,0020	0,4474
	A x C	96	0,5162	0,4646	0,7785	0,8356	0,2272	0,4168
	D x C	96	0,6263	0,5934	0,4221	0,1963	0,2940	0,5482
	A x D x C	96	0,9858	0,5617	0,5468	0,1452	0,2359	0,6996
	Média geral		353,9	392,9	124,0	5,64	2,27	15,62
	CV (%)		22,73	15,81	16,42	8,11	10,67	31,33
2014	Adubação (A)	3	0,3803	0,6304	0,8557	0,9977	0,7296	0,5791
	Dose (D)	18	0,9160	0,2253	0,9853	0,1021	0,1110	0,0043
	A x D	18	<0,0001	0,7933	0,0001	0,9000	0,8479	0,5618
	Cultivar (C)	96	0,4310	0,0189	0,5977	0,9495	0,8896	0,1296
	A x C	96	0,7231	0,1553	0,4434	0,5847	0,2807	0,7692
	D x C	96	0,0722	0,5058	0,9423	0,5137	0,9045	0,8942
	A x D x C	96	0,9288	0,4121	0,7539	0,2160	0,8705	0,0838
	Média geral		435,9	363,4	86,78	4,64	1,59	22,53
	CV (%)		17,21	8,69	22,74	10,85	15,49	25,31

O experimento apresentou produção média das cultivares de 418,1, 353,9 e 435,9 g de frutos por planta, respectivamente, nos anos de 2010, 2012 e 2014 (Tabela 1). Note-se que as cultivares não desenvolveram todo seu potencial produtivo, mas foram superiores aos 300 g por planta, considerado, na prática, como patamar de viabilidade econômica para a cultura do morangueiro (REBELO & BALARDIN, 1997) e aos 300-400 g que é a média do Rio Grande do Sul (PAGOT & HOFFMANN, 2003; ANTUNES; DUARTE FILHO, 2005). Quanto ao fator adubação com as matrizes fertilizantes MBR33 e MBR34, em diferentes doses, esperavam-se melhorias na produção com a aplicação desse complemento nutricional devido à composição variada de nutrientes da matriz utilizada, no entanto, não foi verificado este efeito de forma isolada, observando-se apenas diferenças em interações com o fator cultivar. O estudo da interação Dose x Cultivar, em 2010, mostrou que não houve efeito de Dose para nenhuma das cultivares. Como é uma área de elevada fertilidade, construída ao longo dos anos, a produção pode ter sido prejudicada em função do desequilíbrio de nutrientes, principalmente excesso de P e K. Essa prática, além de elevar os custos de produção, pode causar estresse salino às plantas (BAMBERG, 2010), resultando em redução no crescimento, diminuição da síntese de metabólitos e compostos estruturais e perda de produtividade (FATTAHI et al., 2009).

Foram analisados os teores dos nutrientes P, K, Ca, Mg e S no solo (Tabela 1), no entanto, neste experimento, ao contrário do que se esperava, não se observou influência da adubação de base com MBR, possivelmente devido aos níveis muito elevados de nutrientes no solo. Devido ao excesso de adubação feita pelo produtor, esse efeito possivelmente tenha sido mascarado. Esses teores evidenciam que o desequilíbrio de nutrientes nesta área, de alta fertilidade construída, pela contínua aplicação de fertilizantes, sem critério técnico, ainda não foi controlado, mesmo após vários anos de cultivo com fontes de menor solubilidade.

Constatou-se que os teores de P no solo se mantiveram muito altos, enquanto que os de K e Ca diminuíram. Por outro lado, os teores de S aumentaram muito no solo, chegando a triplicar em relação a primeira safra.

Analisando os teores de nutrientes nas folhas de morangueiro no início do florescimento (Tabela 2), observou-se que o P apresentou valores superiores aos valores máximos de referência. O teor de fósforo elevado no solo teve reflexo no teor desse nutriente nas folhas, principalmente na safra de 2014. O potássio e o magnésio, em 2010 apresentaram-se abaixo da faixa adequada nas folhas de morangueiro (2,0 a 4,0%, segundo CQFS – RS/SC, 2004). Ainda que os teores estivessem altos no solo, estes nutrientes não foram absorvidos adequadamente pelas cultivares, provavelmente por não estarem biodisponíveis, ou seja, estavam presentes no solo mas ainda não em condições de serem absorvidos. Este é um tipo de desequilíbrio que gera competição entre esses cátions (Ca, Mg e K) dificultando a absorção pelas plantas.

Tabela 2 – Teores médios de alguns nutrientes observados nas folhas das plantas do experimento de morangueiro utilizando adubação alternativa, nos anos de 2010, 2012 e 2014.

Nutriente	2010	2012	2014
P (%)	0,57	0,47	0,94
K (%)	1,78	2,50	4,05
Ca (%)	1,35	2,59	2,19
Mg (%)	0,49	0,80	0,66

Nos anos de 2012 e 2014 os teores nas folhas apresentaram-se dentro da faixa adequada, o que demonstra um melhor balanço de nutrientes. Constatou-se que o teor de cálcio nas folhas de morangueiro com médias de 1,3, 2,5, 2,2%, respectivamente, nos anos de 2010, 2012 e 2014, apresentaram-se dentro das faixas adequadas, 1,0-2,5% apesar do alto teor deste nutriente no solo. Quantidades elevadas de fertilizantes têm sido utilizadas na maioria dos cultivos comerciais de morango, o que tem provocado desbalanço de nutrientes e, em especial, para o fósforo (P) e potássio (K) com teores muito acima do nível crítico, conforme relatado por alguns autores (BAMBERG, 2010; VIGNOLO, 2011).

CONCLUSÕES

Os diferentes remineralizadores utilizados (MBR33, MBR34 e monzogranito), fontes orgânicas (torta de tungue) e fosfato natural, no geral, não interferiram na produção e crescimento de plantas de morangueiro em solos com alta fertilidade construída. No entanto, os resultados indicam que a utilização desses tipos de insumo é uma alternativa viável, apresentando produção em níveis comparáveis ou superiores à média dessa cultura a nível nacional e vantagem econômica diante da dependência de importação de insumos.

REFERÊNCIAS

BAMBERG, Adilson Luis. **Atributos físicos, hídricos e químicos de solos em sistemas de produção de morango em Turuçu - RS**. 2010. 100p. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2010.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os estados do RS e SC**. 10 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 394 p.

FATTAHI, M.; GHOLAMI, M.; REZA, M.; KHOSROSHAHI, Z.; VARSHABSAZ, A.; FATTAHI, B. Effect of chloride (KCl and MgCl₂) and various nitrogen sources on nutrients concentration in strawberry plant organs. **ISHS Acta Horticulturae**. VI INTERNATIONAL STRAWBERRY SYMPOSIUM, 2009. Disponível em: <<http://www.actahort.org/members/showpdf?session=4427>>. Acesso em 20 de julho de 2016.

MIYASAKA, S.; NAGAI, K.; MIYASAKA, N. S. **Agricultura natural**. Viçosa, MG: Centro de Produções Técnicas-CPT, 2004. 214 p.

PETERSEN, P.; ALMEIDA, E. Revendo o conceito de fertilidade; conversão ecológica do sistema de manejo de solos na região do Contestado. **Revista Agriculturas: experiências em agroecologia**, Rio de Janeiro, v.5, n.3, p.16-23, 2008.

SILVA, F. J. P. da; CARVALHO, A. M. X. de; PETERSEN, P. Rochagem no manejo da fertilidade dos solos: experiências no Centro Sul do Paraná e no Planalto Norte Catarinense. **Revista Agriculturas: experiências em agroecologia**, Rio de Janeiro, v.12, n.1, 2015.

THEODORO, S.H.C. **A Fertilização da Terra pela Terra**. 2000. Tese (Doutorado) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, UnB, Brasília.

VIGNOLO, G. K.; ARAUJO, V. F.; KUNDE, R. J. et al. Produção de morangos a partir de fertilizantes alternativos em pré-plantio. **Ciência Rural**, v.41, p.1755-1761, 2011.

EFEITO DA ROCHAGEM NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS DE BATATA

D.T. Moreira¹; M.R. Soares¹; A.F. Amaral²; S.D. Sartorio¹

¹CCA – UFSCar, Araras/SP - diu_talita@hotmail.com; ²Agrooceanica, Mogi Mirim/SP - alberto@agrooceanica.com.br

Resumo: Atualmente o Brasil pode ser considerado um país agrícola e extremamente dependente da compra de fertilizantes do mercado internacional. Uma alternativa para aumentar a qualidade e produtividade da batata e minimizar esta dependência é uma técnica conhecida como rochagem. Objetivando o aumento da qualidade e produtividade da batata, têm sido realizados estudos com aplicação de rochas silicatadas moídas, uma vez que esta prática pode resultar em inúmeros benefícios para a planta. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo a avaliação da produtividade e qualidade da batata variedade Ágata sob diferentes fontes e doses crescentes de aplicação de pó de rocha. O experimento foi realizado no período de junho a agosto em casa de vegetação um esquema fatorial 5X3 com cinco repetições. O primeiro fator foi constituído por três fontes diferentes de pó de rocha micaxisto; blend (kamafugito + micaxisto); blend (kamafugito + micaxisto) + fonte de microrganismo (Amino Peixe Raízes®). O segundo fator foi constituído, pelas doses: 3.000; 4.000; 5.000; 6000 kg ha⁻¹ de rocha e o tratamento adicional, batata cultivada sem aplicação de pó de rocha (testemunha). As variáveis, tamanho da haste principal e número de hastes por planta, não apresentaram resposta à aplicação de rochas silicatadas moídas.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum*, micaxisto, kamafugito

INTRODUÇÃO

No Brasil, a cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) é considerada uma das culturas anuais de maior importância econômica, porém apresenta elevado custo de produção e novas alternativas vêm sendo adotadas para diminuir os custos e obter tubérculos de qualidade (FAVORETTO, 2005).

A cultura da batata apresenta ciclo curto, portanto, o conhecimento sobre o comportamento e nutrição durante o crescimento e desenvolvimento da cultura torna-se essencial para que os nutrientes possam ser disponibilizados de forma prontamente assimilável visando atingir sua máxima capacidade produtiva (FAVORETTO, 2005).

Normalmente, utilizam-se grandes quantidades de fertilizantes químicos e produtos fitossanitários e pode ser considerado um erro frequente na condução desta cultura, afetando principalmente a qualidade dos tubérculos, tornando-a uma atividade onerosa (SOUZA et al., 1999). A aquisição de batata semente, fertilizante e defensivos representa aproximadamente 65-85% do custo final (CAMARGO FILHO, 2001).

Isto acarreta inúmeras consequências, em especial o fato de que essas matérias-primas são finitas, não renováveis e escassas, aliado ao emprego de fontes de alta solubilidade que

resultam em baixa eficiência de uso, todas estas questões comprometem o equilíbrio do setor (MARTINS, 2016).

O uso de rochas moídas como fontes agrominerais com fins de fertilização do solo é conhecido como rochagem (MEERT et al., 2009). Uma das maiores vantagens do pó de rocha é a disponibilidade em abundância e o baixo custo, além do aumento da capacidade de troca de cátions (CTC), correção do pH, a redução da adsorção de fósforo devido a riqueza em silicatos, o efeito residual prolongado e a minimização de perdas por lixiviação bem como a disponibilidade de macro e micronutrientes não disponíveis em fertilizantes químicos solúveis (SILVA, 2013).

Além dos elementos considerados essenciais para as plantas, existem aqueles que são considerados benéficos ou que podem substituir parcialmente os elementos essenciais. Esses elementos são importantes no crescimento e desenvolvimento das plantas, porém, sua falta não é considerada limitante. Entre eles destaca-se o silício (Si) (KORNDORFER, 2006).

O Si é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, depois do oxigênio. No entanto, mesmo considerando que a maioria dos solos contém quantidades consideráveis de Si, cultivos intensivos podem reduzir rapidamente o teor do elemento no solo (MATICHENKOV & CARVET, 2002; KORNDORFER, 2006).

É importante lembrar que os solos derivam de rochas e, portanto, ao se acrescentar rocha moída aos solos está se procedendo o seu rejuvenescimento ou remineralização (THEODORO, 2010). Embasado na busca do equilíbrio da fertilidade, na conservação dos recursos naturais e na produtividade sustentável, este conjunto atende à demanda de um novo paradigma para a agricultura.

Mas para viabilizar como uma tecnologia que atenda a estes fundamentos é necessário obter informações sobre a distribuição geológica das rochas, além de conhecer a composição mineralógica e química das rochas passíveis de uso para disponibilizar os nutrientes para os solos e plantas.

Baseado nessas considerações, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o fornecimento e interação do pó de rocha na multiplicação de tubérculos de batata cv. Ágata em ambiente protegido, visando quantificar o efeito de crescentes doses e fontes diferentes de rochas nos parâmetros biométricos, cultivadas em vasos com substratos (Carolina Soil®). As variáveis de interesse são: número de hastes por planta, tamanho da haste principal.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de junho a agosto de 2016, em casa-de-vegetação, no Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental (DRNPA), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias (CCA/UFSCar), localizado no município de Araras – SP (altitude de 629 m, latitude 22°18'00" S longitude 47°23'03" W).

Adotou-se um delineamento experimental em blocos casualizados com 5 repetições. Na multiplicação por tubérculos comparou-se o efeito de doses crescentes de rocha rica em Si (0; 3.000; 4.000; 5.000; 6.000 kg ha⁻¹), e de 3 diferentes fontes: Micaxisto- M; Blend (50% Kamafigito e 50% Micaxisto)-B; Blend + adição de uma fonte de microrganismo (Amino Peixe Raízes®)- BM.

Amino Peixe Raízes® é um fertilizante, oriundo de uma hidrólise enzimática de pescado marinho fresco integral. Possui naturalmente uma grande diversidade de minerais, aminoácidos biologicamente ativos e matéria orgânica. Foi aplicada a dose de 2,5% (v/v) em água a cada 20 dias através do processo de irrigação. Melhora e estimula o desenvolvimento do sistema radicular proporcionando melhor absorção de nutrientes e consecutivamente um melhor desenvolvimento vegetativo.

A planta teste foi *Solanum tuberosum* L. variedade Ágata, a semeadura foi realizada em vasos de 5 litros, cada um correspondeu a uma unidade experimental, preenchidos com substrato comercial Carolina Soil®, importado da Carolina do Norte (USA), sua composição é a base de turfa, de “sphagno” e vermiculita expandida, casca de arroz carbonizada, com traços de calcário dolomítico, de gesso agrícola e fertilizantes NPK em menores proporções.

Aos 45 dias após plantio (DAP), foram realizadas avaliações quanto a emergência das plantas, determinando a altura das plantas, contando o número hastes e o tamanho da haste principal. Os dados coletados foram sistematizados e submetidos à análise estatística – teste de média e análise de variância

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 e 2 são apresentadas as médias de cada aspecto considerado. Observa-se que não houveram diferenças significativas para todas variáveis avaliadas.

Em outro trabalho, também foi verificado que a altura das plantas também não mostrou diferenças sistemáticas entre os experimentos com o pó de rocha e com o solo puro (BENEDUZZI, 2011). Importante, lembrar que a aplicação do pó de rocha no solo altera a composição mineral da planta. Contudo, os parâmetros avaliados não permitem caracterizar precisamente todas as modificações.

Tabela 1 – Número de haste por planta de acordo com a fonte e a dose utilizada.

Doses (kg/ha)	M	B	BM	Média
0	6.6 a	5.6 a	5.2 a	6.6
3000	5.2 a	6.4 a	5.2 a	6.4
4000	6.4 a	4.4 a	5.2 a	4.4
5000	4.4 a	5.2 a	5.2 a	5.2
6000	6.0 a	6.4 a	6.8 a	6.4
Média	5.7	5.6	5.6	
CV (%)	32.37			

Não significativo ($P < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 2 – Altura (cm) da haste principal de acordo com a fonte e a dose utilizada.

Doses (kg/ha)	M	B	BM	Média
0	36.00 a	34.75 a	36.60 a	36.00
3000	36.00 a	36.40 a	37.40 a	36.60
4000	33.60 a	34.20 a	36.80 a	34.86
5000	37.60 a	36.60 a	35.60 a	36.60
6000	37.00 a	31.80 a	36.60 a	35.13
Média	36.04	34.75	36.60	
CV (%)	14.08			

Não significativo ($P<0,05$), pelo teste F.

CONCLUSÕES

Não houve resposta à aplicação de rochas silicatadas moídas, para nenhum dos componentes, tamanho da haste principal e número de hastes por planta. Dada a lenta solubilização dos nutrientes presentes nas rochas e o curto período decorrido desde a implantação do experimento, espera-se que nas culturas subsequentes o potencial de uso destes materiais na agricultura possa ser mais bem avaliado. Considerando que esta pesquisa ainda está em desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

À empresa Agrooceanica, pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BENEDUZZI, E. B. Rochagem: **agregação das rochas como alternativa sustentável para fertilização e adubação de solos**- Porto Alegre: IGO/UFRGS, 2011. [90 f]. il.
- CAMARGO FILHO, W.P. **Produto Interno Bruto (PIB) da cadeia produtiva da batata**. Batata show, Itapetininga, ano 1, n. 2, p. 22, 2001.
- FAVORETTO, P. Parâmetros de crescimento e marcha de absorção de nutrientes na produção de mini-tubérculos de batata cv. Atlantic- Piracicaba, 2005.
- ILER, R.K. The chemistry of silica. New York, Wiley & Sons, 1979. 1124p. In: REIFSCHNEIDER, F.J.B. (Coord.) **Produção de batata**, Brasília: Linha Gráfica, 1987. P. 12-28.
- KORNDORFER, G.H. XIV- Elementos benéficos. **Nutrição Mineral de Plantas**. SBCS, Viçosa, 2006. 432p. (ed. FERNANDES, M.S.).
- MARTINS, E. **Rochagem é opção barata para melhorar a fertilidade do solo**. Canal Rural, 2016. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/videos/soja-brasil/rochagem-opcao-barata-para-melhorar-fertilidade-solo-74009>>. Acesso em: 01 de setembro de 2016.

MATICHENKOV, V.V & CALVERT, D.V. Silicon as beneficial element for sugarcane. **J. Am. Soc. Sugarcane Technol.**, 22:21-30.2002.

MEERT, L. et al. Produtividade e rentabilidade da soja cultivada com fontes alternativas de nutrientes em Guarapuava, PR. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 3371-3374, 2009.

SILVA, V.N. Interação de micro-organismos na solubilização de fósforo e potássio de rochas para a produção de biofertilizantes- Natal, RN, 2013.

SOUZA, Z.S.; SILVA, A.C.F. da; BEPPLER NETO, R. Cadeias produtiva do estado de Catarina. Florianópolis: EPAGRI, 1999. 84p. (EPAGRI. **Boletim técnico**, 104).

THEODORO, S.H.; LEONARDOS, O.H.; ALMEIDA, E. Mecanismos para disponibilização de nutrientes minerais a partir de processos biológicos. In: **Congresso Brasileiro de Rochagem**, 1., 2010, Brasília, Anais, Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2010. P. 173-181.

DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE UM REMINERALIZADOR DE SILTITO

Yasmin Isidoro Carneiro¹; Roseclênia Alves Santos¹; João José Cardinali Ieda²; Renata Alcarde Sermarini³; Antônio Carlos de Azevedo⁴

¹Graduanda em Engenharia Agrônoma, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Universidade de São Paulo (ESALQ - USP). Av. Pádua Dias, 11 CEP:13418-900, Piracicaba-SP - yasmin.carneiro@usp.br, roseclenia.alves@usp.br; ²Bolsista DTI-CNPq (Processo: 380451/2014-0) - joao.ieda@terra.com.br ³Professora Doutora do Departamento de Ciências Exatas (ESALQ - USP) - ralcarde@usp.br; ⁴Professor Associado I do Departamento de Ciência do Solo (ESALQ - USP) - aazevedo@usp.br.

Resumo: A conclusão das etapas legais para uso de remineralizadores na agricultura brasileira consolidou o uso destes materiais como fonte de nutrientes para as plantas cultivadas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de disponibilização de fósforo ao solo de um remineralizador de siltito. O experimento foi conduzido em casa de vegetação arranjado em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3x5) com três repetições. Os fatores foram compostos por três fontes de P_2O_5 (siltito 5%; siltito 30% e super fosfato triplo) e doses de 0,0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 vezes a dose recomendada para aveia. Foram realizadas avaliações da disponibilidade de P a cada 30 dias após a aplicação, sendo as três últimas referentes a três cultivos consecutivos de aveia. Houve efeito de doses e fontes, sendo a menor disponibilidade de P observada com a aplicação de siltito com 5% de P_2O_5 , enquanto as médias da concentração de P disponível após a aplicação do siltito com 30% de P_2O_5 e do super fosfato triplo não diferiram entre si. Estes resultados são promissores para o uso do siltito com 30% de P_2O_5 como fonte de P para as plantas.

Palavras-chaves: rochagem; fontes alternativas; nutrientes; solubilização

INTRODUÇÃO

A viabilidade do uso de remineralizadores de solo deve ser avaliada através de seu efeito no sistema solo-planta em condições experimentais, sobretudo pela diversidade de material que pode ser utilizado para este fim.

A principal finalidade da adição de rocha moída ao solo é liberar nutrientes às plantas, por isso identificar materiais com potencialidade para uso como fonte alternativa é uma necessidade para minimizar a dependência externa brasileira por fertilizantes solúveis. Entretanto para a sua recomendação, inicialmente são necessários estudos que indiquem seu potencial agrônomo, pois a solubilização de elementos pelos remineralizadores, geralmente acontece de forma lenta e gradual, dependendo das características do material e das condições do meio. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de disponibilidade de fósforo ao solo de um remineralizador de siltito, subsidiando estudos futuros de recomendação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo (ESALQ/USP), com base no protocolo sugerido por Embrapa (2012). Material de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (EMBRAPA, 2013) foi seco ao ar, homogeneizado e peneirado em malha de 4 mm, os atributos químicos do solo encontra-se na Tabela 1. Vasos de 4 dm⁻³ foram preenchidos com este material onde foram aplicados os tratamentos. Para arranjo do experimento utilizou-se um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com três repetições em esquema fatorial (3 x 5), sendo três fontes de P: Siltito 5% de P₂O₅ (S5), Siltito 30% de P₂O₅ (S30) e Super Fosfato Triplo (SFT); em cinco doses: 0,0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 vezes a recomendação de P para aveia (Boletim 100, IAC, 1997). Quatro cópias deste experimento foram montadas, sendo cada uma utilizada para cada amostragem.

Tabela 1 – Análises químicas do Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico utilizado no experimento.

pH CaCl ₂	MO	V	P	CTC	K	Ca	Mg	Al	H+Al
	g dm ⁻³	%	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----					
5	15	43	7	38,6	0,6	11	5	2	22

Após 30 dias de incubação sem plantas, foi realizada a primeira amostragem do solo (C1), logo em seguida realizou-se a semeadura de aveia, cultivadas por três ciclos. A cada ciclo foi realizada uma amostragem, correspondendo à coleta C2, C3 e C4. Este trabalho discute os resultados de P disponível nas amostragens realizadas, determinado pelo método da resina trocadora de ânions (RAIJ & QUAGGIO, 1983). Os dados foram transformados (y⁻²) e submetidos à análise de variância para avaliar a diferença entre os tratamentos, com comparação de médias para o fator fontes pelo teste t a 5%. Enquanto para o fator doses realizou-se análise de regressão polinomial, sendo selecionada a regressão significativa pelo teste F. As análises estatísticas foram realizadas por meio do software R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

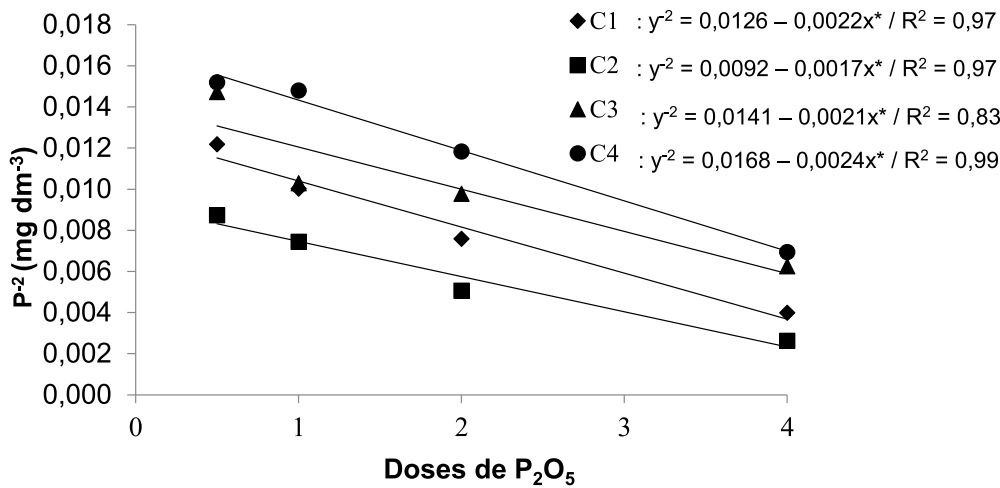
Houve efeito significativo para o controle (0,0 g de P₂O₅), ao nível de 1% de significância. Considerando a estrutura fatorial, há efeito significativo para Fonte e Dose, porém não houve efeito de interação, ou seja, a liberação de P no solo foi influenciada pela fonte e pela dose aplicada. Portanto prosseguiu-se com a análise independente para cada fator (Tabela 2). O P disponível no solo sofre efeito positivo e linear independente da fonte de P, portanto aumentando com a dose, em todas as avaliações (C1, C2, C3 e C4), Figura 1.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância para fósforo trocável (P) em função de diferentes fontes de P_2O_5 (S5, S30 e SFT) nas doses 0,5; 1,0; 2,0; e 4,0 vezes da recomendada de P_2O_5 para aveia a cada 30 dias após aplicação.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios (cultivos)			
		C1	C2	C3	C4
Controle (C)	1	$2,13 \times 10^{-4**}$	$4,51 \times 10^{-5**}$	$2,03 \times 10^{-4**}$	$1,87 \times 10^{-4**}$
C x Fonte (F)	2	$1,20 \times 10^{-4*}$	$2,22 \times 10^{-5*}$	$2,88 \times 10^{-4**}$	$1,23 \times 10^{-4**}$
C x Dose (D)	3	$3,34 \times 10^{-4**}$	$1,96 \times 10^{-4**}$	$3,27 \times 10^{-4**}$	$3,91 \times 10^{-4**}$
C x F x D	6	$6,33 \times 10^{-5ns}$	$6,48 \times 10^{-6ns}$	$1,58 \times 10^{-4ns}$	$1,20 \times 10^{-4ns}$
Resíduo	26	$1,99 \times 10^{-4}$	$6,86 \times 10^{-5}$	$3,77 \times 10^{-4}$	$2,79 \times 10^{-4}$

* e ** significativo a 0,05 e 0,01, respectivamente; ^{ns} não significativo

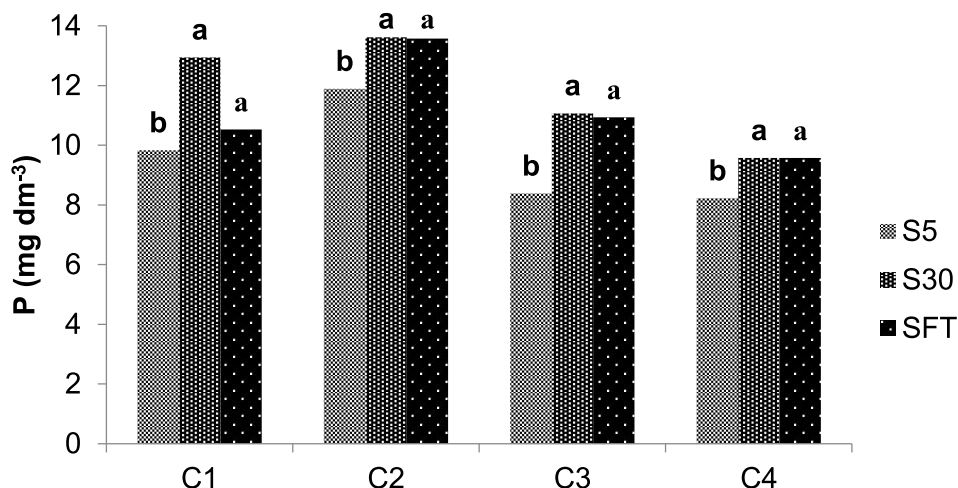
Figura 1 – Curvas respostas de fósforo (P, variável transformada y^{-2}) disponível no solo em função de doses de P_2O_5 (0,5; 1,0; 2,0; e 4,0 vezes a recomendada) após quatro coletas (C1, C2, C3 e C4).



A disponibilidade de P no solo foi influenciada pela fonte sendo a maior concentração na segunda coleta (C2) decrescendo nas demais (C3 e C4), em todas as fontes, em função da extração pelos cultivos sequenciais (Figura 2). Em todos os períodos avaliados, a menor disponibilidade de P foi observada com a aplicação de S5, enquanto S30 e o STF promoveram maior concentração de P disponível, sem diferença entre suas médias. Tais resultados demonstram o potencial do remineralizador S30 como fonte alternativa de fornecimento de P às plantas.

Aumento nos teores de P disponível após a aplicação de pós de rocha tem sido comumente relatado em basalto por Escosteguy e Klamt (1998); em rocha ultrabásica alcalina e brecha piroclástica por Ribeiro et al. (2010); em seis tipos de rocha por Silva et al. (2012); em charnockito e gnaiss por Carvalho (2012).

Figura 2 – Médias de fósforo (P) disponível no solo em função de diferentes fontes de P_2O_5 (S5, S30 e SFT) em quatro coletas (C1, C2, C3 e C4).



Além do conteúdo de P, é possível que minerais silicatados de alta solubilidade porventura presentes no siltito também colaborem para a disponibilização de P no solo, já que os ânions silicato e fosfato competem por sítios de fixação positivos nos colóides da fração argila dos solos (GRASSI FILHO, 2003). Além disto, alguns autores relatam que altos teores de P são artefatos criados pelo uso de extratores ácidos como Mehlich-1 na análise, que podem dissolver apatitas do remineralizador mais rapidamente (QUEIROZ, 1980, ESCOSTEGUY & KLAMT, 1998). Neste trabalho, o P disponível foi determinado por resina trocadora de ânions, portanto sem o uso de soluções ácidas. Estes resultados são promissores para o uso do siltito com 30% de P_2O_5 como fonte de P para as plantas.

CONCLUSÕES

A disponibilidade de P no solo aumentou de forma linear com aumento das doses aplicadas. Os teores de P disponível resultantes da aplicação de siltito com 30% de P_2O_5 e SFT foram iguais, sendo, portanto promissora para o siltito nas condições do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, A.M.X. **Rochagem e suas interações no ambiente solo: contribuições para aplicação em agroecossistemas sob manejo agroecológico**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2012. 129p. (Tese de Doutorado)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Protocolo de avaliação agrônômica de rochas e produtos derivados como fontes de nutrientes para as plantas ou condicionadores de solo**. Série Documento 143, 2012. 32 p. Disponível em www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/939641/1/doc143.pdf. Acesso em 05 de agosto de 2016.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

ESCOSTEGUY, P.A.V. & KLANT, E. Basalto moído como fonte de nutrientes. **R. Bras. Ci. Solo**, 22:11-20, 1998.

GRASSI FILHO, H. Elementos úteis ou benéficos. **Revista Agroecologia Hoje**, Botucatu, nº 20, p. 20-21. Ago/set 2003.

Lei nº 12.890, de 10 de Dezembro de 2013. **Inclui os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura e dá outras providências**. Diário Oficial da União. DF, 10 de Dezembro 2013.

QUEIROZ, S.B. **Características e gênese de uma seqüência de solos nas encostas do nordeste do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1980. 121p. (Dissertação de Mestrado).

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Método de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas, Instituto Agrônômico, 1983. 31p. (IAC. Boletim, 81).

RIBEIRO, L. S.; SANTOS, A. R. dos; SOUZA, L. F. S.; SOUZA, J. S. Rochas silicáticas portadoras de potássio como fonte de nutriente para as plantas. **R. Bras. Ci. Solo**, vol. 34, n.3, 2010, p. 891-897.

SILVA, D.R.G.; MARCHI, G.; SPEHAR, C.R.; GUILHERME, L.R.G.; REIN, T.A.; SOARES, D.A.; AVILA, F.W. Characterization and Nutrient Release from Silicate Rocks and Influence on Chemical Changes in Soil. **R. Bras. Ci. Solo**, 36:951-962, 2012.

APLICAÇÃO DE ROCHA FONOLITO COMO FONTE DE K E Na EM PLANTIO DE EUCALIPTO

Fábio Henrique Silva Floriano de Toledo¹; Yesid Alejandro Mariño Macana¹;
Gabriel Antério do Nascimento²; Ana Clara Cuco Giocondo Teixeira²; Alexandre de Vicente Ferraz³;
Eric Victor de Oliveira Ferreira⁴; Fernando Guerra⁵; José Leonardo de Moraes Gonçalves⁶

¹Doutorando (bolsistas CAPES) em Recursos Florestais; Depto. de Ciências Florestais; ESALQ/USP - fhtoledo@usp.br, yesidmarino@usp.br; ²Graduando em Engenharia Florestal; Depto. De Ciências Florestais - gabriel.nascimento93@yahoo.com.br, ana.clara.teixeira@usp.br; ³Coordenador Executivo do Programa Cooperativo sobre Silvicultura e Manejo; Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (PTSM/IPEF) - alexandre@ipef.br; ⁴Professor Substituto do Departamento de Ciências Agrárias; UFSJ-Campus Sete Lagoas-MG - ericsoles@yahoo.com.br; ⁵Doutor em Ciências (CENA/USP); Departamento técnico da Yoorin Fertilizantes - fernando.guerra@yoorin.com.br; ⁶Professor do Departamento de Ciências Florestais; ESALQ/USP - jlmgonca@usp.br

Resumo: As plantações florestais frequentemente são alocadas em solos pouco férteis, tornando-se imprescindível a prática de fertilização para a manutenção de altas produtividades. Cerca de 90% do fertilizante potássico consumido no Brasil é importado, o que torna necessária de utilização de fontes alternativas e mais baratas de potássio (K), como a rocha fonolito. Foi realizado um experimento em blocos, com quatro tratamentos e quatro repetições. Cada parcela foi composta por 64 árvores de eucalipto, implantadas em espaçamento 3 x 2,5 m. Os tratamentos foram: “Controle” - omissão de K; “KCl₁₂₀” - fertilização com 110 kg ha⁻¹ de K₂O via KCl; “FO₁₂₀” - fertilização de cobertura com 110 kg ha⁻¹ de K₂O via fonolito; “NaCl” - fertilização de cobertura com 73 kg ha⁻¹ de Na₂O via NaCl. Aos 10 e 22 meses após o plantio, foi realizada coleta de solo nos primeiros 50 cm de profundidade, sendo analisados os teores de K e sódio (Na) trocáveis a cada 10 cm. Nas mesmas épocas, foram coletadas folhas para análise nutricional das árvores. Aos 10 meses, o teor de K trocável no solo foi maior no tratamento KCl₁₂₀, enquanto que o teor de Na trocável foi maior no tratamento FO₁₂₀ apenas na camada 0-10 cm. Os teores foliares de K e Na foram iguais em todos os tratamentos nesta época. Aos 22 meses, o teor de K trocável das camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm foi superior no tratamento NaCl. O tratamento FO₁₂₀ apresentou grande aumento no teor de Na na camada superficial do solo, comparado à primeira época de avaliação. Na última época de avaliação, os maiores teores foliares de K e Na foram evidenciados nos tratamentos KCl₁₂₀ e NaCl, respectivamente. Concluiu-se que a aplicação de fonolito em Latossolo distrófico promove igual aumento no teor de Na trocável quando comparado aos teores de K, principalmente na primeira camada do solo e nos primeiros meses após o plantio. Ao longo do tempo, há um aumento do teor de Na enquanto há uma redução do teor de K trocável no solo; mesmo assim, a utilização de fonolito como fonte alternativa ao KCl aumenta os teores foliares de K e Na em eucalipto nos primeiros 22 meses após o plantio quando comparados à omissão de potássio.

Palavras-chave: Nutrição florestal, Fertilização florestal, Fonte alternativa de nutrientes

INTRODUÇÃO

Os plantios florestais no Brasil são frequentemente realizados em áreas com solos de baixa fertilidade química natural. Em recente estudo constatou-se que Latossolos (de textura

média) e Neossolos Quartzarênicos são as classes de solo mais utilizadas para plantações florestais (GONÇALVES et al., 2013). Porém, mesmo frente à esta dificuldade, o Brasil conta com a maior produtividade de eucalipto e *Pinus* do mundo, 36 e 31 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente (IBA, 2016). Tais patamares de produtividade são alcançados devido a fatores climáticos favoráveis, manejo florestal adequado, melhoramento genético e fertilização mineral (GONÇALVES et al., 2013; 2008).

Rochas com potencial de utilização na agricultura possuem grande importância para pequenos e médio produtores, assim como na agricultura familiar e orgânica, pois são fontes de nutrientes mais econômicas que os fertilizantes convencionais (LUZ et al., 2010). Importante foco deve ser dado às fontes potássicas visando diminuir a dependência externa do Brasil por esse nutriente. Nesse caso, as rochas mais relevantes são aquelas que possuem feldspato potássico em sua composição, como por exemplo, o fonolito e glauconito (verdete) (MARTINS et al., 2015). Além do fornecimento de macronutrientes por meio de rochagem, é importante frisar a adição de elementos benéficos como o sódio (Na) e o silício (Si). O Na vem sendo estudado como possível substituto parcial ao K em fertilizações de culturas florestais (ALMEIDA et al., 2010), sendo a substituição do K pelo Na evidenciada no controle osmótico e estomático, na fotossíntese, como íon acompanhante de transporte em grandes distâncias e como ativador de enzimas (KRONZUCKER et al., 2013).

Dessa forma o presente estudo objetivou avaliar o fornecimento de K e Na via aplicação de diferentes fontes (rocha fonolito, NaCl e KCl) em plantio de eucalipto sobre um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em junho de 2013, no município de Luiz Antônio, SP. A área experimental possui relevo plano e solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média (12% de argila). O mesmo apresentou, antes da instalação do ensaio, baixos teores trocáveis de K (0,3 mmol_c dm⁻³) e Na (0,1 mmol_c dm⁻³) nos primeiros 60 cm de profundidade. A rocha fonolito utilizada apresentou 8,2 e 3,6% de K₂O e Na total e 1,2 e 2,9% de K₂O e Na solúvel em ácido cítrico 2%, respectivamente.

Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições. Cada parcela foi composta por 64 árvores, sendo 16 indivíduos da área útil e 48 da bordadura dupla. Em junho de 2013, foi realizado o plantio do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* em espaçamento 3 x 2,5 m. Os tratamentos foram: “Controle” – fertilização convencional de plantio (FCP) e fertilização de cobertura sem K; “KCl₁₂₀” – FCP e fertilização de cobertura com 110 kg ha⁻¹ de K₂O via KCl; “FO₁₂₀” – FCP e fertilização de cobertura com 110 kg ha⁻¹ de K₂O via fonolito; “NaCl” – FCP e fertilização de cobertura com 73 kg ha⁻¹ de Na₂O via NaCl. Após o plantio das mudas, foi realizada a FCP aplicando-se 10 kg ha⁻¹ de N, via sulfato de amônio; 10 kg ha⁻¹ de K₂O, via KCl; 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, via superfosfato triplo; 20 kg ha⁻¹ de *frited traced elements*, via FTE BR 12 e 2 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, em área total. Três meses após o plantio (MP), realizou-se a primeira fertilização de cobertura, aplicando-se 1,7 e 50 kg ha⁻¹ de B e N, respectivamente, em todos os tratamentos. Os tratamentos KCl₁₂₀ e NaCl receberam 50 e 33 kg ha⁻¹ de K₂O e Na₂O, respectivamente. Aos oito MP, realizou-se a última fertilização

de cobertura, aplicando-se $3,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de B em todos os tratamentos. Os tratamentos KCl_{120} e NaCl receberam 60 e 40 kg ha^{-1} de K_2O e Na_2O , respectivamente. O fonolito foi aplicado de forma única aos dois MP, sendo aplicado a lanço em área total sem incorporação. O tratamento NaCl visou o fornecimento de íons Na^+ na mesma quantidade (em número de mols) de íons K^+ fornecido nos tratamentos KCl_{120} e FO_{120} . A fonte de B utilizada foi a ulexita acidificada.

A fertilidade do solo foi aferida aos 10 e 22 MP, nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40- 50 cm. A coleta foi na linha de plantio, com o auxílio de um trado holandês. O solo foi seco ao ar, destorroado e peneirado (malha 2 mm). Foram analisados os teores de K e Na trocáveis segundo Raij et al. (2001). Aos 10 e 22 MP foram coletados o 3º e 4º par de folhas completamente desenvolvidos a partir dos ramos localizados no terço superior da copa, em quatro árvores com circunferência à altura do peito média. Foram coletadas 16 folhas por planta, sendo quatro folhas por quadrante (N, S, L e O). As amostras foram secas em estufa (65°C) até atingirem peso constante, trituradas em moinho (Willey) e encaminhadas para determinação de K e Na (MALAVOLTA et al., 1989).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F, $\alpha=0,1$) e tiveram suas médias comparadas pelo teste LSD ($\alpha=0,05$). Os dados também foram analisados quanto à sua dispersão de acordo com o erro padrão da média. As análises foram realizadas com o software estatístico SAS (9.3).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos dez MP, maiores teores de K trocável ocorreram após a fertilização com KCl em todas as camadas de solo até 50 cm de profundidade (Figura 1a). Por outro lado, a fertilização com fonolito proporcionou os menores valores de K trocável no solo, provavelmente devido a sua baixa solubilidade (RESENDE et al., 2006). Aos 22 MP, houve diminuição do teor de K trocável em todos os tratamentos (Figura 1b). O maior teor deste nutriente ocorreu no tratamento NaCl , indicando menor absorção de íons K^+ pelas plantas em detrimento da maior disponibilidade de íons Na^+ no solo. Testando fontes potássicas e sódicas em diferentes espécies arbóreas, Inocencio et al. (2014) evidenciaram menor absorção de K^+ em solos que receberam fertilização sódica.

Os teores de Na trocável aos dez MP foram similares aos teores de K trocável no solo (Figura 1c). Dentre as fontes testadas, apenas o fonolito elevou o teor de Na trocável na camada 0-10 cm do solo. Aos 22 MP, houve grande aumento no teor de Na na primeira camada do solo (0-10 cm) (Figura 1d). O fato da aplicação do fonolito ter sido realizada em **área total**, sem incorporação, aliada a **baixa solubilidade da rocha** (MARTINS et al., 2015) e a preferência por íons K^+ pelas plantas culminaram para o acúmulo do Na^+ na superfície do tratamento FO_{120} . Adicionalmente, maiores taxas de deposição de serapilheira em resposta à aplicação sódica já foram relatadas em plantações de eucalipto (ALMEIDA et al., 2010), podendo proporcionar maior adição de Na nas camadas superficiais do solo.

Para os teores foliares de K aos 10 MP, **não foi evidenciada diferença estatística** entre as fontes testadas; no entanto, aos 22 MP, os teores foliares de K foram maiores no tratamento KCl_{120} e menores no tratamento NaCl (Figura 2a). O tratamento FO_{120} apresentou o segundo maior teor foliar de K, indicando condições de substituição entre essas fontes. Apenas na

primeira época avaliada, todos os teores foliares de K observados foram considerados iguais e dentro da faixa de teor adequado para a cultura do eucalipto, 5,5 - 8,5 g kg⁻¹, (GONÇALVES, 2011). Na segunda época de avaliação, todos os teores de K se encontraram abaixo do limite inferior da faixa tida como adequada. Tendo em vista que os primeiros anos dos plantios de eucalipto apresentam as maiores taxas de crescimento (GONÇALVES et al., 2008), tal fato pode ter acarretado na diluição deste elemento na biomassa vegetal.

De forma semelhante ao K, percebeu-se o efeito da diluição do teor foliar de Na entre as duas datas avaliadas (Figura 2b). Aos 10 MP, **não houve diferença estatística entre os teores foliares de Na para os tratamentos testados**. Aos 22 MP, o tratamento fertilizado com NaCl apresentou os maiores teores foliares de Na, juntamente com os tratamentos KCl₁₂₀ e FO₁₂₀, sendo os menores valores verificados no Controle. Apesar de também conter Na no fonolito, sua aplicação ao solo não promoveu acréscimos significativos nos teores foliares de Na aos 22 MP; tendo, inclusive, menores valores que a fertilização com KCl. Este resultado ocorreu, provavelmente, devido ao fato das rochas apresentarem velocidade de liberação diferenciada dos nutrientes, a qual pode ter sofrido influências do manejo do solo e fatores climáticos, aumentando a liberação de K em detrimento da liberação de Na (CARVALHO, 2013).

Figura 1 – Concentração de K e Na trocável em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura média, aos 10 (a e c) e 22 (b e d) meses após o plantio de eucalipto fertilizado com KCl, NaCl e fonolito. Barras na horizontal junto aos pontos representam o erro padrão da média

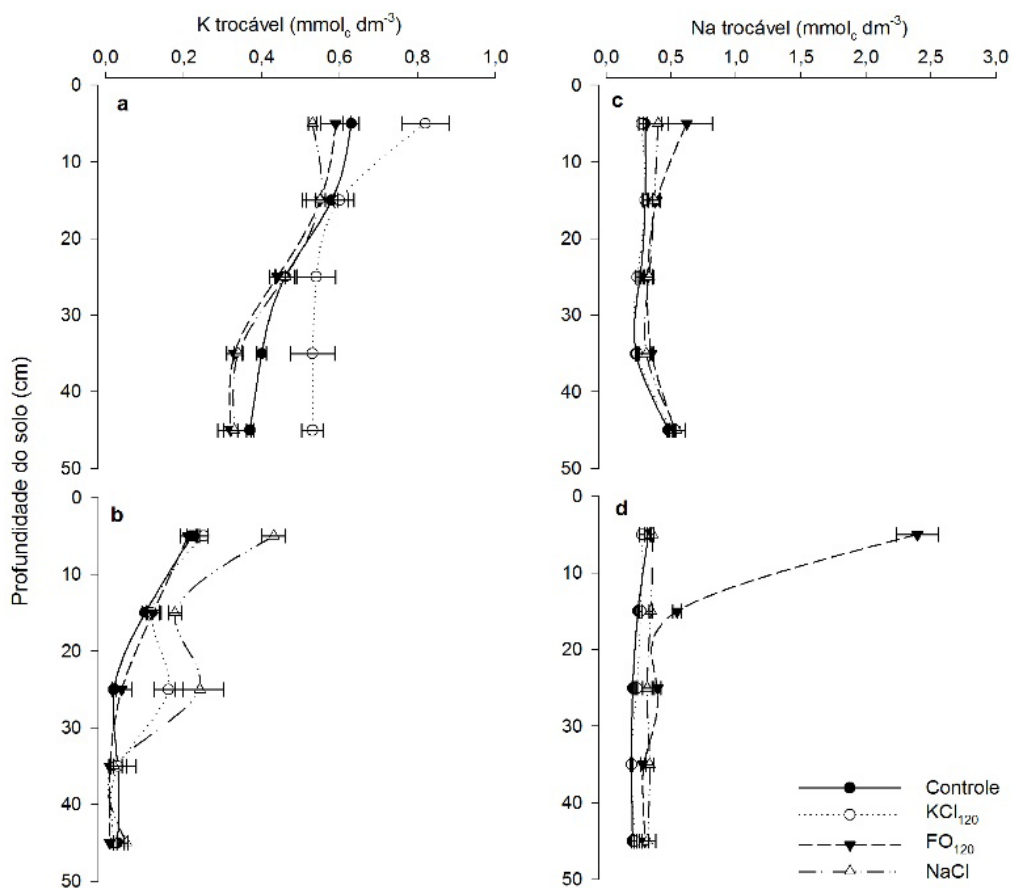
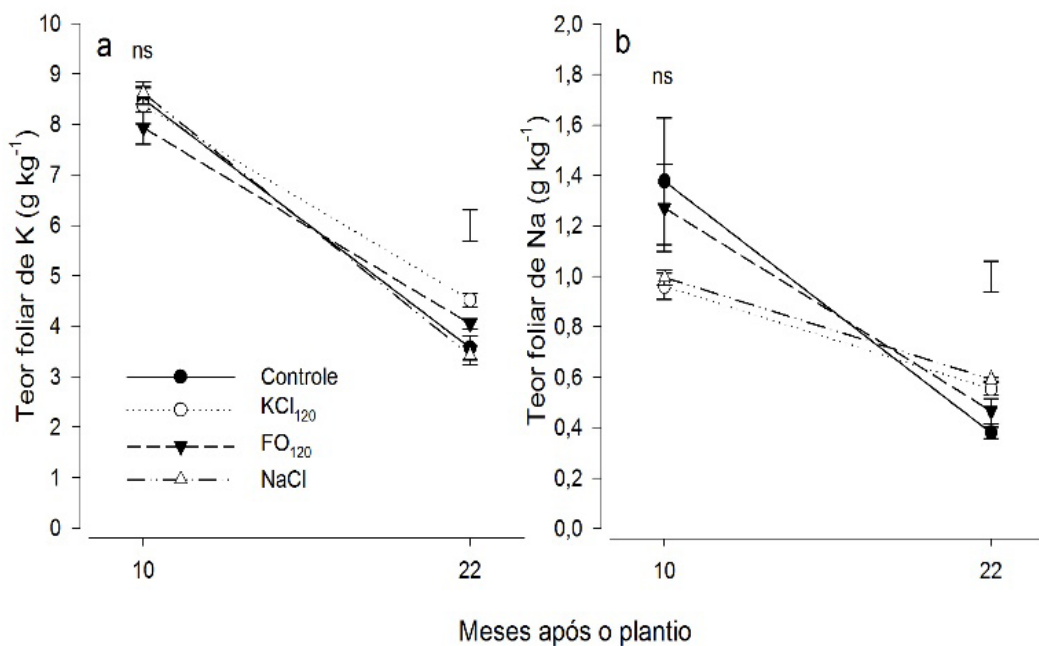


Figura 2 – Teor foliar de K (a) e Na (b) em plantio de eucalipto fertilizado com KCl, NaCl e fonolito. Barras na vertical junto aos pontos representam o erro padrão da média. Barra na vertical indica a LSD ($\alpha=0,05$). ns - diferença não significativa (teste F, $\alpha=0,1$)



CONCLUSÕES

A adição de fonolito em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico promove igual aumento no teor trocável de Na^+ quando comparado ao K^+ na primeira camada do solo, nos primeiros meses após a fertilização. Com o tempo, o teor de Na^+ trocável eleva-se e o teor de K^+ trocável reduz no solo.

A utilização de fonolito como fonte de nutrientes aumenta os teores foliares de K e Na em eucalipto nos primeiros 22 meses após o plantio quando comparados à omissão da fertilização potássica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e CNPq pelas bolsas de estudos concedidas aos autores; à International Paper do Brasil pela disponibilização do local, logística e insumos para realizar e manter a área experimental; ao IPEF pela logística; e à Mineração Curimbaba pelo fornecimento da rocha Fonolito e o financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. C. R.; LACLAU, J. P.; GONÇALVES, J. L. M.; RANGER, J.; SAINT-ANDRÉ, L. A positive growth response to NaCl applications in Eucalyptus plantations established on K deficient soils. *Forest Ecology and Management*, V. 259, p. 1786-1795, 2010.

CARVALHO, A.M.X. Rochagem: um novo desafio para o manejo sustentável da fertilidade do solo. In: SILVA, J.C.; SILVA, A.A.S.; ASSIS, R.T. (Ed). **Sustentabilidade produtiva e inovação no campo**. Uberlândia: Composer. 2013. p. 117-132.

GONÇALVES, J. L. M.; ALVARES, C. A.; HIGA, A. R.; SILVA, L. D.; ALFENAS, A. C.; STAHL, J.; FERRAZ, S. F. B.; LIMA, W. P.; BRANCALION, P. H. S.; HUBNER, A.; BOUILLET, J. P. D.; LACLAU, J. P.; NOUVELLON, Y.; EPRON, D. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, V. 301. p. 6-27, 2013.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; LACLAU, J. P.; BOUILLET, J. P.; RANGER, J. Assessing the effects of early silvicultural management on long-term site productivity of fast-growing eucalypt plantations: the Brazilian experience. **Southern Forests**, V.70, p. 105-118, 2008.

GONÇALVES, J. L. M. Fertilização de plantação de eucalipto. In: II Encontro Brasileiro de Silvicultura. 2011. Campinas. **Anais...** Campinas: FUPEF, 2011. P.85-113.

IBÁ. **Indústria Brasileira de Árvores. Relatório anual 2016, Brasília, IBÁ**, 2016. 100p.

INOCENCIO, M. F.; CARVALHO, J. G.; FURTINI NETO, A. E. Potássio, sódio e crescimento inicial de espécies florestais sob substituição de potássio por sódio. **Revista Árvore**, V.38, p.113-123, 2014.

KRONZUCKER, H. J.; COSKUN, D.; SCHULZE, L. M.; WONG, J. R.; BRITTO, D. T. Sodium as nutrient and toxicant. **Plant and Soil**, V. 369, p. 1-23, 2013.

LUZ, A. B.; LOUREIRO, F. E. L.; SAMPAIO, J. A.; CASTILHOS, Z. C.; BEZERRA, M. S. Rochas, minerais e rotas tecnológicas para a produção de fertilizantes alternativos. In: FERNANDES, F. R. C.; LUZ, A. B.; CASTILHOS, Z. C. (Ed). **Agrominerais para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT. 2010. p. 61-88.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira Para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989, 201p.

MARTINS, V.; SILVA, D. R. G.; MARCHI, G.; LEITE, M. C. A.; MARTINS, E. S.; GONÇALVES, A. S. F.; GUILHERME, L. R. G. Effect of alternative multinutrient sources on soil chemical properties. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, V. 39, p. 194-204, 2015.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. 284p.

RESENDE, A. V.; MARTINS, E. S.; OLIVEIRA, C. G.; SENA, M. C.; MACHADO, C. T. T.; KINPARA, D. I.; OLIVEIRA FILHO, E. C. Suprimento de potássio e pesquisa de uso de rochas “in natura” na agricultura brasileira. **Espaço & Geografia**, V.9, p.19-42, 2006.

CICLAGEM DE K E Na VIA FOLHEDO EM PLANTIO DE EUCALIPTO FERTILIZADO COM FONOLITO

Fábio Henrique Silva Floriano de Toledo¹; Yesid Alejandro Mariño Macana¹;
Gabriel Antério do Nascimento²; Ana Clara Cuco Giocondo Teixeira²; Alexandre de Vicente Ferraz³;
Eric Victor de Oliveira Ferreira⁴; Fernando Guerra⁵; José Leonardo de Moraes Gonçalves⁶

¹Doutorando (bolsistas CAPES) em Recursos Florestais; Departamento de Ciências Florestais; ESALQ/USP - fhtoledo@usp.br, yesidmarino@usp.br;

²Graduando em Engenharia Florestal; Depto. de Ciências Florestais - gabriel.nascimento93@yahoo.com.br, ana.clara.teixeira@usp.br; ³Coordenador Executivo do Programa Cooperativo sobre Silvicultura e Manejo; Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (PTSM/IPEF) - alexandre@ipef.br;

⁴Professor Substituto do Departamento de Ciências Agrárias; UFSJ-Campus Sete Lagoas-MG - ericsolos@yahoo.com.br; ⁵Doutor em Ciências (CENA/USP); Departamento técnico da Yoorin Fertilizantes - fernando.guerra@yoorin.com.br; ⁶Professor do Departamento de Ciências Florestais; ESALQ/USP - jlmgonca@usp.br

Resumo: As plantações florestais frequentemente são alocadas em solos pouco férteis, tornando-se imprescindível a prática de fertilização para a manutenção de altas produtividades. Grande parte do fertilizante potássico consumido no Brasil é importado, o que torna necessária a utilização de fontes alternativas e mais baratas de potássio (K), como a rocha fonolito. Foi realizado um experimento em blocos, com quatro tratamentos e quatro repetições. Cada parcela foi composta por 64 árvores de eucalipto, implantadas em espaçamento 3 x 2,5 m, os tratamentos foram: “Controle” – omissão de K; “KCl₁₂₀” - fertilização com 110 kg ha⁻¹ de K₂O via KCl; “FO₁₂₀” - fertilização com 110 kg ha⁻¹ de K₂O via fonolito; “NaCl” - fertilização com 73 kg ha⁻¹ de Na₂O via NaCl. Houve maior ciclagem de K, via produção de folhedo, no tratamento KCl₁₂₀ e menor no tratamento NaCl. O tratamento FO₁₂₀ promoveu a mesma ciclagem de K que o tratamento Controle em todas as estações do ano. Houve maior ciclagem de Na no tratamento NaCl, seguido por FO₁₂₀. Concluiu-se que as plantas de eucalipto fertilizadas com fonolito ciclam as mesmas quantidades de K que as plantas sem fertilização potássica, independentemente da estação do ano, bem como, a aplicação de fonolito pode elevar a ciclagem de Na em plantio de eucalipto.

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes, Agrominerais, Fonte alternativa de nutrientes

INTRODUÇÃO

O *Eucalyptus* é o gênero florestal mais plantado no Brasil, correspondendo atualmente a mais de 5,8 milhões de hectares espalhados por quase todas as regiões do país (IBÁ, 2016). A maioria desses plantios se encontra em **áreas** de baixa fertilidade química natural, tendo em vista que a capacidade do eucalipto de se desenvolver em ambientes distróficos e necessitando de quantidades mínimas de insumos comparada a outras culturas agrícolas (GONÇALVES et al., 2008).

As principais espécies de *Eucalyptus* sp. mais cultivadas no Brasil são extremamente dependentes da fertilização potássica, que em grande parte é realizada com KCl importado da Rússia ou Canadá. A grande maioria dos plantios no país se encontra em áreas com baixos teores de K trocável, o que torna fundamental estudar fontes alternativas desse nutriente (ALMEIDA et al., 2010). Nesse caso, as rochas mais relevantes são aquelas que possuem feldspato po-

tássico em sua composição, como por exemplo, o fonolito e glauconito (verdete) (MARTINS et al., 2015). Além do fornecimento de macronutrientes por meio de rochagem, é importante frisar a adição de elementos benéficos como o sódio (Na) e o silício (Si).

Existem estudos realizados para se testar a eficácia de rochas moídas na nutrição florestal em solos distróficos (MARTINS et al., 2015). Esses estudos, somados à trabalhos de ciclagem de nutrientes são fundamentais para se entender a dinâmica de nutrientes em solos florestais, já que a serapilheira contribui de maneira fundamental no aporte de nutrientes do solo, que após o processo de mineralização tem impacto na produção e sustentabilidade dos plantios florestais (VIEIRA & SCHUMACHER, 2010). O processo de ciclagem de nutrientes consiste na movimentação dos nutrientes entre seus compartimentos e na transferência dos compartimentos para o ecossistema, sendo um processo natural que abrange as trocas de elementos minerais, centrando-se entre a vegetação e o solo (VIEIRA et al., 2014). Os mesmos autores citam que dentre os compartimentos listado na literatura, sabe-se que as folhas (folheto) representam a maior fração da serapilheira e, também é responsável por maior parte do retorno de nutrientes.

Dessa maneira, o presente estudo visou avaliar a ciclagem de K e Na via folheto em plantação de eucalipto fertilizado com fonolito, KCl ou NaCl durante um ano.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em junho de 2013, no município de Luiz Antônio, SP. A área experimental possui relevo plano e solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média (12% de argila). Antes da instalação do ensaio, o solo apresentou baixos teores trocáveis de K ($0,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) de Na ($0,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) nos primeiros 60 cm de profundidade. A rocha fonolito utilizada apresentou 8,2 e 4,8% de K_2O e Na_2O totais e 1,2 e 3,9% de K_2O e Na_2O solúveis em ácido cítrico 2%, respectivamente.

Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições. Cada parcela foi composta por 64 árvores, sendo 16 indivíduos da área útil e 48 da bordadura dupla. Em junho de 2013, foi realizado o plantio do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* em espaçamento 3 x 2,5 m. Os tratamentos foram: “Controle” – fertilização convencional de plantio (FCP) e fertilização de cobertura sem K; “ KCl_{120} ” – FCP e fertilização de cobertura com 110 kg ha^{-1} de K_2O via KCl; “ FO_{120} ” – FCP e fertilização de cobertura com 110 kg ha^{-1} de K_2O via fonolito; “NaCl” – FCP e fertilização de cobertura com 73 kg ha^{-1} de Na_2O via NaCl. Após o plantio das mudas, foi realizada a FCP aplicando-se 10 kg ha^{-1} de N, via sulfato de amônio; 10 kg ha^{-1} de K_2O , via KCl; 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 , via superfosfato triplo; 20 kg ha^{-1} de *frited traced elements*, via FTE BR 12 e 2 t ha^{-1} de calcário dolomítico, em área total. Três meses após o plantio (MP), realizou-se a primeira fertilização de cobertura, aplicando-se $1,7$ e 50 kg ha^{-1} de B e N, respectivamente, em todos os tratamentos. Os tratamentos KCl_{120} e NaCl receberam 50 e 33 kg ha^{-1} de K_2O e Na_2O , respectivamente. Aos oito MP, realizou-se a última fertilização de cobertura, aplicando-se $3,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de B em todos os tratamentos. Os tratamentos KCl_{120} e NaCl receberam 60 e 40 kg ha^{-1} de K_2O e Na_2O , respectivamente. O fonolito foi aplicado de forma única aos dois MP, sendo aplicado a lanço em área total sem incorporação. O tratamento NaCl visou o fornecimento de íons Na^+ na mesma quantidade (em número de mols) de íons K^+ fornecido nos tratamentos KCl_{120} e FO_{120} . A fonte de B utilizada foi a ulexita acidificada.

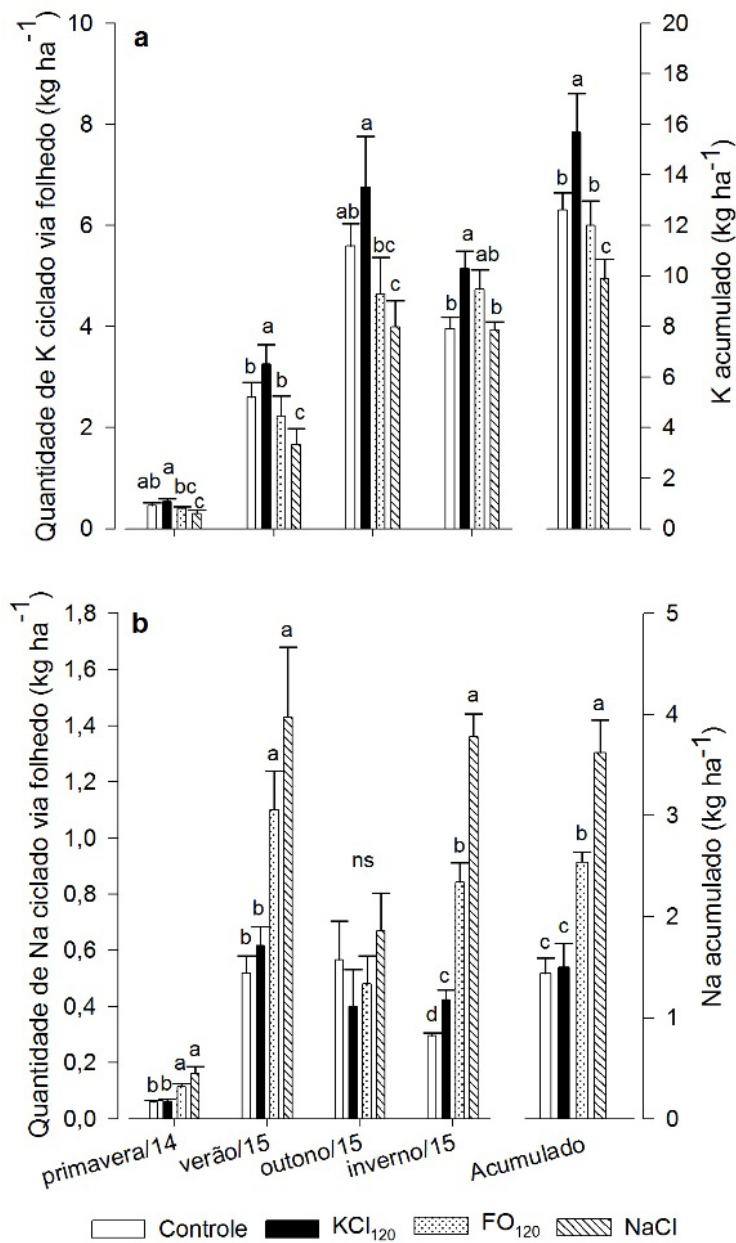
A coleta do folheto foi realizado mensalmente, entre os 16 e 28 MP. Para tal, foram instalados quatro coletores (linhas e entrelinhas) em cada parcela. Os mesmos foram confeccionados com cano PVC e rede de sombrite cobrindo área de 0,25 m². Posteriormente, o material coletado foi seco em estufa de circulação fechada (65 °C) até atingir peso constante, pesado, agrupado segundo as estações do ano (primavera, verão, outono e inverno) e moído. Por fim, foram realizadas as determinações de K e Na (MALAVOLTA et al., 1989) no material vegetal.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F, $\alpha=0,1$) e tiveram suas médias comparadas pelo teste LSD ($\alpha=0,05$). As análises foram realizadas com o software estatístico SAS (9.3).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve maior ciclagem de K, via deposição de folheto, no tratamento KCl₁₂₀ e menor no tratamento NaCl na primavera/14, verão/15 e outono/15 (Figura 1a). No inverno/15 os menores valores foram observados no tratamento Controle e NaCl. A fertilização com fonolito proporcionou valores intermediários de ciclagem de K, assim como o Controle, em todas as estações do ano. No computo total, a maior quantidade de K ciclada via folheto ocorreu no tratamento KCl₁₂₀, seguido dos tratamentos Controle, FO₁₂₀ e NaCl. Por outro lado, a ciclagem de Na foi maior no tratamento NaCl na maioria das épocas avaliadas (Figura 1b), com exceção da primavera/14 e verão/15, quando a fertilização com fonolito proporcionou maior ciclagem de Na. O outono foi a única estação em que não houve diferença entre os tratamentos. Ao final de um ano de estudo, evidenciou-se maior ciclagem de Na no tratamento NaCl, seguido por FO₁₂₀, Controle e KCl₁₂₀. Estudos mostram que as fertilizações potássica e sódica em eucalipto podem influenciar a deposição de folheto em biomassa seca (ALMEIDA et al., 2010). Acredita-se que as quantidades de K e Na cicladas via folheto no presente estudo tiveram influência da biomassa de folheto produzido e da disponibilidade de K e Na pelas fontes testadas, pois, fontes prontamente solúveis, como o KCl e NaCl, podem propiciar maior absorção de K e Na pelas plantas (RESENDE et al., 2006) quando comparadas às rochas moídas (MARTINS et al., 2015). Os resultados sugerem que a aplicação de fonolito proporcionou maiores deposições de Na do que de K, quando comparados ao Controle (Figura 1), em função do extenso período em que a área se encontra sob plantio de eucalipto, a qual é constantemente fertilizada com fontes NPK, acarretando em pequenos, mas existentes, efeitos residuais destes nutrientes (FARIA et al., 2002) e exaustão dos demais elementos, como de Na.

Figura 1 – Ciclagem de K (a) e Na (b) via produção de folhede em plantio de eucalipto fertilizado com KCl, NaCl e fonolito. Barras acima das colunas representam o erro padrão da média. ns - diferença não significativa (teste F, $\alpha=0,1$). Colunas seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste LSD ($\alpha=0,05$)



CONCLUSÕES

Plantas de eucalipto fertilizadas com fonolito ciclaram as mesmas quantidades de K que as plantas que não receberam fertilização potássica (Controle). A aplicação de fonolito aumentou a ciclagem de Na em plantio de eucalipto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e CNPq pelas bolsas de estudos concedidas aos autores; à International Paper do Brasil pela disponibilização do local, logística e insumos para realizar e manter a área experimental; ao IPEF pela logística; e à Mineração Curimbaba pelo fornecimento da rocha Fonolito e o financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. C. R., LACLAU, J. P.; GONÇALVES, J. L. M.; RANGER, J.; SAINT-ANDRÉ, L. A positive growth response to NaCl applications in *Eucalyptus* plantations established on K deficient soils. **Forest Ecology and Management**, V. 259, p. 1786-1795, 2010.
- FARIA, G. E.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; LIMA, J. C.; TEIXEIRA, J. L. Produção e estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em segunda rotação, em resposta à adubação potássica. **Revista Árvore**, V. 26, p.577-584, 2002.
- GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; LACLAU, J. P.; BOUILLET, J. P.; RANGER, J. Assessing the effects of early silvicultural management on long-term site productivity of fast-growing eucalypt plantations: the Brazilian experience. **Southern Forests**, V.70, p. 105-118, 2008.
- IBÁ. **Indústria Brasileira de Árvores. Relatório anual 2016, Brasília, IBÁ, 2016. 100p.**
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira Para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989, 201p.
- MARTINS, V.; SILVA, D. R. G.; MARCHI, G.; LEITE, M. C. A.; MARTINS, E. S.; GONÇALVES, A. S. F.; GUILHERME, L. R. G. Effect of alternative multinutrient sources on soil chemical properties. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, V. 39, p. 194-204, 2015.
- RESENDE, A. V.; MARTINS, E. S.; OLIVEIRA, C. G.; SENA, M. C.; MACHADO, C. T. T.; KINPARA, D. I.; OLIVEIRA FILHO, E. C. Suprimento de potássio e pesquisa de uso de rochas “in natura” na agricultura brasileira. **Espaço & Geografia**, V.9, p.19-42, 2006.
- VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V.; ARAÚJO, E. F.; CORRÊA, R. S.; CALDEIRA, M. V. W. Deposição de Serapilheira e Nutrientes em Plantio de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*. **Floresta e Ambiente**, V. 21, p.327-338, 2014.
- VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M. V. Deposição de serapilheira e de macronutrientes em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, V. 20, p. 225-233, 2010.

UTILIZAÇÃO DE REMINERALIZADOR DE SOLOS NO MANEJO AGROECOLÓGICO DO FEIJÃO-CAUPI

Tatykelly Alves Borges¹; Fred Newton Silva e Souza²; Juliana Mariano Alves²

¹Estudante do Curso de Engenharia Agrônoma da Universidade do Tocantins – UNITINS - tatykelly.agronomia@gmail.com; ²Professores do Curso de Engenharia Agrônoma, Universidade do Tocantins UNITINS/NUDAM - fred.ns@untins.br, juliana.ma@unitins.br

Resumo: O trabalho conduzido na Escola Família Agrícola de Porto Nacional-TO, teve como objetivo avaliar os efeitos da utilização de um remineralizador de solos em associação com fontes alternativas de nutrientes no manejo agroecológico da produção do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.). O experimento envolveu 07 tratamentos, sendo 05 com remineralizador (biotita xisto) em doses crescentes, e em associação com fosfato natural, gesso agrícola ou compostos orgânicos bioestabilizados produzidos na própria EFA, além de outros 02 tratamentos, um envolvendo apenas fontes convencionais e uma testemunha absoluta. As quantidades de remineralizador (REM) aplicadas nos respectivos tratamentos correspondem às seguintes doses: REM-I (70 kg ha⁻¹ de K₂O); REM-II (105 kg ha⁻¹ de K₂O); e REM-III (140 kg ha⁻¹ de K₂O). Tais doses são compatíveis às recomendações técnicas para a cultura plantada (feijão). O delineamento experimental com parcelas subdivididas ocupou uma área total de 343 m². Depois de aplicados os tratamentos foi semeada a mucuna (*Mucuna aterrina*), e posteriormente, o cultivo do feijão caupi. Pelos resultados obtidos pode-se concluir que em todos os parâmetros avaliados ocorreu um aumento nos teores de cátions trocáveis ao aumentar as doses do remineralizador. Efeitos positivos também foram verificados ao aplicar o remineralizador em associação com o fosfato natural que apresentou aumento no teor total de fósforo (P) disponível no solo. As avaliações evidenciaram que o caupi apresentou melhor desempenho em função do manejo envolvendo a utilização do remineralizador (REM) em associação com o gesso agrícola (GA), ainda que a produção de matéria seca da mucuna tenha sido inferior a todos os demais tratamentos. O aumento da dose do remineralizador de solos (REMI, REMII e REMIII) mostrou correlação positiva com a produção de matéria seca da mucuna.

Palavras-chave: manejo do solo; rochagem; adubação verde.

INTRODUÇÃO

O aumento populacional gera maior demanda por alimentos, mas, além das extensões de terras agricultáveis serem limitadas, as áreas agricultadas tem se tornado intensamente antropizadas, gerando por vezes níveis de degradação irreversíveis (MEIRA et al., 2004).

Segundo Padovan et al. (2006) a inclusão de culturas para adubação verde, isto é, com o uso de plantas em rotação, sucessão ou consorciação com as culturas agrícolas, incorporando-as ao solo ou deixando-as na superfície, melhora as condições física, química e biológica do solo, com efeitos sobre a cultura principal.

Outra técnica alternativa à restauração da fertilidade de solos degradados e que têm atraído a atenção de instituições de pesquisas e pesquisadores é a “rochagem” ou “remineralização”, a qual consiste na utilização de rochas moídas como fonte de nutrientes ou condicionador de solos (CAMPE et al., 1996).

Ciente da importância do manejo e conservação do solo para a sustentabilidade da agricultura, a UNITINS/NUDAM desenvolve pesquisas sobre rochagem, cujas ações são voltadas à identificação, avaliação, validação e difusão do uso de fontes alternativas de nutrientes (FAN) e de remineralizadores de solos para os mais diversos e variados sistemas de produção agrícolas do Tocantins.

Portanto, o trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da utilização de remineralizador de solos em associação com outras fontes alternativas de nutrientes no manejo agroecológico da produção do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) em experimento conduzido na Escola Família Agrícola de Porto Nacional-TO.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na Escola Família Agrícola – EFA, no município de Porto Nacional, Região Central do Tocantins. A área escolhida é utilizada a cerca de 10 anos para o cultivo de diferentes espécies agrícolas, e o solo pode ser caracterizado como um Litossolo, onde o acúmulo de concreções no horizonte superficial não representa limitações à mecanização agrícola. O laudo da análise química do solo é apresentado na Tabela-1, sendo o teor de argila característico (20%).

Tabela 1 – Características físico-químicas do solo.

pH	P	K	Al	Ca+Mg	Ca	H+Al	CTC	MO
CaCl2		mg dm ³		cmol _c dm ⁻³				%
6,3	5,0	41,0	0,0	2,0	2,4	1,8	5,6	2,1

Todos os tratamentos teve como base o remineralizador biotita-xisto proveniente dos rejeitos do Garimpo de Esmeraldas de Monte Santo-TO, cujas características são detalhadas em Souza (2014). A partir da análise geoquímica de rocha total (RT) realizada no Acme Analytical Laboratories Ltd. determinou-se a composição química do remineralizador (Tabela-2). O remineralizador moído em uma indústria de calcário da região resulta em um material cuja granulometria apresenta 99,8% de partículas < 0,8 mm e 85,6% < 0,3 mm. Com essas características o remineralizador preenche todas as especificações estabelecidas na Instrução Normativa MAPA Nº 05/2016.

Tabela 2 – Composição do remineralizador – elementos maiores (% em massa).

Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	PF ¹	Soma ²
RT-REM	50,94	13,00	8,58	9,79	7,96	3,05	2,21	0,51	0,14	0,16	3,2	99,57

¹ PF – perda ao fogo, relativo ao teor total de voláteis (CO₂ + SO₃ + H₂O);

² Soma relativa aos óxidos e à PF.

O delineamento experimental de blocos em faixa ocupou uma área total de 343 m², tendo cada bloco/tratamento as dimensões de 7 x 7 m. Ao todo foram 07 tratamentos com três

repetições (Tabela-3): testemunha absoluta (1); convencional (2); remineralizador associado ao composto orgânico bioestabilizado produzido na própria EFA (3); remineralizador associado ao gesso agrícola (4); remineralizador em doses crescentes associado ao fosfato natural (5, 6, 7). As quantidades de remineralizador (REM) aplicadas nos respectivos tratamentos correspondem às seguintes doses de K_2O : REM-I (70 kg ha^{-1}); REM-II (105 kg ha^{-1}); e REM-III (140 kg ha^{-1}). Dado o teor de K_2O contido no remineralizador (2,2%), tais doses envolvem a aplicação efetiva de 3,2 a $6,4 \text{ t ha}^{-1}$.

Tabela 3 – Descrição das estratégias de manejo agroecológico (tratamentos).

Tratamentos	Produtos ¹				
	REM	FN	CO	GA	Outros ²
1. Test. absolut	-	-	-	-	-
2. Convencional	-	-	-	-	+
3. REM-I+FN+CO	+	+	+	-	-
4. REM-I+FN+GA	+	+	-	+	-
5. REM-I+FN	+	+	-	-	-
6. REM-II+FN	+	+	-	-	-
7. REM-III+FN	+	+	-	-	-

¹REM= remineralizador de solo; FN = fosfato natural; CO = composto orgânico; GA = gesso agrícola;

²Outros: calcário dolomítico (2 t.ha^{-1}); e posteriormente KCl e Superfosfato Simples.

O fosfato natural (FN) utilizado possui 22% de P_2O_5 , de modo que a quantidade aplicada (500 kg ha^{-1}) equivale a uma dose de 110 kg ha^{-1} de P_2O_5 . O composto orgânico (CO) utilizado no experimento (10 t ha^{-1}) foi produzido na própria EFA a partir de restos de culturas, cama de frango e esterco de curral, cuja composição apresenta: 2,4% de N; 4,2% de P_2O_5 ; e 2% de K_2O . O gesso agrícola (GA) possui 11% de CaO e 27% de S.

Depois de 30 dias após a aplicação dos tratamentos foi feito o plantio da leguminosa (*Mucuna aterrima*), espaçamento utilizado foi 0,70 m entre linhas com 6 a 8 sementes por metro linear. O manejo da leguminosa foi feito no início do florescimento, quando 50% das plantas apresentavam florescimento, cerca de 130 dias após o plantio. Tal manejo envolveu o corte raso das plantas com o uso de uma roçadeira mecânica, mantendo-se as plantas em cobertura, e coletadas amostras da biomassa para determinação da matéria seca (Mg ha^{-1}).

O plantio do feijão-caupi (variedade Corujinha) ocorreu 15 dias após o corte da leguminosa, pelo método do plantio direto, utilizando espaçamento de 0,70 m entre linhas e 6 a 8 sementes por metro linear. Foi utilizado sistema de irrigação para garantir que a cultura não passasse por um estresse hídrico. A colheita do feijão-caupi foi realizada a partir dos 90 dias após o plantio, também de forma manual, e se estendeu por mais duas etapas, aos 15 e 30 dias após a primeira colheita.

Neste sentido, a avaliação dos efeitos das diferentes intervenções técnicas (tratamentos) foi realizada em dois momentos: aos 120 dias após o plantio da mucuna, quando foram avaliados os efeitos dos tratamentos sobre a produção de matéria seca da leguminosa e sobre os atributos físico-químicos do solo (0-20 cm de profundidade); e ao término do ciclo produtivo do feijão caupi, quando se avaliou os efeitos dos tratamentos sobre os caracteres descritivos e a produtividade da variedade utilizada (Corujinha).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação dos efeitos do remineralizador sobre os atributos do solo (Tabela-4), de maneira geral, verificou-se que as alterações nos valores de pH do solo foram insignificantes. Os reduzidos efeitos sobre o pH do solo decorre do fato deste já apresentar valor bastante elevado (6,3), resultado de uma aplicação de calcário realizada dois anos antes da realização do presente experimento. A maior alteração do pH foi resultado dos efeitos do tratamento que envolve o remineralizador em associação com gesso agrícola (T4), cujos efeitos foram notados também sobre a acidez ativa (H^+).

Os efeitos mais significativos do remineralizador foram constatados sobre os teores de cátions trocáveis (K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}), cujos valores apresentaram aumento linear com a elevação das doses aplicadas do remineralizador (T5, T6, T7). Consequentemente, tais efeitos favorecem também o aumento da capacidade de troca catiônica (CTC), com especial significado para o manejo agrícola dos solos tropicais, uma vez que a baixa CTC implica em maiores perdas por lixiviação dos nutrientes aplicados via fertilizantes convencionais.

Tabela 4 – Características físico-químicas do solo (0-20 cm) aos 120 dias após a aplicação dos tratamentos.

	pH	P	K	Al	Ca+Mg	Ca	H+Al	CTC	MO
Tratamentos	H ₂ O	... mg dm ⁻³ ...	 cmol _c dm ⁻³						%
1. Test_absolut	6,3	5,0	41,0	0,0	3,6	2,4	1,8	3,8	2,1
2. Convencional	6,4	15,0	60,0	0,0	4,4	3,1	1,7	4,7	2,4
3. REM-I+FN+CO	6,4	182,0	60,0	0,0	3,3	2,4	1,6	3,6	2,1
4. REM-I+FN+GA	6,5	108,0	68,0	0,0	3,8	2,6	1,6	4,1	2,4
5. REM-I+FN	6,3	30,0	88,0	0,0	3,3	2,3	1,8	3,7	2,5
6. REM-II+FN	6,2	53,0	79,0	0,0	4,0	2,8	1,8	4,3	2,6
7. REM-III+FN	6,3	113,0	96,0	0,0	6,3	3,7	1,8	6,7	2,5

Os resultados apresentados na Tabela-4 mostram ainda que a aplicação do remineralizador em associação com o fosfato natural apresentou efeitos importantes sobre o teor total de fósforo (P) disponível no solo. Como o aumento da disponibilidade de P foi proporcional às doses do remineralizador, esse último não limitou a solubilização do fosfato, o que adquire especial significado frente à complexa dinâmica do P nos solos do Cerrado. Porém, os maiores aumentos sobre este nutriente foram obtidos nos tratamentos com composto orgânico e gesso agrícola, associado à dose mais baixa do remineralizador, ou seja, os maiores efeitos sobre a disponibilidade da fonte de fósforo se deve a interação com a fonte orgânica (composto) ou ao enxofre presente na fonte mineral (gesso agrícola). Apenas no tratamento com a maior dose de REM (T7) houve aumento semelhante no teor de P, porém, com o dobro da menor dose aplicada (T5).

A Tabela-5 apresenta a análise de variância para a mucuna-preta e demais variáveis referentes a cultivar de feijão-caupi (Corujinha) e produtividade resultante do efeito dos diferentes tratamentos avaliados. Todos os parâmetros avaliados, exceto o peso de 100 grãos (P100G), apresentaram diferenças estatísticas significativas.

Tabela 5 – Resumo das análises de variância para Matéria Seca (MS), Tamanho de Vagem (TV), Grãos por Vagem (GV), Peso de 100 Grãos (P100G) e Produtividade (PROD) do feijão-caupi para diferentes Tratamentos (T).

Fontes de Variação	Quadrados Médios					
	GL	MS (kg ha ⁻¹)	TV (cm)	GV (nº)	P100G (g)	PROD (kg ha ⁻¹)
Tratamentos (T)	6	20,98*	16,29*	18,09*	2,44	48231,90*
Bloco	4	0,77	0,77	1,04	1,17	12373,45
Resíduo	24	1,96	0,56	0,89	1,55	7168,74
CV (%)		21,49	4,80	8,03	9,27	36,56
Médias		6,52	15,65	11,77	13,45	231,58

* = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

As avaliações evidenciaram que o caupi apresentou melhor desempenho em função do manejo envolvendo a utilização do remineralizador (REM) em associação com o gesso agrícola (GA), ainda que a produção de matéria seca da Mucuna deste tratamento tenha sido inferior a todos os demais tratamentos (Tabela-6). O aumento da dose do remineralizador de solos (PRI, PRII e PRIII) mostrou correlação positiva com a produção de matéria seca da mucuna, no entanto, tais efeitos não se manifestaram sobre a produção do feijão-caupi, pelo contrário, o aumento da dose do remineralizador apresentou correlação negativa com a produção do feijão-caupi.

Tabela 6 – Média de Produção de Matéria Seca de Mucuna (MS), Tamanho de Vagem (TV), Grãos por Vagem (GV), Peso de 100 Grãos (P100G) e Produtividade (PROD) do feijão sob efeito de diferentes tratamentos, em Porto Nacional-TO.

Tratamentos	Teste F									
	MS (kg ha ⁻¹)		TV (cm)		GV (nº)		P100G (g)		PROD (kg ha ⁻¹)	
1. Test_absolut	2,98	D	13,74	B	9,80	B	13,60	A	94,50	D
2. Convencional	7,08	AB	14,04	B	10,40	B	13,40	A	188,56	C
3. REM-I+FN+CO	6,92	B	17,86	A	13,20	A	13,60	A	328,56	AB
4. REM-I+FN+GA	5,62	C	17,10	A	13,40	A	13,40	A	356,28	A
5. REM-I+FN	6,40	B	17,66	A	14,60	A	12,20	A	304,56	AB
6. REM-II+FN	6,78	B	14,80	B	10,60	B	13,40	A	188,56	C
7. REM-III+FN	9,88	A	14,40	B	10,40	B	14,60	A	159,98	BC
Médias	6,52		15,65		11,77		13,45		231,58	

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott (1974), a 5% de probabilidade.

Os resultados apresentados na Tabela 4 mostram ainda que diante das condições edafo-climáticas da área do experimento os manejos cujos resultados apresentaram maiores incrementos de produção do feijão-caupi envolveu a utilização do remineralizador com fosfato natural associado ao gesso agrícola ou ao composto orgânico. No entanto, comparando os resultados

aqui apresentados com os descritos em Cargnelutti Filho (2011), a produtividade obtida é muito inferior à registrada na região Norte (724 kg ha^{-1}) e à do próprio estado do Tocantins (679 kg ha^{-1}), situando-se nos mesmos níveis da produtividade nacional (339 kg ha^{-1}).

O feijão-caupi é uma cultura de crescimento indeterminado sendo assim, sua colheita é realizada em várias vezes e, no caso do presente experimento contou apenas com três colheitas. Se a colheita tivesse se estendido por mais tempo a produtividade do feijão-caupi seria maior.

O uso de materiais ricos em potássio, magnésio, cálcio, fósforo e micronutrientes tem mostrado excelente resposta agrônômica para uso em diversas culturas (LEONARDOS et al. 2000). Tais efeitos decorrem de alterações nos atributos físico-químicos do solo, cujos efeitos são favoráveis ao desenvolvimento e produção das espécies agrícolas.

Os efeitos sobre o aumento do pH e da capacidade de troca de cátions, bem como no incremento dos teores de cálcio, magnésio e potássio observados no presente estudo, também são relatados em estudos envolvendo a aplicação de pó de basaltos (ROSCHNIK et al., 1967; GILLMAN, 1980), kamafugitos (LEONARDOS et al., 1987) ou carbonatitos em solos tropicais (TITO et al., 1997).

Neste trabalho observamos uma correlação positiva com a produção de matéria seca da mucuna, no entanto, tais efeitos não se manifestaram sobre a produção do feijão-caupi, pelo contrário, o aumento da dose do remineralizador apresentou correlação negativa com a produção do feijão-caupi. Esses resultados são semelhantes aos apresentados por Silva et al. (2012) e Hanisch et al. (2013), que não verificaram aumento da produtividade de feijão com o incremento de doses de remineralizadores de solos.

Ao aplicar os tratamentos e em seguida fazer o plantio da leguminosa não teve redução dos nutrientes para a cultura principal, pois o resultado positivo mostra que os tratamentos com o remineralizador de solos (pó de rocha) em associação com os demais fertilizantes alternativos supriram as necessidades da leguminosa e do feijão-caupi. Essas constatações corroboram para as afirmações de Harley & Gilkes (2000), de que a solubilidade lenta, característica importante dos remineralizadores de solos, promove efeito residual em cultivos sucessivos, o que contribui para reduzir a demanda de fertilizantes convencionais. Nesse sentido, a continuidade do experimento com cultivos sucessivos poderia proporcionar respostas positivas de efeito residual sobre a produtividade das culturas, bem como sobre os atributos de solo.

CONCLUSÕES

A combinação de biotita xisto, como fonte de K_2O , e de fosfato natural, bem como a combinação entre fontes minerais (biotita xisto + fosfato natural + gesso) e destas com fontes orgânicas (composto orgânico) proporcionam aumento dos teores de P, K, Ca e Mg no solo.

Houve efeito imediato positivo da dose de biotita xisto sobre a produção de massa seca de mucuna e efeito residual negativo sobre a produtividade de grãos de feijão cupi variedade Corujinha.

Para experimentos com estes tipos de fontes de nutrientes, há a necessidade de continuidade do experimento com cultivos sucessivos a fim de avaliar adequadamente o efeito residual sobre a produtividade das culturas, bem como sobre os atributos de solo.

REFERÊNCIAS

- CAMPE, J. O'BRIEN, T.A. BARKER, A.V. Soil remineralization for sustainable agriculture. *Remineralise the Earth*, Spring, p. 141-164.1996.
- GILLMAN, G.P. 1980. The effect of crushed basalt scoria on the cation exchange properties of highly weathered soil. **Soil Science Society of American Journal**, 44: 465-468.
- HANISCH, A, L.; FONSECA, J. A. da; BALBINOT JUNIOR, A. A.; SPAGNOLO, E. Efeito de pó de basalto no solo e em culturas anuais durante quatro safras, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável** (RBAS), v.3, n.2., p.100-107, 2013.
- HARLEY, A. D.; GILKES, R. J. Factors influencing the release of plant nutrient elements from silicate rock powders: a geochemical overview. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.56, p.11-36, 2000.
- LEONARDOS, O. H.; FYFE, W. S.; KROMBERG, B. I. (1987). The use of ground rocks in laterite systems: an improvement to the use of conventional soluble fertilizers? **Chemical Geology**, v.60, p.361-370.
- LEONARDOS, O.H.; THEODORO, S.H.; ASSAD, M.L. (2000). Remineralization for sustainable agriculture: A tropical perspective from a Brazilian viewpoint. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 56:3-9.
- MEIRA, A.S.; LEÃO, J.L.; SANTOS, J.M. O uso e a ocupação do solo e a formação de voçorocas no município de Caetitê – BA. Universidade Estadual da Bahia, BA, 2004.
- PADOVAN, M.P.; OLIVEIRA, F.L.; CESAR, M.N.Z. O papel estratégico da adubação verde no manejo agroecológico do solo. In: PADOVAN, M. P. (Ed.). **Conversão de sistemas de produção convencionais para agroecológicos: novos rumos à agricultura familiar**. Dourados, 2006. p. 69-82.
- ROSCHNIK, R.K.; GRANT, P.M.; NDUKU, W.K. 1967. The effect of incorporating crushed basalt rock into an infertile acid sand. **Rhodesia Zambia and Malawi Journal of Agricultural Research**, 5:33-138
- SILVA, A.; ALMEIDA, J. A.; SCHMITT, C.; AMARANTE, C. V. T. Fertilidade do solo e desenvolvimento de feijão comum em resposta adubação com pó de basalto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, n.4, p.548-554, 2012
- SOUZA, F.N.S. **O potencial de agrominerais silicáticos como fonte de nutrientes na agricultura tropical**. 2014. 94 p. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

USO DE REMINERALIZADORES DE SOLO PARA PRODUÇÃO DA PALMA FORRAGEIRA NO SEMIÁRIDO BAIANO

Fernanda de Paula Medeiros¹; Suzi Huff Theodoro²

¹Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural – PPG-MADER - Universidade de Brasília- UnB;

²Professora Pesquisadora Sênior do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural – PPG-MADER - Universidade de Brasília- UnB

Resumo: O presente trabalho apresenta os resultados preliminares da pesquisa realizada em uma unidade experimental de policultivo de duas espécies de palma forrageira - *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill e *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dick - na comunidade quilombola Lajedão dos Mateus, localizada na região do semiárido do estado da Bahia. Tem como principal objetivo suprir a carência de estudos sobre o uso de remineralizadores na produção dessas espécies e, também, testar o remineralizador derivado do Complexo de Ipirá, afim de observar seu desempenho como insumo agrícola na produtividade da palma forrageira. Os ensaios a campo contaram com quatro tipos de tratamentos (remineralizador, remineralizador + composto orgânico, composto orgânico e controle) com quatro repetições que resultaram em 32 parcelas de 4x4m. Na análise da produtividade, foi considerado o número de cladódios por indivíduo por tratamento, após um ano. Para o tratamento dos dados foi utilizado o software R, versão 3.3.2. Os resultados mostraram a potencialidade do remineralizador como insumo agrícola, em especial quando associado ao composto orgânico, quando produz as maiores médias para os parâmetros de produtividade da palma forrageira.

Palavras-chave: palma forrageira; rochagem; semiárido

INTRODUÇÃO

A difusão e replicação de uma tecnologia de baixo impacto, como a Rochagem, parte do entendimento de que a fertilidade dos solos é a base para o avanço de indicadores sociais, econômicos e de produção agrícola. Além disto, a produção de alimentos livres de agrotóxicos possibilita o alcance de maiores índices de segurança alimentar. A Rochagem pode ser entendida como um mecanismo de rejuvenescimento dos solos pela adição de multinutrientes que são comuns em determinados tipos de rochas (LEONARDOS et al., 1976; THEODORO et al., 2006). Nos últimos 20 anos, pesquisas apontam essa tecnologia como a principal alternativa para remineralização dos solos pobres em nutrientes, porque ela possibilita a elevação da oferta de fertilizantes, diminui os impactos ambientais e assegura a produtividade agrícola com baixos custos (THEODORO, 2000). O desafio da tecnologia da rochagem é aliar os nutrientes mais adequados às demandas das culturas que se deseja produzir.

A palma forrageira (*Opuntias sp.*) é uma espécie produzida em várias partes do mundo e, em especial, nas regiões semiáridas. No semiárido brasileiro, especialmente na Bahia, não é diferente. Essa planta é utilizada para diversos fins (consumo humano, para os animais, para

comercialização) e tem um papel fundamental tanto na produção de subsistência, como na economia da região. Dotada de mecanismos fisiológicos que a torna uma das plantas mais adaptadas às condições ecológicas das zonas áridas e semiáridas do mundo, a palma forrageira se adaptou com relativa facilidade ao semiárido do Nordeste Brasileiro. Esse sucesso deve-se principalmente à facilidade de cultivo dessa espécie e a enorme variedade de gêneros botânicos utilizados, não apenas como fonte de alimento para os animais, mas, também, na culinária, onde é consumido o cladódio e o fruto.

Considerando o grande número de agricultores familiares presentes na região Nordeste, o uso de adubação é uma importante estratégia de manejo para aumentar a eficiência de produção de forragem (DUBEUX JR et al., 2010). Porém, pelas condições de baixa fertilidade do solo, em muitos locais o alcance de produtividades mais significativas é difícil e ocorre de forma lenta. Muito já foi estudado sobre o uso de outros insumos para a produção de palma. Entre estes é possível citar: NPK, farinha de osso, esterco bovino e cama de aviário (SOUZA, 1966; ALBUQUERQUE, 2000; DUBEUX JR, 2006; VIANA, 2008). Contudo, ainda não há estudos que relacionem a produtividade da palma forrageira com a utilização de tecnologia da rochagem.

Diante do exposto, o presente trabalho tem o objetivo de apresentar os resultados preliminares de uma pesquisa que visa avaliar o desempenho dos remineralizadores de solo como fonte de nutrientes na produção da palma forrageira, a qual foi consorciada lateralmente com um sistema de policultivos (culturas agrícolas e frutíferas). Foram utilizadas duas espécies de palma. Os resultados estão sendo avaliados por meio da produtividade das palmas (contagem do número de cladódios por indivíduo e por tratamento).

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo: O experimento a campo está sendo conduzido na Comunidade Quilombola de Lajedão dos Mateus, situada no município de América Dourada/BA. O delineamento experimental foi instalado em Junho de 2015 nessa região, que possui forte escassez hídrica (Figura 1), mas que tem um perfil agrícola produtivo já consolidado.

Figura 1 – Mapa de localização da comunidade Lajedão dos Mateus, América Dourada, Bahia.

O solo apresenta as seguintes características: pH (água) = 7,6; pH (CaCl) = 7,1; M.O (g dm^{-3}) = 21,0; P (mg dm^{-3}) = 8,2; S (ppm) = 4,3; K (ppm) = 191; Ca^{2+} (cmol/dm^{-3}) = 18,6; Mg^{2+} (cmol/dm^{-3}) = 4,4; Al^{3+} (cmol/dm^{-3}) = 0,0; H+Al = 0,0 cmol/dm^{-3} ; CTC_t = 23,0 cmol/dm^{-3} ; V (%) = 100; m (%) = 0; B (mg dm^{-3}) = 1,1; Zn (ppm) = 3,1; Fe (ppm) = 12; Mn (ppm) = 167,8; Cu (ppm) = 0,9.

O remineralizador: O remineralizador utilizado é derivado do Complexo Ipirá, que é representado por um grupamento de rochas supracrustais (gnaisse aluminosos, rochas calcissilicáticas, metacarbonatos, quartzitos, gnaisse bandados, formações ferríferas e xistos grafitosos) com metabasitos e metaultrabasitos associados (Melo et al., 1991). Os jazimentos de apatita e vermiculita estão associados às rochas calcissilicáticas, metassomatizadas por pegmatitos sieníticos, relacionados aos granitóides tardi a pós-transcorrentes e ao Complexo Araras. A composição química média da rocha utilizada por fluorescência de Raios-X foi a seguinte: SiO_2 (%) = 61,8; Al_2O_3 (%) = 13,2; Fe_2O_3 (%) = 4,8; MgO (%) = 3,7; CaO (%) = 6,2; K_2O (%) = 4,5; P_2O_5 (%) = 0,98; Co (ppm) = 17; V (ppm) = 61; Zn (ppm) = 66 (Theodoro et al., 2009).

O remineralizador utilizado no experimento encontra-se de acordo com as normas prescritas na Instrução Normativa 05/2016, de Classe B (produto que utiliza, em sua produção, matéria-prima oriunda de processamento da atividade industrial ou da agroindústria isentos de despejos sanitários, onde metais pesados tóxicos, elementos ou compostos potencialmente tóxicos não são utilizados no processo, resultando em produto de utilização segura na agricultura).

O delineamento experimental: A área experimental possui 638,75 m^2 e foi dividida em 32 parcelas de 4 x 4 m e 0,5 entre parcelas e bordas. Foi feita aração do solo e sulcos com 40 cm de largura e 30 cm de profundidade onde foram plantadas as duas espécies de palma: palma gigante (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) e palma doce (*Nopalea cochenillifera*). Antes da adubação, foi realizada uma coleta composta de solo (0-20 cm de profundidade) para análise de fertilidade. Como as espécies de palma utilizadas no experimento apresentam fitofisionomias distintas, o experimento foi implantado em faixas, onde numa faixa com 16 parcelas foram destinadas

para o plantio da palma gigante (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) e outra faixa, também com 16 parcelas para a palma doce (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dick).

O delineamento foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Cada parcela configurou uma área de 4x4m (16m²). Como as espécies de palma utilizadas no experimento apresentam fitofisionomias distintas, cada espécie foi analisada como um experimento distinto. Os níveis do fator Tratamento de adubação foram os seguintes tratamentos: 1 - controle, 2 - Remineralizador (10 Mg ha⁻¹), 3 - Composto Orgânico (esterco bovino compostado) (20 Mg ha⁻¹) e 4 - Remineralizador + Composto Orgânico (10 Mg ha⁻¹ + 20 Mg ha⁻¹). Foram dosados 16 kg do remineralizador e 32 kg de esterco animal (o que equivale a 10 ton/ha e 20ton/ha, respectivamente) por parcela.

Antes do plantio os cladódios ficaram expostos ao sol por 10 dias, para que pudessem perder um pouco da umidade. Os cladódios foram plantados de forma vertical dentro do sulco em profundidade suficiente para cobrir a sua terça parte inferior, com a parte cortada da articulação voltada para o solo, observando a posição da menor largura do cladódio, como realizada por Santos et al. (2002). Na sequência foi instalado o sistema de irrigação. Para a palma doce, foram plantadas quatro linhas, com espaçamento de 1m entre as duas linhas centrais de 0,5m e para a palma gigante foram plantadas duas linhas com 1m de espaçamento. Assim, para a palma doce foram plantadas 10 cladódios/m² e da palma gigante foram plantados 5 cladódios/m² (gerando 100.000 plantas/ha de palma doce e 50.000 plantas/ha de palma gigante).

A avaliação da produtividade das espécies de palma forrageira foi realizada após 12 meses do plantio, onde contabilizou-se o número de cladódios de quatro indivíduos de cada tratamento de cada espécie. Os dados coletados foram processados no software estatístico R 3.3.2, onde aplicou-se o teste de normalidade de Shapiro Wilks. Em seguida, foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis (para dados não paramétricos, que é o análogo ao teste de t utilizado na ANOVA), para avaliar se houve diferença significativa entre os tratamentos. Contudo, essa metodologia de análise não configura onde essa diferença está. Assim, para revelar a diferença entre os tratamentos, aplicou-se o teste de Mann Whitney (nível de significância $p \leq 0,05$). Ao contrário do teste t, que testa a igualdade das médias, o teste de Mann-Whitney (U) testa a igualdade das medianas. Os valores de U calculados pelo teste avaliam o grau de entrelaçamento dos dados dos dois grupos após a ordenação. A maior separação dos dados em conjunto indica que as amostras são distintas, rejeitando-se a hipótese de igualdade das medianas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando as duas espécies testadas e os quatro tipos de tratamento serão apresentados a seguir, os resultados estatísticos do tratamento dos dados do nº de cladódios por indivíduo por tratamento de cada genótipo. Os dados foram tratados separadamente para cada espécie. O teste de normalidade de Shapiro Wilks revelou que a distribuição não foi normal em nenhum dos tratamentos (para ambas as espécies), o que indica que eles não são dados paramétricos. Assim, aplicou-se o teste de Kruskal Wallis, que gerou para a palma doce: Qui-quadrado de 23,713 e valor de $p=2,867e^{-5}$, e para a palma gigante Qui-quadrado 10,967 e valor de $p=0,0119$, ambas com grau de liberdade 3 e considerando valores de $p \leq 0,05$. Assim, ambas apresentaram diferença significativa nos tratamentos (rejeitou a hipótese nula de indiferença),

e, para indicar onde está essa diferença, aplicou-se o teste e Mann Whitney que mostrou a diferença entre os tratamentos, possibilitando uma comparação entre eles (Tabela 1).

Tabela 1 – Resultado estatístico do teste de Mann Whitney, (valor de U e valor de p) da comparação entre tratamentos do número de cladódios/ indivíduo para as duas espécies de palma testadas.

Comparação entre tratamentos	Palma doce		Palma gigante	
	U	Valor de p	U	Valor de p
C – R	86,5	0,1208	122,0	0,8351
C – M. O.	126,0	0,9548	113,5	0,5951
C – R+C	21,5	6,31 e ^{-5*}	58,0	0,008569*
R – M.O.	154,5	0,3257	115,0	0,6356
R – R+C	31,5	0,0002859*	53,0	0,004857*
R+C – M.O.	228,5	0,0001606*	193,0	0,01468*

Legenda: C: controle, R: remineralizador, M.O.: matéria orgânica, R+C: junção do remineralizador com a matéria orgânica. *apresentou diferença significativa, com valores de $p \leq 0,05$, pelo teste de Mann Whitney.

Vale ressaltar, que, quanto menor o valor de U, maior será a evidência de que os tratamentos são diferentes. Assim, observou-se que o tratamento remineralizador + Composto Orgânico apresentou os menores valores de U e valores de p menores que 0,05, o que indica que houve diferença significativa na ação deste tratamento na produção das duas espécies de palma forrageira. Provavelmente, este resultado derivou na maior disponibilização dos nutrientes (organo-minerais) no solo, catalisado pela presença dos ácidos orgânicos presentes na matéria orgânica (esterco bovino). Considerando que os resultados representam a produtividade somente do primeiro ano, espera-se que eles sejam consideravelmente superiores na segunda colheita, onde será adequado fazer as comparações.

A título de comparação, a Tabela 2 mostra os valores das médias do número de cladódios produzidos por cada tratamento, para revelar a diferença entre as duas espécies e entre os tratamentos.

Tabela 2 – Médias da contagem de cladódios por indivíduo e por tratamento das duas cultivares de palma testadas.

Cultivares	Tratamentos	Cladódios por tratamento	
		Nº	% ^a
Doce	Controle	12,0	48,7
	Matéria Orgânica (M.O.)	12,4	50,3
	Remineralizador (R)	14,1	57,4
	R+M.O	24,6	100
Média		15,78	
Gigante	Controle	10,4	69,2
	Matéria Orgânica (M.O.)	10,0	66,7
	Remineralizador (R)	11,1	73,7
	R+M.O	15,0	100
Média		11,61	

%^a em relação ao tratamento de maior produção

Silva et al. (2014) encontrou uma média de 51,19 cladódios por indivíduo para a palma doce e 5,58 cladódios por indivíduo para a palma gigante, utilizando 50 kg de N ha⁻¹ de adubação. Comparando com o tratamento onde foi aplicado o remineralizador associado à matéria orgânica, nota-se que a palma gigante superou em quase duas vezes a número de cladódios por indivíduo, porém para a palma doce esse valor foi inferior, afirmando a diferença de produtividade entre as duas espécies de palma testadas (Tabela 2).

CONCLUSÕES

A utilização do remineralizador derivado das rochas calcossilicáticas hidrotermalizadas de Ipirá teve papel fundamental no aumento da produção das espécies de palma forrageira. Quando aliados ao composto orgânico (esterco bovino), essa produção aumentou significativamente, se comparados aos valores que vêm sendo obtidos na produção da região onde foi inserido o experimento. O uso de remineralizador se torna assim, uma ferramenta importante para o desenvolvimento da agricultura, especialmente voltada para a cultura da palma forrageira no semiárido.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, S.S.C. **Utilização de diferentes fontes de proteína e palma forrageira cv gigante na suplementação de vacas leiteiras mantidas em pasto diferido**. Recife: UFRPE. 76 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2000.
- DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; SANTOS, M.V.F. dos; LIRA, M. de A.; SANTOS, D.C. dos; FARIAS, I.; LIMA, L.E.; FERREIRA, R.L.C.; Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L) Miller under different N and P fertilization and plant population in north- east Brasil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, n. 3. p. 357-372, 2006.
- DUBEUX, JR. J.C.B.; ARAÚJO FILHO, J.T.; SANTOS, M.V. F. dos. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira clone IPA- 20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 129-135. 2010.
- LEONARDOS, O. H., FYFE, W.S.; KRONBERG, B.I. Rochagem: o método de aumento da fertilidade em solos lixiviados e arenosos. **Anais 29 Congresso Brasileiro de Geologia**, Belo Horizonte. p.137-145. 1976.
- MELO, R. C. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. Pintadas. Folha SC.24-Y-D-V. and Folha SD.24-V-A. Estado da Bahia. Org. por Roberto Campêlo de Melo. DNPM/CPRM. 1991.
- R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>. 2015.
- SANTOS, D. C. dos; FARIAS, I.; LIRA, M. de A.; SANTOS, M. V. F.; ARRUDA, G. P.; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; WARUMBY, J. F.; MELO, J. N. de. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Nopaleia*) em Pernambuco: cultivo e utilização. Recife: IPA, 2002. 45p. (IPA DOCUMENTOS).

SILVA, L.M.; FAGUNDES, J. L.; VIEGAS, P. A. A.; MUNIZ, E. N.; RANGEL, J. H. A.; MOREIRA, A. L.; BACKES, A. A. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, V.44, n.11.p. 2064-2071. 2014.

SOUZA, A. C. Revisão dos conhecimentos sobre as “Palmas forrageiras”. Recife. Instituição, 1966. 41 p (**Boletim técnico**, 05).

THEODORO, S.C.H. **A fertilização da terra pela terra: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural**. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília - UnB. Tese de Doutorado. 2000. 225p.

THEODORO, S.H.; LEONARDOS, O.; ROCHA, E.L.; REGO, K.G. Experiências de uso de rochas silicáticas como fonte de nutrientes. **Revista Espaço & Geografia**, V.9, n. 2, 2006. p. 263-292.

VIANA, B. L. et al. Influência da Adubação Organo-mineral no índice de área de cladódio em variedades de Palma Forrageira (*Opuntia ficus-indica* e *Nopalea cochenilifera*) no semiárido paraibano. **Associação Brasileira de Zootecnia** (ABZ/UFPB). João Pessoa, maio 2008.

SISTEMATIZAÇÃO DE EXPERIÊNCIAS DE AGRICULTORES FAMILIARES COM PÓ DE BASALTO

Pedro Henrique de Castro Borges¹; Fábio Júnior Pereira da Silva²;
André Mundstock Xavier de Carvalho¹

¹Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba - UFV/CRP - pedro.h.borges@ufv.br, andre.carvalho@ufv.br;

²ASPTA-PR – Palmeira – PR - fabio@aspta.org.br

Resumo: O objetivo deste trabalho foi sistematizar experiências e conhecimentos sobre o uso de pó de basalto nas atividades agropecuárias por agricultores familiares da região centro-sul do Paraná. O processo de sistematização envolveu produtores rurais com experiência igual ou superior a dois anos com pó de basalto. A estratégia metodológica buscou o maior número de informações entre os produtores, com ênfase nos pontos comuns relatados. Os resultados mostraram que a aplicação deste insumo favorece o manejo fitossanitário e aumenta a produtividade e vigor das plantas, além de reduzir o ataque de carrapatos e maus odores nas fezes dos bovinos.

Palavras-chave: conhecimento tradicional; rochagem; agroecologia

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por fertilizantes tem fomentado pesquisas voltadas para o desenvolvimento de tecnologias que possibilitem uma utilização mais responsável destes insumos na agricultura. O tema tem se tornado um desafio para o Brasil, não somente por questões tecnológicas, mas também, econômicas e ambientais.

O uso de pós de rochas silicatadas é uma alternativa às demandas agrícolas por fontes de nutrientes e condicionadores de solos. Entretanto é uma técnica que ainda demanda mais pesquisas para obter recomendações mais precisas.

Novas perspectivas e potencialidades da prática da rochagem podem ser adquiridas por meio da sistematização de experiências, numa concepção que rompe a ideia dominante de que apenas a ciência gera conhecimentos válidos para os agricultores. A sistematização consiste em um processo de levantamento e organização de conhecimentos adquiridos, que se desenvolve através da coleta de informações originadas de experiências dos agentes envolvidos, seguida de uma análise crítica e processo reflexivo das experiências. A sistematização almeja ainda reunir informações e percepções que, comumente, estão dispersas ou não chegam a ser registradas (CHAVEZ-TAFUR, 2007; DIEZ HURTADO, 2001).

No processo de sistematização, reúne-se o maior número de informações possíveis sobre um determinado tema, com base nas experiências vivenciadas pelos agentes envolvidos. Essas informações são processadas por meio de reflexões, buscando sempre pontos convergentes, para que estas possam gerar novos conhecimentos válidos (CHAVEZ-TAFUR, 2007). A frequência das constatações indica a confiabilidade das informações, e assim como a experimentação

clássica, a sistematização é uma ferramenta para gerar conhecimentos válidos, bem como para levantar demandas de pesquisa, pela diversidade de perspectivas agregadas ao processo.

Desta forma, o objetivo do trabalho foi sistematizar conhecimentos de agricultores sobre o uso de pó de basalto na região centro sul do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

A sistematização das experiências foi realizada com agricultores e pecuaristas na região centro sul do Paraná. O critério para seleção de agricultores e pecuaristas foi a disponibilidade dos mesmos em participar do processo de sistematização e o tempo de experiência do produtor com o uso do pó de basalto, sendo estipulado um período mínimo de utilização de dois anos. Além disso, o processo de triagem e seleção dos produtores foi feito em parceria com a Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa (AS-PTA).

A sistematização seguiu a metodologia proposta por Chavez-Tafur (2007) a qual é composta pelos seguintes passos: (i) definição do ponto de partida; (ii) delimitação; (iii) descrição da experiência; (iv) análise; e (v) apresentação dos resultados (Tabela 1).

Para coleta de dados foram realizadas pesquisas semi-estruturadas para obter informações específicas, bem como relatos pertinentes ao tema. Os apontamentos foram feitos por meio de notas, preenchimento de questionários e gravações de áudio. A análise das experiências foi realizada por meio de reflexões, buscando a interação dos agentes envolvidos no projeto.

Tabela 1 – Descrição das etapas do processo de sistematização

Etapa	Descrição	Agentes envolvidos
Definição do ponto de partida	Designar pessoas e suas funções a serem desenvolvidas no processo; estabelecer os prazos; discriminar informações conhecidas e a serem buscadas; definir os objetivos e resultados esperados.	Pesquisadores e técnicos da AS-PTA
Delimitação	Selecionar pontos específicos (linhas de ação) que serão importantes e pertinentes ao objetivo lançado.	Pesquisadores
Descrição da experiência	Obter os relatos de experiências; descrever tudo o que foi feito no processo de sistematização, tanto resultados esperados quanto os não esperados, bem como se as metas foram ou não alcançadas.	Pesquisadores, produtores e técnicos da AS-PTA
Análise	Síntese e avaliação crítica das experiências, práticas realizadas e objetivos alcançados. Serão expostas opiniões e perspectivas dos envolvidos de modo reflexivo sobre todo o processo, para gerar novos conhecimentos.	Pesquisadores, técnicos da AS-PTA e produtores rurais
Apresentação dos resultados	Redação ou edição das informações e análises efetuadas visando o registro e a disseminação dos conhecimentos gerados.	Pesquisadores

Fonte: Adaptado de Chavez-Tafur (2007)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pó de basalto utilizado pelos produtores é fornecido pela empresa Ekosolos, localizada no município de Paula Freitas – PR, e apresenta uma composição química diversificada (Tabela 2). A granulometria deste produto é toda menor que 1 mm, sendo 80% menor que 0,7 mm.

Os resultados obtidos no processo de sistematização apontaram um claro potencial de uso do pó de basalto, não somente na agricultura, mas também, na pecuária. Além das experiências relatadas relacionadas ao aumento da produtividade e ao vigor das plantas, resultados como redução da incidência de parasitas animais, como carrapatos, e amenização do odor de fezes bovinas foram constatações comuns entre os agricultores participantes (Tabela 3).

Quando a aplicação do pó de basalto é via solo, os produtores utilizam em média uma dose de 2 t ha⁻¹ por ano. Além da aplicação via solo, os produtores relataram a prática de adicionar o insumo no preparo de fertilizantes foliares e junto à suplementação de sais minerais aos bovinos, sendo neste último caso, utilizando uma formulação equivalente a 30 kg de pó de basalto, 1 kg de enxofre, 30 kg de fosfato bicálcico e 20 kg de sal branco.

As principais culturas agrícolas cultivadas pelos produtores, em que se faz a aplicação do pó de basalto no manejo são: soja, feijão, milho, erva-mate, hortaliças e fruteiras em geral, além de algumas plantas ornamentais.

Tabela 2 – Composição química do basalto utilizado pelos produtores da região centro sul do Paraná

Elementos principais	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	MnO
	dag kg ⁻¹								
Basalto ¹	51,13	13,99	13,48	10,79	6,70	0,51	2,10	0,12	0,19

¹Pedreira Luzia, Paula Freitas - PR. Fonte: Ekosolos.

Tabela 3 – Resultados obtidos no processo de sistematização

Resultados esperados	Resultados não esperados
-Redução do ataque de pragas em plantas	-Redução do parasitismo de carrapatos em bovinos
-Redução na incidência e severidade de doenças em plantas	-Redução do mau cheiro de fezes bovinas
-Aumento na produtividade e vigor de plantas (cereais, frutas, hortaliças e plantas ornamentais)	

O incremento de silício (Si) na nutrição das plantas tem sido a principal relação sobre redução do ataque de pragas, incidência e severidade de doenças em vegetais. Esse elemento, ainda que não seja essencial, apresenta funções diversas no metabolismo da planta, relacionadas à indução de resistência, por meio da ativação de genes responsáveis pelos mecanismos de defesa da planta. Além disso, a deposição de Si nas folhas confere uma resistência mecânica à planta, reduzindo injúrias causadas por artrópodes herbívoros (SANTOS et al., 2014; ANJOS et al., 2014; REYNOLDS et al., 2009).

Vários trabalhos têm demonstrado o potencial de liberação de nutrientes do pó de basalto, como P, K, Ca, Mg e outros micronutrientes no solo, os quais são essenciais no metabolismo das plantas. Em consequência dessa liberação, a aplicação do pó de basalto tem sido significa-

tiva no aumento de produtividade e vigor de plantas (SHAMSHUDDIN & ANDA, 2012; MELO et al., 2012; SILVA et al., 2008).

O principal composto responsável pelo mau cheiro das fezes bovinas é a amônia. Uma hipótese explicativa para a redução desse odor pode ser a formação de argilominerais a partir dos minerais primários do basalto ao longo do processo digestivo dos animais alimentados com sal mineral enriquecido com pó de rocha. Esses minerais apresentam alta densidade de cargas e estruturas que podem interagir com o amônio, impedindo que este se converta em amônia e volatilize. Campana et al. (2015) demonstrou que o uso de zeólitas junto a uréia, por exemplo, reduz perdas de nitrogênio por volatilização de amônia.

CONCLUSÕES

A aplicação do pó de basalto aumenta a produtividade de plantas e favorece o manejo fitossanitário. Também reduz o ataque de carrapatos e maus odores nas fezes dos bovinos.

AGRADECIMENTOS

Aos agricultores participantes da pesquisa, à ASPTA-PR, à CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro através do Edital MCTI/CT-AGRONEGÓCIO/CNPq N° 38/2013.

REFERÊNCIAS

ANJOS, T.V.; TEBALDI, N.D.; MOTA, L.C.B.M.; COELHO, L. Fontes de silício no controle da mancha bacteriana (*Xanthomonas* spp.) do tomateiro. **Summa Phytopathologica**, v.40, p.365-367, 2014.

CAMPANA, M.; ALVES, A. C.; ANCHÃO DE OLIVEIRA, P. P.; DE CAMPOS BERNARDI, A. C.; SANTOS, E. A.; HERLING, V. R.; MORAIS, J. P. G.; BARIONI, W. Ammonia Volatilization from Exposed Soil and Tanzania Grass Pasture Fertilized with Urea and Zeolite Mixture. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 46, n. 8, p. 1024-1033, 2015.

CHAVEZ-TAFUR, J. Aprender com a prática: uma metodologia para sistematização de experiências. Brasil: AS-PTA, 2007.

DIEZ HURTADO, A. **Guía Metodológico para la Sistematizacion de Experiencias del Secretariado Rural**. Secretariado Rural do Peru, Lima, 2001.

MELO, V. F.; UCHÔA, S. C. P.; DIAS, F. O.; BARBOSA, G. F. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **Acta Amazonica**, v. 42, p. 471-476, 2012.

REYNOLDS, O.L.; KEEPING, M.G.; MEYER, J.H. Silicon-augmented resistance of plants to herbivorous insects: a review. **Annals of Applied Biology**, v.155, p. 171-186, 2009.

SANTOS, G.R.; RODRIGUES, A.C.; BONIFACIO, A.; JUNIOR, A.F.C.; TSCHOEKE, P.H. Severidade de antracnose em folhas de sorgo submetido a doses crescentes de silício. **Revista Ciência Agromômica**, v. 45, p.403-408, 2014.

SHAMSHUDDI, N. J.; ANDA, M. Enhancing the productivity of Ultisols and Oxisols in Malaysia using basalt and/or compost. **Pedologist**, v. 55, n. 3, p. 382-391, 2012.

SILVA, E. D.; CASSIOLATO, A. M. R.; MALTONI, K. L.; SCABORA, M. H. Efeitos da rochagem e de resíduos orgânicos sobre aspectos químicos e microbiológicos de um subsolo exposto e sobre o crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott. **Revista Árvore**, v. 32, n. 02, p. 323-333, 2008.

USO DE REMINERALIZADOR DE SOLOS POR AGRICULTORES FAMILIARES EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE ABACAXI

Fred Newton da Silva Souza¹; Juliana Mariano Alves².

¹Universidade do Tocantins, Núcleo de Desenvolvimento e Avaliação de Desempenho Ambiental - UNITINS/NUDAM - fred.ns@unitins.br;

²UNITINS/NUDAM - juliana.ma@unitins.br

Resumo: O presente estudo avalia os efeitos potenciais de uso de um remineralizador de solos sobre na produção de abacaxi entre diferentes agricultores familiares do Estado do Tocantins. O remineralizador é obtido pela moagem dos rejeitos de mineração do Garimpo de Esmeraldas de Monte Santo-TO, cujas características químicas, mineralógicas e granulométricas preenchem os requisitos para enquadramento, registro e comercialização previstos nas normas do Ministério da Agricultura. A avaliação leva em conta duas estratégias de uso do remineralizador, em substituição e em complementação as fontes convencionais de nutrientes, e seus efeitos sobre aspectos nutricionais, fisiológicos, produtivos e técnico-econômicos. De maneira geral, os resultados mostram que ambas as estratégias apresentaram efeitos sobre o crescimento e nutrição das plantas, com reflexos sobre o peso médio dos frutos, compatíveis aos obtidos com os fertilizantes convencionais. O uso do remineralizador resultou na economia de até 27% nos custos com fertilizantes na produção de abacaxi.

Palavras-chave: remineralizador; viabilidade técnica; agricultura familiar;

INTRODUÇÃO

A agricultura familiar no Estado do Tocantins é caracterizada por grande número de comunidades tradicionais e assentamentos rurais, e seus sistemas de produção são bastante diversificados. Dentre as culturas exploradas, o abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) apresenta grande potencial, pois além das condições climáticas favoráveis, cerca de 60% dos 34 milhões de frutos colhidos (CONAB, 2014) são proveniente da agricultura familiar. Para 2016 a Secretaria Estadual de Agricultura e Pecuária (SEAGRO/TO) estima uma produção de 75 milhões de frutos da cultivar Pérola, quase a totalidade proveniente de sistemas de cultivo de sequeiro, com plantio entre setembro e dezembro, quando as chuvas tornam-se favoráveis ao desenvolvimento inicial das plantas.

O abacaxizeiro é uma planta que apresenta baixa taxa de transpiração e alta eficiência no uso da água (GIACOMELLI, 1982), mas o déficit hídrico em fases de intenso crescimento vegetativo e floração afeta a produção, o peso dos frutos, e também sua qualidade (CARVALHO, 2005). Igualmente importante, o equilíbrio dos teores de NPK na nutrição do abacaxizeiro tem efeito direto no aumento do peso dos frutos (PY et al., 1957), enquanto o suprimento de K exerce efeito específico no grau brix, na acidez, na coloração e na firmeza da casca e da polpa (PAULA et al., 1998; SOUZA, 1999). Portanto, como o preço do produto é definido

pelo tamanho dos frutos (FAGUNDES et al., 2000), a disponibilidade de água e o suprimento nutricional são fatores determinantes da produção de abacaxi.

Assim, dada a elevada exigência nutricional da cultura e a baixa fertilidade natural dos solos tropicais em geral, mais de 32% do custo total por unidade de área produzida de abacaxi esta associado à utilização de fertilizantes (RIT-PRONAF, 2013/2014). Não obstante, as doses dos fertilizantes utilizados pelos agricultores quase sempre se dá de maneira parcial e em desacordo às recomendações técnicas, resultando com efeitos pouco significativos sobre o rendimento dos cultivos.

Neste contexto, o Núcleo de Desenvolvimento e Avaliação de Desempenho Ambiental – NUDAM/UNITINS, através do Projeto Agricultores-Experimentadores, mobiliza esforços ao desenvolvimento de processos de inovação tecnológica apropriadas e orientadas à sustentabilidade da agricultura familiar. No presente trabalho é avaliado o potencial de uso de um remineralizador de solos na produção de abacaxi entre diferentes agricultores familiares.

MATERIAL E MÉTODOS

Características do Remineralizador

O remineralizador utilizado é proveniente do Garimpo de Esmeraldas de Monte Santo, região central do Estado do Tocantins. A zona mineralizada do garimpo é composta por rochas vulcânicas máfico-ultramáficas da Sequência Metavulcano-Sedimentar Rio do Coco (FRASCA & ARAÚJO, 2001), interpretada como remanescentes do Greenstone Belt Arqueano (BARREIRA & DARDENNE, 1981). A partir da análise geoquímica realizada no Acme Analytical Laboratories Ltd. determinou-se a composição química do remineralizador (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição do remineralizador – elementos maiores (% em massa).

Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	PF ¹	Soma ²
RT-REM	50,94	13,00	8,58	9,79	7,96	3,05	2,21	0,51	0,14	0,16	3,2	99,57

¹ PF – perda ao fogo, relativo ao teor total de voláteis (CO₂ + SO₃ + H₂O);

² Soma relativa aos óxidos e à PF.

O remineralizador moído em uma indústria de calcário da região resulta em um material cuja granulometria apresenta 99,8% de partículas < 0,8 mm e 85,6% < 0,3 mm. Com essas características o remineralizador preenche todas as especificações estabelecidas na Instrução Normativa MAPA Nº 05/2016.

Implantação e Condução dos Experimentos

Os experimentos foram realizados com a participação de quatro agricultores, de três municípios da região central do Tocantins. Apesar das semelhanças socioeconômicas dos sistemas de produção avaliados, as particularidades agroecológicas decorrentes dos usos e manejos adotados historicamente determinam as características do meio biofísico evidenciadas no laudo analítico dos solos (Tabela 2).

Tabela 2 – Laudo analítico das características físico-químicas dos solos.

Agricultor	pH CaCl ₂	P mg/dm ³	K	Al	Ca+Mgm.e./100cc.....	Ca ⁺⁺	H+Al	MO %
(1)	4,9	13	32	-	2,0	1,6	2,2	2,8
(2)	4,1	3,0	50	-	1,8	1,2	2,0	3,5
(3)	4,9	21,7	120	-	6,8	4,8	3,3	8,4
(4)	4,6	2,7	55	-	2,2	1,2	3,4	1,9

Os tratamentos são comuns para todos os quatro agricultores, e envolveram duas estratégias de uso do remineralizador, em complementação e em substituição às fontes convencionais de nutrientes. Com delineamento de blocos em faixas, o experimento contém cinco tratamentos definidos em função da fonte e da dose de potássio (Tabela 3): (1) Test-controle com adubação convencional na dose de 300 Kg ha⁻¹ K₂O; (2) adubação convencional associado com o remineralizador na dose total de 150 kg ha⁻¹ K₂O; (3, 4, 5) adubação com remineralizador em doses crescentes variando de 150 a 300 kg ha⁻¹ K₂O.

Tabela 3 – Descrição dos tratamentos que compõem as unidades experimentais.

Tratamento	Fonte de K	Dose (kg ha ⁻¹ K ₂ O)	Outros
1. Test-controle	KCl	300	+
2. REM I + KCl	KCl e Remineralizador	75+75	+
3. REM I	Remineralizador	150	+
4. REM II	Remineralizador	200	+
5. REM III	Remineralizador	300	+

O tratamento (1) recebeu três aplicações de adubação em cobertura somando 60 g cova⁻¹ do adubo formulado NPK 20-0-20. No tratamento (2) foi aplicado 15 g cova⁻¹ de cloreto de potássio mais 135 g cova⁻¹ do remineralizador. Nos demais tratamentos (3,4,5) foi aplicado remineralizador em doses crescentes equivalentes a 270, 365 e 540 g cova⁻¹. A fim de garantir que todos os tratamentos recebessem doses iguais de nitrogênio, nos tratamentos (2,3,4,5) foi aplicado 60 g cova⁻¹ de sulfato de amônio parcelado em três adubações de cobertura. Cada bloco/tratamento foi composto de duas linhas duplas de 20 metros de comprimento, com espaçamento de 1,0 m entre linhas duplas, 0,5 m entre linhas, e três plantas por metro, totalizando 25 mil plantas ha⁻¹.

Parâmetros Avaliados

A avaliação dos aspectos fisiológico e nutricional envolvem parâmetros relativos ao desenvolvimento e à absorção de nutrientes pelas plantas. Para avaliação fisiológica cada tratamento foi dividido em três repetições, e nessas amostradas sete plantas, totalizando 21 plantas avaliadas em cada tratamento. As avaliações foram realizadas aos 06, 08 e 10 meses após o plantio, considerando-se os parâmetros altura de planta (H), número de folhas (NF) e diâmetro da roseta (DR). A avaliação nutricional foi realizada a partir da folha “D” (FREITAS, 2003), com a amostragem de três folhas em cada repetição/tratamento, entre 05 e 10 dias após a indução floral, as quais foram pesadas, medidas e submetidas às análises laboratoriais para determinação da composição química.

A avaliação dos aspectos produtivo e qualidade dos frutos, realizada por ocasião da colheita, envolveram determinação do Peso do Fruto (PF), Comprimento do Fruto (CF), Diâmetro do Fruto (DF) e Comprimento da Coroa (CC) de todos os frutos de cada repetição/tratamento, eliminadas as bordaduras de um metro nas extremidades e as linhas externas de cada linha dupla. Depois foram amostrados aleatoriamente 04 frutos/repetição, e levados ao laboratório para avaliação do Peso da Polpa (PP) e Brix (°).

O aspecto técnico-econômico foi avaliado levando-se em conta os resultados produtivos, em especial o peso dos frutos, os custos de produção (RIT-PRONAF/Plano Agrícola 2013-2014) e o valor do produto no mercado regional.

Os resultados relativos ao aspecto produtivo foram analisados estatisticamente com a utilização do software SISVAR, aplicando-se análise de variância conjunta e testes de médias (Scott-Knott).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aspectos fisiológico e nutricional

De forma geral, ou seja, considerando-se a média dos experimentos (propriedades/tratamentos), os resultados de desenvolvimento fisiológico das plantas revelam elevada correlação entre os parâmetros e diferentes períodos de avaliação. As maiores taxas de crescimento (TC) foram registradas durante o primeiro período de avaliação (180 dias), com crescimento médio de até 0,6 cm dia⁻¹ para diâmetro da roseta (DR) e 0,5 cm dia⁻¹ para a altura da planta (H). O tratamento (2), que envolve o uso do remineralizador em complementação aos fertilizantes convencionais, apresentou as menores variações para os aspectos avaliados (DR = 5,4%; H = 13,5%; NF = 5,0%).

Os resultados da análise de tecido vegetal mostram que dentre todos os elementos de nutrição o elemento potássio é o de maior concentração na planta (2,6%), seguido do nitrogênio-N (2,2%). Os resultados do tratamento (2) permite afirmar que o remineralizador tem efeito como fonte de K, pois sua aplicação em associação com cloreto de potássio resultou sempre em maiores teores do elemento na planta. O mesmo ocorre com Ca e Mg, pois os teores na planta foram semelhantes entre tratamentos que receberam calcário ou o remineralizador.

Em relação aos micronutrientes, os resultados não permitem afirmar que o remineralizador constitui uma fonte de micronutrientes para a cultura do abacaxi, apesar de em outras culturas ter se observado efeitos no suprimento de Fe e Cu.

Aspecto produtivo

A análise de variância dos resultados obtidos (Tabela 4) mostra que entre os Agricultores (A) todos os parâmetros avaliados apresentaram diferenças estatísticas significativas para os tratamentos avaliados. Entre os Tratamentos (T), apenas os resultados de comprimento do fruto (CF) e da coroa (CC) não foram significativamente diferentes. Ainda com base nos dados da Tabela-5, os valores de coeficiente de variação (%) revelam elevada coerência entre parâmetros avaliados, tratamentos e agricultores.

Tabela 4 – Resumo das análises de variância conjunta para Peso do Fruto-PF (g), Comprimento do Fruto-CF (cm), Diâmetro do Fruto-DF (cm), Comprimento da Coroa-CC (cm), Peso da Polpa-PP (g) e Brix (°), para quatro Agricultores (A) e os cinco Tratamentos (T) na região central do Tocantins.

Fontes Variação	Quadrados Médio						
	GL	PF	CF	DF	CC	PP	Brix
Agricultores (A)	3	201382,94*	32,31*	50,49*	101,03**	146938,73*	34,77*
Tratamentos (T)	4	32756,03*	10,77	30,22*	3,22	10547,22*	2,40*
Interação (AxT)	12	38814,49*	28,74*	10,07*	2,27	19498,39*	2,95*
Bloco	2	34768,41	17,90	20,72	1,40	15594,98	0,27
Resíduo	38	11650,83	8,48	1,06	3,22	7037,30	0,62
CV (%)		8,30	5,82	2,94	10,07	11,18	6,22
Média		1301,19	50,02	35,15	17,82	750,02	12,72

*= significativos a 5% de probabilidade pelo Teste-F (Scott-Knott).

A partir dos desdobramentos das análises de variância das interações agricultores-tratamentos (AxT), realizados pelos testes de médias, torna-se possível diferenciar os efeitos potenciais das estratégias de uso do remineralizador. Os resultados referentes ao parâmetro peso dos frutos (PF) são resumidos na Tabela 4, e mostram que os efeitos dos tratamentos se manifestaram nas condições dos agricultores (3) e (4). No caso do agricultor (3), a maior média de peso dos frutos foi obtida com a estratégia de uso do remineralizador em substituição aos fertilizantes convencionais (REM I), enquanto que para o agricultor (4), o melhor resultado foi registrado com a estratégia de uso do remineralizador em complementação às fontes convencionais (REM+KCl).

Os resultados da Tabela 5 mostram ainda que não houve incremento no peso dos frutos em função do aumento da dose do remineralizador, o que traduz um importante significado para ensaios futuros. De modo geral, pela média das médias nota-se que os melhores desempenhos produtivos foram obtidos pelos agricultores (2) e (3), e com as estratégias de complementação (REM+KCl) e em substituição (REM I) às fontes convencionais de fertilizantes.

Tabela 5 – Média para Peso do Fruto PF (g) para tratamentos e agricultores.

Tratamentos	Peso do Fruto PF (g)				Média
	Agricultor 1	Agricultor 2	Agricultor 3	Agricultor 4	
SP	1210,60Ba	1435,68Aa	1352,75Ab	1201,89Bb	1300,23b
REM+KCl	1239,45Aa	1387,27Aa	1284,16Ab	1418,05Aa	1332,23a
REM I	1254,02Ba	1421,63Aa	1558,77Aa	1247,44Bb	1370,46a
REM II	1231,57Aa	1339,53Aa	1398,08Ab	994,90Bc	1241,02b
REM III	1280,30Ba	1483,11Aa	1310,90Bb	973,74Cc	1262,01b
Média	1242,19B	1413,44A	1380,93A	1167,20B	1301,19

Médias entre os agricultores que segue a mesma letra maiúscula na linha e as médias entre os tratamentos que segue com a mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott & Knott (1974), a 5% de probabilidade.

Aspecto técnico-econômico

Do ponto de vista técnico-econômico o parâmetro mais importante é a classificação dos frutos de acordo com o peso, uma vez que este define o valor de mercado do produto (Fagundes et al., 2000). No Estado do Tocantins o fruto do abacaxi é negociado entre produtores e compradores de acordo com os tipos: 1 ($> 1,5$ kg); 2 (1,2 a 1,5 kg); e 3 ($< 1,2$ kg). Pelos resultados que expressam a média geral dos tratamentos, ou seja, quando considerados todos os frutos avaliados a campo por ocasião da colheita (Tabela 5), os frutos são classificados no tipo 2. Sendo assim, com base no preço médio pago aos agricultores (R\$ 0,85/fruto), mesmo com uma perda de 20% decorrente da indução natural ou de danos físicos, os agricultores obtiveram uma receita bruta de R\$ 17 mil reais por hectare. Como o custo de produção é de R\$ 9.124,00 (RIT-PRONAF/Plano Agrícola 2013-2014), a produção de abacaxi pelos agricultores experimentadores resultou em uma receita líquida de R\$ 7,8 mil por unidade de área.

De acordo com Souza et al. (2013), a valoração do remineralizador como produto comercial, levando em conta os custos do beneficiamento, os teores de nutrientes presentes no remineralizador em unidades de óxidos totais (K_2O , CaO e MgO) e o preço do cloreto de potássio e do calcário agrícola no mercado regional, foi calculado em R\$ 46,00 a tonelada na usina de moagem. Portanto, somando o custo do frete por tonelada transportada ($R\$ 0,20\ t^{-1}\ km^{-1}$) e a dose aplicada do remineralizador ($13,6\ t\ ha^{-1}$) para obter o equivalente de nutrientes contidos em $1,5\ t\ ha^{-1}$ do adubo NPK (20-0-20), o custo total do remineralizador para um agricultor situado distante 300 km da usina foi de R\$ 1.441,60, podendo ser reduzido a R\$ 360,40 com a menor dose ($3,4\ t\ ha^{-1}$).

Assim, como o custo dos fertilizantes convencionais é de R\$ 3.135,00 por hectare (RIT-PRONAF, 2013-2014), sendo 50% deste com cloreto de potássio (KCl), a aplicação do remineralizador resultou em economia que varia de R\$ 847,50 no tratamento PRI ($6,8\ t\ ha^{-1}$) a R\$ 602,90 no tratamento PRII ($9,1\ t\ ha^{-1}$). Essa redução foi insignificante no tratamento PRIII ($13,6\ t\ ha^{-1}$). Em termos percentuais, o uso do remineralizador representa uma economia de 19 a 27% nos custos com fertilizantes para o cultivo do abacaxi.

A estratégia de uso do remineralizador em complementação à fonte convencional de nutrientes (KCl) resultou em uma economia de R\$ 423,35 por hectare, e redução de 13,5% nos custos com fertilizantes.

CONCLUSÕES

O remineralizador constitui uma fonte alternativa de nutriente para a produção de abacaxi, pois além de proporcionar índices de produtividade compatíveis com as fontes convencionais, também possibilita a redução nos custos com fertilizantes. Tais efeitos foram positivos tanto na estratégia de substituição, quanto de complementação aos fertilizantes convencionais.

Na avaliação dos agricultores o aspecto mais enfatizado, o peso dos frutos, corrobora para os resultados positivos do experimento. Mas, além da produção, outros aspectos foram apontados como interessantes: praticidade na aplicação; estocagem simples; potencial da cultura na região; e proximidade com o Garimpo.

As experiências possibilitaram aos agricultores conhecerem melhor a técnica da rochagem e os efeitos práticos do uso do remineralizador de solos.

REFERÊNCIAS

- BARREIRA, C.F. & DARDENNE, M.A. (1981). A Seqüência Vulcano-Sedimentar Rio do Coco. In: IMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 1. Goiânia.1991, Soc. Bras. Geol. p.241-264.
- CARVALHO, S.L.C. de; NEVES, C.S.V.J.; BÜRKLE, R.; MARUR, C.J. Épocas de indução floral e soma térmica do período do florescimento à colheita de abacaxi 'Smooth Cayenne'. Revista Brasileira de Fruticultura, v.27, p.430-433, 2005.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: abacaxi (1º levantamento, abril/2013) - Brasília: Conab, 2014.
- FAGUNDES, G.R.; YAMANISHI, O.K.; MANICA, I.; LACERDA, C.S. Sazonalidade do abacaxi Pérola nas CEASAs do Distrito Federal, Belo Horizonte e Rio de Janeiro, a partir do Plano Real. Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal, v.22, n.2, p.253-256, 2000.
- FRASCA, A.A. & ARAÚJO, V.A. (2001). Projeto Hidrogeologia no Tocantins – Folha Palmas (TO) – SD.22-Z-B. Goiânia: CPRM, 52p.
- FREITAS, N.C. Crescimento e produção do abacaxizeiro Pérola, commudas tipo filhote, em DomAqui-no-MT. UFMT/PPGAT, 2003. 73p. (Dissertação de Mestrado)
- GIACOMELLI, E.J. Expansão da abacaxicultura no Brasil. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 79p.
- LIMA, V.P. de; REINHARDT, D.H; COSTA, J.A. Desbaste de mudas tipo filhote do abacaxi cv. Pérola-1. Produção e qualidade do Fruto. Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal-SP, v.23, p.634-638, 2001.
- PAULA, M.B. de; MESQUITA, H.A. de; NOGUEIRA, E.D. Nutrição e adubação do abacaxizeiro. Informe Agropecuário. Belo Horizonte, v.19, n.195, p.33-39, 1998.
- Plano Safra 2013-2014. Relatório de Informações Técnicas (RIT-PRONAF). Banco da Amazônia.
- PY, C.; CLAUDE, M.A.; OURY, B.; AHMADA, F. La culture de l'ananasem Guinée. Paris: Institut Français de Recherches Fruitieres d'Outre Mer, 1957. 331p.
- SANTANA, F.F; MEDINA, V.M. Alterações bioquímicas durante o desenvolvimento do fruto do abacaxizeiro "Pérola". Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal, v.22, n. Especial, p.53-56, 2000.
- SOUZA, F.N.S.; ALVES, J.M.; NASCENTE, L.M.; MARTINS, M. Viabilidade do uso de pó de rocha como fonte alternativa de nutrientes no Estado do Tocantins. II Congresso Brasileiro de Rochagem. Poços de Caldas-MG, 2013.
- SOUZA, L. F. da S. Exigências edáficas e nutricionais. In: Cunha, G. A. P. da; Cabral, J. R. S.; Souza, L. F. da S. (Org.). O abacaxizeiro. Cultivo, agroindústria e economia. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p. 67-82.

EFEITO RESIDUAL DO PÓ DE ROCHA NEFELINA SIENITO NO CULTIVO DE TREMOÇO (*Lupinus albus*)

Julio Cesar Raposo de Almeida¹, Omar Vieira Vilella², João Luis Gadioli¹, Ana Aparecida da Silva Almeida¹, Hélio Minoru Takada², Carlos Moure Cícero¹, Vanilda Luciene de Faria Santos¹, Luiz Valério de Castro Carvalho¹, Carlos Moure Cícero¹, Aluisio Ramos Ferreira³.

¹Universidade de Taubaté - UNITAU, jcraposo@uol.com.br; ²Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA; ³Mineração Rio do Braço

Resumo: Avaliou-se o efeito residual do pó de rocha (nefelina sienito) no cultivo do tremoço (*Lupinus albus*) em área cultivada com arroz irrigado. Os tratamentos foram definidos considerando o modo de aplicação do pó de rocha com incorporação e disposto no sulco de plantio, definidos seis tratamentos a saber: **C** (Controle: sem K), **KCl** (120 kg ha⁻¹ de KCl), **R1 e R2** (1,0 e 2,0 Mg ha⁻¹ de pó de rocha incorporado ao solo), **S1 e S2** (1,0 e 2,0 Mg ha⁻¹ de pó de rocha aplicado na sulco de plantio). A semeadura do tremoço ocorreu sete meses após a aplicação do pó de rocha para o primeiro cultivo do arroz. Estimativa da produção de biomassa da parte aérea, bem como análise química do material foram realizadas 97 dias após a emergência e, após 120 dias, determinou-se a produção de grãos e amostrou-se o solo na profundidade de 0 a 10 cm. O experimento foi arranjado em blocos ao acaso com 4 repetições. A produção de biomassa da parte aérea e de grãos foi influenciada positivamente pela dose de 1 Mg/ha de pó de rocha nefelina sienito situando-se entre os tratamentos controle e KCl e negativamente pela dose de 2Mg/ha, sendo inferior ao controle. O efeito residual do pó rocha nefelina sienito reduziu a quantidade de potássio absorvido comparativamente aos tratamentos controle e KCl.

Palavras-chave: agrominerais, potássio; remineralizador

INTRODUÇÃO

A baixa fertilidade natural maioria dos solos tropicais brasileiros requer o uso de fertilizantes para se conseguir aumentar a produtividade das culturas, todavia o custo de produção aumenta expressivamente, principalmente quando se trata de fertilizantes importados, como é o caso do K (LACERDA, 2009).

O potássio é um nutriente que pode ser encontrado em um grande número de rochas, contudo fontes econômicas desse nutriente estão associadas a depósitos evaporíticos sedimentares, principalmente sob a forma de minerais primários como silvita e carnalita (CURI et al., 2005). No Brasil, existem ainda reservas sob a forma de silicatos que apresentam teores relativamente altos de K, porém em formas insolúveis ou pouco solúveis em água, o que dificulta o aproveitamento deste elemento pelas plantas (NASCIMENTO et al., 2005; MARTINS et al., 2008).

O uso de pós de rochas na agricultura recentemente ganhou novo impulso e, um grande esforço tem sido feito para se encontrar AGROMINERAIS “produtos da indústria extrativa

mineral que fornecem elementos químicos para a indústria de fertilizantes ou para utilização direta na agricultura mineral” (FERNANDES et al., 2010).

A Lei 12.890 de 10 de dezembro de 2013 que altera a Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, e incluiu os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura. No texto, *remineralizador é tido como «o material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo»*.

Considerando a grande dependência da agricultura brasileira de fertilizantes potássicos importados, a substituição de parte das fontes convencionais de K pela utilização de rochas brasileiras pode ser uma alternativa. Diante desta perspectiva, Martins et al., (2008) salientou a necessidade de se determinar o potencial de liberação de K das rochas para o solo e o seu efeito residual, bem como determinar, regionalmente, a eficiência agrônômica da aplicação direta das rochas moídas como fonte de K para culturas anuais e perenes, em solos com diferentes características químicas e físicas, e em sistemas convencionais e orgânicos, fornecendo recomendações de doses e formas de utilização aos agricultores.

A nefelina é um mineral $(\text{Na,K})(\text{AlSiO}_4)$ aluminossilicato, pertencente ao grupo dos feldspatoides (SAMPAIO & FRANÇA, 2005), que ocorre em rochas ígneas, tanto plutônicas quanto vulcânicas (LUZ & COELHO, 2005).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito residual do pó de rocha de nefelina sienito no cultivo de tremoço.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento para avaliar o efeito residual do pó de rocha (nefelina sienito) no cultivo do tremoço (*Lupinus albus*) foi instalado no Polo Regional do Vale do Paraíba (APTA), em Pindamonhangaba (SP), numa área cultivada anteriormente com arroz irrigado. O clima caracteriza-se predominantemente segundo como mesotérmico, com o verão quente e chuvoso, possuindo inverno seco ameno, com geadas esporádicas. A pluviosidade anual média se situa entre 1.205 e 2.223 mm. A topografia da área se caracteriza por terras planas de baixadas. O solo do tipo Gleissolo Háptico (EMBRAPA, 2006) é de textura franco-argilosa (argila 32 g/kg, silte 29 g/kg e areia 39 g/kg) e, que está sendo lavrado a um longo tempo e cujos atributos químicos determinados após o cultivo do tremoço são apresentados na Tabela 1.

Análise do nefelina sienito proveniente da Serra da Mantiqueira, revelou teores totais de SiO_2 57,84%, Al_2O_3 19,89%, Fe_2O_3 3,30%, K_2O 7,30%, Na_2O 6,91%, CaO 1,42%, MgO 0,67%, P_2O_5 0,12%, MnO 0,23%, TiO_2 0,84%. O material utilizado neste estudo apresentou na análise de granulometria 9,8, 16,9, 14,5 e 38,6 % retido nas peneiras de malha 0,500, 0,250, 0,150 e 0,090 mm, respectivamente.

Os tratamentos foram definidos para a cultura do arroz irrigado considerando-se a recomendação 70 kg de K_2O (RAIJ et al., 1996) de acordo com análise de solo realizada previamente e, considerando o teor de K_2O de 7,3 dg/kg de pó de rocha. Além disso, considerou-se também o modo de aplicação do pó de rocha em área total com incorporação e disposto em filete contínuo no fundo do sulco de plantio. Desse modo foram definidos seis tratamentos a saber:

C - Controle: sem adubação potássica

KCl - 120 kg ha⁻¹ de KCl

R1 - 1,0 Mg ha⁻¹ de pó de rocha incorporado ao solo

R2 - 2,0 Mg ha⁻¹ de pó de rocha incorporado ao solo

S1 - 1,0 Mg ha⁻¹ de pó de rocha aplicado na sulco de plantio

S2 - 2,0 Mg ha⁻¹ de pó de rocha aplicado na sulco de plantio

A semeadura do tremoço branco se deu no dia 29 de maio de 2014, sete meses após a aplicação do pó de rocha o solo para o cultivo da primeira lavoura de arroz (29 de outubro de 2013). As sementes foram distribuídas no solo drenado em espaçamento de 60 cm entre linhas e densidade de 5 sementes viáveis por metro linear. Previamente as foram sementes inoculadas com a estirpe BR9076 SEMIA 928 *Bradyrhizobium* sp. disponibilizada pelo Laboratório de Microbiologia Agrícola da FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA do Rio Grande do Sul (FEPAGRO), conforme INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 13 (MAPA, 2011).

As parcelas foram constituídas por 6 linhas de 6 metros, porém a unidade amostral correspondeu às 4 linhas centrais desprezando-se 0,5m no início e final de cada linha. A emergência se deu 15 dias após a semeadura (12/06/2014), o florescimento teve início 41 dias após a emergência (22/07/2014), tendo a colheita sido realizada 134 dias após a emergência (23/10/2014). Duas capinas manuais foram feitas para o controle da vegetação espontânea.

A estimativa da produção de biomassa da parte aérea foi realizada 97 dias após a emergência (16/09/2014) colhendo-se duas linhas (7,2 m²) da unidade amostral. O material colhido foi separado em ramos+folhas e vagens, sendo cada um destes componentes pesados e uma amostra foi retirada para a determinação da umidade e a análises químicas.

As plantas que permaneceram nas outras duas linhas da na unidade amostral (7,2 m²) ao completarem o ciclo e após secagem natural foram colhidas (4 de setembro) para se determinar o rendimento de grãos cuja a umidade foi ajustada para 13%.

Ao final do ciclo da cultura fez-se a amostragem do solo de cada unidade experimental na profundidade de 0 a 10 cm, para tanto, utilizou-se um trado sonda e retirou-se solo de 9 pontos localizados na linha de plantio. Posteriormente, o solo foi enviado para o Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté (UNICAMP) para as determinações de pH em CaCl₂ (0,1mol/L 1:2,5) e os teores de P, K, Ca e Mg trocáveis no solo extraídos por Resina trocadora de íons e determinados foram colorimetria do metavanadato, espectrofotometria de chama e espectrofotometria de absorção atômica conforme descrito por Raij et al. (2000).

O experimento contendo 6 tratamentos foi arranjado em blocos ao acaso com 4 repetições e os resultados foram submetidos à análise de variância e em caso de F significativo ($P < 0,10$) comparou-se as médias pelo teste de Tukey (10%). As análises estatísticas foram desenvolvidas com o software SAS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não se verificou efeito dos tratamentos sobre os componentes da produção de ramos e folhas ($P > 0,14$) e de vagens ($P > 0,14$). A produtividade média de ramos e folhas foi de 1901 kg ha⁻¹, a de vagens foi de 1644 kg/ha totalizando 3558 kg/ha de biomassa seca da parte aérea.

Quanto a biomassa da parte aérea constatou-se efeito significativo ($P<0,10$), tendo o KCl possibilitado maior produção de biomassa do que S2 (Tabela 1). Observando-se as tendências, o KCl proporcionou biomassa 19% maior que Controle, que por sua vez foi equivalente aos tratamentos R1 e S1. O aumento da dose do pó de rocha reduziu em 25% e 35% a biomassa, respectivamente em R2 e S2.

Embora o efeito dos tratamentos não tenha sido significativo ($P>0,19$) na produtividade de grãos observou-se, em termos percentuais, que os tratamentos KCl, S1 e R1 proporcionaram incrementos de 63%, 30% e 20%, respectivamente em relação ao Controle. Por outro lado, verificou-se que o aumento da dose do pó de rocha implicou em produtividade de grãos 15 e 24% menores em R2 e S2, respectivamente, que o Controle (Tabela 1).

Tabela 1 – Produção de biomassa da parte aérea (ramos+folha e vagens) e de grãos, teores e acúmulo de potássio em tremoço branco (*Lupinus albus*) em função do efeito residual da adubação potássica sob a forma de KCl e pó de rocha (Nefelina sienito) incorporada ao solo (R1 e R2) ou aplicada no sulco de plantio (S1 e S2) após sete meses da aplicação no primeiro cultivo de arroz.

Tratamentos	Massa			Teor de K			Kmassa
	Ramos	Vagens	Parte	Grãos	Ramos e	Vagens	
	Folhas		Aérea		Folhas		
	Mg ha ⁻¹			Kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹		kg ha ⁻¹
Controle	2,03	1,84	3,87 ab	185,5	11,9	11,1	68
KCl	2,35	2,26	4,61 a	301,9	11,8	11,1	83
R1	1,80	1,61	3,41 ab	241,2	9,7	10,7	50
R2	1,60	1,32	2,92 ab	158,1	9,7	10,7	42
S1	2,33	1,61	3,94 ab	222,4	11,6	11,6	65
S2	1,31	1,22	2,53 b	141,6	9,9	10,5	38
Média	1,90	1,64	3,55	208,5	10,8	11,0	58
Teste F	>0,14	>0,14	<0,10	>0,19	>0,17	>0,72	>0,10
CV (%)	31	32	28	43	15	9,4	39

Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença pelo teste Tukey (10%).

Não foram observados efeitos significativos dos tratamentos nos teores de potássio das ramos+folhas ($P>0,17$), das vagens ($P>0,72$) ou no acúmulo de potássio na parte aérea do tremoço ($P>0,10$). No entanto, observa-se a tendência de acúmulo de K, no tratamento KCl, 22% maior que no controle, enquanto que a aplicação de pó de rocha permitiu acúmulo equivalente a 74%, 62%, 96% e 56% do obtido pelo controle, respectivamente R1, R2, S1 e S2 (Tabela 1).

A análise de solos posterior à aplicação do pó de rocha e aos cultivos de Arroz e Tremoço não revelou alterações significativas devido aos tratamentos para todas as variáveis consideradas (Tabela 2), exceto a saturação por bases em que o tratamento KCl apresentou 2% mais elevado do que o Controle.

Tabela 2 – Análise química do solo após dois cultivos sucessivos (arroz irrigado e tremoço branco) submetido à aplicação de pó de rocha (Nefelina sienito) incorporada ao solo (R1 e R2) ou distribuída no sulco de plantio (S1 e S2).

Tratamentos	pH	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
		g/dm ³	mg/dm ³				mmol _c /dm ³			%
Controle	4,5	14,0	8,0	2,3	18,0	8,3	46,0	28,6	74,5	38,3 b
KCl	4,5	14,5	7,5	2,4	20,5	10,0	44,0	32,9	76,9	42,7 a
R1	4,6	14,5	7,8	2,3	20,5	9,8	43,5	32,5	76,0	42,7 a
R2	4,5	14,5	6,8	2,3	18,5	8,3	46,0	29,1	75,0	38,7 b
S1	4,6	13,8	8,3	2,5	18,5	8,8	44,8	29,8	74,5	40,0 ab
S2	4,5	14,0	7,3	2,0	19,5	9,3	44,3	30,8	75,0	41,0 ab
Média	4,5	14,2	7,6	2,3	19,3	9,0	44,8	30,6	75,3	40,6
Teste F (Prob.)	0,45	0,77	0,53	0,43	0,06	0,06	0,30	0,06	0,83	0,01
CV (%)	1,2	6,6	19	14	6,9	9,7	4,0	7,0	3,9	4,7

Médias seguidas por letras diferentes indicam diferença pelo teste Tukey (10%)

CONCLUSÃO

A produção de biomassa da parte aérea e de grãos foi influenciada positivamente pela dose de 1 Mg/ha de pó de rocha nefelina sienito situando-se entre os tratamentos controle e KCl e negativamente pela dose de 2Mg/ha, sendo inferior ao controle.

O efeito residual do pó rocha nefelina sienito reduziu a quantidade de potássio absorvido comparativamente aos tratamentos controle e KCl.

AGRADECIMENTOS

Mineração Rio do Braço e a Fundação de Apoio à Pesquisa, Tecnologia e Inovação - FAPETI

REFERÊNCIAS

CURI, N.; KÄMPF, N. MARQUES, J. J. (2005). Mineralogia e formas de potássio em solos brasileiros. In: YAMADA, T. e ROBERTS, T. L. (Eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, p. 71-86.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) **Sistema Brasileiro de Classificação do Solo**. Rio de Janeiro. 2006.

FERNANDES, F. R. C.; LUZ, A. B.; CASTILHOS, Z. C. **Agrominerais para o Brasil**. Rio de Janeiro, RJ: CETEM, 2010.

LACERDA, M.P. Por que os fertilizantes subiram tanto? **Hortifruti Brasil**, v. 7, n. 77, p. 8-15, mar. 2009.

LUZ, A. B. de; COELHO, J. M. Feldspatos. In: **Rochas e Minerais Industriais** – CETEM, 2005. p.413-558.

MARTINS, É. S.; OLIVEIRA, C. G.; RESENDE, Á. V.; MATOS, M. S. F. **Agrominerais: Rochas Silicáticas como Fontes Minerais Alternativas de Potássio para a Agricultura**. In: Rochas e Minerais Industriais – CETEM. 2008, 2a Edição p.205-223.

NASCIMENTO, M.; MONTE, M. B. DE M.; LOUREIRO. F. E. L. **Potássio** In: Rocha e Minerais Industriais Editores: LUZ, A. B. DA; LINS, F. A. F. Rio de janeiro, RJ: CETEM. 2005. p.173-200.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. 1996. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, 2.ed. Campinas, Instituto Agronômico & Fundação IAC, 285p. (**Boletim técnico**, 100).

MIGRAÇÃO DE Ca^{2+} TROCÁVEL NO PERFIL DO SOLO APÓS APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO AGRÍCOLA EM PLANTIO DE EUCALIPTO

Yesid Alejandro Mariño Macana¹; Fábio Henrique Silva Floriano de Toledo¹;
Alexandre de Vicente Ferraz²; Eric Víctor de Oliveira Ferreira³; José Renato
Drago⁴; Gabriela Moreira⁵; José Leonardo de Moraes Gonçalves⁶

¹Doutorando (bolsistas CAPES) em Recursos Florestais; Depto. de Ciências Florestais; ESALQ/USP; yesidmarino@usp.br, fhtoledo@usp.br.

³Professor Substituto do Departamento de Ciências Agrárias; UFSJ-Campus Sete Lagoas-MG; ericsoles@yahoo.com.br. ²Coordenador Executivo do Programa Cooperativo sobre Silvicultura e Manejo; Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (PTSM/IPEF); alexandre@ipef.br. ⁴Graduando em Engenharia Florestal da FAEF; jrdrago74@gmail.com. ⁵Pesquisa e Desenvolvimento; International Paper; gabriela.moreira@paper.com. ⁶Professor do Departamento de Ciências Florestais; ESALQ/USP; jlmgonca@usp.br.

Resumo: As plantações de eucalipto no Cerrado geralmente ocupam áreas com solos ácidos e de baixa fertilidade química natural, associada, em grande parte, à pobreza de bases trocáveis (Ca^{2+} e Mg^{2+}). Dessa maneira, a aplicação da calcário como fonte de cálcio e magnésio e a gessagem para promover a movimentação de Ca^{2+} e S na subsuperfície são imprescindíveis para propiciar um ambiente químico mais adequado ao crescimento radicular. O objetivo deste trabalho foi avaliar a migração de Ca^{2+} ao longo do perfil do solo pela calagem e gessagem em plantio de eucalipto em um Neossolo Quartzarênico, na região de Santa Rosa de Viterbo - SP. O experimento foi realizado em blocos ao acaso, com 4 repetições e três tratamentos: 1) testemunha absoluta (sem aplicação de calcário), 2) Aplicação de 2 t ha^{-1} de calcário dolomítico e 3) Aplicação de 2 t ha^{-1} de calcário dolomítico mais 2,4 t ha^{-1} de gesso agrícola. Aos 6 meses após o plantio, foi coletado o solo (0-100 cm de profundidade) para o análise dos teores de Ca^{2+} e simultaneamente foi mensurado a altura das árvores e a circunferência do tronco á altura do peito (CAP). Na superfície do solo, observou-se que os tratamentos calcário dolomítico e calcário dolomítico mais gesso apresentaram um teor considerado médio e alto de Ca^{2+} , respectivamente. Na subsuperfície, especificamente em profundidades maiores que 70 cm, o tratamento com gesso obteve maiores teores deste nutriente. Concluiu-se que as aplicações de calcário e gesso promovem incremento no teor de Ca^{2+} ao longo do perfil, assim como um incremento no CAP de 18 a 20 % respectivamente.

Palavras-chave: Calagem; Gessagem; Lixiviação; Solo Arenoso.

INTRODUÇÃO

Os agrominerais são produtos da indústria extrativa mineral que fornecem elementos químicos para a indústria de fertilizantes ou para a utilização nos setores florestal e agrícolas (KULAIF & FERNANDEZ, 2010). No caso do Brasil, a produção de ácido fosfórico representa mais de 77 % da produção da América Latina com 1,2 milhões de toneladas de P_2O_5 (SILVA & GIULIETTI, 2010).

O fosfogesso ou gesso agrícola é um subproduto da reação do ácido sulfúrico em meio aquoso com a apatita, que está presente em rochas fosfatadas com o objetivo da produção de **ácido fosfórico**. Desta forma, além da liberação de fósforo na forma iônica para solução, também se libera cálcio, o qual se associa ao sulfato livre gerando sulfato de cálcio di-hidratado (RAIJ, 2008; VITTI et al., 2008; SILVA & GIULIETTI, 2010). Este produto é bastante utilizado como condicionador químico, visando melhorar o ambiente da subsuperfície do solo, devido à sua rápida mobilidade, favorecendo o aprofundamento de raízes e permitindo às plantas superar veranicos e usar com maior eficiência a água e os nutrientes aplicados ao solo (SOUZA et al., 2005). Efeitos positivos do gesso observados em culturas agrícolas em variadas condições de solo e clima são indicativos de que seu emprego pode propiciar um ambiente químico mais adequado ao crescimento radicular pela movimentação de Ca^{2+} e S-SO_4^{2-} no perfil do solo (NAVA et al., 2012). No entanto, estudos sobre a aplicação de gesso no setor florestal, especificamente nos plantios de eucalipto, são ainda escassos. Por outro lado, a calagem é amplamente difundida em plantações de eucalipto, tendo como objetivo principal o fornecimento de Ca^{2+} e Mg^{2+} (VITTI et al., 2008). Contudo, em geral, seu efeito fica restrito à camada superficial, devido à baixa solubilidade dos constituintes neutralizantes.

Reflorestamentos com eucalipto na região do Cerrado são caracterizados pela baixa fertilidade química natural do solo associada, em grande parte, à pobreza de bases trocáveis (Ca^{2+} e Mg^{2+}), e muitas vezes com distribuição irregular de chuvas (GONÇALVES et al., 2013). Dentre os fatores químicos do solo limitantes ao crescimento radicular ressalta-se a toxidez de Al^{3+} (KOCHIAN et al., 2005) e a deficiência de Ca^{2+} (MERIÑO-GERGICHEVICH et al., 2010). Portanto, em ambientes com deficiência hídrica, é desejável que as árvores tenham um sistema radicular bem desenvolvido para explorar maior volume de solo e, conseqüentemente, elevar sua capacidade de adquirir água e nutrientes.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a migração de Ca^{2+} trocável ao longo do perfil de solo após a aplicação de calcário e gesso em plantio de eucalipto sob um Neossolo Quartzarênico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em outubro de 2013, utilizando o clone I 144 de *Eucalyptus urophylla* no município de Santa Rosa de Viterbo - SP. O solo é caracterizado como Neossolo Quartzarênico com baixos teores de Ca^{2+} na camada superficial e subsuperficial ($<3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso, com 3 tratamentos e quatro repetições, perfazendo 12 parcelas experimentais. Cada parcela foi composta por nove linhas com nove plantas cada e bordadura dupla, em um espaçamento de $3 \times 3 \text{ m}$, com 25 plantas na área útil da parcela.

Os tratamentos foram: T1 - Testemunha absoluta, com 10 kg ha^{-1} de N via sulfato de amônio, 10 kg ha^{-1} de P_2O_5 via superfosfato triplo e 10 kg ha^{-1} de K_2O via KCl, apenas para garantir a sobrevivência das mudas; T2 - Calcário dolomítico, com aplicação de 10 kg ha^{-1} de N, 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 10 kg ha^{-1} de K_2O , 20 kg ha^{-1} de *frited traced elements* via FTE BR 12 e 2 t ha^{-1} de calcário dolomítico, aplicado em faixa e T3 - Com fertilização igual ao do tratamento 2 + $2,4 \text{ t ha}^{-1}$ de gesso agrícola aplicado em faixa. As garantias dos fertilizantes calcinados são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Teores de CaO, MgO, S e PRNT do calcário dolomítico e gesso.

Produto	CaO	MgO	S	PRNT
Calcário Dolomítico	30	12	-	70
Gesso	24	-	14	-

A fertilização de cobertura somente foi realizada nos tratamentos T2 e T3 aos 120 dias após o plantio, com a aplicação de 50 kg ha^{-1} de N, 50 kg ha^{-1} de K_2O (KCl), 60 kg ha^{-1} de S (sulfato de amônio) e $1,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de B (Agramix).

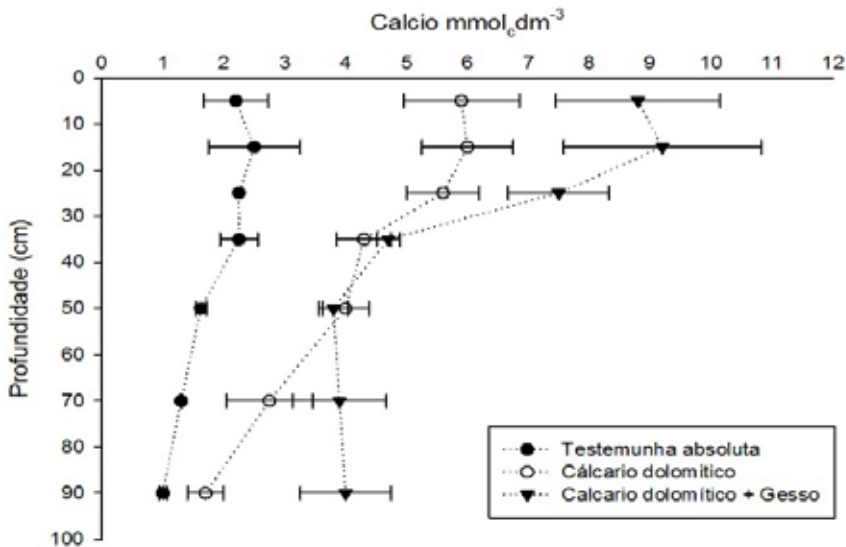
A fertilidade do solo foi avaliada aos 6 meses, nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. Foram coletadas 4 amostras por parcela, para gerar uma composta com trado holandês na linha de plantio. No laboratório o solo foi seco em estufa (45°C) e peneirado (malha 2 mm). Posteriormente, foi analisado o teor de Ca^{2+} trocável (RAIJ et al., 2001).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F, $\alpha=0,05$). A comparação de médias foi realizada por meio do teste LSD ($\alpha=0,05$). As análises foram realizadas com o software estatístico SAS (9.3).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos seis meses após o plantio, o teor de Ca^{2+} trocável na testemunha permaneceu baixo ($1 - 2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) por todo o perfil amostrado. Com a aplicação de 620 kg ha^{-1} de CaO, valor contido em 2 t ha^{-1} de calcário dolomítico, o teor de Ca^{2+} aumentou em torno de $5 - 6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ até os 30 cm, havendo diminuição de seu teor em subsuperfície (Figura 1). O calcário tem efeito mais pronunciado na camada em que é aplicado por se tratar de muito baixa solubilidade em água, possuindo assim mobilidade baixa no solo. Quando dissolvido, o calcário libera o Ca^{2+} e Mg^{2+} que é fracamente retido adsorvido à fase sólida do solo, com pequena movimentação para camadas mais profundas (PAVAN et al., 1984; RAIJ 2008).

Figura 1 – Migração de Ca^{2+} em Neossolo Quartzarênico aos 6 meses após o plantio de eucalipto fertilizado com calcário dolomítico e calcário dolomítico mais gesso. Barras na horizontal junto aos pontos representam o erro padrão da média.



No entanto, a aplicação de 1.165 kg ha⁻¹ de CaO (calcário dolomítico e gesso), aumentou o teor de Ca²⁺ em torno de 7 – 9 mmol_c dm⁻³ até os 30 cm, teor considerado alto para este nutriente.

Houve migração do gesso, observando o aumento do teor de Ca²⁺ em subsuperfície (> 70 cm), evidenciando a percolação do Ca²⁺ devido à presença do íon SO₄²⁻ (VITTI *et al.*, 2008).

De forma semelhante ao presente estudo, diversos trabalhos demonstram que a gessagem em culturas como café, trigo, entre outros, promove a movimentação de Ca²⁺ no perfil do solo propiciando um ambiente químico mais adequado ao crescimento radicular (SOUSA *et al.*, 2005; RAMOS *et al.*, 2013), aumentando a produtividade das culturas.

Em relação a produtividade do eucalipto (dados não apresentados), ainda não se encontra diferenças na circunferência à altura do peito (CAP) entre os tratamentos, porém em altura os tratamentos T2 e T3 apresentam incremento em 18 e 20 %, respectivamente, em relação à testemunha. Todavia, o plantio de eucalipto **é muito jovem para concluir sobre** a produtividade dos tratamentos, sendo necessárias mais avaliações ao longo do tempo.

CONCLUSÕES

O calcário dolomítico com ou sem gesso aumentou o teor de cálcio na camada superficial do solo. O calcário dolomítico por ser pouco solúvel, percola pouco em profundidade no perfil do solo; no entanto, a sua aplicação conjunta com o gesso agrícola pode elevar o teor de cálcio na superfície, favorecendo o crescimento em altura do eucalipto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelas bolsas de estudos concedidas aos autores; à International Paper do Brasil pela disponibilização do local, logística e insumos; e ao IPEF pelo apoio financeiro e técnico-operacional.

REFERÊNCIAS

- GONÇALVES, J. L. M.; ALVARES, C.; HIGA, A.; SILVA, L.; ALFENAS, A.; STAHL, J.; FERRAZ, S.; LIMA, W.; BRANCALION, P.; HUBNER, A.; BOUILLET, J. P.; LACLAU, J. P.; NOUVELLON, Y.; EPRON, D. et al. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**. 301: 6 – 27, 2013.
- KOCHIAN, L.V.; PIÑEROS, M.A.; HOEKENGA, O.A. The physiology, genetics and molecular biology of plant aluminum resistance and toxicity. **Plant Soil**. 274: 175-195. 2005.
- KULAIF, Y.; FERNANDEZ F. Panorama dos Agrominerais no Brasil: Atualidade e Perspectivas. Em: OLIVEIRA, J.; FERNANDEZ, F.; CASTILHOS, S. (eds). **Agrominerais para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM; MCT, 2010. p 1 - 22.
- MERINÑO-GERGICHEVICH, C.; ALBERDI, M.; IVANOV, A.G.; REYES-DÍAZ, M. Al³⁺ – Ca²⁺ interactions in plants growing in acid soils: Al-phytotoxicity response to calcareous amendments. **Journal Soil Science Plant Nutrition**. 10: 217–243. 2010.
- NAVA, G.; ERNANI, P. R.; SÁ, A. A.; PEREIRA, A. J. Soil composition and nutritional status of apple as affected by long-term application of gypsum. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 36: 215 – 222, 2012.
- PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T. & PRATT, P. F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminum following lime and gypsum applications to a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of American Journal**. 48:33-38, 1984.
- RAIJ, B.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas. Instituto Agronômico de Campinas, 2001 285 p.
- RAIJ, B. Gesso na agricultura. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 2008. 233 p.
- RAMOS, B. Z.; TOLEDO, J. P. V. F.; LIMA, J. M.; SERAFIM, M. E.; BASTOS, A. R. R.; GUIMARÃES, P. T. G.; COSCIONE, A. R. Dose de gesso em cafeeiro: influência nos teores de cálcio, magnésio, potássio e pH na solução de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 37: 1018-1026, 2013.
- SOUZA, D.; LOBATO, E., REIN, T. Uso de gesso agrícola nos solos do cerrado. **Circular técnica** 32. Planaltina, Embrapa. 2005. 19p.
- SILVA, R.; GIULIETTI M. Fosfogesso: Geração, Destino e Desafios. Em: OLIVEIRA, J.; FERNANDEZ, F.; CASTILHOS, S. (eds). **Agrominerais para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM; MCT, 2010. p 125 - 144.
- VITTI, G.; LUZ, P.; MALAVOLTA, E.; DIAS, A.; SERRANO, C. et al. **Uso do gesso em sistemas de produção agrícola**. Piracicaba, Gape, 2008. 104p.

TEMA 6 - DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS A BASE DE REMINERALIZADORES DE SOLO E PERSPECTIVAS FUTURAS

PALESTRAS



USO DE REMINERALIZADORES NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS

Celso Aita¹

Diego Antonio Giacomini²

¹Professor titular do Departamento de Solos-Universidade Federal de Santa Maria - celsoaita@gmail.com

²Aluno de doutorado no Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo-Universidade Federal de Santa Maria - agrogiacomini@gmail.com

INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma importante atividade econômica e social, principalmente para o setor agropecuário da região Sul do Brasil, onde está concentrado o maior plantel nacional de suínos (IBGE, 2010). Entretanto, o sistema de criação utilizado pela maioria dos produtores consiste no confinamento total dos animais, o que concentra grandes volumes de dejetos na forma líquida (DLS) em pequenas áreas. Tradicionalmente, os DLS são armazenados temporariamente em esterqueiras anaeróbicas, antes de serem aplicados em áreas agrícolas como fonte de nutrientes, especialmente de nitrogênio (N) às culturas. Essas aplicações sucessivas de DLS nas mesmas áreas geram, normalmente, problemas ambientais, com destaque para as emissões gasosas de amônia (NH_3) e óxido nitroso (N_2O) (Aita et al., 2014), além da possibilidade de contaminação do lençol freático por nitrato (NO_3^-), quando a disponibilidade deste ânion no solo superar a demanda de N das culturas (Zaman & Blennerhassett, 2010). Por isso, o manejo adequado destes dejetos é imprescindível para a expansão sustentável da suinocultura brasileira.

A compostagem vem sendo preconizada como uma alternativa para reduzir o potencial poluidor dos DLS. Nesse processo, os DLS são misturados a substratos com elevada relação C/N, como maravalha e serragem (Fukumoto et al., 2011). No Brasil foi introduzido o sistema de compostagem automatizada (Oliveira & Higarashi, 2006), que consiste de aplicações frequentes de DLS nas leiras de compostagem com o simultâneo revolvimento destas. Esse sistema possibilita a aplicação de um maior volume de dejetos ao substrato e proporciona menor dispêndio com mão de obra, relativamente à compostagem tradicional, já que o processo é realizado mecanicamente, através de equipamento que foi desenvolvido para este fim.

Apesar de modificar as características químicas e físicas dos dejetos, dando origem a um produto final com alto valor agrônomo, a compostagem também pode resultar em emissões de N via volatilização de amônia e óxido nitroso (N_2O) para a atmosfera, o que reduz o potencial fertilizante do composto final, além de poluir o ambiente, já que o N_2O é um potente gás de efeito estufa, com poder de aquecimento global (PAG) cerca de 300 vezes maior que o CO_2 (Fukumoto et al., 2011; Angnes et al., 2013; Tsutsui et al., 2013).

Entre os fatores responsáveis pelas perdas elevadas de NH_3 durante a compostagem pode-se destacar a alta concentração de N amoniacal nos DLS (Jiang et al., 2013), a aeração das

pillas de compostagem durante os revolvimentos (Szanto et al., 2007) e a elevação do pH e da temperatura durante o processo (Jiang et al., 2013). Já o N_2O pode ser produzido tanto durante a nitrificação quanto a desnitrificação, em locais com reduzida disponibilidade de O_2 (Angnes et al., 2013). Encontrar alternativas para reduzir tais perdas de N na compostagem é um aspecto ainda pouco pesquisado, tanto no Brasil quanto em outros países.

As zeólitas são aluminossilicatos cristalinos hidratados, os quais são estruturados em redes cristalinas tridimensionais rígidas e são encontrados em rochas sedimentares, formadas por tetraedros de AlO_4 e SiO_4 , cujos anéis, ao se unirem, compõem um sistema de canais e cavidades (Bernardi & Monte, 2009). Esses aluminossilicatos possuem elevada capacidade de troca catiônica (CTC), propriedades catalíticas e alto grau de hidratação (Jha & Hayashi, 2009). Em função dessas características, as zeólitas podem reduzir as perdas de N por volatilização de NH_3 quando adicionadas aos dejetos durante sua compostagem (Bernal et al., 1993; Bautista et al., 2011; Giacomini et al., 2014) ao favorecerem, principalmente, a adsorção do cátion NH_4^+ pela sua alta CTC e a retenção da forma gasosa de NH_3 pelo seu sistema de canais.

Outra alternativa com potencial para mitigar as emissões de amônia durante a compostagem dos DLS envolve o uso de xisto retornado (XR), o qual resulta do tratamento térmico a altas temperaturas desta rocha betuminosa sedimentar para a extração de óleo. Sua utilização na agricultura tem sido estudada, uma vez que esse material é constituído de argilominerais aluminossilicatos, além de possuir uma área superficial específica (ASE) em torno de $65 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ (Miotto; Machado, 2006; Pimentel et al., 2006), apresentar alto teor carbono (C) e silício (Si) (Pereira; Vitti, 2004) e, em menores quantidades, fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e micronutrientes (Chaves; Vasconcelos, 2006). Pelo fato de possuir pH baixo, pode-se formular a hipótese de que a adição de XR aos DLS durante a sua compostagem contribua para reter o N amoniacal dos DLS, além de formar ligações iônicas, reduzindo as emissões de NH_3 para a atmosfera. Esse aspecto ainda não foi avaliado pela pesquisa. Também não é conhecido qual o impacto da adição de XR sobre a emissão de óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4), que são os dois principais gases de efeito estufa.

No presente trabalho serão apresentadas e discutidas duas estratégias para reduzir as emissões gasosas de N (NH_3 e N_2O) e C (CH_4) durante a compostagem de DLS. A primeira, avaliada em escala de protótipo (experimento I) envolve o uso de zeólitas para mitigar as emissões de N na forma de NH_3 , enquanto a segunda, avaliada em escala real, em plataforma de compostagem (Experimento II), objetivou avaliar o efeito da adição de XR aos DLS sobre as emissões gasosas de NH_3 , N_2O e CH_4 .

MATERIAL E MÉTODOS

Experimento I

No experimento I, conduzido na Universidade Federal de Santa Maria, RS, foi avaliado o uso de zeólitas para mitigar as perdas de N por volatilização de NH_3 na fase inicial da compostagem de dejetos líquidos de suínos (DLS). O experimento foi realizado em escala piloto durante 14 dias, no qual a compostagem foi conduzida em vasos com diâmetro de 0,24 m e altura de 0,20 m e construídos a partir de policloreto de vinila (PVC). Na parte superior dos vasos foram construídas bordas laterais com aproximadamente 2,0 cm de largura e 3,0 cm de

altura as quais eram preenchidas com água no momento da colocação das câmaras para captar a NH_3 volatilizada.

O material orgânico colocado no interior dos vasos e utilizado como substrato continha maravalha de eucalipto (30 %) e serragem de diversas espécies de madeiras (70 %), sendo que ambos os materiais foram obtidos em madeireiras. Em cada vaso foi adicionado 1,0 kg de substrato (em base úmida), constituído pela mistura de 0,3 kg de maravalha e 0,7 kg de serragem. A quantidade total de DLS adicionada por vaso durante os 14 dias de experimento foi de 3,0 L, a qual foi dividida em três aplicações iguais de 1,0 L cada. A análise do substrato e dos DLS foi feita conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995) e suas principais características, bem como as quantidades de N adicionadas com os DLS no experimento, encontram-se na tabela 1. Os DLS foram coletados em esterqueira anaeróbica, sendo oriundos de animais em fase de terminação e constituídos pela mistura de fezes, urina e sobras de alimentação e de água dos bebedouros.

Tabela 1 – Teores de matéria seca, nitrogênio total e nitrogênio amoniacal (%), valores de pH e quantidades adicionadas (g vaso^{-1}) desses constituintes com o substrato (70 % serragem + 30 % maravalha) e com os dejetos líquidos de suínos (DLS) nas aplicações realizadas. Resultados expressos em base úmida.

Material Orgânico	Matéria seca		Nitrogênio				pH
			Total		Amoniacal		
	(%)	(g vaso ⁻¹)	(%)	(g vaso ⁻¹)	(%)	(g vaso ⁻¹)	
Substrato	87,45	874,5	0,10	1,01	0,01	0,15	5,74
DLS - 1ª aplicação ⁽¹⁾	4,45	44,5	0,47	4,75	0,28	2,78	7,09
DLS - 2ª aplicação	5,31	53,1	0,49	4,90	0,32	3,19	7,27
DLS - 3ª aplicação	5,23	52,3	0,51	5,09	0,33	3,32	7,13

Primeira aplicação de DLS realizada no 1º dia, segunda aplicação aos 5 dias e terceira aplicação aos 10 dias.

As duas espécies de zeólitas naturais utilizadas foram a clinoptilolita (CLP) e a estilbita (STI). A clinoptilolita foi fornecida pela Indústria Celta Brasil LTDA. A estilbita foi proveniente de minério extraído da pedreira Ouro Preto, situada em Santa Cruz do Sul/RS e integra o projeto de pesquisa “Agrominerais” da CPRM – Serviço Geológico do Brasil – Superintendência de Porto Alegre, em parceria com a Embrapa Clima Temperado de Pelotas, RS. Na Pedreira Ouro Preto as zeólitas ocorrem em brechas de topo de derrame basáltico capeado por um provável domo de natureza ácida (domo riolítico), que se constitui na rocha lavrada para brita. A brecha é formada por clastos decimétricos de basalto vítreo com cavidades do tipo amígdalas e vesículas preenchidas por zeólita heulandita e cimentados por crostas de 2-3 cm de espessura correspondentes à zeólita.

Nesse experimento foi comparada a eficiência das duas zeólitas em reduzir a volatilização de NH_3 na compostagem, sendo que foram avaliados três tratamentos com três repetições: T1- DLS (testemunha); T2- DLS + Clinoptilolita (20 %) e T3- DLS + estilbita (20 %). O delineamento experimental utilizado no experimento foi o inteiramente casualizado, com três repetições de cada tratamento. As duas zeólitas foram adicionadas aos DLS na proporção de 20 %, em relação ao volume aplicado de DLS (m/v). Assim, em cada aplicação de DLS (1,0 L) ao substrato, eram adicionadas 200 g de zeólita, o que corresponde a uma adição total de 600

g de cada zeólita para os 3,0 L de DLS aplicados no experimento. Além da aplicação inicial da mistura de DLS + zeólitas ao substrato, foram realizadas a segunda e a terceira aplicações após quatro e nove dias. Em cada aplicação da mistura de DLS e zeólitas na superfície dos vasos, sobre o substrato, a mesma era uniformemente incorporada ao substrato através do revolvimento manual, com o auxílio de um sarrafo de madeira. Além desse revolvimento foram realizados revolvimentos adicionais aos dois, sete e doze dias de experimento, com o objetivo de facilitar a evaporação da fração líquida e para oxigenar o sistema, simulando o processo de compostagem automatizada.

Experimento II

O experimento II, utilizando xisto retornado (XR) como aditivo para mitigar as emissões de NH_3 e que teve duração de 245 dias, foi conduzido no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde se encontra a plataforma de compostagem. A edificação possui uma área de 157,5 m², com leiras de alvenaria medindo 1,10 m de largura e 1,50 m de altura, separadas entre si por muretas em alvenaria. Sobre as muretas, desloca-se o “Revolvedor Vertical de Compostagem”, o qual possui três heli-coides verticais e apresenta uma largura efetiva de trabalho de 1,0 m (Figura 1).

Figura 1 – Vista do equipamento “revolvedor vertical de compostagem” sobre uma leira.



O substrato utilizado na compostagem foi constituído da mistura de maravalha (30 %) e serragem (70 %). Os dejetos líquidos de suínos foram obtidos de animais em fase de terminação, criados no sistema convencional, com confinamento total até o momento do abate. O xisto retornado, com granulometria entre 0,2 a 1,0 mm, foi obtido da Unidade de Industrialização do Xisto (Petrobras-SIX), em São Mateus do Sul, PR. Este co-produto é pesquisado no âmbito do Projeto Xisto Agrícola pela Embrapa Clima Temperado com o objetivo de identificar potencialidades para a sua inserção no sistema produtivo agropecuário.

Os tratamentos avaliados com três repetições foram: Adição de dejetos líquidos de suínos (DLS) sem XR (T1) e adição de DLS com XR (T2). A dose de XR foi de 55 kg a cada aplicação de DLS nas leiras de compostagem. Cada tratamento foi alocado em uma leira da plataforma de compostagem, que continha 1250 kg (matéria seca) de substrato. O comprimento destinado para cada tratamento na leira foi de 5 m, sendo dividido em três parcelas de 1,0 m, as quais representam cada repetição. Uma distância de 1,0 m na extremidade de cada leira foi considerada como bordadura.

A aplicação dos DLS e do XR foi realizada uma vez por semana, na superfície das leiras. Após 15 aplicações de DLS (T1 e T2) e XR (T2), a quantidade acumulada aplicada de DLS foi de 10.150 litros enquanto a quantidade de XR foi 825 kg. Ao final do experimento (245 dias) a taxa de aplicação de DLS foi de 8,45 L kg⁻¹ de substrato (Tabela 2). Além do revolvimento feito no momento da aplicação dos DLS e do XR, foi realizado um revolvimento adicional, visando manter o sistema aerado, além de facilitar a evaporação de água.

Nos dois experimentos, as perdas de N por volatilização de amônia foram avaliadas de acordo com metodologia descrita por Nömmik (1973), utilizando-se câmaras estáticas semiabertas com a captura da NH₃ em esponjas embebidas com a mistura de H₃PO₄ (50 %) + glicerina (40 %). As câmaras permaneceram sobre os vasos do experimento I e as leiras de compostagem do experimento II durante todo o período de condução dos experimentos, e foram retiradas apenas por ocasião da aplicação dos DLS e/ou revolvimento dos vasos e das leiras. A determinação do teor de N-NH₃ na solução de H₃PO₄ foi realizada em um analisador de fluxo contínuo (SAN plus, Skalar, Breda, Holanda), com determinação colorimétrica em 660 nm.

As emissões de N₂O e CH₄ durante a condução do experimento foram realizadas em câmaras estáticas, metálicas, com dimensões de 0,3 m de largura, 0,4 m de comprimento e 0,2 m de altura. Estas eram alocadas na superfície das leiras de cada tratamento em três repetições. Logo após as coletas dos gases, estes eram analisados por cromatografia gasosa (cromatógrafo GC-2014, modelo Greenhouse). Tais coletas eram realizadas imediatamente, antes e após as aplicações e revolvimentos do DLS, XR nos respectivos tratamentos, e do revolvimento complementar, totalizando 4 coletas semanais.

Tabela 2 – Valores de pH, volume total aplicado de DLS por leira, teores de matéria seca (MS), nitrogênio amoniacal (NA) e nitrogênio total (NT) dos DLS utilizados no processo de compostagem.

Data	Dias	DLS	pH	MS	NA	NT	C/N
		--- L ---		--- % ---	----- kg m ⁻³ -----		
09/10/14	1	1100	6,7	4,53	2,44	4,44	11,41
16/10/14	7	1107	6,9	3,88	2,95	4,48	11,28
23/10/14	14	1173	6,5	2,78	2,15	3,21	10,54
30/10/14	21	800	6,8	3,38	2,09	2,81	10,95
06/11/14	28	400	7,1	1,19	1,42	2,97	11,82
13/11/14	35	533	6,5	1,23	1,95	3,09	10,51
20/11/14	42	480	6,8	1,61	1,95	2,65	11,98
27/11/14	49	747	6,7	1,84	1,98	2,48	9,33
11/12/14	63	707	6,8	3,26	2,70	3,91	10,83
18/12/14	70	387	7,1	3,91	2,63	4,19	9,03
24/12/14	77	480	7,2	3,67	2,58	4,17	9,52
08/01/15	92	480	7,2	3,01	2,50	3,83	9,12
22/01/15	106	533	6,6	2,56	1,67	2,72	9,97
05/02/15	120	467	6,9	2,07	1,59	2,75	8,73
19/02/15	135	760	7,3	2,91	1,66	2,62	10,78
Volume total de DLS (L leira ⁻¹)		10.153	-	-	-	-	-
Taxa de aplicação (L DLS kg ⁻¹ substrato)		8,46					

RESULTADOS

Experimento I

As zeólitas, misturada aos dejetos em cada adição destes ao substrato, reduziram os fluxos de N-NH₃ para a atmosfera, sendo que a magnitude dessa redução esteve relacionada à espécie da zeólita utilizada (Figura 2A). Ao final do experimento, a emissão de N-NH₃ atingiu 62,6 g m⁻² de N no tratamento testemunha (DLS), 41,7 g m⁻² de N no tratamento com estilbíta e apenas 20,3 g m⁻² de N no tratamento com a clinoptilolita (Figura 2B). Essa maior eficiência

da clinoptilolita em reter o N amoniacal dos DLS, em relação à estilbita, deve estar relacionada a sua maior reatividade ligada à CTC e também a maior densidade de canais e cavidades.

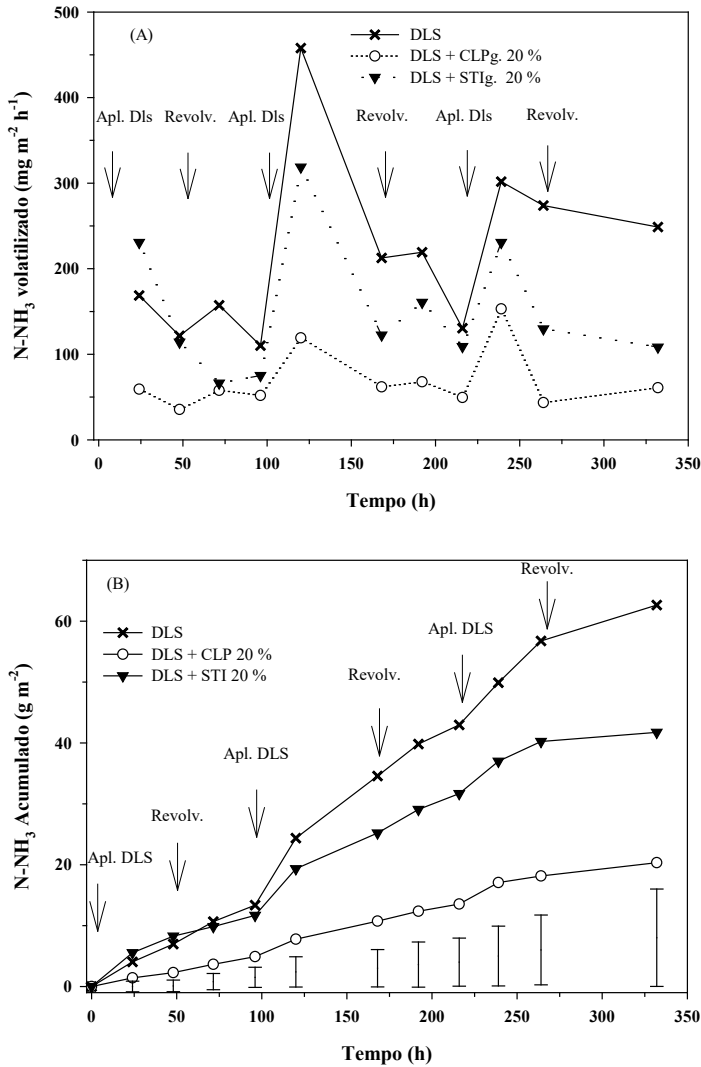
Esse efeito das zeólitas em reduzir a volatilização de N-NH_3 durante o processo de compostagem, o qual já foi observado para a clinoptilolita em outros estudos com dejetos de suínos (Bernal et al., 1993; Bautista et al., 2011) e também com outros materiais orgânicos (Kithome et al., 1998) é atribuído a algumas propriedades específicas dos aluminossilicatos, como a de adsorver cátions, absorver líquidos e capturar gases na sua estrutura tridimensional, na forma de canais e de cavidades interconectadas (Ming & Mumpton, 1989).

A capacidade da clinoptilolita em reduzir a volatilização de amônia durante a compostagem de esterco sólido de suínos (81 % de umidade) também foi observada por Bautista et al. (2011) ao utilizarem a proporção de 5 % (massa/massa) apenas no primeiro dia após o início da compostagem. Todavia, no trabalho destes autores, a clinoptilolita não foi utilizada pura, como no presente trabalho, mas sim misturada ao sulfato de alumínio, na proporção de 2,5 % (m/m). Ao final de 18 dias de compostagem essa mistura foi altamente eficiente na mitigação das perdas de N por volatilização de NH_3 , reduzindo-as em 92,4 %. Os resultados de Bautista et al. (2011), aliados aos do presente estudo (Giacomini et al., 2014), evidenciam o elevado potencial da clinoptilolita em preservar o N dos dejetos de animais durante a compostagem, sendo que este efeito está relacionado à dose empregada, conforme salientado anteriormente por Bernal et al. (1993). Quanto à zeólita natural estilbita, embora a sua adição aos DLS tenha reduzido em aproximadamente 33 % a volatilização de NH_3 (Figura 2B), não é possível comparar o esse efeito ao de outros trabalhos, já que não foram encontrados relatos de seu uso em compostagem. Apesar de ser também um aluminossilicato, ela não teve a mesma eficiência que a clinoptilolita em mitigar as perdas de N-NH_3 na fase inicial da compostagem dos DLS (Figura 2 A, 2 B), evidenciando que esse efeito está ligado às propriedades intrínsecas de cada material. Essa menor eficiência, em relação à clinoptilolita, pode ser explicada pela menor afinidade da estilbita por cátions, como o amônio (NH_4^+), e também pelo fato dela não ser uma zeólita totalmente pura, já que, no presente trabalho, ela possuía também outros elementos nutrientes presentes na matriz do basalto (Carlos Augusto Posser Silveira, informação pessoal), diferentemente da clinoptilolita, que era pura.

Outro aspecto importante a ser considerado é que a estilbita possui reservas importantes na região Sul do Brasil, enquanto a maior parte da clinoptilolita é importada, principalmente de Cuba. Por isso, em estudos futuros é importante realizar a análise econômica envolvendo o uso das duas zeólitas como alternativas técnicas para mitigar as emissões de NH_3 durante a compostagem de DLS. Também é preciso avaliar as consequências do aumento na massa do composto, provocado pelo uso das zeólitas, sobre a aplicabilidade do mesmo como fertilizante em condições de campo.

Os resultados desse experimento indicam que a adição de zeólitas durante a compostagem de dejetos líquidos de suínos, com destaque para a clinoptilolita, constitui uma alternativa promissora para mitigar as perdas de N por volatilização de NH_3 durante o processo. Todavia, é importante salientar que o trabalho foi conduzido em escala piloto, em vasos de PVC, onde as variações de temperatura são distintas de um processo de compostagem em escala real, onde o processo é conduzido em leiras, com adição periódica de dejetos e revolvimento simultâneo.

Figura 2 – Fluxos de $N-NH_3$ (a), emissão acumulada de $N-NH_3$ (b) em compostagem de dejetos líquidos de suínos (DLS) com e sem adição das zeólitas clinoptilolita e estilbita na dose de 20% (massa/massa). As barras verticais (b) representam a diferença mínima significativa pelo teste LSD (5 %). As flechas, (Figuras a, b), indicam os momentos de aplicação (Apl.) dos DLS e de revolvimento (Revolv.) da massa de compostagem.



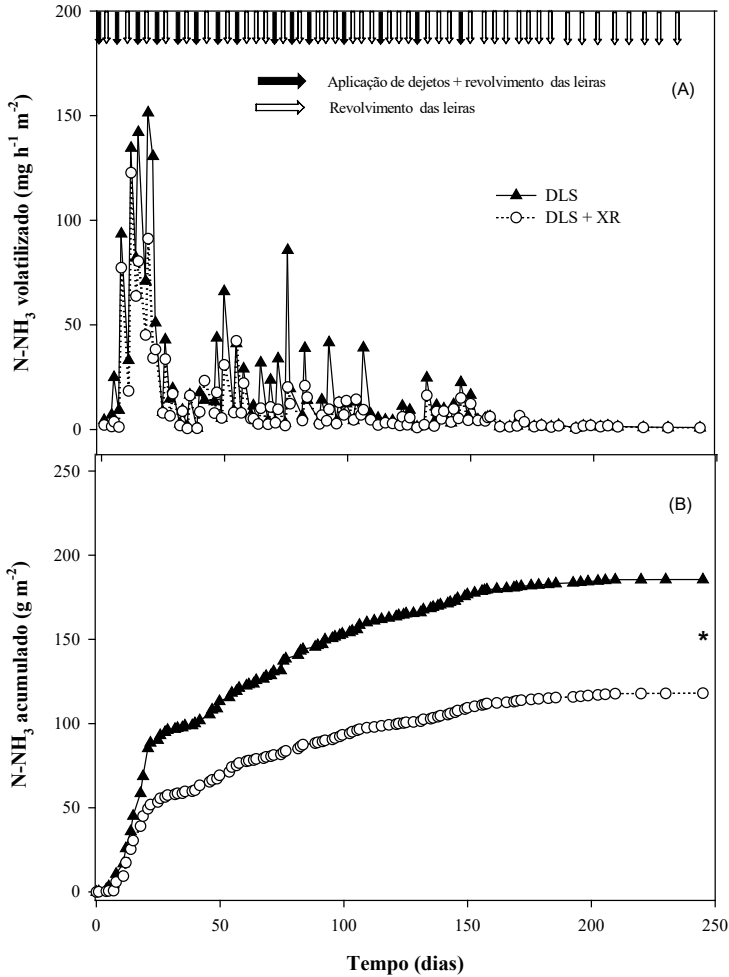
Experimento II

Perdas de N por volatilização de amônia (NH_3)

A aplicação de DLS aumentou a emissão de NH_3 (Figura 3A), sendo que durante o período de adição de DLS nas leiras (150 dias) ocorreram picos nos fluxos desse gás após cada adição. A magnitude desses picos de NH_3 foi mais intensa durante os primeiros 25 dias de compostagem, o que coincide com teores mais elevados de N amoniacal nos DLS (Tabela 2) e com maiores valores de temperatura das leiras de compostagem na fase inicial do processo

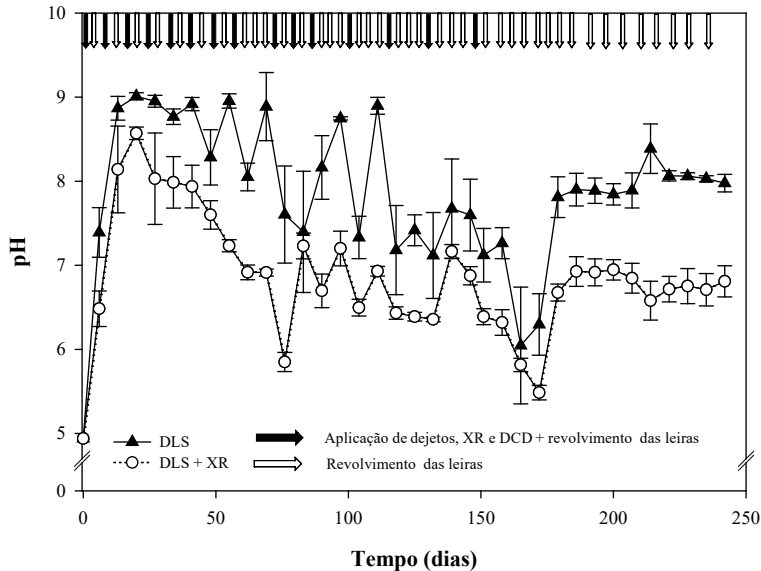
(dados não mostrados). Em praticamente todas as avaliações realizadas durante o período de adição de DLS, os fluxos de NH_3 foram menos intensos no tratamento em que foi realizada a adição de XR aos DLS no momento da aplicação destes nas leiras de compostagem.

Figura 3 – Fluxo (A) e emissão acumulada (B) de amônia em compostagem automatizada de dejetos líquidos de suínos, onde DLS (dejetos líquidos de suínos) e XR (xisto retornado). Barra de erro indica a diferença mínima significativa pelo teste t (5%).



O efeito do XR sobre as emissões acumuladas de NH_3 pode ser melhor visualizado na figura 3B, onde se observa que o XR reduziu as emissões acumuladas de NH_3 . Ao final do experimento, o XR reduziu as emissões de N-NH_3 de 193 g N m^{-2} para 123 g N m^{-2} (36 %) (Figura 3B). Esse efeito do XR na redução da volatilização de NH_3 durante a compostagem dos DLS pode ser atribuído ao seu pH ácido (3,5), o que reduziu o pH da massa de compostagem da leira com adição de XR (Figura 4). Com a redução do pH, a forma iônica (NH_4^+) deve ter predominado sobre a forma gasosa (NH_3) reduzindo a volatilização desta. Ligações químicas entre íons presentes no XR, com destaque para formas de enxofre (S), também podem ter favorecido a adsorção da forma iônica (NH_4^+) nas leiras de compostagem.

Figura 4 – pH do composto final em compostagem automatizada de dejetos líquidos de suínos (DLS) com e sem a adição de xisto retortado (XR). Barras indicam o desvio padrão.

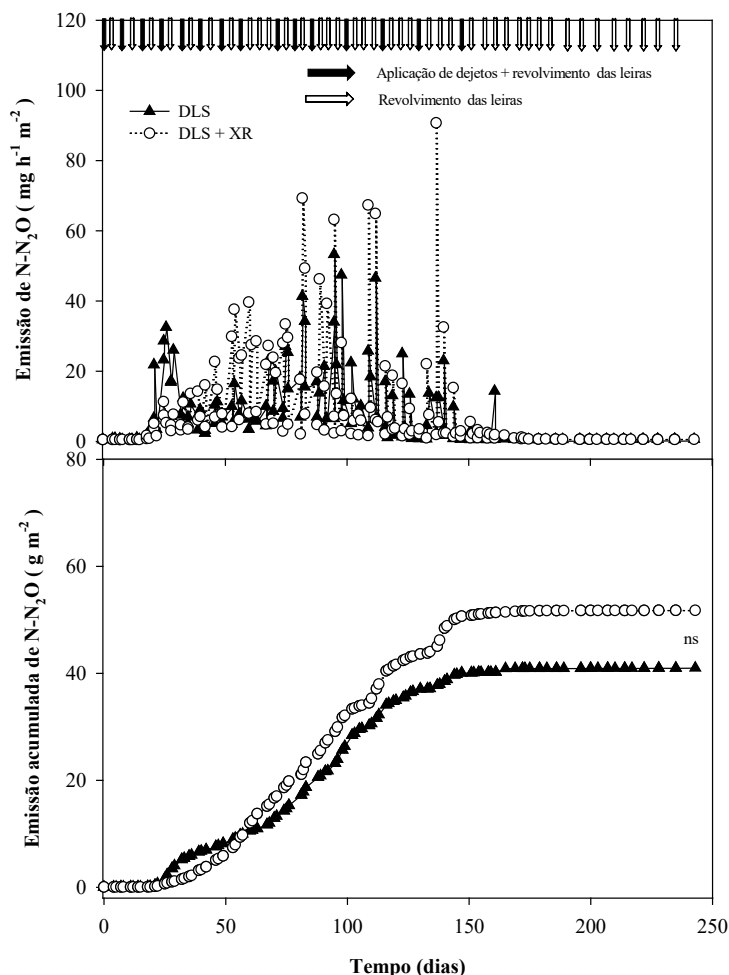


Emissões de óxido nitroso (N_2O)

Em sistemas de compostagem, o N_2O pode ser produzido tanto através da redução de nitrito (NO_2^-) por bactérias nitrificadoras, quando a disponibilidade de O_2 é reduzida (nitrificação desnitrificante), quanto pela ação de bactérias desnitrificadoras de nitrato (NO_3^-), quando na ausência de O_2 (El Kader et al., 2007; Jiang et al., 2011; Tsutsui et al., 2013). Na figura 5A se observa que, com exceção do período entre 20 e 30 dias, em que os fluxos de N_2O foram maiores no tratamento sem XR, nas demais avaliações realizadas a adição de XR aos DLS resultou em maiores fluxos de N_2O . Isso ocorreu até cessarem as aplicações de DLS nas leiras, aos 150 dias de compostagem. Esse efeito do xisto aumentando a produção e emissão de N_2O deve estar relacionado ao fato do XR ter preservado maior quantidade de N amoniacal nas leiras (Figura 3), o que disponibilizou maior quantidade de substrato às bactérias nitrificadoras e desnitrificadoras, responsáveis pela produção dessa forma gasosa de N.

Apesar de aumentar os fluxos de N_2O , em relação ao tratamento sem XR (Figura 5A), a diferença na produção acumulada desse gás entre os dois tratamentos não foi significativa (Figura 5B). O aumento na emissão acumulada de N- N_2O de 41 para 52 g N m^{-2} (27 %) com o uso de XR evidencia a necessidade de confirmar em estudos futuros essa tendência observada no aumento da produção e emissão de N_2O quando o XR é adicionado aos DLS durante a compostagem. Isso porque, embora apenas 0,55 e 0,63 % do N total adicionado via substrato e DLS foi emitida na forma de N_2O nos tratamentos sem e com XR, respectivamente, o N_2O é um gás de efeito estufa (GEE) que apresenta forte impacto no aquecimento global. Como ele constitui uma forma gasosa intermediária do processo de desnitrificação, é importante também quantificar em estudos futuros o produto final deste processo (N_2), apesar das inúmeras dificuldades metodológicas para isso.

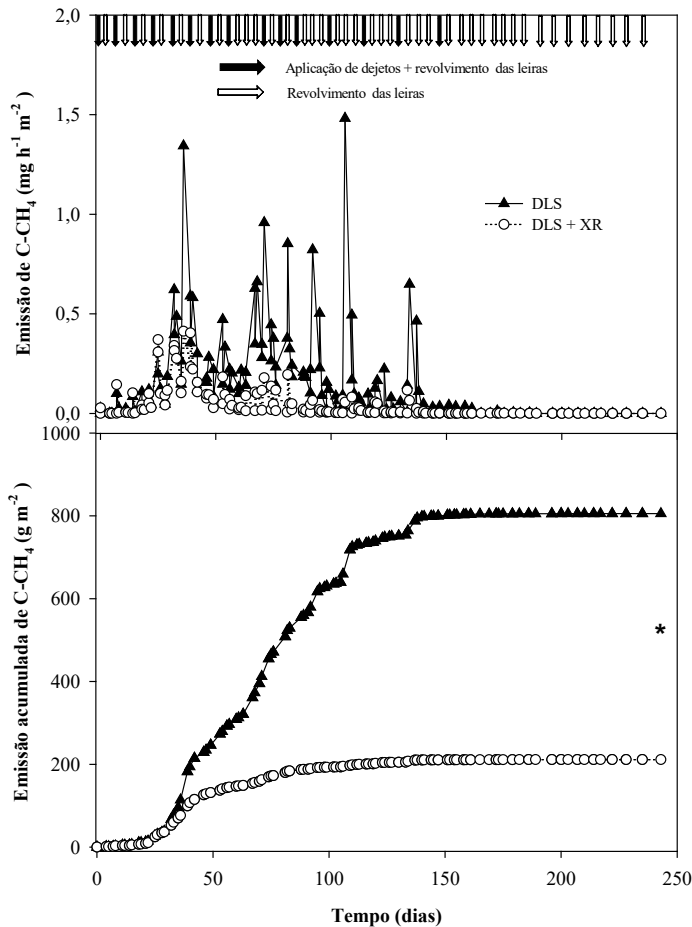
Figura 5 – Fluxos e emissões acumuladas de $N-N_2O$ em compostagem automatizada de dejetos líquidos de suínos, onde DLS (dejetos líquidos de suínos) e XR (xisto retornado). ns= diferença não significativa pelo teste t (5%).



Emissões de metano (CH_4)

Os fluxos de CH_4 aumentaram a partir dos 30 dias de compostagem e foram mais intensos no tratamento sem adição de XR aos DLS até o final do período de adição de DLS nas leiras, aos 150 dias (Figura 6A). Como a produção de CH_4 por bactérias metanogênicas é um processo estritamente anaeróbico, o aumento dos fluxos desse gás a partir de 30 dias indica que o revolvimento periódico das leiras não foi capaz de manter o sistema em condições aeróbicas. Como a produção de CH_4 é um processo microbiano complexo, resultante da ação interativa de vários grupos microbianos (Jiang et al., 2013), a detecção desse gás nos primeiros 40 dias pode ter como origem o próprio CH_4 presente nos próprios DLS no momento da sua adição nas leiras. Com a evolução da compostagem, a adição frequente de C solúvel com os DLS, aliada ao consumo de O_2 pela ação de micro-organismos heterotróficos criou as condições para o aumento na produção de CH_4 em sítios anaeróbicos das pilhas de sua emissão para a atmosfera.

Figura 6 – Fluxos e emissões acumuladas de C-CH₄ em compostagem automatizada de dejetos líquidos de suínos (DLS), com e sem a adição de xisto retortado (XR). * = diferença mínima significativa pelo teste t (5%).



Comparando as emissões acumuladas de CH₄ nos primeiros 150 dias nos dois tratamentos (Figura 6B) observa-se que a adição de XR aos DLS reduziu em aproximadamente quatro vezes as emissões desse GEE, que apresenta um potencial de aquecimento global (PAG), cerca de, 25 vezes superior ao do CO₂ (Jiang et al., 2011). A explicação mais provável para essa redução na emissão acumulada de CH₄ provocada pelo XR deve estar relacionada ao baixo pH do XR, o que deve ter inibido a ação das bactérias metanogênicas. São necessários mais estudos para confirmar essa hipótese.

CONCLUSÕES

O uso de zeólitas naturais, com destaque para a clinoptilolita, mostrou ser uma alternativa promissora para mitigar as perdas de N por volatilização de NH₃ durante a compostagem de dejetos líquidos de suínos.

A adição de xisto retortado, em compostagem automatizada de dejetos líquidos de suínos, é uma eficiente estratégia para mitigar as perdas de nitrogênio por volatilização de amônia e de metano, sem afetar as emissões de óxido nitroso.

REFERÊNCIAS

- AITA, CELSO; GONZATTO, ROGÉRIO; MIOLA, EZEQUIEL C. C.; SANTOS, DOS DANIELA, B.; ROCHETTE, PHILIPPE; ANGERS, DENIS A.; CHANTIGNY, MARTIN H.; PUJOL, STEFEN B.; GIACOMINI, DIEGO A.; GIACOMINI, SANDRO J. Injection of Dicyandiamide-Treated Pig Slurry Reduced Ammonia Volatilization without Enhancing Soil Nitrous Oxide Emissions from No-Till Corn in Southern Brazil. **Journal of Environmental Quality**, v. 43, p. 789-800, 2014.
- ANGNES, G.; NICOLOSO, R. S.; SILVA, M. L. B. da; OLIVEIRA, P. A. V. de; HIGARASHI, M. M.; MEZZARI, M. P. & MILLER, P. R. M. Correlation denitrifying catabolic genes with N₂O an N₂ emissions from swine slurry composting. **Bioresource Technol.**, 140:368-375, 2013.
- BAUTISTA, J.M.; KIM, H.; AHN, D.-H.; ZHANG, R.; OH, Y.-S. Changes in physicochemical properties and gaseous emissions of composting swine manure amended with alum and zeolite. **Korean Journal of Chemical Engineering**, v.28, p.189-194, 2011.
- BERNAL, M. P.; LOPEZ-REAL, J. M. & SCOTT, K. M. Application of natural zeolites for the reduction of ammonia emissions during the composting of organic wastes in a laboratory composting simulator. **Bioresource Technology** 43 (1993) 35-39.
- BERNARDI, A.C. de C. & MONTE, M.B. de M. Uso de Zeólitas na Agricultura In: LAPIDOLOUREIRO, F.E.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. Fertilizantes Agroindústria e sustentabilidade. Rio de Janeiro: **CETEM**, P. 493-508. 2009.
- CHAVES, L. H. G.; VASCONCELOS, A. C. F. Alterações de atributos químicos do solo e do crescimento de plantas de milho pela aplicação de xisto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 84-88, 2006.
- GIACOMINI, D. A.; AITA, C.; PUJOL, S. B.; GIACOMINI, S. J.; DONEDA, A.; CANTÚ, R. R.; DESSBESELL, A.; LÜDTKE, R. C.; SILVEIRA, C. A. P. Mitigação das emissões de amônia por zeólitas naturais durante a compostagem de dejetos de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 7, p. 521-530, julho. 2014.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário. Produção da pecuária municipal 2010. Disponível em www.ibge.gov.br , acesso em 10 de março de 2012.
- JHA, V.K. & HAYASHI, S. Modification on natural clinoptilolite zeolite for its NH₄⁺ retention capacity. **Journal of Hazardous Materials**. 169, 29–35. 2009.
- JIANG, T.; SCHUCHARDT, F.; LI, G. X.; GUO, R. & ZHAO, Y. Effect of C/N ratio, aeration rate and moisture content on ammonia and greenhouse gas emission during the composting. *J. Environ. Sci.*, 23:1754-1760, 2011.
- JIANG, T., SCHUCHARDT, F., LI, G. X. et al. Gaseous emission during the composting of pig feces from Chinese Ganqinfen system. **Chemosphere**, 90, 1545–1551. 2013.
- KADER, N. A. E.; ROBIN, P.; PAILLAT, J.; LETERME, P. Turning, compacting and the addition of water as factors affecting gaseous emissions in farm manure composting. **Bioresource Technology**, 98: 2619-2628. 2007.

KITHOME, M.; PAUL, J. W.; LAVKULICH, L. M.; BOMKE, A. A. Kinetics of ammonium adsorption and desorption by the natural zeolite clinoptilolite. *Soil Science Soc. Am. J.* v. 62, p. 622–629. 1998.

MING, D. W.; MUMPTON, F. A. Zeolites in soils. In: DIXON, J. B.; WEED, S. B. (Eds.) *Minerals in soils environments*. 2nd ed. Madison: Soil Science Society of América, 1989, p. 873-911.

MIOTTO, D. M. M.; MACHADO, N. R. C. F. Utilização de xisto retornado como matéria-prima em síntese de zeólitas. **ActaScientiarum. Technology**, v. 28, n. 1, p. 3945, jan/jun. 2006.

NÖMMIK, H. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest. **Plant and Soil.**, 39: 309-318, 1973.

OLIVEIRA, P. A. V. de & HIGARASHI, M. M. **Unidade de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2006.39p.

PIMENTEL, P.M. et al. Caracterização e uso de xisto para adsorção de chumbo (II) em solução. **Cerâmica**. v. 52, p.194-199, 2006.

SZANTO, G. L.; HAMELERS, H. V. M.; RULKENS, W. H. & VEEKEN, A. H. M. NH₃, N₂O and CH₄ emissions during passively aerated composting of straw-rich pig manure. *Bioresource Technol.*, 98:2659-2670, 2007.

TEDESCO, M.J et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

TSUTSUI, H.; FUJIWARA, T.; MATSUKAWA, K. & FUNAMIZU, N. Nitrous oxide emission mechanisms during intermittently aerated composting of cattle manure. *Bioresource Technol.*, 141:205-211, 2013.

ZAMAN, M.; BLENNERHASSETT, J.D. Effects of the different rates of urease and nitrification inhibitors on gaseous emissions of ammonia and nitrous oxide, nitrate leaching and pasture production from urine patches in an intensive grazed pasture system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.136, p.236-246, 2010.

O USO DE REMINERALIZADORES DE SOLO NAS PROPRIEDADES AGRÍCOLAS FAMILIARES DO PARANÁ

Fábio Júnior Pereira da Silva

ASPTA-PR – Palmeira, PR - fabio@aspta.org.br

INTRODUÇÃO

O meio rural do Centro-Sul do Paraná caracteriza-se pela alta densidade da agricultura familiar, com forte contribuição cultural cabocla e, posteriormente, dos emigrantes europeus no final do século XIX, a agricultura familiar do Centro-Sul do Paraná consolidou-se inicialmente como uma atividade agroextrativista. Ao longo do século XX, ela diversificou-se economicamente, passando a se orientar essencialmente para os policultivos e as criações, mantendo, entretanto, a exploração da erva-mate nas florestas nativas de Araucária, como importante lastro econômico.

Nas últimas décadas, a base técnico-econômica da agricultura familiar atravessou intenso processo de mudanças que repercutiu negativamente sobre seus padrões de relação com os recursos naturais e com os mercados, essas mudanças decorreram, sobretudo, da crescente integração técnica e econômica dos sistemas familiares à lógica produtiva e da demanda induzida pelos grandes complexos agroindustriais. De fundamental relevância nessa trajetória em direção à especialização produtiva, as políticas governamentais de ATER (Assistência Técnica e Extensão Rural), de fomento e de crédito viabilizaram as condições para que a agricultura familiar passasse a empregar de forma generalizada as sementes comerciais, os agrotóxicos e os fertilizantes químicos combinados a intenso revolvimento dos solos.

Boa parte dos solos da região são resultantes de um dos maiores derramamentos vulcânicos da história do planeta, conhecido como derrame da bacia do Paraná. Apenas parte desta região, no entanto, está sob a influência destas rochas, assim como nem todos os solos originários destas rochas mantiveram-se férteis ao longo de sua pedogênese. Muitos solos da região são derivados de rochas sedimentares, sendo rasos, bastante susceptíveis à erosão laminar e com suas qualidades fortemente determinadas pela conservação da matéria orgânica nas camadas superficiais.

A natureza dos solos pouco profundos da região não permite o uso sistemático sustentável sem um bom manejo da biomassa vegetal. A prática de pousio, roça e queima era a estratégia principal empregada para a recomposição da fertilidade até meados do século XIX. A agroquímica permitiu o uso contínuo dos solos a partir da importação de nutrientes na forma de adubos industriais, o que favoreceu a exposição à erosão. Em seguida o uso de agrotóxicos para contrabalançar o expressivo aumento dos surtos de pragas, doenças e plantas daninhas resultantes da simplificação ecológica dos agroecossistemas.

A melhoria ecológica dos agroecossistemas vem tentar alguns pontos estratégicos para romper e construir novos paradigmas, e as sementes crioulas com sua conservação e multiplicação já dominada pelos agricultores familiares da região, associadas a técnica de fixação biológica de nitrogênio, tanto em leguminosas como em gramíneas associados a microrganismo perpetuam bom resultado. Aliado a estas técnicas um grupo de agricultores, pesquisadores e técnicos vem trabalhando para sedimentar ao manejo da fertilidade do solo, a técnica denominada de rochagem, esta frequentemente desconsiderada pelas instituições de ensino e pesquisa, uma vez, que no paradigma convencional, seu uso não seria interessante devido à baixa solubilidade destes materiais. Se por um lado esta afirmativa se justifica em alguns trabalhos acadêmicos, por outro se contrapõe com as experiências que diversos agricultores vem acumulando nos últimos 10 anos, onde o uso da rochagem tem se demonstrado efetivo na recuperação da fertilidade dos solos. Hoje, já sendo estudada por vários setores, a rochagem é apontada por vários pesquisadores como uma importante estratégia para o manejo da fertilidade de solos subtropicais e tropicais.

Conforme a descrição de Theodoro 2004, rochagem é um processo de rejuvenescimento dos solos, sendo necessário um arranjo das ferramentas, como as acima descritas para que isto ocorra, pois o uso da rochagem não se trata simplesmente de uma substituição de insumo, mas sim de rever e compreender os processos naturais que proporcionam a construção e manutenção da fertilidade dos solos. A associação de uso de pós de rochas locais com adubação verde, micro-organismos, compostagem, biofertilizantes e sementes crioulas permitem a dinamização da vida do solo.

Diante deste contexto, aproximadamente 500 famílias de agricultores familiares do Centro Sul do Paraná vem buscando alternativas ao sistema de agricultura praticado hoje pela indústria agroquímica, em especial de fertilizantes, agrotóxicos e sementes. Este trabalho vem sendo assessorado pela ASPTA – Agricultura Familiar e Agroecologia em parceria com várias instituições governamentais, organizações de base e da sociedade civil.

METODOLOGIA

Desde o final do século passado se constroem alternativas ao sistema que as grandes corporações agroquímicas vêm nos empurrando, agricultores familiares da região Centro Sul do Paraná vem efetivando diversos processos em alternativas a esse modelo hegemônico de agricultura. E alicerçados em organizações da agricultura familiar como sindicatos, associações, cooperativas, coletivos, grupos formais e informais, parcerias com instituições de ensino e pesquisa, ONG's e pessoas que permutam as experiências e ideais em prol de um mesmo objetivo.

As estratégias construídas com objetivo de baixar custo, manter produtividade e aumentar autonomia dos agricultores familiares, estão alicerçadas em promover e manter a fertilidade dos sistemas de produção, tendo como ferramentas principais o uso de resíduos da propriedade, adubação verde, fixação biológica de nitrogênio, uso de sementes crioulas e o uso de pós de rochas locais.

Quando adicionamos no solo uma rocha moída, como o pó de basalto (Tabela 1) precisamos lembrar que estamos fornecendo ao solo minerais novos, que precisam ser trabalhados para assim liberar de sua estrutura cristalina os elementos nutrientes. A liberação destes nutrientes ocorre, principalmente, pela ação de ácidos liberados pelos micro-organismos e raízes

das plantas, portanto quanto maior for a quantidade e diversidades de plantas, maior será a diversidade de micro-organismos e mais rapidamente os minerais das rochas deverão ser “quebrados” e seus nutrientes liberados para o sistema. Esta compreensão, vem sendo construída por práticas de experimentação em áreas de cultivos dos agricultores, onde os ajustes no manejo procedem com base nos recursos localmente disponíveis e a especificidade do agroecossistema. A perpetuação destas técnicas, evidências e práticas auxiliam na construção de um novo paradigma, que encontram nos intercâmbios locais e regionais a estas áreas experimentais uma ferramenta indispensável para a disseminação da rochagem.

Tabela 1 – Composição química total de duas rochas ígneas da região Centro Sul do Paraná

Elementos	Unidade	Micrograbro	Quartzo Latito Basáltico
SiO ₂	(%)	51,13	65,46
Al ₂ O ₃	(%)	13,99	12,41
TiO ₂	(%)	1,21	1,05
Fe ₂ O ₃	(%)	13,48	7,04
CaO	(%)	10,79	3,28
MgO	(%)	6,7	1,56
K ₂ O	(%)	0,51	3,37
Na ₂ O	(%)	2,1	4,01
MnO	(%)	0,19	0,13
P ₂ O ₅	(%)	0,12	0,3
S	(mg kg ⁻¹)	206	192
Zr	(mg kg ⁻¹)	103	174
Nb	(mg kg ⁻¹)	9	28
Y	(mg kg ⁻¹)	15	52
Rb	(mg kg ⁻¹)	13	173
Ba	(mg kg ⁻¹)	48	701
Cu	(mg kg ⁻¹)	181	150
Zn	(mg kg ⁻¹)	92	101

RESULTADOS E DISCUSSÃO

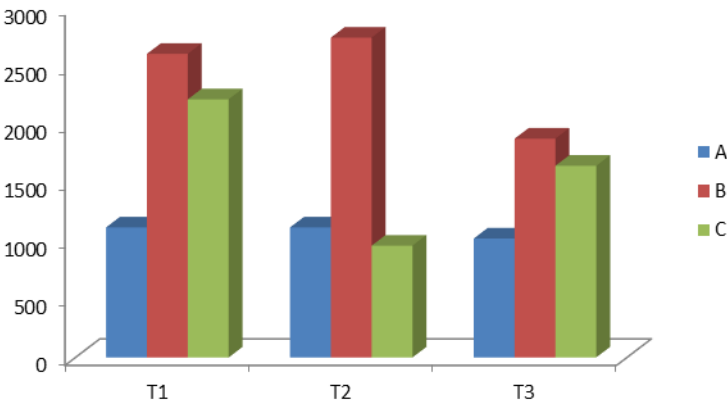
Os bons resultados que os agricultores familiares vêm conseguindo, estão fundamentados em princípios agroecológicos no processo da rochagem, diretamente envolvidos na apropriação dos conhecimentos e fundamentos que norteiam o manejo ecológico dos agroecossistemas utilizando as ferramentas de maneira integrada, permitindo assim a reconstrução da fertilidade dos sistemas de produção.

Tal fato pode ser exemplificado pelos dados apresentados no Gráfico 1 que demonstram os resultados obtidos por 3 agricultores familiares da região Centro Sul do Paraná, que se apropriaram de conhecimentos sobre os princípios e ferramentas para um melhor manejo dos solos em seus agroecossistemas.

As áreas experimentais continham 3 tratamentos, sendo T1= 3,0 t ha⁻¹ de pó de rocha Microgabro junto ao adubos verdes de inverno, T2= 2,0 t ha⁻¹ de pó de Microgabro em área total e 1,0 t ha⁻¹ em sulco de plantio do feijoeiro (ambos as aplicações após o ciclo dos adubos verdes de inverno) e T3= sem aplicação de pó de rocha (controle). E sem repetições na mesma área, sendo a área de cada agricultor uma repetição. No ciclo de inverno foi utilizado um coquetel de adubos verdes composto de 40 % aveia preta (*Avena Strigosa*) 40% de centeio (*Secale cereale*) e 20% de ervilhaca (*Vicia sativa*).

As áreas experimentais foram escolhidas pelos agricultores e técnicos de maneira participativa com um coletivo de agricultores familiares de se reúnem habitualmente para discutir questões que cunho técnico, social, ambiental e político.

Gráfico 1 – Avaliação da produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de 3 lavouras (A, B e C) de feijoeiro em sistemas de transição agroecológica realizada por três agricultores familiares de comunidades distintas.



Neste gráfico são apresentados dados de produtividade de grãos de feijoeiro obtidos pelos agricultores familiares da região Centro Sul do Paraná, que utilizam ferramentas de maneira integrada. Cabe ressaltar que ambos os solos são originários de rochas sedimentares relativamente pobre em nutrientes.

Nesta última safra (2015/2016) de feijão a área A (T2) alcançou uma produtividade de 19 sacas/ha, com um custo de 6 sacas/ha. Na área B (T2) alcançou uma produtividade de 45 sacas/ha com o mesmo custo 6 sacas/ha. Na C (T2) a produtividade foi de 15 sacas/ha e custo também de 6 sacas/ha. Estes dados validam outros dados observados e coletados na região sugerindo que mesmo com baixa produtividade como a área C onde o agricultor pode obter lucro em um percentual de para cada R\$ 1,00 investido teve o retorno de R\$ 2,50, na área B para cada R\$ 1,00 investido o retorno foi de R\$ 7,50, corroborando com outros trabalhos já referenciados da região com de Almeida et. al. (2008) e Silva et. al. (2015). Nos permitindo, em reflexão sobre o grau de risco, onde fica mais uma vez evidenciada que quando os agricultores familiares utilizam das ferramentas da agroecologia em seus agroecossistemas este risco fica menor.

Do outro lado, a agricultura convencional mantém índices maiores de produtividade, mas com um custo de produção proporcionalmente maior, o que só se viabiliza em grande escala.

Atualmente o uso da técnica da rochagem vem crescendo na região, com diversas comunidades e municípios utilizando desta tecnologia para auxiliar na recuperação da fertilidade dos solos. Para contribuir com a crescente demanda por informações e experiências sobre pós

de rochas, a ASPTA buscou parceria com secretarias municipais, Emater, escolas, cooperativas, universidades, entre outras instituições. A Tabela 2 apresenta as principais comunidades e parceiros destes trabalhos.

Regionalmente existe um programa de fertilidade de solos subsidiado pelos governos estadual e federal, onde se viabiliza a distribuição anual de milhares de toneladas de calcário. Com a expansão do uso de pós de rochas tem havido também o interesse, em especial, por agricultores e secretarias municipais de agricultura e cooperativas da agricultura familiar, para que este programa seja ampliado, e os pós de rochas possam ser também incluídos para auxiliar na recuperação da fertilidade dos solos.

Tabela 2 – Parcerias estabelecidas para a ampliação do trabalho com rochagem na região centro-Sul do estado do Paraná.

Municípios (PR)	Comunidades	Instituições Parceiras
Palmeira	Faxinal, Pinheiral de Baixo, Água Clara, Volta Grande, Cantagalo, Paiol do Fundo	APEP, CAFPAL, STR, UEPG, Coptrasc, Sec. Agricultura e ASPTA
Ponta Grossa	Assentamento Zapata, Itaicoca	STR, MST, Cooptrasc e UEPG
Curitiba	Santa Felicidade, Quatro Barras, Piraquara, Colombo, Campo Largo e Mandirituba	AOPA e Rede Ecovida
São Mateus do Sul	Taquaral, Terra Vermelha, Aliança, Lajeado e Fluvópolis	STR, Sec. Agricultura, Rede Ecovida, Emater e Cofaeco
Fernandes Pinheiro	Santa Luzia, Santo Antonio	ASPTA e Coptrasc
Teixeira Soares	Assentamento Tche Guevara, Cavorrite	Coptrasc e STR.
Irati	Arroio Grande, Campinha de Gonçalves Junior	Instituto Federal e Rede Ecovida
Rio Azul	Invernada, Barra do Rio Azul, Rio Vinagre e Sede	Sec. Agricultura, APRI e STR
São João do Triunfo	Guaiaca, Bolo Grande, Água Comprida, Rio Baio, Canudos e Bromados	ASPTA e STR
Paula Freitas	Carazinho, Faxinal, Macaco, Vila Rural, Rondinha, Canudos e Poço Preto	Emater e CMDR
Paulo Frontin	Vera Guarani e Agudos	Emater
União da Vitória	Pinhalão, São Domingos, Britador e Palmital.	Emater, Sec. Agricultura, FAFI e IEPS.
Cruz Machado	Rio das Antas, Nova Concórdia, Forquilha e São Marcos	Emater, COAVI, COPAFI e STR
Bituruna	Assentamento 12 de Abril, Rondon e Iratinzinho.	STR, Coopercontestado
Porto União	Santa Cruz do Timbó, Marata, São Miguel da Serra, Lança e São Pedro	Epagri, Sec. Agricultura, Afruta, Comsol e Claf.
Irineópolis	Escada, Vila Nova, Litikosti e Assentamento Mimo.	Comsol, CooperQuintal, MST e Epagri
Bela Vista do Toldo	Ouro Verde, Serra do Lucindo e Gralha	Escola de Educação Básica Estanislau Shunnman

Nos últimos anos tem se expandido também o entendimento da necessidade de integração dos conhecimentos e técnicas desenvolvidas pelos agricultores e agricultoras com os conhecimentos gerados pelas instituições de pesquisa. Neste sentido foram estabelecidas parcerias entre organizações de agricultores da região, instituições de pesquisa como a Universidade Federal de Viçosa, UNESPAR e ONG como a ASPTA. Entre estas, estão pesquisas participativas com cinco agricultores familiares que, em seus desafios técnicos, sociais e econômicos para a

transição agroecológica, já vem utilizando pós de rochas locais associadas com adubos verdes de inverno e sementes crioulas (Figura 1 - foto dia de campo guaiaica).

Além desta experiência regional com a rochagem integrada a outras práticas do manejo agroecológico, o uso de pó de rochas se expande em diversas outras partes do país, com os mais variados tipos de rochas, culturas e condições de solo. É importante frisar que a expansão de determinada prática do manejo de solo não é dependente apenas de fatores isolados, dependendo também da ruptura de concepções distorcidas ou unilaterais dos envolvidos. Nesse sentido, a difusão da rochagem e de outras práticas agroecológicas apresenta-se como um desafio. Isso porque dependerá também da inclusão de aspectos ligados, por exemplo, a regionalização dos mercados, independência dos agricultores, redução dos passivos ambientais ligados a síntese dos fertilizantes sintéticos, manutenção da qualidade do solo e outros aspectos, para a tomada de decisões que irão permitir uma utilização mais ampla destes materiais.

Figura 1 – Dia de campo sobre manejo ecológico do solo e rochagem.



CONSIDERAÇÕES

Diversos agricultores familiares das regiões Centro Sul do Paraná e de outras regiões vizinhas tem se destacado pela capacidade inovadora quanto à concepção e adaptação de princípios e práticas de manejo visando uma agricultura mais sustentável e com menores riscos. Os conhecimentos acumulados por eles sobre manejo da biomassa, manutenção e melhoramento de variedades crioulas, manejo da fertilidade com pó de rochas, entre outros, estão sendo compartilhados e articulados com conhecimentos acadêmicos que poderão ser úteis ou servirem de inspiração inovadora para agricultores familiares de outras regiões do país.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E.; SILVA, F.J.P.; RALICSH, R. *Revitalização do solo em processos de transição agroecológica no sul do Brasil*. **Revista Agriculturas: experiências em agroecologia**. Rio de Janeiro, v. 4, n.1, p. 8, 2007.

ASSIS, R.L.; ROMEIRO, A.R. Agroecologia e Agricultura Familiar na Região Centro-Sul do Estado do Paraná. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Rio de Janeiro, v. 43, n. 1, p. 155-177, 2005.

CARVALHO, A.M.X. Rochagem e suas interações no ambiente solo: contribuições para aplicação em agroecossistemas sob manejo agroecológico. 2012. 116p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

SILVA, F. JR. P.; CARVALHO, A.M.X.; PETERSEN, P. Rochagem no Manejo da Fertilidade do solo: Experiências da região centro sul do Paraná e Planalto Norte Catarinense. **Revista Agriculturas: experiências em agroecologia**. Rio de Janeiro, v. 12, n.1, p.31, 2015.

THEODORO, S.H.C. **A Fertilização da Terra pela Terra**. Tese de Doutorado. Unb, 2000.

AGRADECIMENTOS

À ASPTA-PR, à UFV Campus Rio Paranaíba, à Ekosolos, À UNESPAR campus União da Vitória, à CAPES, à todas as organizações de base da agricultura familiar da região centro sul Paraná e ao CNPq pelo apoio financeiro através do Edital MCTI/CT-AGRONEGÓCIO/CNPq Nº 38/2013.

USO DE REMINERALIZADORES NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: ESTUDO DE CASO DO RESERVATÓRIO DE TRÊS MARIAS/MG

Suzi Huff Theodoro¹; Fernanda de Paula Medeiros²

¹ Pesquisadora Colaboradora Sênior do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural – PPG-MADER - Universidade de Brasília- UnB; ² Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural – PPG-MADER - Universidade de Brasília- UnB

Resumo: Os remineralizadores são insumos derivados de rochas ricas em determinados macro e micronutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas. Para além do uso agrícola, eles se aplicam às ações de recuperação de áreas degradadas e à remediação de áreas impactadas por diversos agentes e/ou contaminantes. Neste trabalho serão apresentados os resultados de uma pesquisa desenvolvida na Estação Ecológica de Pirapitinga, localizada no reservatório da UHE de Três Marias/MG, onde foi implantada uma Unidade Demonstrativa (UD), que teve como principal objetivo a recuperação de uma área degradada, acompanhada nos últimos quatro anos. Para a implantação e o manejo da UD foram utilizados os princípios da tecnologia da rochagem e dos sistemas agroflorestais. Os resultados mostram que a remineralização do solo (com sedimentos retidos no reservatório e rochas moídas) somado a cobertura vegetal são ferramentas que rapidamente reverterem os processos de erosão e degradação.

Palavras-chave: degradação, recuperação, remineralização e agroflorestas

INTRODUÇÃO

Os processos de degradação de vastas áreas do território brasileiro é uma realidade que perdura ao longo da história de construção do País e estão intimamente associados ao seu modelo de desenvolvimento. A degradação física ocorre tanto pela perda superficial dos solos (que provoca a formação de voçorocas, em função da erosão laminar), pela compactação (devido ao uso de equipamentos pesados), pela laterização (derivada da lixiviação dos constituintes minerais), pelo desflorestamento (provocado pelo desmatamento), quanto pela poluição hídrica, facilitada por assoreamento, contaminação de materiais minerais e/ou orgânicos etc. Seja qual for a forma de degradação, a falta de ações para impedir ou minimizar suas causas tem provocado perdas ambientais e econômicas que atingem indiscriminadamente toda a sociedade.

No Brasil, muitas técnicas de recuperação de solos degradados tem sido propostas, em especial aquelas relacionadas com obras geotécnicas. Elas são utilizadas individualmente ou de forma conjunta para potencializar o restabelecimento das condições originais ou próximas daquelas existentes anteriormente. No que se refere ao estancamento de processos erosivos, tem-se utilizado técnicas mecânicas, ecológicas, estruturais, agrícolas e de bioenergia (ROTTA, 2012).

O uso de remineralizadores, segundo os pressupostos da tecnologia da rochagem, contempla a sinergia de técnicas mecânicas, ecológicas e agrícolas. Quando se associa esses pressupostos aos princípios relacionados aos sistemas agroflorestais (ou agrofloresta), potencializa-se o

restabelecimento da cobertura vegetal natural, passando pelos vários estágios sucessionais, que conduz à recuperação da fertilidade dos solos, perdida por processo antrópicos ou intempéricos (Theodoro et. al, 2006 e 2013). O ponto de partida para a restauração de áreas degradadas é a facilitação do processo de sucessão natural, que pode ser otimizado por meio das seguintes ações: (i) estabilização dos processos erosivos, como forma de diminuir a velocidade ou o escoamento do solo; (ii) incorporação de remineralizadores que contenham componentes minerais indisponíveis no solo, favorecendo o seu rejuvenescimento e restabelecendo as condições para a germinação de sementes e/ou mudas de diversas espécies; (iii) recobrimento da área com espécies herbáceas, arbustivas ou arbóreas; (iv) conexão com áreas florestais próximas; (v) plantio de espécies dispersas por animais, que podem contribuir no fluxo gênico e na dispersão de sementes; e (vi) manejo que acompanhe e acelere a dinâmica natural da sucessão. Esse trabalho demonstra que recuperar áreas degradadas é uma tarefa fácil, acessível e barata, em especial em áreas de entorno de reservatórios ou em áreas sensíveis. Para comprovar a eficácia e a sinergia entre estas duas tecnologias para recuperar uma área degradada, foi implantado um Sistema Agroflorestal (SAF) em uma Unidade Demonstrativa (UD) na Estação Ecológica Pirapitinga (ESEC), localizada no reservatório de Três Marias, que surgiu do represamento do Rio São Francisco. O objetivo deste trabalho é mostrar os resultados obtidos nesta pesquisa.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A Usina Hidrelétrica (UHE) de Três Marias teve sua obra iniciada 1957 e conclusão em 1961. A barragem tem 2.700m de extensão, altura de 75m e sua usina possui capacidade de geração de 396.000 MW. O Lago tem 21 bilhões de m³ de volume, 1.040km² de superfície e corta oito municípios. Além do rio São Francisco, os rios Paraopeba, Indaiá e Borrachudo alimentam o Reservatório. A construção dessa UHE teve como principais objetivos a regularização do curso do São Francisco, a melhoria da navegabilidade, a utilização do potencial hidrelétrico e o fomento da indústria e da irrigação. Com o enchimento do Reservatório, em 1962, a área onde hoje se situa a ESEC de Pirapitinga, adquiriu a feição de ilha, situação que ocorre quando é atingida a cota 570m, na confluência do córrego Riachão com o rio São Francisco. Ela foi criada para servir de referência para a recuperação das demais áreas do entorno Plano de Manejo Estação Ecológica de Pirapitinga, 2013).

Do ponto de vista regional, a área de influência do Reservatório é dominada por processos intempéricos intensos, que resultaram na formação de solos espessos, profundos e empobrecidos quimicamente. Segundo Castro e Dardene (2000), a área está inserida no cráton do São Francisco e a maior parte da sua área de influência está representada por litologias pertencentes ao Grupo Bambuí (Proterozóico superior) que é constituído pelas Formações Três Marias (superior) e Paraopeba (inferior). Mineralogicamente estas formações são dominadas por quartzo, feldspato e muscovita e, em menor quantidade, por plagioclásios, minerais argilosos e por uma associação variada de minerais pesados. Na porção sudoeste do Reservatório, aflora a Formação Mata da Corda, de idade cretácea, que pertence à Província Magmática do Alto Paranaíba. Trata-se de uma sequência de rochas pertencentes à família dos kamafugitos, que compreende rochas vulcânicas alcalinas de natureza ultrabásica e ultrapotássica. São rochas com deficiência em sílica e alumínio e ricas em MgO, K₂O e TiO₂ (Leonardos et.al., 1991). As

rochas pertencentes a essa Formação contribuem, com parte dos sedimentos carreados para o Reservatório pelos rios Indaiá e Borrachudo. O somatório desses tipos litológicos origina várias classes de solos, com predomínio para os latossolos vermelhos distróficos e vermelho-amarelos distróficos, que são bem drenados.

A ESEC de Pirapitinga está inserida neste contexto geopedológico. Tanto as atividades desenvolvidas no Lago, quanto aquelas que ocorrem a montante, nas áreas de influência do Reservatório, acabam impactando a área. Entre essas, cita-se, pela sua relevância, a ocorrência de áreas degradadas, que já se configuravam como problema desde os tempos de sua criação, pela presença de extensas áreas de florestas de eucaliptos, usadas para abastecer a indústria siderúrgica de Minas Gerais. Também as atividades de pecuária e de agricultura intensiva (em especial, na região de influência das rochas cretáceas) tem ampliado os processos erosivos, facilitando o transporte e o acúmulo de sedimento no Reservatório.

METODOLOGIA

Para a implantação da ED, na ESEC de Pirapitinga, foram realizadas as seguintes etapas: (a) estudo da conformação geoespacial da área - geologia, pedologia e uso do solo; (b) locação de uma rede de amostragem dos sedimentos retidos no Reservatório (17 pontos) e dos solos em diferentes sítios geopedológicos (7 pontos), que incluiu amostra da ESEC; (c) coleta de amostras de sedimento de fundo do Reservatório, mediante o uso de uma draga simples, tipo Shipeck. As amostras foram secas em estufas (60 graus); (d) análises geoquímicas, de fertilidade e granulométricas das amostras; (e); comparação dos teores dos vários parâmetros analisados nos sedimentos, nas rochas e nos solos; e (f) comparação das concentrações totais dos elementos químicos incluídos no grupo de elementos potencialmente tóxicos (mercúrio, chumbo, cádmio, arsênio).

A partir desses dados, foram selecionados os locais com maiores teores de macronutrientes (K, P, Ca e Mg) e micronutrientes. Estes materiais resultaram da erosão e lixiviação da formação Mata da Corda (rochas kamafugíticas) que foram carreados para o Reservatório pelo rio Indaiá. Considerando a alta concentração desses mesmos elementos nas rochas derivadas dessa Formação, a utilização conjunta de remineralizadores de mesma proveniência teve a função de potencializar o aumento da fertilidade, extremamente baixa dos solos da área. Além de sedimentos e pó de rocha foi utilizado composto orgânico, derivado de esterco bovino e se-rapilheira da mata preservada da ESEC para servir como fonte de nitrogênio. O delineamento da UD contou com sete tratamentos e três repetições distribuídas de forma casualizada, que resultaram em 21 blocos, preparados manualmente. Os tratamentos foram assim distribuídos: Controle (C); Composto Orgânico derivado de esterco bovino (CO); Sedimento (S); Rocha (R); Sedimento+ Rocha (S+R); Sedimento + Composto Orgânico (S+CO) e Sedimento+ Rocha + Composto Orgânico (S+R+CO). Cada bloco teve uma área de 4m², que resultou em uma área total de 144m², se somados os espaços entre blocos. A proporção de pó de rocha e de sedimento utilizada foi de 5ton/ha e de composto orgânico foi de 10ton/ha, o que equivaliu a 2kg de rocha, 2kg de sedimento e 4kg de composto por bloco. A incorporação dos materiais no solo foi feita de forma manual.

Em todos os blocos foram acrescentadas as mesmas espécies de sementes sempre com a mesma distribuição espacial, distribuídos da seguinte forma: três tipos de hortaliças (cenoura, salsa e rúcula), duas espécies agrícolas (milho e quiabo), dois tipos de leguminosas (feijão guan-dú e feijão de porco) e seis espécies florestais nativas do Cerrado: Cedro (*Cedrela fissilis* Vell), Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), Copaíba (*Copaifera langsdorffii*), Gonçalves Alves (*Astronium fraxinifolium*), Mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam) e Baru (*Dypterix allata*). Foram semeadas três sementes de cada espécie florestal, a 2cm de profundidade no solo. Para finalização dos canteiros foi introduzida palhada seca, oriunda da serapilheira presente na mata da ESEC, com a finalidade de cobrir o solo e manter a umidade.

A primeira avaliação da taxa de germinação das sementes foi realizada dois meses após o plantio, quando se iniciou a contagem do número de indivíduos das espécies florestais germinadas por bloco/tratamento. As taxas de crescimento e de sobrevivência de cada espécie foram avaliadas durante quatro anos (2012 -2016), com medições quadrimestrais (altura da planta desde o colo até a última gema apical do ramo principal). Os dados foram submetidos a tratamento estatístico, realizado pelo teste de médias de Duncan e análises conjuntas entre tratamentos e entre espécies, empregando-se o programa estatístico GENES (CRUZ, 2006). As hortaliças (cenoura, rúcula e salsa) e as espécies agrícolas (feijão e milho) foram analisadas de acordo com sua produtividade (kg), quantidade de maços e desenvolvimento das raízes (milho).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando o caráter interdisciplinar da pesquisa, e das diferentes perspectivas analíticas (inerentes a cada área do conhecimento), a construção de sinergias e de interações para a obtenção de resultado foram desafios permanentes. Para tanto, optou-se por um tratamento disciplinar (considerando as metodologias e conceitos de cada ciência) com posterior integração desses resultados, de forma a elaborar indicadores que fossem aceitos e entendidos interdisciplinarmente.

Os teores dos principais óxidos (SiO_2 ; Al_2O_3 ; Fe_2O) encontrados nos sedimentos do reservatório de Três Marias foram altos. Para as amostras derivadas do rio Indaiá, as concentrações de K_2O , MgO e TiO_2 foram significativamente mais altas, comprovando o que havia sido definido por Leonardos et. al (1991). Já os teores de CaO , Na_2O e P_2O_5 , também fundamentais para acelerar o desenvolvimento das plantas, apresentaram-se baixos, mas acima do que foi verificado no solo da ESEC. Quanto às rochas vulcânicas da formação Mata da Corda, os resultados das análises geoquímicas confirmam que eles são depletados em SiO_2 e Al_2O_3 e ricos em K_2O , CaO e MgO . Os teores são expressivamente superiores se comparados aos sedimentos. Após dois anos de implementação da UD (SAF), foi feita uma amostragem e análise de fertilidade de cada bloco (sete tipos de tratamentos), onde verificou-se que todos os indicadores de fertilidade foram significativamente aumentados. Para o fósforo (P), o tratamento com maiores teores (disponível no solo) foi o que continha Composto Orgânico (CO) que passou de $3,2\text{mg/dm}^3$ para 30mg/dm^3 , seguido pelo tratamento Sedimento + Rocha + Composto Orgânico que aumentou para $15,7\text{mg/dm}^3$, sugerindo que o Composto Orgânico foi sua principal fonte. Também para o potássio (K), os valores encontrados são sempre superiores àqueles valores encontrados inicialmente no solo e

foram alterados de 24mg/dm³ para até 125,8mg/dm³ no tratamento onde os três insumos foram aplicados (Sedimento + Rocha + Composto Orgânico), com valor de até 5,3 vezes maior quando comparado ao solo da EEP. O cálcio (Ca²⁺) teve os teores aumentados em até três vezes quando comparados à disponibilidade inicial do solo da ESEC. Os maiores valores desse nutriente foram encontrados no tratamento que continha os remineralizadores e, secundariamente, no tratamento de Sedimento + Rocha, sugerindo que as rochas da formação da Formação Mata da Corda tem grande potencial para uso agrícola, em especial cálcio e potássio.

No que se refere aos resultados agrícolas e florestais, pode-se perceber a intrínseca relação da germinação e do crescimento com a oferta de nutrientes em diferentes estágios do desenvolvimento das plantas. Dois tratamentos (Sedimento + Rocha e Controle), contaram com 28 indivíduos cada um, seguidos pelos tratamentos que continham Sedimento + Rocha + Composto Orgânico e Sedimento + Composto Orgânico, com 27 indivíduos, respectivamente. Ainda que o tratamento Controle tenha tido igual desempenho ao obtido com o tratamento Sedimento + Rocha, o desenvolvimento das espécies ocorreu de forma distinta. O desempenho mais expressivo nos tratamentos que continham sedimentos (ou suas misturas) confirma que a proveniência, a partir de rochas com teores mais expressivos dos principais macronutrientes, amplia a sua disponibilidade, ainda que tenham ocorrido processos intempéricos (erosão, transporte e desgaste). Provavelmente, este processo favoreceu a transformação dos minerais primários (menos solúveis) em minerais secundários (argilominerais), em especial esmectitas e illitas, e facilitou a oferta de nutrientes no início do processo de germinação. A associação com Composto Orgânico pode ter potencializado a oferta de nutrientes.

A espécie florestal que apresentou a melhor taxa de germinação nos sete tratamentos foi o Gonçalves Alves (48 plântulas), seguida do Cedro (42 plântulas), Mutamba (29 plântulas), Copaíba (28 plântulas), Jatobá (21) plântulas e o Baru, com a menor taxa de germinação (11 plântula). A Mutamba foi a espécie com maior crescimento (4,3m), no tratamento que continha Sedimento + Rocha, seguida pelo Jatobá (3,12m) no tratamento com Sedimento. O Cedro (3,0m), no tratamento Controle. O Baru (2,6m) desenvolveu-se mais no tratamento com Composto Orgânico. A Copaíba (35cm) cresceu mais nos blocos que continham Sedimento + Rocha + Composto Orgânico, mas foi totalmente extinta ao final do segundo ano. No que se refere à taxa de sobrevivência de indivíduos/ tratamento, ocorreu um nítido destaque para o Cedro (19 indivíduos), seguidos do Gonçalves Alves (17 indivíduos), Jatobá (15), Mutamba (14) e Baru (5). Os blocos com maiores taxas de sobrevivência foram aqueles que continham Sedimento + Rocha (18 indivíduos), seguidos pelo tratamento com Sedimentos (12 indivíduos). As parcelas Controle e com Composto Orgânico apresentaram uma taxa de 11 indivíduos, cada uma. A Tabela 01 mostra a taxa de germinação e sobrevivência das diferentes espécies, nos sete tratamentos. No último manejo (2016), verificou-se que a espécie melhor estabelecida foi o Cedro (19 indivíduos), seguida pelo Gonçalves Alves (17), Jatobá (15), Mutamba (14), Baru (5) e Copaíba (zero). Tais dados indicam que apesar da taxa de germinação ter sido alta (179 indivíduos), a sobrevivência foi de menos da metade (70 indivíduos), ou seja em torno de 40%. De toda forma, em um ambiente de mata natural, é comum que ocorra uma taxa de germinação alta, mas que ocorra uma competição no processo de estabelecimento das diferentes espécies, em função do espaço disponível e da sucessão natural.

Tabela 1 – Taxa de germinação/sobrevivência das espécies florestais nos diferentes tratamentos

Espécies	Taxa de germinação (indivíduos/tratamento)								Taxa de sobrevivência (indivíduos/tratamento)							
	CO	R	S	SR	SCO	SRCO	C	T	CO	R	S	SR	SCO	SRCO	C	T
Jatobá	6	2	2	2	3	4	2	21	4	2	1	2	3	1	2	15
Gonçalo Alves	5	4	9	9	8	6	7	48	2	2	6	5	0	0	2	17
Cedro	6	4	6	7	6	5	8	42	2	1	3	5	3	2	3	19
Mutamba	1	3	5	4	6	5	4	29	0	2	2	5	1	1	3	14
Baru	3	2	1	2	0	1	2	11	3	0	0	1	0	0	1	5
Copaíba	2	5	4	3	4	5	5	28	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	22	20	27	28	27	26	28	179	11	7	12	18	7	4	11	70

Ao longo do período de acompanhamento do SAF, pode-se perceber que inicialmente as parcelas que continham o composto orgânico apresentaram melhores rendimentos, em especial para as hortaliças, que possuem ciclo mais curto. Na sequência as parcelas que continham nutrientes minerais foram obtendo melhores desempenhos. Até o 3º ano, as parcelas que continham os três insumos (Sedimentos + Rochas + Composto Orgânico) apresentaram os melhores rendimentos no crescimento das arvores e na produção das leguminosas (feijão guandu e feijão de porco). Porém, no 4º ano houve um ganho significativo nas parcelas que continham preferencialmente insumos minerais (Sedimento e Sedimento + Rocha), inclusive com maior taxa de sobrevivência de indivíduos, indicando a importância da reconversão dos baixos índices de fertilidade para facilitar a recuperação de áreas degradadas e/ou o aumento da produção agroflorestal. Não foi possível quantificar o rendimento das espécies agrícolas porque houve uma intensa afluência de pássaros na área, em função da oferta de alimento. No entanto, o desenvolvimento das raízes mostrou que as parcelas com Sedimento + Composto Orgânico e Sedimentos + Rochas + Composto Orgânico teve maior quantidade de raízes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados neste trabalho reforçam a necessidade de entendimentos e ações transversais para solucionar ou buscar ferramentas de enfrentamento dos problemas relacionados à degradação dos solos e/ou para garantir a produção agrícola/florestal. A utilização conjunta dos pressupostos da Rochagem com aqueles que norteiam a implantação de sistemas agroflorestais indica que a reversão dos processos de degradação pode ser efetuada de forma simples e com resultados positivos desde o curto até o longo prazo.

No caso desta pesquisa, pode-se averiguar que tanto as espécies agrícolas, leguminosas e hortaliças, quanto as florestais beneficiam-se de diferentes maneiras dos insumos minerais/ orgânicos e da forma de manejo. A redução da toxidez de alumínio no solo, pelo acréscimo de remineralizadores que continham Ca e Mg, ampliou as possibilidades de desenvolvimento (em especial, a germinação e o crescimento) das plantas. A presença de K⁺, derivada desses materiais, também potencializou melhores produções, já que muitas espécies são dependentes deste nutriente. No caso das espécies florestais, que são perenes, a necessidade nutricional

derivou principalmente das fontes minerais. O uso de materiais com granulometrias distintas daquela presente no solo, favoreceu a ampliação da percolação dos fluídos e potencializou os efeitos de aeração. A presença de matéria orgânica (fonte de nitrogênio) e da cobertura derivada de palhada seca (serapilheira) foi um fator positivo para a produção das hortaliças e das espécies agrícolas e, também, para proteger o solo, reduzindo a necessidade de irrigação. O sombreamento produzido pelas espécies de crescimento rápido (leguminosas) também foi um mecanismo de facilitação de estabelecimento de espécies mais sensíveis. Por fim, uso dos remineralizadores mostrou-se como uma tecnologia adequada e sustentável para reverter os processos de degradação.

REFERÊNCIAS

CASTRO, P.T.A., DARDENNE, M.A. The sediment stratigraphy and tectonic context of the São Francisco Super group at the Southern domain of the São Francisco Craton, Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(3), pp.439-441. 2000

CRUZ, C.D. Programa Genes, estatística experimental e matrizes. Ed.UFV. 2006. 285p.

LEONARDOS, O.H.; ULBRICH, M.N. & GASPAR, J.C., (1991) The Mata da Corda volcanic rocks, 5th Inter. Kimberlite Conf., Field Guidebook, CPRM, Spec. P. 3/91, pp. 17-24.

ROTTA, C. M. Análise e gestão de riscos das ocupações de faixas de linhas de transmissão: Estudo de caso da vila Alta Tensão. Dissertação de Mestrado/UFOP. 2012.

THEODORO, S.H. & LEONARDOS, O.H. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. *Anais da Acad. Bras. de Ciênc.* V.78 nº4. pp. 715 - 720. 2006

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H., ROCHA, E. L., MACEDO, I., REGO, K., Stonemeal of amazon soils with sediments from reservoirs: a case study of remineralization of the Tucuruí degraded land for agroforest reclamation. *Acad. Brasil. Ciênc.* 85(1):23-34. 2013

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO: EXPERIÊNCIAS DA EMBRAPA CLIMA TEMPERADO

Rosane Martinazzo¹; Adilson Luis Bamberg¹; Carlos Augusto Posser Silveira¹

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Clima Temperado - rosane.martinazzo@embrapa.br, adilson.bamberg@embrapa.br, augusto.posser@embrapa.br

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos e biomassa para produção de fibras e energia tem aumentado também a demanda do setor produtivo por insumos, especialmente fertilizantes. Neste setor o país enfrenta grandes desafios, pois a produção nacional destes insumos está muito aquém da necessidade atual (ANDA, 2016). Atualmente, o atendimento da demanda se dá principalmente pela importação de matérias-primas concentradas e, em geral, com alta solubilidade, o que pode acarretar altos custos para o setor produtivo e perdas consideráveis de nutrientes no sistema solo-água-atmosfera nas condições edafoclimáticas do país. Neste sentido, é importante que estratégias para uso eficiente dos nutrientes sejam adotadas pelo setor agrícola, incluindo práticas conservacionistas de manejo do solo (rotação de culturas, uso de plantas cicladoras de nutrientes, plantio direto), observância dos níveis de nutrientes do solo e das recomendações técnicas para a produção de cada cultura, o uso de fertilizantes de liberação gradual de nutrientes, etc. Contudo, além do uso racional das matérias-primas atualmente disponíveis, a busca por novas fontes de nutrientes é de grande importância, e isto inclui tanto as descobertas de novos depósitos minerais quanto o aproveitamento de coprodutos de processos agroindustriais e da mineração. A utilização destas matérias-primas atualmente descartadas pela indústria (Sabalsagaray, 1998; Abisolo, 2009; Mayer, 2009; Martinazzo et al., 2015) poderia diminuir os custos de produção agrícola pela oferta de insumos regionais de menor custo.

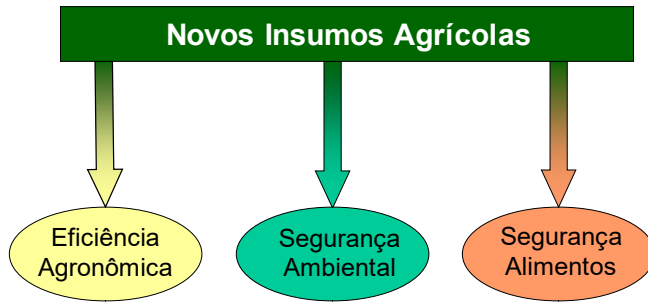
Dentre as recentes descobertas de fontes de nutrientes identificadas pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil no Rio Grande do Sul estão dois corpos de rochas carbonatíticas (fontes de fósforo), de grande interesse para o setor agrícola e até então não relatados no Estado, além de mármore, calcários, andesitos, basaltos, lamprófios, diques de olivina gabros, filonetes e veios de carbonato e de barita (Bergmann e Toniolo, 2012). Ainda constituem descobertas inéditas diversas ocorrências de rochas com teores significativos de K_2O (7 a 14%), além de novas ocorrências de rochas alcalinas com potencial de correção de acidez do solo. Por fim, trabalhos de prospecção já realizados pela CPRM permitem apontar uma ampla faixa de ocorrência de zeolitas no RS, ao longo da zona de contato dos primeiros derrames de lava da Formação Serra Geral com as areias da Formação Botucatu (inconsolidadas à época da colocação dos derrames), e em menor grau, com as rochas sedimentares do Grupo Rosário do Sul (Bergmann e Toniolo, 2012; Bergmann et al., 2013a).

No que se refere à disponibilidade de coprodutos de processos agroindustriais e da mineração, são escassos os dados referentes às quantidades disponíveis de rejeitos e coprodutos, mas algumas estimativas indicam que o uso de coprodutos orgânicos poderia suprir até 40% da demanda total de fertilizantes projetada para 2012 no país (Abisolo, 2009). No caso dos rejeitos da mineração, estimativas globais das quantidades geradas inexistem devido ao grande número de empresas neste setor e à variabilidade dos recursos minerais por elas explorados. De qualquer forma, no país existem inúmeras empresas que extraem rochas para construção civil, para uso na agricultura (calcários, fosfatos, etc) ou outras finalidades e que geram grande quantidade de coprodutos, atualmente considerados passivos ambientais, que poderiam ser reaproveitados como fontes de nutrientes. Contudo, esses coprodutos devem atender à legislação vigente e apresentar eficiência agrônômica satisfatória.

Os efeitos da aplicação de agrominerais¹ variam com os tipos de minerais presentes na rocha, sua forma de aplicação, tipo de solo, dose, granulometria, tempo de reação e cultura (Knapik, 1987; Almeida e Silva, 2009; Bergmann et al., 2009; Bamberg et al., 2011; Bergmann e Toniolo, 2012; Grecco et al., 2012; Ribes et al., 2012; Milech et al., 2013; Bamberg et al., 2013; Grecco et al., 2013) e, portanto, a avaliação dessas matérias-primas para uso agrícola deve atender a um protocolo mínimo de avaliações que permita a tomada de decisão segura quanto à sua eficiência.

Diversos estudos e ações de pesquisa com agrominerais estão em desenvolvimento no Brasil. Conforme já comentado na palestra da prof. Suzi Theodoro neste evento, essa linha de pesquisa no país iniciou na década de 1950, em Minas Gerais, pelos pesquisadores Josué Guimarães e Vlademir Ilchenko. Posteriormente, a partir de 1980, o professor Othon Leonardos iniciou os trabalhos neste tema na Universidade de Brasília e, na mesma década, o professor Bernardo Knapik iniciou estudos com rochas vulcânicas ácidas e básicas do Sul do estado do Paraná. Nesta mesma época a Mineração Barreto SA (MIBASA), em Alagoas, difundiu o 'melhorador de solos' MB-4, uma mistura de dois tipos de rochas, serpentinito e biotita xisto (Silveira et al., 2012). Mais recentemente, a partir de 2003, a Embrapa Clima Temperado em conjunto com outras instituições parceiras (CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Petrobras-SIX, IAPAR, UFPel, UFSM, UFPR, UTFPR - Campus Pato Branco, UFPel, IFRS - Campus Sertão, Epagri - Estação de Videira e University of Guelph) tem atuado nessa linha de pesquisa visando a prospecção, a caracterização, o desenvolvimento e a avaliação da eficiência agrônômica, da segurança ambiental e dos alimentos de formulações fertilizantes a base de coprodutos da mineração. O projeto pioneiro na Embrapa Clima Temperado neste tema foi o Projeto Xisto Agrícola, em vigência desde 2003, desenvolvido em parceria com a Petrobras-SIX (Superintendência da Industrialização do Xisto, São Mateus do Sul - PR) e com as instituições parceiras acima citadas. Neste projeto foi desenvolvido um protocolo de avaliação das matérias-primas e produtos desenvolvidos baseado nos três pilares demonstrados na Figura 1. Esse protocolo de avaliação inclui diversas etapas de avaliação, com variados graus de complexidade conforme será detalhado nos itens a seguir.

1 Neste texto o termo agrominerais refere-se às rochas com potencial de uso agrícola, seja como remineralizadores, condicionadores, corretivos de acidez ou fertilizantes.



PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO

Caracterização química (litoquímica)

O primeiro passo da avaliação de rochas para uso agrícola costuma ser a litoquímica, que refere-se à determinação dos teores totais de nutrientes e principalmente dos teores de elementos potencialmente tóxicos (EPTs). Teores de EPTs acima dos valores máximos permitidos pela legislação vigente inviabiliza o uso do produto, independentemente de sua eficiência agronômica. Na Tabela 1 são citados os valores máximos de contaminantes admitidos em re-mineralizadores, condicionadores de solo, corretivos de acidez e fertilizantes minerais com N, K, macronutrientes secundários e com até 5% de P_2O_5 , que são as categorias de insumos nas quais geralmente os agrominerais se enquadram.

Caracterização petrográfica e mineralógica

Embora a litoquímica permita uma avaliação rápida dos teores de EPTs e do potencial teórico de fornecimento de nutrientes de uma rocha, geralmente não corresponde de forma direta aos teores de nutrientes disponíveis para o sistema solo-planta. Isto ocorre porque os minerais que são constituintes essenciais dos diversos tipos de rochas respondem de maneira diversa ao intemperismo. Conforme mencionado na palestra da pesquisadora Magda Bergmann neste evento, a liberação dos elementos químicos ocorre com a abertura dos sistemas cristalinos, os quais dependem das condições de estabilidade físico-química dos diversos minerais de uma rocha. Neste sentido as técnicas de petrografia são imprescindíveis para a identificação dos tipos de minerais presentes na rocha, sua textura, tamanho de grãos, estado de sanidade e especulações sobre sua ordem de cristalização. O estudo petrográfico deve ser complementado, sempre que necessário com outras técnicas, como a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), para investigar feições de dissolução em faces de minerais.

Tabela 1 – Limites máximos de contaminantes admitidos em remineralizadores, condicionadores de solo, corretivos de acidez e fertilizantes minerais com N, K, macronutrientes secundários e com até 5% de P_2O_5

Parâmetro	Limites máximos permitidos (mg kg ⁻¹)			
	Remineralizadores ¹	Condicionadores de solo ²	Corretivos de acidez ³	Fertilizantes minerais com N, K, macronutrientes secundários e para os com até 5% de P_2O_5 ³
Arsênio	15,0	20,0	.	10,0
Cádmio	10,0	3,0	20,0	20,0
Cromo	.	.	.	200,0
Chumbo	200,0	150,0	1000,0	100,0
Cromo hexavalente	.	2,0	.	.
Mercurio	0,1	1,0	.	0,2
Níquel	.	70,0	.	.
Selênio	.	80,0	.	.

¹Instrução Normativa Nº 5, de 10 de Março de 2016; ²Instrução Normativa Nº 7, de 12 de abril de 2016; ³Instrução Normativa Nº 27, de 5 de Junho de 2006.

Adequação física (granulometria)

Para que se determine a cominuição necessária para a efetividade de uso de determinada rocha como insumo agrícola, é importante o registro das faixas de tamanho de grão de cada um dos constituintes minerais. Os minerais devem ser quebrados, do contrário as partículas geradas serão agregados de grãos, o que diminui a reatividade química do produto no solo (Milech et al., 2012).

Em geral, a diminuição do tamanho de partícula de uma determinada rocha aumenta a disponibilidade dos nutrientes, em função do aumento de sua área superficial específica. Contudo, algumas rochas não precisam ser finamente moídas, por apresentarem tamanho de grão, dureza e clivagem dos minerais, grau de intemperismo, entre outros, que favorecem a liberação dos nutrientes (Milech et al., 2012). Por isso, a granulometria deve ser definida corretamente para evitar gastos desnecessários de energia e de tempo com a moagem e, ao mesmo tempo, favorecer a liberação dos elementos de interesse contidos nos minerais que a constituem.

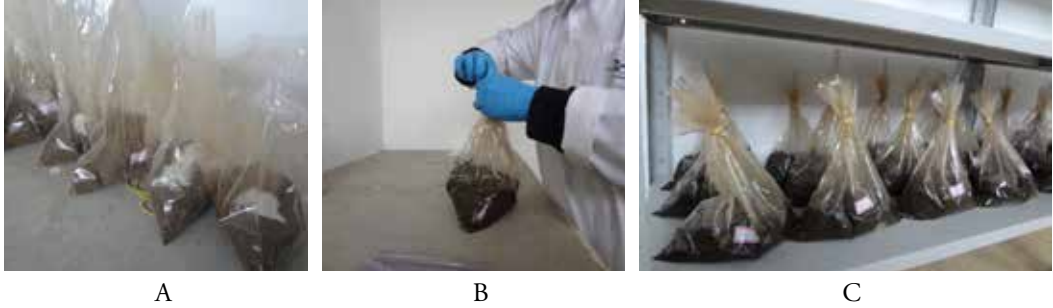
Testes de incubação

O teste de incubação consiste na mistura de diferentes tipos de solos com a rocha a ser testada e tem por objetivo determinar a reatividade e a velocidade de liberação dos elementos que a compõem. A incubação deve ser feita com o máximo de tipos de solos possível, pois o tipo de solo exerce grande influência na solubilidade dos minerais e, consequentemente, na disponibilidade dos nutrientes às plantas (Bamberg et al., 2012). Porém, na impossibilidade de se utilizar vários solos, sugere-se o uso de solos agrícolas representativos do local em que a rocha será utilizada e, preferencialmente, com características contrastantes (ex.: solo com elevado teor de argila *versus* solo com baixo teor de argila).

Aos solos (secos ao ar e peneirados em malha 2 mm) devem ser adicionadas doses crescentes e equidistantes da rocha de interesse, geralmente em sacos plásticos, para facilitar a homogeneização. Após a mistura, o solo pode ser mantido em sacos plásticos ou colocado em recipientes plásticos, aos quais acrescenta-se água destilada para atingir 80% da capacidade de retenção de água de cada solo, que deve ser mantida durante todo o período de incubação

(Figura 2). É importante manter pequenos orifícios nas tampas dos recipientes plásticos ou colocar pequenos caninhos nos sacos plásticos para permitir a troca gasosa do solo com o ambiente externo (Figura 1c).

Figura 2 – Incorporação da rocha de interesse ao solo (a), homogeneização da mistura da rocha com o solo e adição de água destilada (b), solo incubado em sacos plásticos (c). Fotos: Mariana Teixeira da Silva.



Periodicamente, alíquotas do solo são retiradas, secas ao ar e encaminhadas para determinação dos elementos de interesse, pH e CE. O tempo de incubação varia conforme o do tipo e a finalidade de uso da rocha, mas normalmente gira em torno de 90 dias.

Testes em colunas de lixiviação

Esta metodologia consiste na aplicação sequencial de água destilada em colunas de solo (cilindros de PVC ou vidro) contendo cerca de aproximadamente 1000 cm³ de cada solo a ser avaliado e diferentes doses da rocha a ser caracterizada. A coleta e análise da solução percolada permitirá compreender a dinâmica de liberação dos elementos. A definição das doses, frequência das lixiviações e o tempo de duração do experimento dependerá das características de cada rocha, obtidas nos testes anteriores (itens 1 a 4).

Na Figura 3 é apresentado um esquema das colunas de lixiviação utilizadas para estudos com rochas na Embrapa Clima Temperado e a metodologia utilizada está detalhadamente descrita no trabalho de Bamberg et al. (2012).

Figura 3 – Colunas de lixiviação utilizadas para estudos com coprodutos da mineração na Embrapa Clima Temperado. Fotos: Adilson L. Bamberg.



Testes em vasos

Os experimentos realizados em casa de vegetação nos estudos com rochas na Embrapa Clima Temperado incluem pelo menos duas culturas de famílias botânicas distintas, dois tipos de solos e diferentes doses da rocha de interesse, empregando como testemunha absoluta o solo sem a aplicação da rocha e como testemunha padrão a adubação com fontes solúveis (uréia, SFT e KCl). Normalmente, a definição das doses da rocha considera o elemento de maior interesse e concentração (ex.: fósforo em carbonatitos, potássio em fonolitos, cálcio e magnésio em basaltos), embora as quantidades adicionadas dos demais elementos sejam contabilizadas, pois as rochas são fontes multielementares.

Em geral são realizados dois cultivos sucessivos para avaliar o efeito imediato (1º ciclo de cultivo) e residual (2º ciclo de cultivo) das fontes. Ao longo do período experimental são monitorados os teores de nutrientes nas folhas indicadoras das plantas e parâmetros fitotécnicos como altura, diâmetro do colmo, número de perfilhos, início da floração/frutificação, entre outros, a depender do tipo de cultura em avaliação. Ao final do período experimental são avaliados parâmetros de produção das plantas e os teores de nutrientes e EPTs no solo e na massa seca da planta. Nas culturas que conseguem completar o ciclo são analisados os teores de nutrientes e EPTs nos órgãos de consumo (grãos, frutos, folhas). A partir dos dados obtidos é possível definir o efeito imediato e residual de cada rocha quanto à capacidade de fornecimento de nutrientes e translocação de EPTs, as doses com maior eficiência técnica, a cultura mais responsiva para cada material avaliado e a necessidade de blendagem com outras matérias-primas.

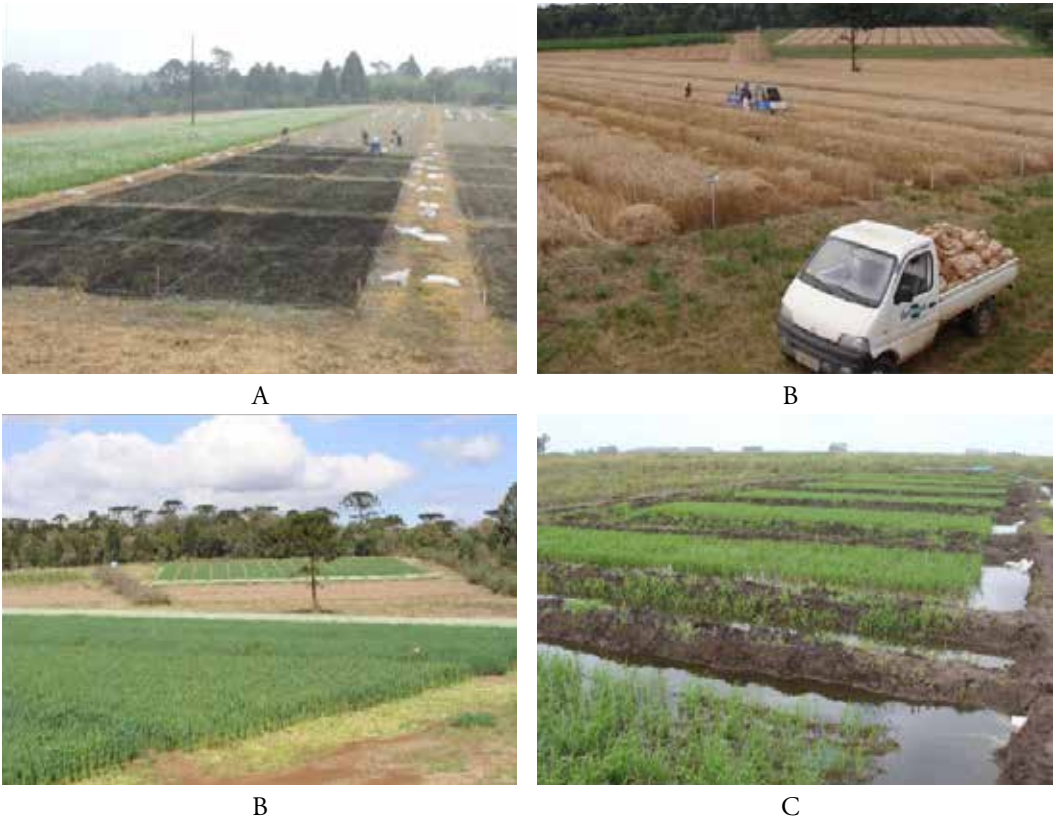
Figura 4 – Experimentos em vasos para estudos com matrizes fertilizantes a base de coprodutos da mineração. Embrapa Clima Temperado, 2016.



Testes em condições de campo

De forma similar aos experimentos em condições controladas, os experimentos realizados em condições de campo nos estudos com rochas na Embrapa Clima Temperado incluem pelo menos duas safras agrícolas, com culturas de inverno e de verão, as doses selecionadas previamente nos estudos em vasos e, sempre que possível, diferentes condições edafoclimáticas, o que é proporcionado pela Rede de Pesquisa estabelecida com diferentes instituições de ensino e pesquisa da região Sul. Os experimentos utilizam como testemunha absoluta o solo sem a aplicação da rocha e como testemunha padrão a adubação com fontes solúveis (uréia, SFT e KCl). Ao final do período experimental são avaliados parâmetros de produção das culturas e os teores de nutrientes e EPTs no solo, na massa seca da planta e nos órgãos de consumo (grãos, frutos, folhas).

Figura 5 – Experimentos em condições de campo na Área Experimental do Projeto Xisto Agrícola, em São Mateus do Sul-PR (a, b e c) e na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em Pelotas-RS (d) para estudos com matrizes fertilizantes a base de coprodutos



Fotos: Rosane Martinazzo.

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO - EXPERIÊNCIAS

Experiência 1 - Granulação e peletização

A partir dos resultados obtidos no protocolo de avaliação acima descrito, é possível definir as matérias-primas e matrizes fertilizantes passíveis de uso na agricultura. Também é

possível identificar algumas características dos produtos que necessitam adequação para o sistema produtivo em que serão inseridos ou ainda identificar potencialidades de melhoria dos produtos. Em geral, as técnicas que tem sido utilizadas são a granulação e a peletização, especialmente nas seguintes situações:

- a) para as rochas com granulometria muito fina, devido à dificuldade de aplicação, geração de pó e perda de material pelo vento;
- b) para misturas de duas ou mais matérias-primas (blendagem) com características complementares ou que isoladamente não atendem a legislação vigente e/ou as necessidades das culturas avaliadas. A granulação propicia a mistura mais homogênea e evita a segregação de partículas durante o transporte e a aplicação;
- c) para misturas da rocha com alguma fonte de origem orgânica (tortas vegetais, composto orgânico, esterco);
- d) para propiciar a inoculação de agentes de interesse, como micro-organismos promotores de crescimento e/ou biocontroladores e/ou solubilizadores de fosfato, etc.

Na Figura 6 são apresentadas fotografias da mistura de diferentes rochas (blendagem), do granulador artesanal utilizado e dos produtos finais peletizados e granulados.

Figura 6 – Ilustração da mistura de diferentes tipos de rochas (blendagem), do granulador artesanal utilizado e de produtos finais peletizados e granulados. Embrapa Clima Temperado, 2016.



Experiência 2 - Utilização de rochas no processo de compostagem

Resultados de estudos anteriores demonstraram que algumas rochas apresentam a capacidade de diminuir as perdas de nutrientes e a emissão de gases de efeito estufa (veja resumo da palestra do prof. Celso Aita e do doutorando Diego A. Giacomini neste evento). Em

função disso, avaliou-se na Embrapa Clima Temperado os efeitos de três tipos de rocha sobre o processo de compostagem e o acúmulo de nutrientes no composto orgânico produzido. Na compostagem foram utilizados resíduos da filetagem de peixes, casca de tungue, serragem e as rochas xisto retornado, granodiorito e basalto amigdalóide à zeolita em duas proporções (5 e 10% m/m) (Figura 7).

Os resultados demonstraram que o processo de compostagem foi adequado em todos os tratamentos avaliados, pois ao final do período experimental apresentavam relação C/N, temperatura e umidade adequadas. Quando comparados à testemunha (sem adição de resíduos da mineração), todos tratamentos com a adição das rochas apresentaram fase termofílica ($50^{\circ}\text{C} \leq T^{\circ} \leq 65^{\circ}\text{C}$) significativamente mais longa e maiores quantidades (em kg/m^3) de K, Mg e Fe no produto final. O tratamento com xisto retornado também apresentou maior acúmulo de enxofre. Adicionalmente, todos os tratamentos apresentaram perdas de C (calculadas pelo balanço de massas) entre 30 e 39% do total de C adicionado, exceto o tratamento contendo 10% de xisto retornado, em que observou-se maior ‘preservação’ do C, sendo a perda em torno de 15%.

Figura 7 – Matérias-primas utilizadas no processo de compostagem serragem e casca de tungue(a), resíduo da mineração (xisto retornado) (b), resíduos da filetagem de peixe (c, d) e produto final antes (e) e após o peneiramento (f). Embrapa ClimaTemperado, 2015.



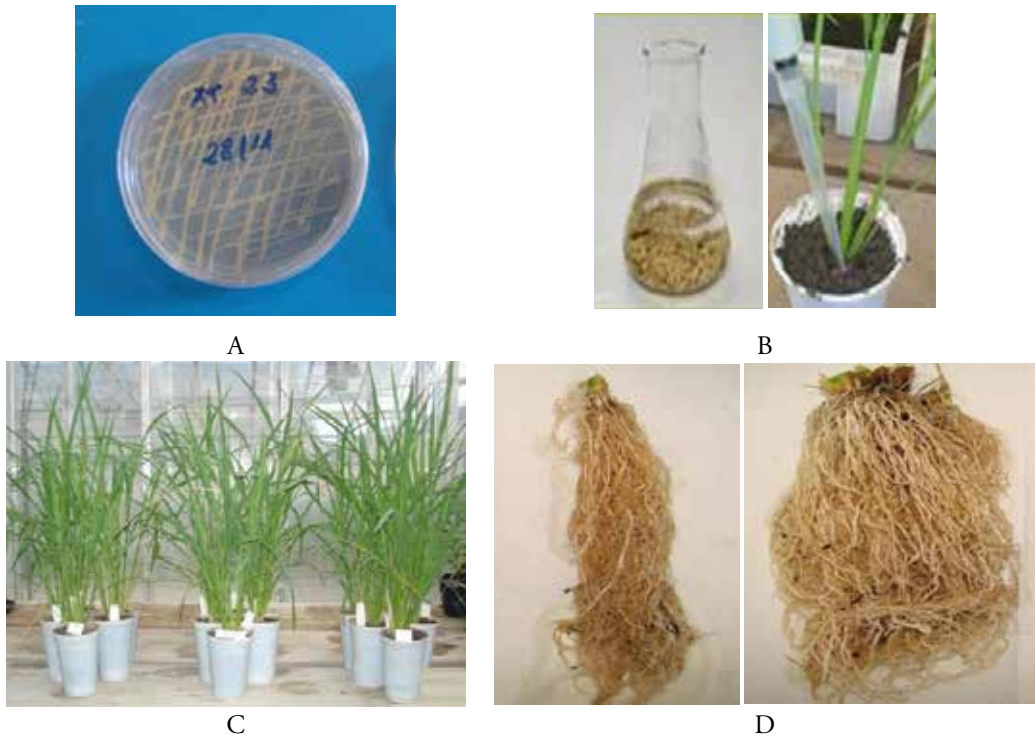
Experiência 3 - Desenvolvimento de matrizes fertilizantes contendo micro-organismos de interesse

Conforme mencionado na palestra do prof. Newton Stamford neste evento, “a utilização de micro-organismos na agricultura depende do conhecimento sobre sua diversidade, mecanismos de interação bactéria-planta e da habilidade de manter, manipular e modificar populações benéficas, em condições de campo”. A Embrapa Clima Temperado vem desenvolvendo estudos nesta linha de pesquisa desde 2005, quando se iniciou a prospecção de micro-organismos de interesse em folhelho pirobetuminoso (xisto). Foram obtidos mais de 400 isolados, os quais foram submetidos a testes bioquímicos, testes in vitro e experimentos em condições controladas com diversas culturas para seleção de cinco isolados com elevado potencial para promoção de crescimento e/ou biocontrole de nematóides e/ou indução de resistência das plantas. As culturas avaliadas até o momento foram arroz irrigado, azevém, soja, pimenteira, mamoneira, figueira, tomateiro, morangueiro e cana-de-açúcar e as formas de inoculação dos micro-organismos foram a microbiolização de sementes e a injeção direta do inoculante ao solo após a germinação/brotação das sementes/colmos/estacas (Figura 7). Os efeitos mais relevantes observados são: a) maior massa seca de parte aérea e de raízes e diminuição do fator de reprodução de nematóides nas plantas inoculadas com os micro-organismos de interesse (em experimentos em condições controladas) e b) maior produtividade de grãos de arroz irrigado (cultura avaliada em condições de campo durante quatro safras consecutivas).

Atualmente estão sendo realizados estudos para introdução desses micro-organismos e também de *Trichoderma* em matrizes fertilizantes a base de coprodutos agroindustriais e da mineração, ou seja, nestes estudos as rochas estão sendo avaliadas não apenas como fornecedoras de nutrientes, mas também como suportes² para os micro-organismos. Adicionalmente, estudos de prospecção de micro-organismos considerando diversos tipos de rocha e plantas de ambientes extremos estão em andamento.

2 Suporte: “material excipiente e esterilizado, livre de contaminantes segundo os limites estabelecidos, que acompanha os microorganismos e tem a função de suportar ou nutrir, ou ambas as funções, o crescimento e a sobrevivência destes microorganismos, facilitando a sua aplicação” (Decreto 8.059/2013).

Figura 7 – Etapas dos testes in vivo com micro-organismos isolados da rocha folhelho pirobetuminoso (xisto) na cultura do arroz irrigado: isolamento do micro-organismo de interesse (a), introdução do isolado na semente ou no solo (b), avaliação do desenvolvimento da parte aérea das plantas inoculadas (c) e avaliação das raízes das plantas testemunha e inoculada com o micro-organismo de interesse, respectivamente (d). Embrapa Clima Temperado, 2013. Fotos: Cesar B. Gomes.



Experiência 4 – Composição e forma de aplicação dos remineralizadores

Os remineralizadores que apresentam natureza física na forma de pó representam um grande desafio em termos de aplicação por parte dos agricultores. A diversidade de minerais, com densidades distintas, e a distribuição do tamanho das partículas do produto resulta num produto final de natureza física variada, influenciando na possibilidade de segregação e heterogeneidade de distribuição do produto. Além disso, condições ambientais como o vento e o tipo de equipamento podem afetar significativamente a qualidade de distribuição do produto.

A aplicação dos remineralizadores no solo se dá pela sua distribuição em superfície ou aplicado na linha de semeadura. A distribuição em superfície poderá ser a lança, em faixas ou em área total. São utilizados caminhões ou autopropelidos com caçamba aplicadora, ou ainda implementos aplicadores de corretivos rebocados com tratores, dotados de reservatório e distribuidores centrífugos de discos. Utilizados em menor escala estão os distribuidores por gravidade tipo “cocho”. Quando se deseja aplicar na linha de semeadura, esta deve ser feita com as semeadoras dotadas de sulcadores, caixas e mecanismo dosador/distribuidor de fertilizantes, dando-se preferência à aplicação antecipada, no momento da implantação da cultura de inverno ou da planta de cobertura. Em pequenas áreas, como em canteiros e covas, a distribuição é feita manualmente, sendo o produto incorporado ao solo com encanteiradores e enxadas.

Figura 8 – Formas de aplicação dos remineralizadores: a) distribuição a lanço com discos centrífugos, b) distribuição por gravidade tipo “cocho”; c) semeadora com sulcador, caixas e dosadores para fertilizantes; d) aplicação manual.



Fonte: Eduardo F. Caires. Disponível em:
http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&cid=1108



Fonte: Mepel.
Disponível em: <http://www.mepel.ind.br>



Quando verificada a dificuldade de distribuição dos remineralizadores, bem como de se adaptar aos sistemas produtivos com maior nível tecnológico e mecanização, a granulação e a extrusão (peletização) são alternativas para facilitar a aplicação. Rochas moídas, utilizadas de forma isolada ou em misturas, podem ser granuladas com disco granulador, enquanto que a mistura com fontes orgânicas poderá passar por extrusão, desde que a fração mineral seja minoritária (até 20%) na composição da mistura.

TEMA 6 - DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS A BASE DE REMINERALIZADORES DE SOLO E PERSPECTIVAS FUTURAS

RESUMOS



USO DE MISTURA DE AGROMINERAIS SILICÁTICOS (BLENDS) COMO FONTE DE K PARA A CULTURA DA SOJA

Maria Inês Lopes de Oliveira¹; Mariana Bassetto Gabos²; Eder de Sousa Martins³; Albano Leite⁴

¹Instituto Federal de Brasília - minesoliveira2@gmail.com; ²Embrapa Cerrados - mbgabos@gmail.com; ³Embrapa Cerrados - martieder@gmail.com; ⁴Terrativa Minerais - albano.leite@terrativa.com.br

Resumo: Este trabalho objetivou testar a eficiência de mistura de agrominerais silicáticos como fonte de K para acultura da soja. O experimento foi conduzido nas imediações da Embrapa Cerrados, em Planaltina-DF, em duas áreas de campo com condições climática similares e solo diferentes: uma com solo de textura média e outra com solo argiloso. O experimento foi conduzido em 6 blocos casualizados com os tratamentos sienito, biotita xisto (referência de rocha silicática) e cloreto de potássio (fertilizante convencional) nas doses de 0, 60, 120, 240 e 480 kg de K₂O ha⁻¹. Foi feito o preparo do solo, em seguida distribuído manualmente os tratamento em cada parcela e na sequência incorporação ao solo (até 20 cm). A média de produtividade foi baixa, variou de 500 a 1110 kg ha⁻¹. No entanto todas as rochas mostram-se superiores ao tratamento controle (testemunha). O tratamento com KCl apresentou absorção de K mais elevada, em comparação aos demais tratamentos.

Palavras-chave: rochagem; fontes naturais de potássio; pó de rocha;.

INTRODUÇÃO

O potássio (K) é o segundo nutriente mais exigido pela cultura da soja. Por isso a adubação potássica é essencial para obtenção de altas produtividades. A reserva de K nos solos de Cerrado é muito pequena, insuficiente para suprir as quantidades extraídas pelas culturas por cultivos sucessivos e, portanto, sua reposição ao solo deve ser feita com a adubação. O K oriundo de fertilizantes químicos, apresenta alta solubilidade no solo, o que associado à baixa capacidade de troca catiônica (CTC) dos solos de Cerrado, favorece a ocorrência de perdas por lixiviação.

Assim a rochagem, “uso de rocha finamente moída”, é uma opção para o fornecimento desse nutriente. Desta forma é de grande importância demonstrar a eficiência na utilização de rochas silicáticas como fonte alternativa e ecológica de potássio. Estas rochas proporcionam ao solo o fornecimento lento de nutrientes para a nutrição mineral das plantas cultivadas, melhorando as condições químicas dos solos, e consequentemente o aumento da produção, além de corrigir deficiências por meio de remineralização do solo (GRECCO et al., 2013; MESSIAS et al., 2013). Segundo Silva (2012) e Lapido-loureiro & Figueiredo Neto (2008,) a rochagem pode contribuir para a redução no consumo de fertilizantes industriais.

As fontes alternativas de k na produção de alimentos, em solos tropicais pode contribuir com a soberania alimentar no Brasil, além de assegurar a produção de alimentos saudáveis, e minimizar o uso de fertilizantes químicos (THEODORO et al., 2013). Ainda, em virtude da pequena produção, comparada à grande demanda interna pelo produto, o Brasil situa-se no

contexto mundial como grande importador do fertilizante potássio (Oliveira, 2014). Nota-se uma dependência da importação de grande parte dos fertilizantes consumidos no país, isso denota um ponto fraco na agricultura, diminuindo a produtividade e competitividade nacional (BARBOZA, 2011). O objetivo deste trabalho foi testar a eficiência de misturas de agrominerais silicáticos como fonte de K para acultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento em condições de campo foi conduzido concomitantemente em duas áreas nas imediações da Embrapa Cerrados, em Planaltina-DF: uma com solo de textura média (Serrinha) e outra com solo argiloso (Chapada), com teores de argila de 19% e 85%, respectivamente. Ambas as áreas eram novas, subsequentes a vegetação nativa, o que restringe a possibilidade de interferências nos resultados apresentados pelos tratamentos.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, contando com seis blocos para cada área. Os tratamentos foram as misturas de agrominerais Sienito/Ugandito 9,21 % de K_2O (TA-33); Sienito/Tefrifonolito 10,9 21 % de K_2O (TA-34); Sienito/Biotita 11,3 21 % de K_2O (TA-36); e o fertilizante solúvel cloreto de potássio (KCl) representando o tratamento convencional. Todos os tratamentos incluíram as dosagens de 60, 120, 240 e 480 kg ha^{-1} de K_2O e uma testemunha dose 0 kg ha^{-1} de K_2O . As áreas foram divididas em blocos, estando em cada um uma repetição. As parcelas foram de 4 metros de largura por 6 metros de comprimento. Os tratamentos foram aplicados manualmente de forma homogênea na superfície ao longo da parcela (Figura 1) e incorporado a 20 cm de profundidade com o auxílio de uma grade aradora. No preparo de solo pré-plantio em área total foi feita a calagem para elevar a saturação por base a 60%, e gessagem. Para a correção do fósforo e dos micronutrientes no solo, foi necessária adubação fosfatada Super Fosfato Triplo 40 % P_2O_5 e FTE BR12 5,7% S + 1,8% B + 0,8% Cu + 2,0% Mn + 0,1% Mo + 9,0% Zn + 0,1% Co.

Figura 1 – Aplicação do pó de rocha a lança.



No plantio (11 de dezembro de 2014) foi utilizado a variedade BRS 7580 convencional. No experimento o ciclo da soja durou 119 dias, desde o plantio até a colheita. Para as amostragens da parte aérea (10 de fevereiro de 2015) foram coletadas duas plantas por parcela, escolhidas aleatoriamente no início do estágio reprodutivo. O material vegetal seco foi pesado, moído

e analisados os teores de macro e micronutrientes e silício, extraídos pelo método de digestão nitro-perclórico (SILVA, 1999).

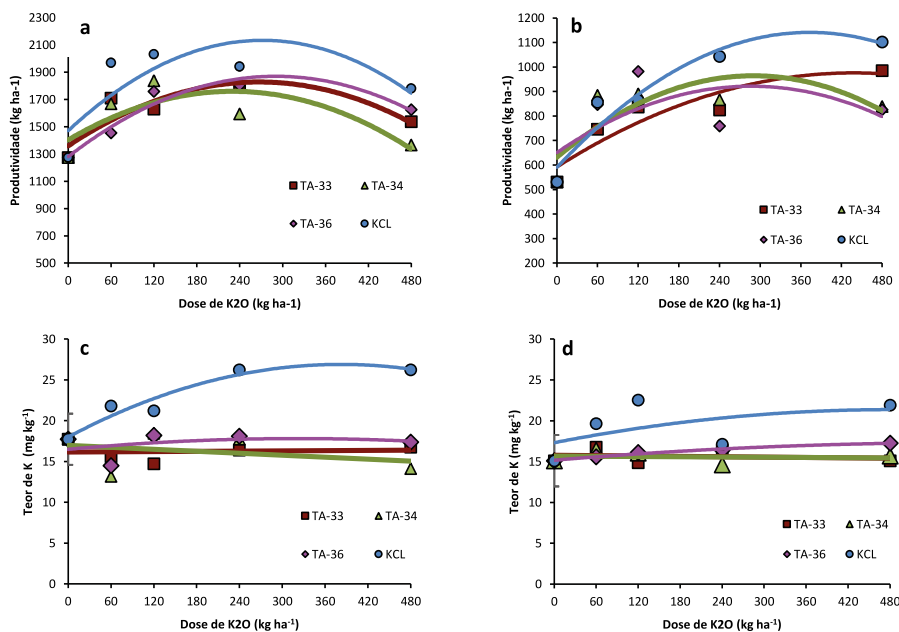
Após a colheita, foram coletadas amostras de solo, com três pontos em cada parcela nas profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm, para formar uma amostra composta para cada profundidade. As amostras foram peneiradas em peneira de 2 mm e analisadas para: pH (CaCl_2 0,01 mol l^{-1}); H+Al (índice SMP); alumínio trocável (Titulometria 1 mol l^{-1}); matéria orgânica (Colorimetria - IAC); Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio (Resina trocadora de íons); enxofre (Turbidimetria - BaCl_2 em pó); Fe, Mn, Cu e Zn (DTPA); Boro ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – micro-ondas).

A análise estatística dos dados foi executada no software estatístico R. Todos os dados foram submetidos a análise de variância e testado sua normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Bartlett). Comparações de médias foram realizadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) e regressões lineares e quadráticas foram utilizadas para análise dos dados de doses.

No estudo da eficiência de mistura de agrominerais silicáticos como fonte de K para acultura da soja, pode-se observar que a média de produtividade foi baixa, variando de 500 a 1110 kg ha^{-1} . No entanto todos os blends mostram-se superiores ao tratamento controle (testemunha). A baixa produtividade pode ser atribuída ao fato de ser uma área de primeiro plantio, e aos fatores climáticos, um extenso veranico ocorrido no final do estágio vegetativo.

Os tratamentos com TA-33 e TA-36, na dose agrônômica de 240 kg ha^{-1} de K_2O , apresentaram melhores produtividades de grãos do que o TA-34 (Figura 2 a), no solo de textura argilosa, porém, no solo de textura média, na mesma dose o TA-34 teve melhor eficiência, seguido do TA-33. A dose de K_2O , com o uso do KCl, apresentou produtividade maior que os demais tratamentos.

Figura 2 – Produtividade (a,b) e teor de K (c, d) na parte aérea de plantas de soja em resposta a aplicação de doses e fontes de potássio em duas áreas: solo textura argilosa (a, c) e textura média (b,d).



O baixo desempenho agronômico dos Blends testados também é atribuído ao atraso na semeadura, o que pode ter ocasionado redução no número de dias para o florescimento (DPF), maturação (MAT), altura de plantas e produtividade de grãos. Também SÉKULA, 2011, observou que no primeiro ano de cultivo, as adubações alternativas mantiveram rendimentos inferiores aos das adubações convencionais. Isso porque os agrominerais apresentam solubilidade gradual, ao contrário dos fertilizantes convencionais (THEODORO, 2000). É importante destacar que, os tratamentos tiveram produtividade superior àquela obtida nas parcelas controle. Nas figuras 2 c,d, estão os resultados de acúmulo de K na parte aérea das plantas de soja no decorrer do desenvolvimento da cultura, nas duas áreas de cultivo. De maneira geral, exceto para o tratamento KCl na área de textura argilosa, não houve variação do acúmulo de k. O teor de K de no tecido vegetal, para os tratamentos TA-33, TA-34 e TA-36 indicou baixa disponibilidade. Pode-se observar que o tratamento com KCl apresentou maior em comparação aos demais tratamentos. Todos os tratamentos mostram aumento linear da acumulação do nutriente K. O teor de K não acompanha a produtividade de grãos.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicaram potencial dos blends testados como fonte de potássio para a cultura da soja. O comportamento linear das fontes indica possibilidade de efeito residual dos tratamentos no solo.

REFERÊNCIAS

- GRECCO, M. F.; BAMBERG, A. L.; POTES, M. L.; LOUZADA, R.; SILVEIRA, C. A. P.; MARTINAZZO, R.; BERGMANN, M. **Efeito de rochas moídas sobre a acumulação de nutrientes na parte aérea de plantas de milho (*Zea Mays*) e de aveia-preta (*Avena Strigosa*)**. II Congresso Brasileiro Rochagem: Poços de Caldas- MG, 2013, p. 76.
- LAPIDO-LOUREIRO, F. E.; FIGUEIREDO NETO, R. M., J. **Fertilizantes: agroindústria & sustentabilidade**. Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT): Brasília, 2008. p.880.
- MALAVOLTA, E.; ROMERO, J. P. **Manual de adubação 2ª edição**. Associação Nacional para Difusão de Adubos: São Paulo, 1975.
- MESSIAS, R. S.; POTES, M. da L.; ÁVILA, L. O.; SILVEIRA, C. A. P.; SILVA, S. D. A. **Qualidade de grãos de sete genótipos de milho submetidos à diferentes tipos de adubação**. Congresso brasileiro de rochagem, 2ª, 2013: Poços de Caldas-MG Petrobras: Embrapa, 2013.
- SILVA, D. R. G. **Caracterização e avaliação agronômica de rochas silicáticas com potencial de uso como fontes alternativas de nutrientes e corretivos da acidez do solo**. Universidade de Brasília- UnB: Brasília, 2012, p. 173.
- THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H.; REGO, K. G.; MEDEIROS, F. P.; TALINI, N. L.; SANTOS, F.; OLIVEIRA, N. **Efeito do uso da técnica de rochagem e adubação orgânica em solos tropicais: Experimentos de campo em Planaltina/DF**. II Congresso Brasileiro Rochagem: Poços de Caldas- MG, 2013, p. 72.

EFEITO DE DIFERENTES SUBSTRATOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE

Nayra Thaís Ferreira Batista¹; Vilmar Antonio Ragagnin²; Eduardo Hack³; Andrea Luiza Görgen⁴

¹Mestre em Agronomia (Produção Vegetal), UFG - Campus Jataí - nayrathais88@gmail.com; ²Docente de Agronomia, UFG - Campus Jataí - vilmar.ragagnin@gmail.com; ³Administrador de Agronegócio - agrodudas@hotmail.com; ⁴Técnica Agrícola - andrealuizagorgen@gmail.com

Resumo: O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de diferentes substratos feitos a partir de subprodutos de mineradoras e da agroindústria no crescimento e desenvolvimento de mudas de alface. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí, em fevereiro de 2013. O delineamento foi inteiramente ao acaso, com sete substratos a base de pó de rocha (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7) e um substrato comercial como testemunha (T8). A semeadura foi realizada no dia 15 de fevereiro com sementes nuas tratadas de alface do tipo crespa, cultivar Simpson semente preta. Após semeadura as bandejas foram tampadas, sendo destampadas no terceiro dia, com o início da germinação. Ao sétimo dia após a semeadura foram avaliadas o índice de germinação, a altura de planta e realizado o desbaste. A altura de plantas mostrou diferença significativa entre os tratamentos, sendo que o tratamento T8 foi o que demonstrou maior tamanho de plantas, enquanto o T4 e T5 foram os menores. Os tratamentos T6, T3, T7 e T2 não diferiram do T8 (substrato comercial), demonstrando a viabilidade destes como substratos para alface.

Palavras-chave: Pó de rocha, *Lactuca sativa* L., mudas de qualidade, hortaliças.

INTRODUÇÃO

A utilização de pó de rocha em sistemas de produção agrícola constitui-se numa alternativa altamente interessante do ponto de vista econômico e ambiental (CASTRO et al., 2006). De acordo com Leonardos et al. (1987), as rochas moídas têm capacidade de restaurar as características físico-químicas do solo, melhorando sua fertilidade. Os produtos são obtidos a partir do beneficiamento simples de matérias minerais, são aplicados “in natura” e apresentam solubilidade mais lenta do que os fertilizantes convencionais, disponibilizando os nutrientes para as plantas por um período maior (MARTINS & THEODORO, 2010).

O processo apresenta uma conotação regional, necessitando que as áreas de cultivo agrícola estejam próximas as mineradoras (MARTINS et al., 2007). A maior parte desses produtos são resíduos de mineradoras e apresentam baixo valor comercial sendo, portanto, uma alternativa viável para pequenos e médios agricultores, assim como olericultores, dando a estes oportunidade de melhorarem sua renda e qualidade de vida.

É observado na olericultura mudanças rápidas, em função do cultivo intensivo que as hortaliças imprimem no setor, exigindo cada vez mais o aprimoramento de técnicas, para obtenção de produtos de melhor qualidade. Dentre as inovações criadas nesta cadeia produtiva, a produção de mudas de alta qualidade é um dos fatores decisivos para a obtenção de plantas

de alto padrão, principalmente para manter equilibrada a comercialização (REGHIN et al., 2004). Atualmente, a implantação de cultivos de alface (*Lactuca sativa* L.) e de outras hortaliças no campo é feita por meio de mudas produzidas com diferentes tipos de substratos comerciais ou formulados pelo próprio agricultor (VIGGIANO; FREITAS; FERREIRA, 2012).

São diversos os materiais que podem ser utilizados puros ou em misturas para produção de substratos, como vermiculita, a terra de subsolo, o esterco bovino, a areia, a casca de árvores, o composto de lixo, a serragem, o bagaço de cana ou vinhoto, a acícula de pinus e outros (FONSECA, 1988; GOMES et al., 1991). Mas a utilização de materiais disponíveis na região se constitui uma estratégia importante, pois além de ser mais acessível leva em consideração o aspecto econômico.

O objetivo desse trabalho é avaliar o efeito de diferentes substratos feitos a partir de subproduto de mineradora e da agroindústria no crescimento e desenvolvimento de mudas de alface.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí, em fevereiro de 2013, sendo desenvolvido em três bandejas plásticas de 200 células para produção de mudas. O delineamento foi inteiramente ao acaso, com sete tratamentos com substrato com base de pó de rocha (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7) e um substrato comercial como testemunha (T8). Cada unidade experimental foi representada por oito células e foram deixadas células vazias entre cada unidade. A semeadura foi realizada no dia 15 de fevereiro com sementes nuas tratadas de alface do tipo crespa, cultivar Simpson semente preta. A irrigação foi realizada por microaspersor acoplado em mangueira de duas a três vezes por dia. Não foi realizada adubação foliar nem de cobertura. Após a semeadura, as bandejas foram tampadas, sendo destampadas no terceiro dia, com o início da germinação.

Na tabela 1 é apresentada a formulação dos tratamentos utilizados no presente trabalho. Os substratos T1 ao T7 foram produzidos em dezembro de 2012. A água foi acrescentada aos tratamentos que não tiveram adição de Torta de filtro ou vinhoto que conferiam umidade em seus respectivos tratamentos. O pó de rocha usado foi micaxisto de Aparecida de Goiânia (Pedreira Araguaia) que apresenta 80% do total em massa na fração menor que 0,3 mm.

Tabela 1 – Descrição dos materiais e sua proporção em cada tratamento.

MATERIAIS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	%.....							
Terra da mata	13,03		15,6			1,8	1,55	
Esterco de frango	50,72	44,68		17,11	30,52			
Esterco bovino			40	17,11				
Pó de micaxisto	21,73	44,68	40	59,7	53,27	45,7	76,55	
Água	14,5	10,64	4,4	6,08				
Torta de filtro						52,5	21,9	
Vinhoto					16,2			
Pantmax								100

Tabela 2 – Análise química dos substratos formulados a base de pó de rocha, realizada no Laboratório Exata Ltda., em Jataí – GO.

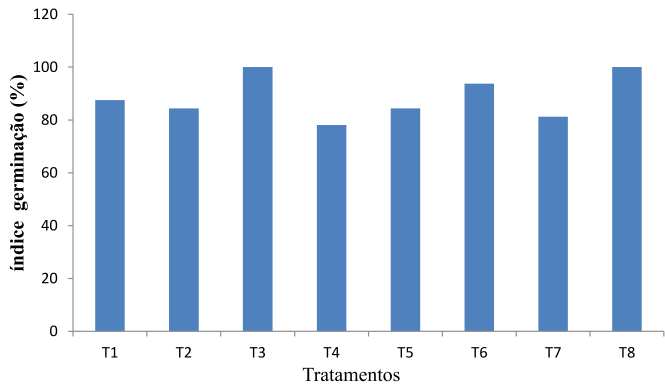
Tratamentos								
Nutrientes	Unidade	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Nitrogênio total		2,27	1,09	0,37	0,5	0,81	0,15	0,1
P ₂ O ₅		2,07	1,2	0,61	0,76	0,92	1,06	0,71
K ₂ O		3,22	1,56	0,09	0,6	1,1	0,21	0,24
Cálcio	(%)	2,56	1,52	0,56	0,83	1,19	0,98	0,66
Magnésio		1,21	1,57	1,1	1,69	2	1,23	1,69
Enxofre		0,66	0,39	0,14	0,23	0,29	0,16	0,1
Ferro		1,83	3,85	6,33	5,37	3,78	4,45	4,6
Boro		236,82	310,62	487,92	339,01	309,45	338,16	306,44
Cobre		771,96	431,54	142,07	232,81	330,62	117,78	112,94
Manganês	(mg/kg)	474,22	319,39	319,25	328,39	257,11	133,8	122,06
Zinco		456,42	250,17	45,89	131,87	215,78	82,78	74,46
Cobalto		...	...	...	20,19	...	...	...
Molibdênio		64,97	76,99	87,42	60,36	62	61,56	54,28
Umidade total		41,84	33,53	24,6	23,8	34,25	38,59	25,43
Umidade (65°C)	(%)	39,68	32,23	24,2	23,4	33,4	38,23	25,29

Ao sétimo dia após a semeadura foram avaliados o índice de germinação, altura de planta e realizado o desbaste. Os dados de altura de planta foram analisados pela ANOVA e testado por Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Figura 1, os tratamentos T3 e T8 apresentaram 100% de germinação ao sétimo dia após a semeadura. Em seguida o T6 com 93,75%. Esse resultado se deve provavelmente pela característica física (visualmente observada) do substrato T3 ser parecida com o comercial T8, mesmo os materiais sendo de origem diferente. Foi observado durante o acompanhamento que o tratamento T3 mantém a umidade por maior tempo.

Figura 1 – Índice de germinação (%) em relação aos substratos avaliados.



A altura de plantas mostrou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2), sendo que o tratamento T8 foi o que demonstrou maior tamanho de plantas, enquanto o T4 e T5 foram menores. Traniet al. (2007) observaram que houve maior eficiência do substrato Plantmax na produção de mudas de alface, diferenciando-se dos outros substratos quanto ao número de folhas verdadeiras, e altura média de planta, massa fresca e massa seca da parte aérea.

Os outros tratamentos como o T6, T3, T7 e T2 não diferiram do tratamento T8 sendo que, tais substratos com exceção do T2 tiveram em sua composição terra da mata, o que sugere que esse material tem efeito benéfico na produção de substrato. Tratamento como T4 e T5 que tiveram menor altura de planta além de baixo índice de germinação não tiveram terra de mata em sua composição. Dessa forma, o tratamento T3 e T6 que são substratos com 40 à 46% de sua constituição com pó de micaxisto, sem esterco de frango e com terra de mata foram os que mais se assemelharam ao tratamento controle (T8) podendo validar a viabilidade destes como substratos de alface.

Tabela 2 – Médias de altura de plantas em relação aos diferentes substratos avaliados.

Tratamentos	Altura de Plantas (cm)	
T8	1,36	a
T6	1,18	ab
T3	1,13	ab
T7	1,00	ab
T2	0,85	ab
T1	0,77	ab
T4	0,62	b
T5	0,58	b

*Média seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados observados conclui-se que:

1. Os tratamentos T6, T3, T7 e T2 não diferiram do substrato comercial com relação à altura de planta.
2. Os tratamentos T4 e T5 tiveram menor índice de germinação e altura de planta.
3. Os tratamentos T3 e T6 foram os que mais se assemelharam ao tratamento controle (T8) podendo validar a viabilidade destes como substratos de alface.

AGRADECIMENTO

Sociedade Ecológica de Jataí (SEJA); Universidade Federal de Goiás-Campus Jataí (UFG).

REFERÊNCIAS

CASTRO, César de et al. **Rochas brasileiras como fonte alternativa de potássio para a cultura do girassol. Espaço & Geografia**. 2. ed. 2006. 9 v.

FONSECA, Êsio de Pádua. **Efeito de diferentes substratos na produção de Eucalyptus grandis W. Hill exMaiden em “Win-Strip”**. Viçosa: UFV, 1988. 81 p. Dissertação Mestrado.

GOMES, José Mauro et al. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de Eucalyptus grandis W. Hill Maiden, em “Win-Strip”, 1991. 81 p. 15 v. P. 35-42.

LEONARDOS, Othon Henry; FYLE, Willian; KRONBERG, Barbara. The use of ground rocks in laterite systems – an improvement to the use of conventional soluble fertilizers. **Chemical Geology**, 60:361-370. 1987.

MARTINS, Êder de Souza et al; Rochas Silicáticas como Fontes Minerais Alternativas de potássio para a Agricultura/Rochas e Minerais Industriais – CETEM/2007.

MARTINS, Eder de Souza; THEODORO, Suzi. **Anais I Congresso Brasileiro de Rochagem**. Planaltina, DF: Embrapa cerrados, 2010.

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; OLINIK, J. R.; JACOBY, C. F. S. Produtividade da chicória (Cichorium endivia L.) em função de tipos de bandejas e idade de transplante de mudas. **Ciências Agrotecnológicas**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 739-747, 2004.

TRANI Paulo Espíndola et al. Avaliação de substratos para produção de mudas de alface. **Horticultura Brasileira** 25: 256-260. 2007.

VIGGIANO, José Ricardo; FREITAS, Leandro Grassi; FERREIRA, Paulo Afonso. **Resíduo da produção de Pochoniachlamydosporia no desenvolvimento de mudas e plantas de alface**. 7. ed. Brasília: Pesq. Agropec. Bras., 2012. 47 v. P.938-990.

NUTRIÇÃO DE MILHO APÓS ADIÇÃO DE SIENITO E SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

Luiz Fernando dos Santos¹; Lucas Leal Machado²; Lucas Rodrigues²;
Fernando Fabriz Sodré²; Éder de Souza Martins³; Jader Galba Busato²

¹Mestre em Química – Universidade de Brasília (UnB) nandosantos.fsa@gmail.com; ² Universidade de Brasília (UnB); ³Embrapa Cerrados

Resumo: A remineralização de solos a partir da prática da rochagem tem sido apontada como capaz de fornecer nutrientes vegetais. A rochagem consiste na incorporação de rochas finamente moídas aos solos, mas a sua baixa solubilidade limita a liberação de nutrientes. Por isto são necessários processos que aumentem a solubilização desses minerais, como a aplicação de substâncias húmicas que promovem modificações anatômicas e bioquímicas nas plantas e especialmente ampliam a produção de ácidos orgânicos e a extrusão de H^+ pelas raízes. Objetivou avaliar se a aplicação de soluções contendo substâncias húmicas altera a capacidade de absorção de nutrientes por plantas de milho (*Zea mays* L.) tratadas com pó de sienito (remineralizador). As plantas tratadas com soluções contendo substâncias húmicas apresentaram maior absorção de macronutrientes. Ainda, o uso do remineralizador resultou em menores absorções de Al^{3+} e Na^+ nos tecidos vegetais.

Palavras-chave: sienito, ácidos húmicos, rochagem

INTRODUÇÃO

O uso excessivo de fertilizantes químicos na produção agrícola resulta em impactos ambientais, como lixiviação de sais para lençóis freáticos causando eutrofização e aumento da salinidade do solo (VINOD et al., 2015) além de onerar drasticamente a produção agrícola, uma vez que a maioria dos fertilizantes é importada (ANDÁ, 2015). O uso de fontes de nutrientes com menor solubilidade, chamados de remineralizadores, como o uso de rochas finamente moídas extraídas em território nacional podem contribuir para diminuição dos custos e para melhorar os indicadores de fertilidade dos solos. Aplicações de rochas fosfatadas contendo minerais de apatitas como fontes de P, rochas basálticas visando o fornecimento de Ca^{2+} , K^+ e Mg^{2+} e rochas silicáticas potencialmente fornecedoras de K^+ já foram avaliadas (ESCOSTEGUY & KLANT, 1998; RIBEIRO et al., 2010; SOUZA et al., 2013). A importância da utilização dessas rochas é a lenta liberação dos nutrientes, o que possibilita a oferta gradativa ao solo, reduzindo as perdas por lixiviação. De outra forma, a baixa concentração de nutrientes é apontada como desvantagem, exigindo que grandes quantidades do material sejam aplicadas, especialmente em culturas de ciclo curto (VAN STRAATEN, 2006). Entretanto, uma série de trabalhos também evidenciou aumento da solubilização de nutrientes provenientes de rochas finamente moídas a partir do uso combinado de micro-organismos e materiais orgânicos em decomposição (BUSATO et al., 2012; SOUSA et al., 2013; LOPES et al., 2014). Outra

possibilidade, ainda pouco explorada, para aumentar a solubilização está associada à ação das próprias plantas no ambiente de cultivo. Isto porque alguns compostos naturais presentes nos solos, tais como as substâncias húmicas (SH), podem promover modificações anatômicas e bioquímicas nas plantas que resultam em maior absorção, assimilação e distribuição dos nutrientes, como maior exsudação de ácidos orgânicos, da atividade da enzima H^+ -ATPase, incidência de sítios de mitose, alongamento da raiz principal e aumento de raízes laterais (DENRE et al., 2014; CANELLAS et al., 2015). Estas substâncias têm sido nomeadas bioestimulantes do crescimento vegetal. O objetivo desse trabalho é avaliar se a aplicação de soluções contendo ácidos húmicos (AH) altera os parâmetros biométricos e a capacidade de absorção de nutrientes nas plantas de milho (*Zea mays* L.), cultivadas num Latossolo tratado com remineralizador sienito.

MATERIAL E MÉTODOS

O solo utilizado no experimento foi um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico - LVAd, de textura muito argilosa ($668,7 \pm 1,6 \text{ g kg}^{-1}$ de argila, $39,5 \pm 0,6 \text{ g kg}^{-1}$ de silte e $292 \pm 1 \text{ g kg}^{-1}$ de areia). A rocha utilizada como remineralizador foi classificada como Sienito e apresenta teor de K_2O total acima de 10%, o que a classifica como ultrapotássica (FOLEY et al., 1987). Para o desenho experimental primeiro foi determinado a dose mais eficiente de AH para crescimento radicular do milho, as sementes foram colocadas para germinar em papel germitest, em câmara tipo BOD (TE-371, TECNAL, Piracicaba, São Paulo, Brasil) com temperatura, umidade e luminosidade controladas. As plântulas foram coletadas e acondicionadas em recipientes contendo soluções com 0, 20, 40, 80 e 160 mg AH L^{-1} , permanecendo em BOD por 10 dias. A área radicular das plantas foi determinada utilizando o programa de processamento de imagens ImageJ[®] e o número de raízes laterais foi determinado por contagem com auxílio de lupa. Para o experimento em casa de vegetação, sementes pré-germinadas na presença e ausência de AH foram transferidas para os vasos preenchidos com solo e diferentes doses do remineralizador (granulometria $<0,150\text{mm}$), configurando os tratamentos apresentados na Tabela 1. O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, totalizando 30 observações. Em todos os tratamentos, foi realizada adubação nitrogenada na dose de $100 \text{ kg de N ha}^{-1}$, empregando-se $(NH_4)_2SO_4$ (21% de N). Nos tratamentos que receberam sementes tratadas com AH, aplicaram-se 100 mL de solução de AH com 15 e 25 dias após o plantio por vaso. Após 45 dias de cultivo, as plantas foram coletadas, para análise biométrica e química das folhas seguindo os procedimentos propostos por Embrapa (2009). Foram determinados os teores de K^+ , $P-PO_4^{3-}$, Fe^{3+} e Al^{3+} . Os teores nutricionais passaram pelo teste de normalidade Shapiro-Wilks e posteriormente foram avaliados por meio de análise de variância (ANOVA), quando significativos pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) utilizando-se o software XLSTAT 2013, obtendo-se modelos de regressão das médias observadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A dose de 40 mg AH L^{-1} foi a que apresentou melhor eficiência na emergência de raízes laterais (Figura 1A). Além disso, as raízes das plantas de milho tratadas nas doses de 40 mg e

80 mg de AH (ácidos húmicos) L⁻¹ apresentaram maior área radicular, 169 e 161 cm², respectivamente (Figura 2A e 2B).

Tabela 1 – Identificação dos tratamentos.

Tratamentos	Doses de remineralizador (kg K ₂ O ha ⁻¹)				
	0	75	150	225	300
Rem* + Planta (RP)	0 RP	75 RP	150 RP	225 RP	300 RP
Rem + Planta + AH (RPA)	0 RPA	75 RPA	150 RPA	225 RPA	300 RPA

* Rem = remineralizador: sienito moído.

Figura 1 – Desenvolvimento radicular inicial de plântulas de milho na presença de ácidos húmicos. (A = 20 mg AH L⁻¹; B = 40 mg AH L⁻¹; C = 80 mg AH L⁻¹).

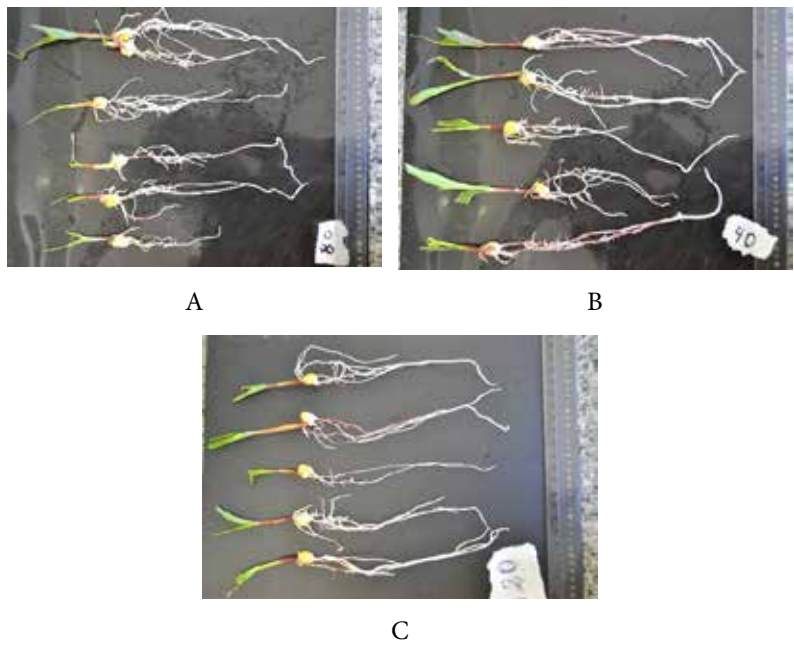
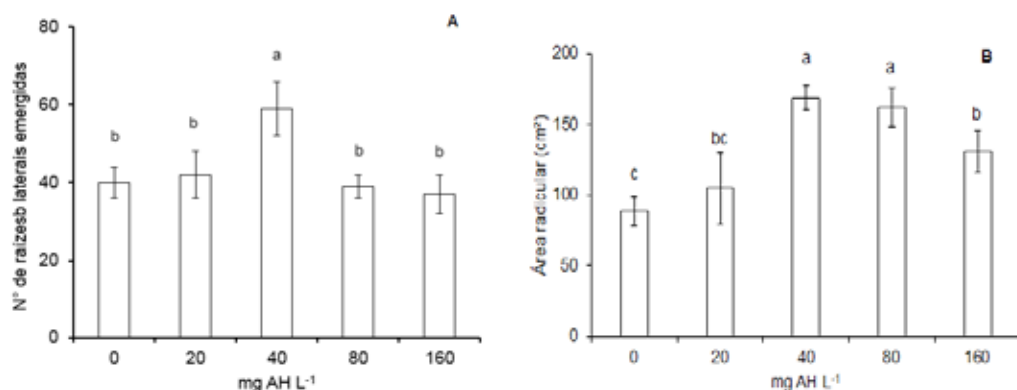


Figura 2 – Determinação da dose de ácidos húmicos mais eficiente para o desenvolvimento radicular inicial de plantas de milho. Letras minúsculas diferentes das barras significam médias diferentes pelo teste Tukey ($p<0,05$).



A influência de AH sobre o desenvolvimento radicular de plantas já foi demonstrada (CANELLAS et al., 2002), sendo observados aumento do número de raízes laterais, dos sítios de mitose, da área radicular e da atividade H^+ -ATPase em concentrações semelhantes ao observado no presente trabalho ou em 20 mg C_{AH} L⁻¹ (ZANDONADI et al., 2007; AGUIAR et al., 2013). Porém, considerando que o teor de C em AH varia entre 40 a 60% (CANELLAS et al., 2010), pode-se considerar que as doses de 20 mg C_{AH} L⁻¹ e 40 mg AH L⁻¹ são doses aproximadamente equivalentes e, conseqüentemente, terão efeitos similares nas raízes de milho. O efeito tipo hormonal (bioestimulante) das substâncias húmicas está associado à presença de moléculas de auxinas na estrutura química dessas substâncias (CANELLAS et al., 2002). Seus efeitos podem, assim, ter em conta a diversidade de crescimento da raiz e dos padrões da “bomba de prótons” de ativação induzida por AH. Ruck et al. (1993) descreveram um receptor que se liga à auxina na membrana plasmática, cuja H^+ -ATPase pode ser ativada nos protoplastos de milho. Isto é consistente com o mecanismo de crescimento ácido proposto para a bioatividade de AH, pelo qual a ativação na membrana plasmática torna as bombas de prótons no tonoplasto orquestrada juntamente com o crescimento de raízes laterais (ZANDONADI et al., 2007).

O uso do remineralizador foi associado ao aumento da altura das plantas e diâmetro de caule (Tabela 2). Além disso, possibilitou incremento nas massas frescas e secas no cultivo, sobretudo a maior concentração de K^+ verificado nos teores médios das plantas tratadas com maiores dosagens de remineralizador (Figura 3B). Uma vez que esse nutriente tem uma essencial importância para o crescimento inicial das plantas, por favorecer a multiplicação e o alongamento das células (TAIZ & ZEIGER, 2013). Maiores teores de $P-PO_4^{3-}$ (figura 3A) nas amostras de plantas tratadas com AH podem ocorrer devido à maior atividade das enzimas ATPases, já que a presença de AH potencializa os mecanismos de “bomba de prótons” e acidificação da parede celular, além disso houve fornecimento de $P-PO_4^{3-}$ com as maiores doses de remineralizador. Maggioni et al. (1987) observaram acréscimo de 106% nos teores de $P-PO_4^{3-}$ em tecido vegetal de raízes de aveia crescida sob adição de solução contendo AH (0,2 mg C_{AH} L⁻¹).

Também, acréscimos na ordem de 116% nos teores de $P-PO_4^{3-}$ foram verificados em folhas de abacaxizeiro “Vitória” tratados com solução de AH (50 mg L⁻¹) derivado de vermicomposto (BALDOTTO et al., 2010). Considerando as equações de regressão para obter os maiores teores encontrados, os acréscimos verificados foram de 7,8% para folhas de milho para as plantas tratadas com AH comparadas as plantas controle. O acúmulo maior de $P-PO_4^{3-}$ nas folhas pode

ser explicado pela alta mobilidade desse nutriente pelos tecidos vegetais (xilema), o que ocasiona o seu acúmulo em tecidos mais jovens, principalmente nas folhas (TAIZ & ZEIGER, 2013). Com a melhor absorção de P-PO_4^{3-} das plantas de milho promovida pela ação do AH, houve consequentemente maior acúmulo desse nutriente nas respectivas plantas desses tratamentos.

Em relação ao Fe^{3+} (Figura 3C), de maneira geral, houve diminuição dos teores com o aumento das dosagens do remineralizador. Esse nutriente está envolvido em reações redox, ou seja, está relacionado com a transferência de elétrons em componentes de enzimas, tais como os citocromos (TAIZ & ZEIGER, 2013).

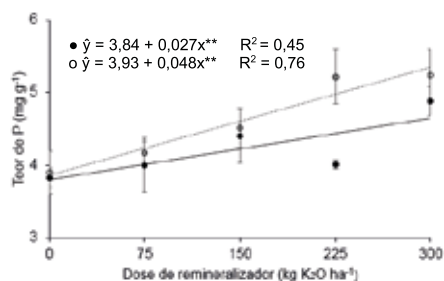
Uma das preocupações no uso de rochas como fontes de nutrientes é a alta concentrações de Al presentes na sua estrutura química (LAPIDO-LOUREIRO et al., 2009). O que poderia aumentar os teores de Al e a absorção pelas plantas. Entretanto, o aumento das doses do remineralizador resultou em redução na absorção e acúmulo de Al^{3+} pelas plantas de milho avaliados (Figura 3D). Isso pode ser devido à formação de hidroxialuminossilicatos por causa da presença de minerais silicáticos procedentes da rocha, inertes na solução do solo, ficando o Al^{3+} indisponível para as plantas. A presença de AH em solução também inibe o efeito negativo de Al^{3+} . Tan & Binger (1986), estudando plantas de milho tratadas com 50 mg AH L^{-1} contaminado por Al, verificaram que a presença de AH pode ter quelatado a maior parte do Al, tornando-o inativo para a reação com P-PO_4^{3-} e mais indisponíveis para as plantas. O efeito positivo do remineralizador pode ser explorado em outros trabalhos para a diminuição da bioatividade e contaminação de Al^{3+} nos cultivos em solos tropicais. Solos que tem como característica elevada acidez potencial (EMBRAPA, 2013).

Tabela 2 – Valores médios das alturas de plantas e diâmetro de caule das plantas dos tratamentos com diferentes doses de remineralizador (sienito em pó), na presença e ausência de ácidos húmicos, do primeiro ciclo de cultivo.

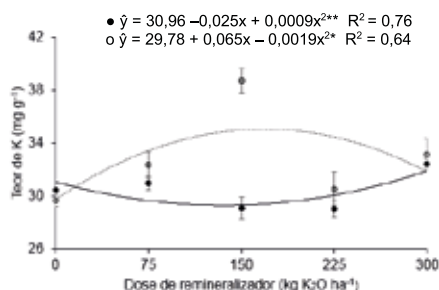
AH	Dose de remineralizador kg K ₂ O ha ⁻¹					Equação	R ²
	0	75	150	225	300		
Altura (cm)							
S	11,3aD	16,8aC	19,0aAB	17,5bB	23,0aA	12,73 + 0,032x**	0,72
C	11,0aD	15,7bC	18,3aAB	20,5aAB	22,5aA	13,44 + 0,038x**	0,73
Diâmetro (mm)							
S	15,6aD	25,0aC	28,3aB	25,3bC	35,0aA	18,06 + 0,052x**	0,50
C	10,0aD	21,7aC	29,0aB	28,0aB	34,6aA	16,67 + 0,060x**	0,55

ns: não significativo $p < 0,05$; *significativo a $p < 0,05$; **significativo a $p < 0,01$ *S = plantas sem tratamento com AH (ácido húmico); C = plantas tratadas com AH 40 mg L^{-1} . Letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha desiguais indicam médias diferentes pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

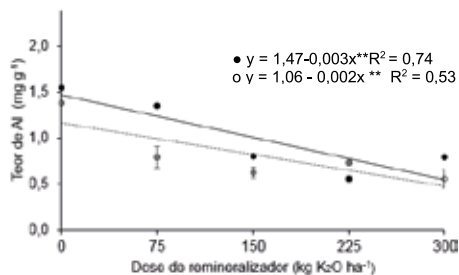
Figura 3 – Modelos de regressão para os teores de P-PO_4^{3-} (A); K^+ (B); Fe^{3+} (C) e Al^{3+} (D) das folhas de milho após 45 dias de cultivo.



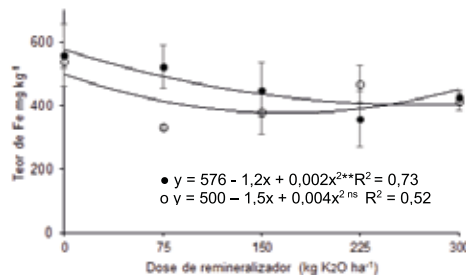
A



B



C



D

CONCLUSÕES

De maneira geral a relação remineralizador x AH foi benéfica para as plantas de milho ao incrementar maiores teores de K^+ , de $P-PO_4^{3-}$ nas amostras em presença do AH e maiores doses de remineralizador.

Plantas tratadas com ácidos húmicos de maneira geral apresentaram teores maiores de K^+ e $P-PO_4^{3-}$ nas folhas de milho.

Ainda, a presença do remineralizador no solo reduziu a absorção de Al^{3+} e Na^+ dos tecidos vegetais das plantas.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, N.O.; OLIVARES, F.L.; NOVOTNY, E.H.; DOBBS, L.B.; BALMORI, D.M.; SANTOS-JÚNIOR, L.G.; CHAGAS, J.G.; FAÇANHA, A.R.; CANELLAS, L.P. Bioactivity of humic acids isolated from vermicomposts at different maturation stages. **Plant and Soil**, v. 362 p. 161–174, 2013.

ANDA. **Principais indicadores do Setor de Fertilizantes**. Disponível em: <http://www.anda.org.br/estatistica/Principais_Indicadores_2014.pdf>. 2014. Acesso em 03 de Abril de 2015.

BALDOTTO, L.E.B.; BALDOTTO, M.A.; GIRO, V.B.; CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; BRESAN-SMITH, B. Performance of 'vitória' pineapple in response to humic acid application during acclimatization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 979–990, 2010

BUSATO, J.G.; LIMA, L.S.; AGUIAR, N.O.; CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L. Changes in labile phosphorus forms during maturation of vermicompost enriched with phosphorus-solubilizing and diazotrophic bacteria. **Bioresource Technology**, v.110, p. 390–395, 2012.

CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; AGUIAR, N.O.; JONES, D.L.; NEBBIOSO, A.; MAZZEI, P.; PICCOLO, A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 15 – 27, 2015.

CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; OKOROKOVA-FAÇANHA, A.L.; FAÇANHA A.R. Humic Acids Isolated from Earthworm Compost Enhance Root Elongation, Lateral Root Emergence, and Plasma Membrane H⁺-ATPase Activity in Maize Roots. **Plant Physiology**, v.130 p.1951-1957, 2002.

CANELLAS, L.P.; PICCOLO, A.; DOBBSS, L.B.; SPACCINI, R.; OLIVARES, F.L.; ZANDONADI, D.B.; FAÇANHA, A.R. Chemical composition and bioactivity properties of size-fractions separated from a vermicompost humic acid. **Chemosphere** v. 78, p. 457–466, 2010.

DENRE, M.; GHANTI, G.; SARKAR, K. Effect of humic acids application on accumulation of mineral nutrition and pungency in garlic (*Allium sativum* L.). **International Journal Biotechnology Molecular Biology Research**. v.5, p.7–12. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ªed. Centro Nacional de Pesquisa em Solos, Brasília, 2013. 353p.

ESCOSTEGUY, P.A.V.; KLAMT, E. Basalto moído como fonte de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.11-20, 1998.

FOLEY, S. F.; VENTURELLI, G.; GREEN, D. H.; TOSCANI, L. The ultrapotassic rocks: characteristics, classification, and constraints for petrogenetic models. **Earth Science Reviews**, v. 24, p.81-134, 1987

LAPIDO-LOUREIRO, F. E. V.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. de. **Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade**. CETEM, 2009. 655 p.

LOPES, O.M.M.; CARRILHO, E.N.V.M.; LOPES-ASSAD, M.L.R.C. Effect of rock powder and vinasse on two types of soils. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38 p. 1547-1557, 2014.

MAGGIONI, A.; VARANINI, Z.; NARDI S.; PINTON, R. Action of soil humic matter on plants roots: Stimulation of ion uptake and effects on (Mg²⁺ + K⁺) ATPase activity. **Science of the Total Environment**, v. 62, p. 355-363, 1987.

RIBEIRO, L.S.; SANTOS, A.R.; SOUZA, L.F.S.; SOUZA, J.S. Rochas silicáticas portadoras de potássio como fontes do nutriente para as plantas solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p-891-897, 2010.

RUCK, A.; PALME, K.; VENIS, M.A.; NAPIER, R.M.; FELLE, R.H. Patch-clamp analysis establishes a role for an auxin-binding protein in the auxin stimulation of plasma-membrane current in *Zea mays* protoplasts. **Plant Journal**, v.4, p. 41–46, 1993.

SOUZA, M.E.P.; CARVALHO, A.M.X.; DELIBERALI, D.C.; JUCKSH, I.; BROWN, G.G.; MENDONÇA, E.S.; CARDOSO I.M. Vermicomposting with rock powder increases plant growth. **Applied Soil Ecology** n. 69 p. 56 – 60, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Artmed, Porto Alegre, 5ed. 2013 721p.

TAN, K.H.; BINGER, A. Effect of Humic Acid on Aluminum toxicity in corn plants. *Soil Science*, v. 141, p. 54-67, 1985.

VAN STRAATEN, P. Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v.4, p.731-747, Rio de Janeiro. 2006.

VINOD, P.N.; CHANDRAMOULI, P.; KOCH, M. Estimation of nitrate leaching in Groundwater in agriculturally used area in the State Karnataka, India, Using existing Model and GIS. **Aquatic Procedia**, v. 4, p. 1047-1053, 2015.

ZANDONADI, D.B.; CANELLAS, L.P.; FACANHA, A.R. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasma lemma and tonoplast H⁺-pumps activation. **Planta**, v.225, p.1583-1595, 2007.

USO DE SIENITOS PROCESSADOS HIDROTERMICAMENTE (HYDROPOTÁSSIO) COMO FONTES DE K E CONDICIONADORES DE SOLO

Mariana Bassetto Gabos¹, Maria Inês Lopes de Oliveira², Luiz Fernando dos Santos³, Eder de Souza Martins⁴, Albano Leite⁵, Ingo Wender⁶

¹Embrapa Cerrados - mbgabos@gmail.com; ²Embrapa Cerrados - minesoliveira2@gmail.com; ³Embrapa Cerrados - nandosantos.fsa@gmail.com;

⁴Embrapa Cerrados - martieder@gmail.com; Terrativa Minerais - albanoleite@terrativa.com.br

Resumo: O uso de rochas silicáticas como fontes de nutrientes é uma opção social, ambiental e economicamente vantajosa para os sistemas de produção agrícola. Processos industriais podem transformar determinadas rochas em fertilizantes. O objetivo do trabalho foi avaliar agrominerais silicáticos processados hidrotermicamente (Hydropotássio) como condicionador de solo e como fonte de K para a cultura do milho. Foram avaliadas a capacidade de retenção de água e o teor de K disponível pelo extrator ácido cítrico a 2%. O experimento agrônômico foi conduzido em casa de vegetação na Embrapa Cerrados em Planaltina-DF. Os tratamentos foram adicionados ao solo (Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa) nas doses 0, 60, 120, 240 e 480 kg de $K_2O\ ha^{-1}$. Os tratamentos foram homogeneizados ao solo e acondicionados em vasos de 2 L e as plantas de milho foram conduzidas por 45 dias com adequado suprimento de água e demais nutrientes. Os hydropotássios estudados apresentaram maior armazenamento de água em ensaio laboratorial. No experimento com plantas de milho ambos os hydropotássios foram fonte de K. Houve aumento da produção de massa seca e os teores de K no tecido das plantas aumentaram com o incremento da dose de K.

Palavras-chave: transformação hidrotermal, fertilizante K, condicionador de solo, armazenamento de água no solo.

INTRODUÇÃO

A demanda por uma agricultura mais sustentável é crescente, ao mesmo tempo que demanda uma produção cada vez maior por alimentos. Uma das tecnologias fundamentais é o manejo adequado da fertilidade dos solos. Dessa forma, o uso de fertilizantes para fornecimento de nutrientes às culturas é imprescindível. No entanto, para que esse fornecimento de nutrientes seja eficiente, e consequentemente sustentável, é preciso o condicionamento dos solos, fornecendo melhores condições químicas, físico-químicas e biológicas para que os nutrientes sejam mais bem aproveitados. Nesse sentido, os agrominerais silicáticos constituem uma importante fonte de nutrientes e, ao mesmo tempo, condicionadores de solo. Os agrominerais podem ser fonte de diversos nutrientes, em especial o potássio, um elemento escasso em solos tropicais e com dependência de fontes externas, provenientes do hemisfério norte. Se comparados aos fertilizantes convencionais, os agrominerais silicáticos tem a vantagem de uma solubilização mais lenta,

sincronizada à demanda das plantas, aumentando a eficiência do uso dos nutrientes (MARTINS et al., 2014). Esse processo deve-se à ação do biointemperismo da rizosfera das plantas cultivadas diretamente sobre os agrominerais silicáticos.

Como condicionador de solo os agrominerais silicáticos podem atuar melhorando condições físicas de armazenamento de água no solo, aumentando a resistência para períodos de veranicos. Característica importante se considerarmos o risco climático e o potencial de alcançar umidade abaixo do ponto de murcha nos solos da região central do Brasil. Outro atributo do solo que pode ser melhorado pelos agrominerais silicáticos é a quantidade de cargas negativas, refletida na capacidade de troca de cátions (CTC). Em seu processo de intemperismo, os agrominerais silicáticos podem formar argilominerais 2:1 que apresentam elevada CTC permanente. Uma pequena quantidade dessa CTC pode impactar positivamente solos predominantemente oxidícos. Alguns processamentos industriais desses agrominerais estão sendo estudados para acelerar os processos de transformação mineral que ocorre com o processo a partir do material *in natura*. Dentre essas tecnologias, a transformação de K-feldspatos por processos hidrotermais alcalinos (Hydropotássio) é bastante promissora para o desenvolvimento de novos fertilizantes potássicos, que aumenta os nutrientes disponíveis e melhora as características condicionadoras em relação ao material de partida (SKORINA & ALLANORE, 2015). Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi avaliar duas fontes de Hydropotássio como fornecedores de potássio e condicionadores de solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os agrominerais silicáticos utilizados nos experimentos são sienitos finamente moídos e que também passaram por processo hidrotermal de baixo gasto energético, que foram nomeados como hydropotássio (HYP).

A caracterização dos materiais foi feita por extração com ácido orgânico com baixo peso molecular e a quantificação da capacidade de água disponível (CRA). A extração foi realizada com solução de ácido cítrico a 2%. A CRA foi feita utilizando uma proporção de 70% de areia para 30% de agromineral, sem período de incubação, os materiais foram misturados e acondicionados em anéis de PVC. O método utilizado foi câmara de Richards (EMBRAPA, 1997) com a Capacidade de Campo determinado à 0,6 ATM e o Ponto de Murcha Permanente à 15 ATM. A CRA foi usada para avaliar o potencial condicionador dos produtos. Os tratamentos foram os Hydropotássio e os respectivos agrominerais *in natura*: TA-15: sienito (Bahia); TA-20: sienito (Goiás); HYP-MCA 11: HYP de sienito (Bahia); HYP-CAL 11: HYP de sienito (Goiás); Testemunha (AREIA);

O experimento agrônômico foi conduzido para teste dos HYPs como fontes de K. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa retirado de pastagem degradada nas dependências da Embrapa Cerrados (-15,642525 S; -47,74085555 W). A análise inicial do solo foi $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 5,7; pH_{KCl} 5,0; P e K (Mehlich-1) 0,86 e 16,7 mg dm^{-3} ; micronutrientes Mn, Cu, Fe, Zn (Mehlich-1): 0,59; 0,04; 5,3; 0,06 mg dm^{-3} . Os produtos testados foram os HYP-MCA 11: hydropotássio de sienito (Bahia); HYP-CAL 11: hydropotássio de sienito (Goiás). Para ambos foram utilizadas 5 doses agrônômicas de potássio (0, 60, 120, 240 e 480 kg ha^{-1} de K_2O , calculados a partir do teor total de K de cada fonte), homogeneizados a 2 kg de solo e acondicionados em vasos plásticos de 2 L. Todos os tratamentos foram conduzidos em 3 repetições.

Em casa de vegetação foram cultivadas 2 plantas de milho por vaso com um tempo total de condução de 45 dias após a germinação. Nesse período a quantidade de água foi controlada para que suprisse a demanda da planta sem que houvessem perdas. Em todos os tratamentos, inclusive testemunha, o solo foi corrigido (CaCO_3) para atingir saturação por bases de 60%. E demais macro e micronutrientes, exceto K, adicionados na forma de solução nutritiva. As quantidades utilizadas seguiram a recomendação de adubação para máxima produção de milho na região do cerrado (SOUSA; LOBATO, 2004). Após o cultivo, as plantas foram medidas, separadas em parte aérea e raiz, lavadas e levadas para secar em estufa de fluxo contínuo com temperatura máxima de 60°C. O material vegetal seco foi pesado, moído e analisados os teores de macro e micronutrientes e silício, extraídos pelo método de digestão nitro-perclórico (SILVA, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos testes de laboratório os HYPs apresentaram resultados positivos, tanto para fornecimento de nutrientes (fertilizantes), como para condicionador de solo. A Tabela 1 mostra que a CRA dos HYPs apresentaram um aumento considerável em relação às rochas *in natura*. Dessa forma, o processo hidrotermal aumentou o potencial de armazenamento de água no solo. Um fator importante é que esse processo industrial também aumentou o PMP, o que evidencia a formação de microporosidade. Tal fato pode ser um indicativo de um aumento da superfície específica, o que pode acarretar em aumento de cargas.

A partir dos resultados obtidos pela extração em ácido cítrico, observou-se que a quantidade de K da fração mais disponível dos HYPs aumentaram consideravelmente em relação às rochas *in natura* (Figura 1). Isso indica que o potencial de uso como fertilizante agrícola também é maior. O extrator ácido cítrico simula a ação das raízes no solo, uma vez que o K advindo das rochas não está prontamente disponível (RAMOS et al., 2015).

No teste agrônômico, para os dois produtos testados, houve aumento da massa seca pelo aumento das doses de K (Figura 2a,b). Esse aumento mostra que os HYPs são fontes de K e supriram a demanda da cultura. Tal afirmação é confirmada pelo aumento do teor de K no tecido da parte aérea (Figura 2c,d). Os teores de K das plantas dos tratamentos com HYP da Bahia responderam de forma linear ao aumento das doses de K. Por outro lado, os teores do HYP de Goiás responderam de forma quadrática. Comportamento similar já havia sido observado para as rochas *in natura* (OLIVEIRA, et al., 2014), porém com o tratamento hidrotermal as diferenças entre as doses foram aumentadas.

Tabela 1 – Capacidade de retenção de água de amostras de agrominerais e respectivos hydropotássios com a porcentagem de variação com relação à testemunha (areia).

Tratamento	Capacidade de Campo				Ponto de Murcha Permanente				Água disponível			
	Média	Desvio			Média	Desvio			Média	Desvio		
	----- g g ⁻¹ -----	**			----- g g ⁻¹ -----	**			----- g g ⁻¹ -----	**		
Testemunha	0,0453	0,002	d	100	0,0022	0,001	c	100	0,0431	0,002	d	100
TA-15	0,0849	0,005	c	187	0,0008	0,001	c	35	0,0841	0,005	c	195
TA-20	0,0752	0,005	c	166	0,0006	0,001	c	28	0,0746	0,006	c	173
HYP-CAL-11	0,2536	0,010	a	560	0,0161	0,001	a	724	0,2375	0,009	a	552
HYP-MCA-11	0,1660	0,015	b	367	0,0088	0,000	b	397	0,1572	0,015	b	365

Figura 1 – Teor de potássio extraído por ácido cítrico (2%) do agrominerais *in natura* e respectivos Hydropotássio (HYP-CAL-11 e TA-20; HYP-MCA-11 e TA-15).

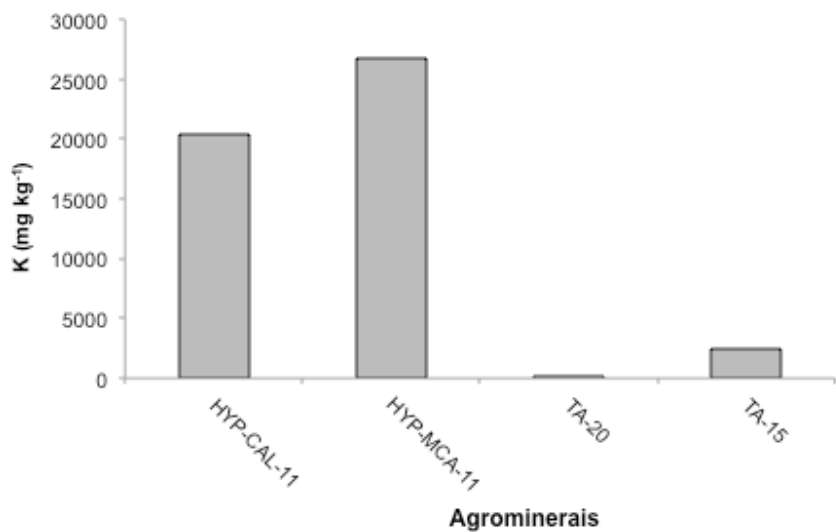
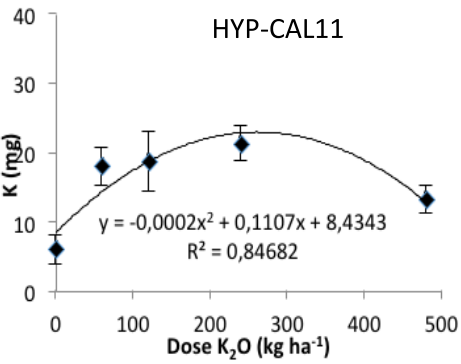
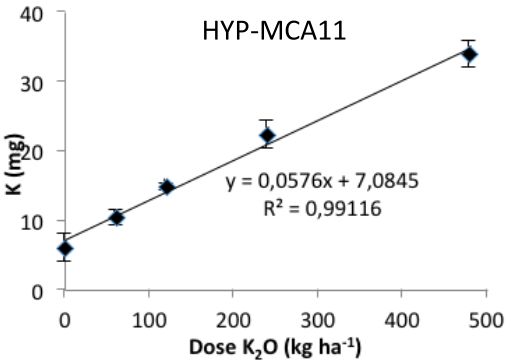
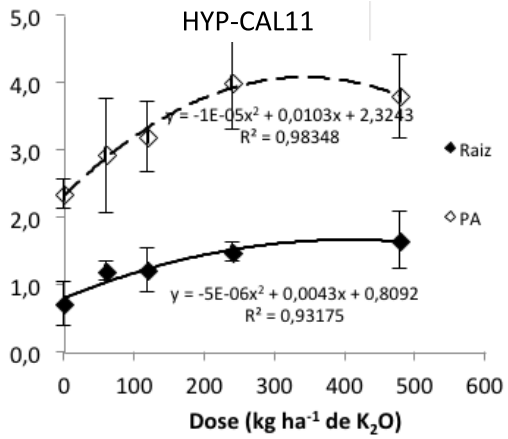
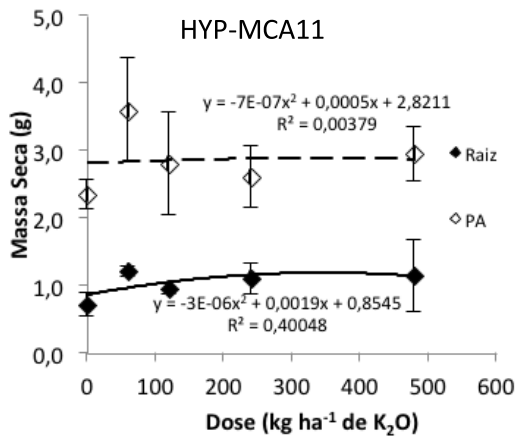


Figura 2 – Curvas agronômicas dos Hydropotássios. Curvas de produção de massa seca (a e b) e teor de K na parte aérea (c e d) em resposta a aplicação das doses 0, 60, 120, 240 e 480 kg ha⁻¹ de K₂O.



CONCLUSÕES

Os HYPs estudados apresentam características como condicionadores de solo, aumentando o armazenamento de água, e, ao mesmo tempo, são fontes de potássio, evidenciada em ensaio com plantas de milho em casa de vegetação.

REFERÊNCIAS

MARTINS, E.S., SILVEIRA, C.A.P., BAMBERG, A.L., MARTINAZZO, R., BERGMANN, M., AN-GÉLICA, R.S. Silicate agrominerals as nutrient sources and as soil conditioners for tropical agriculture. In **World Fertilizer Congress of CIEC**, 16, 2014, Rio de Janeiro, p.138-140.

OLIVEIRA, M.I.L. de; MARTINS, E. de S.; GABOS, M.B.; SILVEIRA BRAGA, F.C.; ALMEIDA, J.P. de; LEITE, A. A. da S. 2014. Performance of K silicate agrominerals for corn crop. In **World Fertilizer Congress of CIEC**, 16, 2014, Rio de Janeiro, p.158-160.

RAMOS, C.G.; QUEROL, X.; OLIVEIRA, L.M.S.; PIRES, K.; KAUTZMANN, R.M.; OLIVEIRA, L.F.S. A preliminary evaluation of volcanic rock powder for application in agriculture as soil a remineralizer. **Science of the Total Environment**, v.512, p.371–380. 2015.

SKORINA, T., ALLANORE, A. Aqueous alteration of potassium-bearing aluminosilicate minerals: from mechanism to processing. **Green Chem.**, v.17, n.4, p.2123–2136, 2015.

SILVA, F.C. da (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2ª. ed., 2009. 627 p.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

REDAÇÕES



REMINERALIZE A TERRA

Diulie Talita Moreira

Universidade Federal de São Carlos – Engenharia agrônoma - diu_talita@hotmail.com

O Brasil é considerado como um país agrícola e extremamente dependente da compra de fertilizantes do mercado internacional, é um dos maiores produtores de alimentos e biocombustíveis do mundo e apesar de sua grande extensão, são relativamente poucas as áreas que apresentam solos com uma boa condição de fertilidade. Baseados em sistemas produtivistas e muito influenciado por países Europeus e Americanos, a agricultura brasileira utiliza indiscriminadamente adubos, corretivos e mecanização pesada para sustentar grandes produtividades.

Boa parte dos nutrientes usados pelos produtores brasileiros para corrigir a falta de fertilidade de seus solos são importados e cotados em dólar, o que pode encarecer muito os custos da safra. Segundo estimativas da safra de soja 2016/2017, esse volume supera 70% dos custos (PODOV, 2016). Isto acarreta inúmeras consequências, em especial, o fato de que essas matérias-primas são finitas, não renováveis e escassas, aliado ao emprego de fontes de alta solubilidade que resultam em baixa eficiência de uso, todas estas questões comprometem o equilíbrio do setor.

Uma alternativa para diminuir esta dependência e ampliar a durabilidade da fertilidade na terra é uma técnica conhecida como rochagem. No Brasil, as rochas que recobrem a superfície continental apresentam uma ampla variação em termos de gênese, de filiação química e de idade. Apesar de tal variedade de rochas, a maior parte dos solos brasileiros apresentam índices de fertilidade muito baixos, por terem sido bastante explorados pela agricultura e também porque, em geral, são muito lixiviados. Para compensar este gargalo os produtores gastam bastante dinheiro anualmente com fertilizantes e isso impacta diretamente na margem de lucro do produtor.

Remineralizador ou como é popularmente conhecidos, pó de rocha, é um material de origem mineral que tenha sofrido redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo (THEODORO, 2013).

Entre as suas vantagens, podemos citar o aumento da capacidade de troca de cátions (CTC), correção do pH, a redução da adsorção de fósforo devido a riqueza em silicatos, o efeito residual prolongado e a minimização de perdas por lixiviação, bem como a disponibilidade de macro e micronutrientes não disponíveis em fertilizantes químicos solúveis fornecedores de NPK.

As rochas vulcânicas alcalinas máficas são as mais indicadas para o uso desta técnica pelas suas características geoquímicas e por possuírem maiores quantidades de nutrientes, especialmente fósforo, cálcio e magnésio e baixo conteúdo de sílica. Outros tipos de rochas também passíveis de uso como remineralizadores de solos são as rochas metamórficas que tenham sofrido processos hidrotermais com acúmulo de fósforo e cálcio. Atualmente, o principal

“remineralizador” que vem sendo amplamente utilizado sem dúvida nenhuma é o calcário para correção da acidez e aumento do teor de Ca e Mg no solo.

No entanto, muitas vezes as rochas precisam ser estimuladas para liberar mais rapidamente os seus nutrientes. A moagem, em diferentes granulometrias, é o primeiro passo para facilitar a disponibilização dos macro e micronutrientes, uma vez que provoca o aumento da superfície de contato e, conseqüentemente, facilita a ação de processos intempéricos (físicos/químicos) e biológicos, aumentando a solubilidade mineral.

Uma das maiores vantagens do pó de rocha é a disponibilidade em abundância e o baixo custo. É claro que se usa bem mais pós de rocha do que os tradicionais, mas a vantagem é que não é preciso aplicar o pó de rocha todo o ano.

Por outro lado, dentre suas mais sérias restrições está a lenta solubilização dos minerais presentes nas rochas e, portanto, lenta liberação dos nutrientes às plantas, havendo necessidade do uso de doses relativamente elevadas e de materiais com granulometria bastante fina, o que pode encarecer sua exploração em larga escala. Resultados negativos estão comumente associados a experimentos de curta duração, solos/substratos estéreis ou com baixa atividade microbiana, clima temperado ou muito frio, quantidade muito pequena de material ou com granulometria muito grosseira.

É importante lembrar que os solos derivam de rochas e, portanto, ao se acrescentar rocha moída aos solos está se procedendo o seu rejuvenescimento ou remineralização. Embasado na busca do equilíbrio da fertilidade, na conservação dos recursos naturais e na produtividade sustentável, este conjunto atende à demanda de um novo paradigma para a agricultura. Mas para viabilizar como uma tecnologia que atenda a estes fundamentos é necessário obter informações sobre a distribuição geológica das rochas, além de conhecer a composição mineralógica e química das rochas passíveis de uso para disponibilizar os nutrientes para os solos e plantas.

Experiências práticas de sucesso com este tipo de fonte de nutrientes têm sido relatadas principalmente no Brasil e África. O Brasil tem sido protagonista neste aspecto e tem apresentado uma série de resultados bastante consistentes nos últimos 10 anos. O próprio Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) reconheceu os benefícios desta técnica e normatizou em março deste ano a produção, o registro e comércio, mas para comercializar o pó de rocha, as empresas ainda precisam se adequar as exigências técnicas do MAPA, com testes que garantem a eficiência agrônômica do produto.

Apesar de pouco difundido no Brasil, o uso de rochagem como fonte de nutrientes não é novidade. A tecnologia foi primeiramente sugerida no Brasil na década de 1950 por Josué Guimarães e Vladimir Ilchenko (em Minas Gerais). Posteriormente, o professor Othon Leonardos, da UnB, fez diversas pesquisas relacionadas ao tema e, é considerado como o grande precursor da Rochagem no Brasil. Na década de 1990, outros grupos iniciaram novas pesquisas com enfoques específicos. Outros grupos dispersos no país e, também no exterior, vêm apresentando trabalhos e eventos importantes como o Congresso Brasileiro de Rochagem.

Testes de recomendação de uso desse insumo, e algumas empresas parceiras deste estudo já devem lançar seus produtos no mercado brasileiro até o final deste ano. Atualmente, diversos agricultores estão adotando sistemas agroecológicos, orgânicos ou a produção integrada como sistema de produção onde as preocupações com o meio ambiente e com a qualidade

dos alimentos é uma obrigatoriedade essencial. Seja qual for o sistema de produção adotado, o solo é um fator essencial, por ser o fornecedor natural de nutrientes para as plantas. Uma vez degradado, a recuperação de sua fertilidade natural é desafiante, as promessas de práticas de remineralização vão além da nutrição e sustentabilidade, eles contribuem para o sequestro de carbono e estabilização do clima e solo.

A disseminação social de determinada prática inovadora de manejo do solo não é condicionada a fatores isolados. Vários aspectos técnicos, econômicos, mercadológicos, legais, políticos e culturais interferem nas possibilidades de expansão dessas inovações. No entanto, a disseminação da rochagem depende da ruptura de concepções sobre fertilidade dos solos que já estão estabelecidas. Em paralelo ao reconhecimento acadêmico, a generalização da prática requer mudanças legais, a organização dos mercados para esse insumo e a instituição de programas públicos coerentes com os seus princípios.

Devemos entender que esta técnica não pode ser concebida como uma simples substituição. Para que sua efetividade agrônômica seja potencializada, ela deve ser incorporada nos sistemas agrícolas em conjunto com práticas de manejo da biomassa. A regulamentação e certificação dos produtos de rochagem ainda são um passo necessário e incontornável à disseminação do uso desta técnica no Brasil.

Pela legislação brasileira vigente, nenhum dos produtos em uso para rochagem ou produtos alternativos para correção de acidez de solos cumpre as especificações exigidas, pois elas são estabelecidas para os fertilizantes solúveis e corretivos convencionais. A certificação exigirá que os produtores e mineradores se organizem para enfrentar o licenciamento mineral e ambiental de seus pós de rocha. No presente o que se tem são alguns pioneiros comercializando produtos de rochagem, alguns deles inclusive agregando processo de inoculação por bacilos, de maneira totalmente empírica.

Inúmeros estudos mostram as transformações da produção de alimentos, principalmente em relação a produtos que estão presentes diariamente na mesa do consumidor nos últimos anos. Paralelamente, cresce a preocupação com a segurança alimentar, a qualidade e a quantidade dos alimentos. Ao tratar de segurança alimentar, que se estende além do combate à fome e à pobreza, englobam também as ações de políticas públicas voltadas ao sistema agroalimentar, devendo a questão ser abordada de maneira mais abrangente, desde a forma de produção até o consumo.

A complexidade do assunto leva a uma série de discussões de suma importância, passando pela definição e conceituação relacionada ao uso intensivo de insumos agrícolas, ao nível de dependência dos agricultores em relação às formas de manejo da fertilidade do solo agrícola e à busca da soberania alimentar. Este processo leva à necessidade de desenvolver e empregar novas técnicas na agricultura, onde o processo e uso de recursos naturais, incluindo aí a energia fóssil, seja mais sustentável. Soberania alimentar que implica na busca da autossuficiência regional, para produzir o que a população local necessita ou deseja consumir.

Essa fertilização inteligente, uma vez que parte do pressuposto de que a dissolução mais lenta dos nutrientes assegura níveis de produtividade e de fertilidade dos solos por períodos mais longos. Dessa forma, o uso de subprodutos gerados pelo setor mineral estaria tendo um uso mais nobre.

Essa transição agrícola é de extrema importância para o futuro da soberania do Brasil, preservando e assegurando o patrimônio brasileiro: terra. A escolha está disponível. Resta saber qual caminho o Brasil tomará frente à crise socioambiental e à escassez de matérias-primas.

No Brasil ainda existe muita fome e miséria. Para mudar ainda precisamos de ação. Ações produtivas que leve a criação de alternativas e à construção de novas relações econômicas. Ainda não há uma regulamentação clara sobre a forma de uso, especificações técnicas, garantias, limites e fiscalização da rochagem. Todos estes fatores são os pontos que dependem do desenvolvimento de políticas públicas, da atuação dos próprios pesquisadores, das experiências dos agricultores e do desenvolvimento de produtos pelos mineradores.

Constata-se que a interdependência destes fatores é muito complexa e não pode ser levada por apenas um setor. A atuação da agricultura, pesquisa, mineração e gestão pública não apresenta um comportamento necessariamente convergente. A estratégia para a convergência constitui um grande desafio de articulação, ainda sem uma forma definida de gestão compartilhada entre os setores envolvidos.

Com grande potencial, mas ainda no começo da pesquisa para a compreensão do que acontecerá no longo prazo. Com a rochagem o produtor vai economizar cada vez mais com o uso excessivo de fertilizantes químicos e o solo ficará ainda mais eficiente. Remineralização é uma das missões mais importantes do planeta neste momento. Reconstruir o solo é algo novo no Brasil, já que o pó de rocha fica na terra e se transforma no solo do futuro.

REFERÊNCIAS

THEODORO, S.H.; ALMEIDA, E. Agrominerais e a construção da soberania em insumos agrícolas no Brasil. *Agriculturas* v. 10 - n. 1, 2013.

DANIEL PODOV, Rochagem é opção barata para melhorar a fertilidade do solo. Disponível em: <<http://www.projetosojabrazil.com.br/rochagem-vira-opcao-barata-para-melhorar-na-fertilidade-do-solo/>>. Acesso em: 21 de outubro de 2016.

REMINISCÊNCIA DA FERTILIDADE

Gustavo Rosa de Almeida

Universidade de Brasília (UnB), Geologia - geol.rosag@gmail.com

Desde os tempos mais remotos, quando começamos a aprender a lidar com o fogo, com a agricultura e deixamos de ser nômades fomos observando também os melhores locais de plantio e a como fertilizar o solo. A terra preta de índio é um ótimo exemplo de tecnologia rudimentar onde solos apresentam exímia saúde. Civilizações antigas de todo mundo alcançaram sucesso na produção de alimentos quando se instalaram em terras derivadas de rochas com melhores potenciais para produzir solos mais férteis. Um bom exemplo, são os indígenas norte-americanos que residiam numa região capeada por sedimentos oriundos de rochas trituradas e transportadas pelas geleiras da última glaciação. Tais áreas despertaram a cobiça de novos povos que os expulsaram no começo do século XIX para dar início ao próspero Cinturão do Milho.

Na primeira metade do século passado, quando o Brasil era ainda essencialmente um país agrícola, as políticas expansionistas do governo Vargas convocaram técnicos para buscar terras agricultáveis no interior do país. Esta busca resultou na identificação de algumas áreas e, mais tarde, no início da implantação da nova Capital, municípios como Ceres-GO, situados sobre rochas de composição basáltica e com uma floresta estacional decidual, foram responsáveis pelo abastecimento de grãos de cidades como Anápolis e Brasília em meados da década de 1950 e início de 1960 (Castilho *et. al.*, 2012). Naquela época a produção agrícola era conduzida sem auxílio de fertilizantes convencionais.

O início da expressiva ocupação de solo para fins agrícolas no território nacional ocorreu de forma mais contundente na década de 1970, com a chamada Revolução Verde, e foi acompanhado por mudanças estruturais no setor rural. Regiões no centro-oeste, por exemplo, com relevo plano e solos com baixa capacidade de troca de cátions (CTC), alta capacidade de troca aniônica (CTA) e elevada saturação de alumínio foram dinamizadas com ações governamentais em diversos setores agrícolas assim como incentivadas para a produção e utilização de calcário e fosfato natural. Nesse contexto, programas de concessões de crédito, de preços mínimos para a distribuição de produtos, de agrotóxicos e de fertilizantes químicos (formulações NPK), garantiram uma transformação na produção agrícola brasileira e colocou o país como grande potência mundial do agronegócio.

No entanto, acompanhando as grandes conquistas nesse setor, em especial a partir dos anos 1990, vieram a crescente demanda por fertilizantes, incapacidade de suprimento interno e o conseqüente aumento da importação do segmento de fosfatados, potássicos, nitrogenados e de enxofre. Aliado a isso, em meados da década passada (já nos anos 2000) tivemos uma considerável alta do preço desses insumos, devido a concentração da produção por poucas empresas ou à formação de cartéis (Fernandes *et. al.*, 2010). Também, além desses insumos outros produtos foram introduzidos na cadeia comercial do agronegócio numa espécie de ciclo vicioso onde o pequeno, o médio e o grande agricultor encontram-se inseridos.

Neste cenário de dependência e demanda, como poderíamos reverter esse quadro? Sabemos que o Brasil e diversos outros países apresentam uma ampla geodiversidade. Rochas ígneas, sedimentares e metamórficas de diferentes composições (como basalto, fonolito, sienito, piroxenito, biotitito, xistos e gnaisses calcissilicáticos, calcário, fosforito, etc.) e subprodutos da mineração podem ser constituídos por uma ampla gama de minerais potenciais. O uso de rochas trituradas para fins agrícolas vem sendo proposto desde o século XVIII por James Hutton e, no Brasil, desde a década de 1950. Leonardos *et. al*, 1987 sugeriram que o uso de rochas ricas em macro e micronutrientes para alterar o padrão de fertilidade seria o principal pressuposto da tecnologia da Rochagem. Korndörfer *et. al*, 1995 mencionam também que o silício (comumente associado a essas fontes de nutrientes na forma de minerais de silicato) é um elemento cujo os benefícios vem sendo comprovados e que pode atuar melhorando a imunidade das plantas, dentre outras funções. Aos materiais derivados da moagem de alguns tipos de rochas deu-se o nome de remineralizadores. Tais materiais são fontes distribuídas geologicamente nos diversos estados brasileiros e são relativamente simples de serem prospectados.

Desde a década de 1970, e principalmente na última década desse século XXI, as rochas moídas (remineralizadores) vem sendo aplicados em diversas pesquisas e, de forma empírica por agricultores, desde casas de vegetação até lavouras, produzindo entre outros resultados, alimentos de elevado valor nutricional em diferentes regiões do país (Theodoro e Leonardos, 2014).

Uma recente Instrução Normativa, editada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) em março desse ano, estabeleceu as garantias mínimas, os níveis de tolerância de elementos potencialmente tóxicos e a rotulagem que permitirão a obtenção do registro, a comercialização e o uso dos remineralizadores na agricultura brasileira (Norma ISSN 1677-7042, IN 05-2016). Nesse sentido, sabendo da eficácia comprovada de rochas que podem gerar solos férteis – como explanado no início do texto – e da dependência interna desses insumos, compete às empresas de mineração e aos produtores rurais voltarem os olhos para essas fontes de fertilizantes regionais, assim como às políticas públicas que deverão incentivar o minerador e o consumidor (desde a agricultura familiar até a agricultura em larga escala) a ampliar o uso desses insumos.

Mas ainda que muitos resultados já tenham sido obtidos, é necessário estreitar mais as relações entre universidades, produtores rurais e empresas, de forma a fortalecer os estudos sobre biointemperismo para otimizar a dissolução dos minerais, realizar mapeamentos agrogeológicos, além de outras iniciativas. Assim poderemos depender cada vez menos de fertilizantes químicos, bem como poderá ser potencializada, no médio prazo, novas e variadas fontes de insumos agrícolas comprovadamente eficazes, viáveis, e sustentáveis. Democratizar o acesso aos insumos poderá favorecer a produção de alimentos mais saudáveis no Brasil e em diversos outros países no mundo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura. ISSN 1677-7042, IN 05-2016 – *Remineralizadores e Substratos*. Disponível em: <http://www.in.gov.br/autenticidade.html>. Brasília: Ministério da Agricultura, 2016.

Castilho, D. *A Colônia Agrícola Nacional de Goiás (CANG) e a formação de Ceres-GO-Brasil*. *Élisée*, Rev. Geo. UEG - Goiânia, v.1, n.1, p.117-139, jan./jun. 2012

Corn Belt. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2016. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Corn_Belt&oldid=45208644>. Acesso em: 30 mar. 2016.

Fernandes, F. R. C.; Da Luz A. B. L.; Castilhos Z. C, Oliveira C. G.; Rezende A.Z.; Martins E.S. *Materiais silicáticos como fontes regionais de nutrientes condicionadores de solos - Agrominerais para o Brasil*. Eds. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

Korndorfer, G.H.; Datnoff, L.E. *Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz*. Info. Agronômicas, n.70, p. 1-3, 1995.

Leonardos, O. H.; Fyfe W. S. and Kronberg B. I. *The use of ground rocks in laterite systems: an improvement to the use of conventional soluble fertilizers*. Chem Geol 60: 361– 370, 1987.

Leonardos, O. H., Theodoro, S. C. H; Assad, L. L.. *Remineralization for sustainable agriculture: A tropical perspective from a Brazilian viewpoint*. Nutrient Cycling in Agroecosystems, Holanda, v. 56, p. 3-9, 2000.

Novais, R. F.; Alvarez V. H. V.; Barros F. N.; Fontes F. L. R.; Cantarutti B. R.; Neves L. C. J.. *Fertilidade do Solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

Revolução Verde. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2016. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Revolu%C3%A7%C3%A3o_verde&oldid=46792012>. Acesso em: 24 set. 2016.

Scott, K. M., Pain C. F.. *Regolith Science*. Springer, CSIRO, 2009.

Theodoro, S. H.; Leonardos, O. H. *Stonemeal: principles, potencial and perspective from Brazil*. In: Goreau, T. J., Larson, R. W. and Campe, J. *Geotherapy: Innovative methods of soil fertility restoration, carbon sequestration and reversing CO2 increase*. CRC Press. USA. p. 403-418. 2014.

UMA VISÃO PARA O FUTURO DOS REMINERALIZADORES DE SOLO

Leandro Silva Lemos

Universidade do Estado de Santa Catarina- CAV/UDESC – Agronomia - leandrolemosxxt@yahoo.com

Os remineralizadores são materiais minerais (rochas e minerais) que tem como ponto de partida possibilidade de liberação de elementos que sejam benéficos e utilizados pela agricultura principalmente servindo como fonte de nutrientes. Esses materiais minerais passam pelo processo de moagem onde o objetivo é causar a redução de tamanho, sendo assim facilitada a solubilização dos nutrientes. A consequência de sua aplicação é a melhoria do nível de nutrientes no solo, servindo assim como um fertilizante alternativo para o produtor, promovendo benefícios às propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

A maioria dos remineralizadores possuem uma resposta lenta à aplicação, o que estabelece uma eficiência a médio e longo prazo. Entretanto, como a diversidade de materiais que podem ser utilizados como remineralizadores é ampla, identificarmos qual o tipo de rocha mais eficiente para determinada condição e tipo de solo é um grande desafio. Além disso, fatores como as condições do produto para tornar a disponibilidade dos nutrientes para as plantas mais rápida, são itens que necessitam de investigação.

No presente, o principal “remineralizador” que vem sendo amplamente utilizado sem dúvida nenhuma é o calcário para correção da acidez e aumento do teor de Ca e Mg no solo. Esta alternativa é bastante utilizada devido a maioria das culturas de alto valor econômico necessitarem de um pH geralmente em torno de 6 - 6,5, mas na maioria dos solos brasileiros a realidade é outra gerando uma necessidade/dependência desse pó. Contudo a utilização de diferentes materiais como fonte de outros elementos deveria ser mais bem aproveitada. Esses materiais alternativos podem impactar menos ao produtor, visto que esse material, provindo da rochagem é mais acessível no preço do que propriamente os adubos químicos.

Um dos grandes entraves do uso desses remineralizadores é a sua baixa solubilidade, e também a aplicação de grandes quantidades para que tenham uma resposta positiva, o que faz muitas vezes o produtor deixar de usar por não achar viável essa prática. Entretanto uma visão mais ecológica e a exigência de sustentabilidade pelo mercado trará no futuro uma pressão por utilização de produtos que impactem menos o ambiente. Uma das maiores fontes de resíduos na agricultura é a produção de adubos por processos industriais complexos. Assim, a substituição desses adubos minerais solúveis por formas mais “naturais” pode ser uma alternativa de grande valia.

Estudos mais avançados realizados por Universidade e centros de pesquisa, e eventos como o Congresso Brasileiro de Rochagem são importantes na divulgação desta importante ciência. Para o futuro, não se espera a concretização de novos produtos “revolucionários”, entretanto, devido ao Brasil ser um país rico de ecossistemas que envolvem diferentes tipos de rochas, solos, relevos, ainda estamos longe de nossa capacidade produtiva e há ainda muito a ser descoberto e aproveitado pela agricultura.

PÓ DE ROCHA, O FUTURO DA AGRICULTURA

Ricardo Maahs

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Geologia - ricardomaahs.extracao@gmail.com

O aumento do consumo de matérias-primas no mundo globalizado mantém o setor agrícola como um dos motores da economia brasileira. Prova disso é a soja, que em 2014, foi, em receita, o principal produto brasileiro exportado (ZOCCHI, 2015). A expansão e a diversidade da agricultura brasileira, desde a década de 1960, estiveram baseadas no aprimoramento de sementes e na adaptação das culturas a solos e climas diferentes (ZOCCHI, 2015). Consequentemente, a demanda por fertilizantes também expandiu, tornando a adubação clássica uma necessidade escassa e cara. A tecnologia de remineralizadores é uma alternativa barata e sustentável de correção e fertilização dos solos. Esse novo conceito de fertilizante surge em um contexto onde a sociedade pede maior atenção aos problemas que o aumento da população e do consumo geram. Afinal, é preciso diminuir os impactos ambientais causados pela agricultura como, por exemplo, reutilizar materiais considerados rejeitos, cooperar por uma melhor preservação da paisagem e inserir a cultura familiar como uma medida real para a sustentabilidade. Nesse aspecto, a rochagem constitui um dos grandes avanços na contribuição, efetiva e prática, para políticas de melhoramento da qualidade de vida.

Atualmente, o aumento do interesse da comunidade, pela rochagem, tem crescido significativamente. Prova disso é a organização de eventos com diversidade de participantes, desde profissionais de alto conhecimento científico, até pessoas comuns que trabalham com a agricultura no dia a dia (REMINERALIZING... 2012). Entretanto, é necessário ressaltar as dificuldades para o desenvolvimento e implementação dessa inovação. Os remineralizadores foram introduzidos diante de uma série de questionamentos e incertezas sobre a sua capacidade de manutenção do potencial produtivo das plantas. Era necessário provar que “pó-de-rocha” poderia ser o futuro da agricultura. A quebra de paradigma dos fertilizantes vem de um árduo esforço de grandes pesquisadores que acreditaram na ideia e passaram a realizar inúmeros testes e ensaios em lavouras em diversos ambientes e condições. Com resultados positivos, muitas respostas foram alcançadas, porém outras perguntas passaram a serem feitas. Afinal, silicatos comuns de solubilidade intermediária, poderiam progressivamente liberar os elementos que a planta demanda? Além disso, era preciso pensar em dosagens ótimas, particularidades dos solos, os riscos para a saúde humana e a viabilidade econômica. A rochagem passa a ser um destino nobre para os subprodutos da mineração, mas simultaneamente, configura uma concorrência com o consolidado mercado de fertilizantes tradicionais.

Diante do esforço de universidades, fundações, institutos e centros, o aumento dos recursos para a pesquisa alavancou a comprovação da eficiência e eficácia do uso de remineralizadores para cada tipo de lavoura. Estudos recentes verificaram que essa inovação melhora a qualidade do solo, pode ajudar no controle da toxidade de alumínio e aumenta a disponibilidade de nutrientes,

inclusive os indisponíveis (EXPERIMENTO... 2015). As grandes companhias de fertilizantes convencionais passaram a investir nessa tecnologia, contribuindo muito com *know-how* sobre o assunto, e utilizando os mecanismos de distribuição e comercialização já estabelecidos com os adubos clássicos. Pouco a pouco, os remineralizadores são colocados à disposição, e se tornam uma alternativa de unir o fertilizante natural ao químico, diminuindo os efeitos colaterais ao ambiente e representando melhora para a saúde humana. Por conta disso, em pouco tempo, a rochagem virou manchete em diversos meios de mídia e passou a ser sinônimo de valorização de um produto nacional, uma vez que passa a ser uma alternativa diferenciada dos insumos estrangeiros. Entretanto, a burocracia atrapalhou muito a disponibilidade da tecnologia para grandes, médios e pequenos agricultores. Assim como a maioria das boas ideias demoram para “sair do papel” no Brasil, com a rochagem não foi diferente. Até alguns anos atrás, mesmo sendo uma tecnologia com grande potencial comprovado, não existia uma regulamentação que pudesse cooperar e agilizar a comercialização de agrominerais. Logo, mesmo que a retirada de rejeitos de mineração melhorasse a paisagem, contribuísse com a geoconservação e fosse aplicada em plantações, esse material não poderia ser utilizado. Diante de grandes debates e polêmicas, muito recentemente os remineralizadores foram, enfim, regularizados.

Embora esteja em avanço, existem ainda muitas questões a serem pesquisadas, principalmente em relação a profundidades de aplicação, estimativa e diferença de efeitos de curto e médio prazo e a implementação de ciclos e economicidade. Diante da divulgação atual da ideia, e com o significativo aumento de dados científicos em resumos, artigos e livros, novas áreas de conhecimento naturalmente serão inseridas nesse tema. Será necessário uma discussão sobre as tecnologias e metodologias de aplicação do pó-de-rocha e a adaptação dos equipamentos de metodologias convencionais enraizadas. Para isso, um dos grandes desafios é a qualificação de profissionais capacitados para essa transição metodológica. Para o contínuo avanço, novos setores e órgãos ligados ao Ministério da Agricultura precisarão ser criados, principalmente para a elaboração e melhora de catálogos, normas e fiscalização, a fim de criar um mercado transparente e confiável. Prefeituras e secretarias municipais deverão incentivar a prática nas comunidades. É preciso um trabalho de conscientização de que o adubo não é um “vilão”. Entretanto, não teremos recursos de fósforo e potássio como se tem hoje, para sempre. É preciso pensar no future. Como comentado em Luz e Lins (2010), as novas ideias devem ser implementadas para a otimização de reservas mais nobres em aplicações mais específicas, como indústria química e farmacêutica, por exemplo. E principalmente, o maior desafio do uso dos remineralizadores, é a inserção de agricultores pobres e de uma cultura familiar para uma produção alimentícia mais regular, equilibrada e ecológica (REMINERALIZING... 2012).

REFERÊNCIAS

EXPERIMENTO de Variedades de Soja + Rochagem. 2015. (9 min.), P&B. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=IuKqSYhbt84>>. Acesso em: 23 out. 2016.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. **Rochas & minerais industriais: usos e especificações**. CETEM/MCT, 2008.

PAULO Z. (Ed.). Agronegócio de Exportação Avança na América do Sul. **Guia do Estudante Atualidades**, São Paulo, v. 1, n. 21, p.102-107, mar. 2015. Semestral.

PESQUISADOR da UnB Fala dos Experimentos em Rochagem. Produção de Tv Jataí. S.i.: Youtube Br - Canal - Fábio Oliveira, 2011. (5 min.), P&B. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=WpQ40WNSLfw>>. Acesso em: 23 out. 2016.

REMINERALIZING Brazil: Dr. Suzi Huff Theodoro. S.i.: Youtube Br - Canal - Remineralizetheearth, 2012. (27 min.), P&B. Legendado. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=1xgMdxsDc8>>. Acesso em: 23 out. 2016.

Diagramação, impressão e acabamento:



Assis - SP
Fone: (18) 3322-5775
Fone/Fax: (18) 3324-3614
vendas@graficatriunfal.com.br
www.graficatriunfal.com.br



III CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM

APOIO



CETEM
CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

DNPM
Departamento Nacional de Produção Mineral

PATROCÍNIO



REALIZAÇÃO



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



ISBN 978-856117568-9



9 788561 175689