



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**PRODUÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI E ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM
LATOSSOLO AMARELO, EM FUNÇÃO DA CALAGEM, NA REGIÃO
NORDESTE PARAENSE**

VICENZO HENRIQUE DE FIGUEIREDO IRINO

Belém
Pará-Brasil
2007



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**PRODUÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI E ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM
LATOSSOLO AMARELO, EM FUNÇÃO DA CALAGEM, NA REGIÃO
NORDESTE PARAENSE**

VICENZO HENRIQUE DE FIGUEIREDO IRINO
Engenheiro Agrônomo

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da
Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado
em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de
Plantas, para obtenção do título de **"Mestre"**.

Orientador:

Engenheiro Agrônomo Prof. Dr. George Rodrigues da Silva

Co-orientadores:

Engenheiro Agrônomo Dr. Pesquisador Manoel da Silva Cravo

Engenheiro Agrônomo M.Sc. Jessivaldo Rodrigues Galvão

Belém
Pará-Brasil
2007

Irino, Vincenzo Henrique de Figueiredo

Produção do feijão-caupi e atributos químicos de um latossolo amarelo, em função da calagem, na região do nordeste paraense/ Vincenzo Henrique de Figueiredo Irino.- Belém, 2007.

64 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA, 2007.

1. *Vigna unguiculata* 2. Solo tropical 3. Calcário dolomítico 4. Produção de grãos 5. Disponibilidade de nutrientes 6. pH 7. Amazônia I. Título

CDD- 635.6592



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**PRODUÇÃO DO FEIJÃO-CAUPI E ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM
LATOSSOLO AMARELO, EM FUNÇÃO DA CALAGEM, NA REGIÃO
NORDESTE PARAENSE**

VICENZO HENRIQUE DE FIGUEIREDO IRINO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da
Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado
em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de
Plantas, para obtenção do título de “**Mestre**”.

Aprovada em 30 de março de 2007

BANCA EXAMINADORA

Engenheiro Agrônomo Prof. Dr. George Rodrigues da Silva-Orientador
Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA

Engenheiro Agrônomo Pesquisador Dr. Manoel da Silva Cravo
Embrapa Amazônia Oriental

Engenheiro Agrônomo Prof. Dr. Antonio Rodrigues Fernandes
Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA

Engenheiro Agrônomo Prof. Dr. Marcos André Piedade Gama
Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA

DEDICATÓRIA

Ao Grande Arquiteto do Universo por mais esta etapa vencida

Ao meu pai, Eugênio Nobutaka Irino (*in memoriam*)

À minha mãe Maria Raimunda de Figueiredo Irino

À minha esposa Luciana Irino

Ao meu irmão Lorenzo Irino

À minha tia Kinue Irino

Aos grandes amigos Ivan Ferreira

e Cláudio Alan de Melo

Por todo o esforço incondicional, dedicação, carinho, respeito e paciência durante o período desta pesquisa e que dispensaram e compreenderam a ausência em alguns momentos e encontros familiares, para a conquista de mais um objetivo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural da Amazônia e ao seu corpo docente, pela oportunidade de realizar este curso e aperfeiçoar meus conhecimentos;

À CAPES, pela bolsa de estudos concedida;

Ao Professor George Rodrigues da Silva, pela amizade e orientação acadêmica, permitindo a conclusão deste trabalho;

Ao Dr. Manoel da Silva Cravo pela dedicação, compreensão, paciência, amizade e orientação, sem o qual não haveria vencido mais esta etapa;

À Professora Maria Marly de L. S. Santos pelo estágio de docência e apoio durante todo o curso;

Ao Engenheiro Agrônomo M.Sc. Jessivaldo Rodrigues Galvão pela colaboração nas análises estatísticas e sugestões apresentadas no trabalho;

Ao técnico da Embrapa João Salles, pelo companheirismo e auxílio incondicional durante condução do experimento;

Ao economista Cláudio Alan de Melo, pelo apoio nas confecções dos gráficos;

Aos colegas do curso de Mestrado: Kassius Clay, Emerson Vinicius, Dionilson da Cunha, Rita de Cassia, Elineuza Trindade, Natasha Soares, Priscilla Naiff, Milena Rodrigues e Paulo Sobral pela amizade e companhia durante os dois anos de curso;

Aos irmãos do Capítulo Castanhal da Ordem DeMolay nº61, pelos momentos de descontração, amizade e reflexão;

Aos meus familiares, que contribuíram com constante apoio e incentivo durante a pesquisa, o meu eterno agradecimento.

EPÍGRAFE

“Se eu vi mais longe,
foi por estar de pé sobre
ombros de gigantes”

Isaac Newton

SUMÁRIO

	p.
LISTA DE TABELAS.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	11
RESUMO.....	12
ABSTRACT.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 O NORDESTE PARAENSE.....	15
2.2 LATOSSOLO AMARELO.....	15
2.3 O FEIJÃO-CAUPI [<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.].....	16
2.3.1 Classificação botânica.....	16
2.3.2 Aspectos ecofisiológicos e sócio-econômicos.....	17
2.4 ACIDEZ DO SOLO.....	19
2.4.1 Acidez do solo na atividade agrícola.....	19
2.4.1.1 Solubilidade do alumínio e manganês	19
2.4.1.2 Diminuição da disponibilidade de fósforo.....	20
2.4.2 A prática da calagem.....	21
2.4.2.1 O uso do calcário.....	21
2.5 EFEITOS DA CALAGEM NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DOS SOLOS.....	22
2.6 EFEITOS DA CALAGEM NA PRODUTIVIDADE DAS CULTURAS.....	26
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E SOLO UTILIZADO.....	30
3.2 VARIÁVEIS ESTUDADAS, TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	31
3.3 VARIÁVEIS ESTUDADAS.....	33
3.4 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	33
3.5 ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO.....	34
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	36

4.1.1	Potencial hidrogênionico (pH)	36
4.1.2	Fósforo disponível (P)	37
4.1.3	Potássio trocável	39
4.1.4	Sódio trocável	40
4.1.5	Magnésio trocável	41
4.1.6	Cálcio trocável	42
4.1.7	Soma de bases	44
4.1.8	Alumínio trocável	46
4.1.9	Saturação por alumínio	47
4.2	PRODUÇÃO DE GRÃOS	50
5	CONCLUSÕES	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
	APÊNDICE	63

LISTA DE TABELA

		p.
Tabela 1	Classificação dos calcários em função do teor de CaO e MgO.....	22
Tabela 2	Análise química e granulométrica do Latossolo Amarelo na profundidade de 0-0,2 m, Tracuateua-PA.....	31
Tabela 3	Doses de calcário dolomítico utilizadas nos cultivares de feijão-caupi, cultivados em Latossolo Amarelo, Tracuateua-PA.....	32
Tabela 4	Características agronômicas dos cultivares de feijão-caupi, cultivados em Latossolo Amarelo, Tracuateua-PA.....	32
Tabela 5	Valores de quadrado médio e níveis de significância do magnésio (Mg), alumínio (Al), potássio (K), sódio (Na) e cálcio (Ca) trocáveis de um Latossolo Amarelo, em função das doses de calcário dolomítico.....	35
Tabela 6	Valores de quadrado médio e níveis de significância do potencial hidrogênionico (pH), soma de bases (SB), fósforo disponível (P) e porcentagem de saturação por alumínio (m%) de um Latossolo Amarelo, em função das doses de calcário dolomítico.....	35
Tabela 7	Valores médios do potencial hidrogênionico em um Latossolo Amarelo em função das doses de calcário utilizadas, Tracuateua-PA.....	36
Tabela 8	Concentração de fósforo disponível em um Latossolo Amarelo em função das doses de calcário utilizadas, Tracuateua-PA.....	38
Tabela 9	Concentração de potássio trocável em um Latossolo Amarelo em função das doses de calcário utilizadas, Tracuateua-PA.....	39

Tabela 10	Concentração de sódio trocável em um Latossolo Amarelo em função das doses de calcário utilizadas, Tracuateua-PA.....	41
Tabela 11	Concentração de magnésio trocável em um Latossolo Amarelo em função das doses de calcário utilizadas, Tracuateua-PA.....	41
Tabela 12	Concentração de cálcio trocável em um Latossolo Amarelo em função das doses de calcário utilizadas, Tracuateua-PA.....	43
Tabela 13	Concentração da soma de bases em um Latossolo Amarelo em função das doses de calcário utilizadas, Tracuateua-PA.....	44
Tabela 14	Concentração de alumínio trocável em um Latossolo Amarelo em função das doses de calcário utilizadas, Tracuateua-PA.....	46
Tabela 15	Porcentagem de saturação por alumínio em um Latossolo Amarelo em função das doses de calcário utilizadas, Tracuateua-PA.....	48
Tabela 16	Valores de quadrado médio e níveis de significância da produção de grãos do feijão-caupi em função de diferentes cultivares e doses crescentes de calcário dolomítico.....	50
Tabela 17	Produção de grãos (kg/ha) em função da interação entre doses crescentes de calcário e cultivares de feijão-caupi, BR3-Tracuateua e BR2-Bragança, Tracuateua-PA.....	51

LISTA DE FIGURAS

	p.
Figura:1 Perfil do Latossolo Amarelo textura média da área experimental, Tracuateua-PA.....	30
Figura: 2 Vista geral da área experimental, Tracuateua-PA.....	33
Figura:3 Valores médios de pH em função das doses de calcário aplicadas em um Latossolo Amarelo, Tracuateua-PA.....	37
Figura:4 Valores médios de fósforo disponível em função das doses de calcário aplicadas em um Latossolo Amarelo, Tracuateua-PA.....	39
Figura:5 Valores médios de magnésio trocável em função das doses de calcário aplicadas em um Latossolo Amarelo, Tracuateua-PA.....	42
Figura:6 Valores médios de cálcio trocável em função das doses de calcário aplicadas em um Latossolo Amarelo, Tracuateua-PA.....	44
Figura:7 Valores médios da soma de bases em função das doses de calcário aplicadas em um Latossolo Amarelo, Tracuateua-PA.....	45
Figura:8 Valores médios de alumínio trocável em função das doses de calcário aplicadas em um Latossolo Amarelo, Tracuateua-PA.....	47
Figura 9 Valores médios da porcentagem de saturação por alumínio em função das doses de calcário aplicadas em um Latossolo Amarelo, Tracuateua-PA.....	48
Figura 10 Produtividade média de grãos (kg/ha) dos cultivares BR3-Tracuateua e BR2-Bragança em função das doses de calcário aplicadas em um Latossolo Amarelo, Tracuateua-PA.....	53

RESUMO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] constitui-se em uma cultura de grande expressão sócio-econômica para a região Amazônica. Porém, os solos de maior extensão usados na região para a agricultura, possuem baixa fertilidade e elevada acidez. Neste contexto, a calagem é de grande importância para corrigir as limitações do solo que levam a baixa disponibilidade de nutrientes e proporcionar aumento da produtividade das plantas. Foi realizado um experimento de campo na região nordeste do Pará, com o objetivo de avaliar os efeitos de cinco doses de calcário dolomítico com 75% de PRNT (0, 1, 2, 3 e 4 t/ha) na produção de grãos do feijão-caupi, cultivares BR3-Tracuateua e BR2-Bragança e em alguns atributos químicos de um Latossolo Amarelo do município de Tracuateua utilizado no ensaio. Os teores de cálcio, magnésio, potássio, sódio, alumínio trocáveis, fósforo disponível e os valores de pH, soma de bases e porcentagem de saturação por alumínio foram analisados em delineamento blocos ao acaso com quatro repetições, enquanto que para a produção de grãos, foi utilizado o mesmo delineamento experimental em arranjo fatorial 5x2, constando de cinco doses de calcário e dois cultivares de feijão-caupi, também com quatro repetições. As doses de calcário não proporcionaram aumentos significativos de produção em ambos os cultivares, isoladamente, entretanto, o cultivar BR3-Tracuateua foi mais eficiente em todos os níveis de calagem, produzindo mais que 30% de grãos do que o BR2-Bragança. A calagem aumentou significativamente as concentrações de cálcio, magnésio, fósforo e soma de bases, reduziu as concentrações e porcentagem de saturação do alumínio e não influenciou nas concentrações de sódio e potássio.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, solo tropical, calcário dolomítico, produção de grãos, disponibilidade de nutrientes, pH, Amazônia.

ABSTRACT

The beans-cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] consist in a culture of great economic expression for the Amazon region. However, the used soils of bigger extension in this region for agriculture possess low fertility and high acidity. Liming evidences to be of great importance to correct the nutritional deficiencies in these soils and to possibly increase the productivity. A field experiment was conducted in the city of Tracuateua northeast region of State of Para, to evaluate the effect of increasing limestone levels (0; 1; 2; 3 and 4 t/ha) in the production of grains of beans-cowpea, cultivars BR3-Tracuateua and BR2-Bragança and in the chemical attributes (exchangeable calcium, magnesium, potassium, sodium, aluminum, available phosphorus, pH in water, base status and aluminum saturation) of a oxisol at 0 – 0,2m depth. To evaluate the effects of lime doses on the chemical attributes of the soil, a randomized blocks design with four replicates was used, whereas the production of grains was analysed in experimental design of randomized blocks with four replications and the treatments arranged in a 5x2 factorial design, with five doses of lime and two cultivars of the beans-cowpea. Liming levels had not provided significant increase of production of grains in both cultivars them, separately, however, to cv. BR3-Tracuateua produced 30% more than what the cv. BR2-Bragança, in all the liming levels. Liming provided significant increases in levels of calcium, magnesium, phosphorus, base status, reduced aluminum level and aluminum saturation, not influencing sodium and potassium levels.

Key words: *Vigna unguiculata*, tropical soil, dolomitical calcarium, production of grains, availability of nutrients, pH, Amazon.

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], também conhecido no Pará como feijão-da-colônia ou feijão-da-estrada, é uma importante fonte de emprego e renda na região do nordeste paraense, notadamente, em 16 municípios do chamado “Pólo do feijão-caupi” (FREIRE FILHO et al., 2005).

O estado do Pará destaca-se como o quarto maior produtor nacional de feijão-caupi, no que se refere à produção obtida. A produtividade dos estados da região Nordeste situa-se na faixa de 300 a 450kg/ha; no estado do Pará, no ano de 2000, a produtividade observada foi de 640kg/ha; na microrregião Bragantina, dependendo do sistema de produção adotado, a produtividade alcança a faixa de 900 a 1200kg/ha (IBGE, 1991).

Porém, os solos de maior extensão que são usados na região Bragantina para a prática da agricultura são os Latossolos e os Argissolos, com elevada acidez, baixa capacidade de troca catiônica, elevada fixação de fósforo como fosfatos de alumínio e de ferro, baixos teores de bases, alumínio e manganês em concentrações tóxicas para as plantas e baixa atividade de microorganismos do solo e consequentemente, baixa produtividade agrícola (VIEIRA; SANTOS; FALESI, 1967).

O aumento da produtividade de plantas cultivadas em solos ácidos, geralmente é obtido quando lhes são proporcionadas condições favoráveis para um bom desenvolvimento e, neste caso, o uso da calagem se revela de grande importância.

A calagem quando bem conduzida proporciona benefícios à produção agrícola através da elevação do pH, neutralização do ferro e alumínio trocáveis, fornecimento de cálcio e magnésio, aumento na capacidade de troca catiônica, maior disponibilidade do fósforo e molibdênio às plantas, insolubilização do manganês e outras alterações na disponibilidade de micronutrientes (NEVES, 1991).

O presente trabalho teve como objetivo estudar o efeito da calagem sobre as características químicas de um Latossolo Amarelo e na produção de grãos em duas cultivares de feijão-caupi: BR3-Tracuateua e BR2-Bragança.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O NORDESTE PARAENSE

A partir do século XVII, em áreas hoje identificadas como Região Metropolitana de Belém (IBGE, 1991), iniciou-se a ocupação do Nordeste Paraense. A região Nordeste do estado do Pará, formada pelas microrregiões Bragantina, Guajarina e Salgado, ocupa somente 1,35% da superfície do estado e concentra 12,66% da população do estado, sendo considerada como uma das mais antigas áreas de exploração agrícola da Amazônia (CRAVO et al., 2003).

O sistema de agricultura utilizado na região Nordeste foi sempre o itinerante há mais de um século. Esse sistema é baseado no processo de derruba e queima da vegetação, cujas cinzas têm um efeito fertilizante e corretivo da acidez, por fornecerem cálcio e magnésio e outros nutrientes, permitindo o cultivo por um a dois anos consecutivos (CRAVO; SMYTH, 1997). Entretanto, a melhoria das características químicas do solo, após a queima da vegetação é de curto prazo, forçando o abandono da área, devido ao baixo rendimento das culturas, aliado ao pouco ou nenhum uso de insumo agrícola ou práticas conservacionistas, com a conseqüente diminuição do potencial produtivo do solo.

Apesar da predominância do sistema de corte e queima, no nordeste paraense há, em alguns importantes municípios dessa região, como Castanhal, Capitão-Poço e Bragança, a ocorrência de sistemas tecnificados, usando equipamentos e tecnologias modernas, visando o aumento da produtividade agrícola (GAMA, 1998).

2.2 LATOSSOLO AMARELO

É formado pelo processo denominado “latossolização” que consiste basicamente na remoção da sílica e das bases do perfil (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+), após transformação (intemperismo) dos minerais primários constituintes (RESENDE et al., 1995).

Segundo Vieira e Vieira (1981), esta unidade taxonômica é uma das de maior ocorrência na região Amazônica, sendo caracterizada por apresentar solos profundos, com espessura maior que 150 cm no solum, bastante envelhecidos, ácidos a fortemente ácidos e de boa drenagem, apesar de, por vezes, apresentarem-se bastante argilosos.

Trata-se de solos com B latossólico (óxico) que possuem o horizonte A variando de 29 a 58 cm de profundidade e apresentam-se porosos, com estrutura variando de fraca pequena granular, fraca pequena subangular a maciça. O teor de argila varia muito nos perfis, daí serem encontrados solos de textura média, textura argilosa e textura muito argilosa. Possuem muito baixos teores de óxidos de ferro, são bem drenados e apresentam perfil do tipo A, B e C (VIEIRA, 1975).

São solos muito intemperizados, com pequena reserva de nutrientes para as plantas, representados, normalmente por sua baixa a média capacidade de troca catiônica (CTC) e pH entre 4,0 e 5,5 (RESENDE et al., 1995). Normalmente, está situado em relevo plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7% facilitando a mecanização (RAMALHO FILHO; BEEK, 1994).

A baixa fertilidade e a elevada acidez desse solo são fatores limitantes a sua exploração econômica. Contudo, com aplicações adequadas de fertilizantes e corretivos calcários, aliada à época propícia de plantio e uso de cultivares adaptados, obtêm-se boas produções (CRAVO; SMYTH, 1997).

2.3 O FEIJÃO-CAUPI [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]

2.3.1 Classificação botânica

Verdcourt¹ (1970 citado por FREIRE FILHO; LIMA; RIBEIRO, 2005) identificam o feijão-caupi com a nova classificação botânica:

Classe: Dicotiledônea

Ordem: Fabales

Família: Fabacea

Subfamília: Faboideae

Tribo: Phaseoleae

Subtribo: Phaseolinea

Gênero: *Vigna*

Subgênero: *Vigna*

Secção: Catiang

Espécie: *Vigna unguiculata* (L.) Walp

Subespécie: *unguiculata*.

¹ VERDCOURT, B. Studies in the Leguminosae- Papilionoidea for the flora tropical East Africa. IV. **Kew Bulletin**, Londres, v.24, p. 569-597, 1970.

2.3.2 Aspectos ecofisiológicos e sócio-econômicos

Originário da África, o feijão-caupi foi introduzido no Brasil no século XVI pelos colonizadores portugueses. A entrada se deu pelo estado da Bahia, de onde se expandiu para todo o país. Atualmente, seu cultivo se concentra nas regiões Nordeste e Norte onde constitui em um dos mais importantes componentes da dieta alimentar, especialmente da população rural (FREIRE FILHO; LIMA; RIBEIRO, 2005).

O feijão-caupi é uma leguminosa eminentemente tropical, vegetando bem em climas localizados entre as latitudes 20 N° e 20 S°, e temperatura média anual em torno de 20 a 30°C (ARAÚJO et al., 1984). Altas temperaturas prejudicam a floração. Já baixas temperaturas aumentam o ciclo da planta, pelo prolongamento de todas as fases do desenvolvimento; temperaturas abaixo de 20°C paralisam o desenvolvimento das plantas e, se o período de frio é longo, ocorre produção demasiada de ramos, com conseqüente redução do rendimento (ARAÚJO; WATT, 1988).

O cultivo do feijão-caupi depende, sobremaneira, do regime pluviométrico e regularidade na distribuição de chuvas, principalmente, nas fases mais críticas (floração e enchimento de vagens), como também, apresenta riscos climáticos diferenciados em função da época de semeadura e do tipo de solo (MAFRA, 1979). Pode ser cultivado em quase todos os tipos de solos, merecendo destaque para os Latossolos Amarelos, Latossolos Vermelho Amarelos, Argissolo e Neossolos (MELO; ITALIANO; CARDOSO, 1988). De um modo geral, desenvolve-se bem em solos com regular teor de matéria orgânica, soltos, leves e profundos, arejados e dotados de uma média a alta fertilidade. Entretanto, outros solos como Latossolos e Neossolos de baixa fertilidade podem ser utilizados, mediante aplicações de fertilizantes químicos ou orgânicos (OLIVEIRA; CARVALHO, 1987).

O feijão-caupi tem demonstrado excelente adaptabilidade à Latossolos Amarelos, considerados como uma boa opção no cultivo de grãos, pois, segundo Vieira e Vieira (1981) esta classe de solo é uma das de maior ocorrência na região Amazônica, em torno de 60%. Como cultura principal, pode ser utilizada nos monocultivos, na rotação de cultura, em consórcios e nos cultivos seqüenciados e, devido a sua rusticidade e capacidade de se desenvolver bem em solos de baixa fertilidade, constitui também uma opção como fonte de matéria orgânica a ser utilizada como adubo verde na recuperação de solos naturalmente pobres em fertilidade, ou esgotados pelo uso intensivo (ARAÚJO; WATT, 1988).

No Brasil é cultivado para a produção de grãos para a alimentação humana nas regiões de climas quentes, seja úmida ou semi-árida, do Norte (Trópico Úmido) e Nordeste (Trópico Semi-Árido), respectivamente. Nas demais regiões do país é utilizado para a produção de grãos verdes e vagens, consumo in natura, e de ramos e folhas para a alimentação de animais, como feno (OLIVEIRA; CARVALHO, 1987).

Também conhecido como feijão-da-colônia, ou feijão-da-estrada, se destaca como uma importante fonte de emprego e renda na região do Nordeste Paraense e foi introduzida há mais de 50 anos por imigrantes nordestinos (FREIRE FILHO et al., 2005). Segundo Eiras e Menezes (2003) o estado do Pará destaca-se como o quarto produtor nacional de feijão-caupi no qual se refere à produção obtida. A região nordeste do Brasil atinge uma produtividade que varia de 300 a 450 kg/ha, o estado do Pará de 500 a 800 kg/ha e a microrregião Bragantina de 900 a 1200 kg/ha, destacando-se os municípios de Augusto Corrêa, Bragança, Capanema e Tracuateua com as maiores áreas plantadas representando mais de 60% do total plantado na microrregião.

Atualmente essa cultura está presente em 124 dos 143 municípios do estado do Pará, com a maior área plantada concentrando-se nos 16 municípios que integram a microrregião Bragantina e que formam o chamado “Pólo do Feijão-Caupi”, sendo que a cultura ocupa diretamente 30 mil pessoas por ano no pólo produtor, que se destaca por suas condições edafoclimáticas favoráveis ao seu cultivo, atraindo compradores de diversos estados, principalmente da região Nordeste do País (FREIRE FILHO et al., 2005).

O cultivo do feijão-caupi é feito por pequenos, médios e grandes produtores, que empregam algumas tecnologias modernas (CRAVO; SMYTH; SOUZA, 2006). Entretanto, a produtividade em geral é baixa, principalmente entre os pequenos produtores. Diversos fatores contribuem para determinação dessa baixa produtividade na região: a) baixa tolerância a doenças dos cultivares, b) baixo ou nenhum emprego de tecnologia no sistema de produção e c) baixa fertilidade e elevada acidez dos solos (CRAVO et al., 2004). O papel da pesquisa, na busca de novos cultivares de feijão-caupi que melhor se adequem às limitações dos solos da região e se mostrem mais produtivos, é da mais alta relevância para o fortalecimento da agricultura de grãos, responsável por expressiva contribuição às divisas do estado do Pará.

2.4 ACIDEZ DO SOLO

A acidez do solo é um dos fatores que mais limitam a produção das culturas em solos tropicais altamente intemperizados. A maior área de solos ácidos está localizada na América do Sul, onde ocupam 85% da área total e, segundo Cochrane² (1989 citado por FAGERIA, 2001a) aproximadamente 850 milhões de hectares são subutilizados para a produção agrícola.

Na região do Nordeste Paraense, a acidez é um dos fatores mais limitante a ser superado para a obtenção de maiores produções agrícolas, já que há predominância de solos altamente intemperizados como é o caso do Latossolo Amarelo. Em geral, esses solos apresentam elevada acidez, com elevadas concentrações de alumínio trocável e de ferro, além de baixa saturação de cálcio e magnésio (FONTES; GJORUP; ALVARENGA, 1995).

Os solos podem ser naturalmente ácidos, pela própria constituição do material de origem, com baixos teores de cátions básicos, ou podem torna-se ácidos, nas regiões em que a precipitação pluvial é maior que a evapotranspiração, responsável pela lixiviação de bases no perfil do solo. Com isso, as cargas negativas são ocupadas por íons Al^{3+} e H^+ , para a manutenção da eletroneutralidade (RAIJ, 1991).

De acordo com Fageria, Stone e Santos (1999), em condições de clima tropical em que a precipitação é maior que a evaporação, a acidificação do solo é um processo contínuo, que pode ser acelerado pela atividade das plantas, animais e seres humanos, ou diminuído pelo manejo adequado.

2.4.1 Acidez do Solo na Atividade Agrícola

2.4.1.1 Solubilidade do alumínio e manganês

O fator mais importante que limita o crescimento dos vegetais cultivados em solos ácidos é a toxicidade do alumínio. Entre os seus principais efeitos nas plantas estaria a inibição do crescimento das raízes e formação dos nódulos nas leguminosas,

² COCHRANE, T. T. Chemical properties of native savanna and forest soils in Central Brazil. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 53, p. 139-141, 1989.

precipitação do fósforo nas raízes, diminuição do transporte de água e nutrientes (PAVAN; MIYAZAWA, 1991).

Dentre estes efeitos da toxicidade, de acordo com Silva e Riveros (1970) o principal seria relacionado à diminuição da assimilação do fósforo. Se a concentração do alumínio estiver superior a $1,85 \cdot 10^{-3}$ M, o fósforo total é reduzido e a concentração deste elemento na parte aérea do vegetal é diminuída, causando sintomas de deficiência de fósforo.

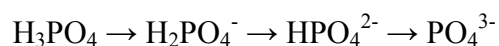
A principal consequência da toxicidade de manganês corresponde a uma redução acentuada na concentração de clorofila (PAVAN; BINGHAM, 1981). Com a redução da acidez do solo pela prática da calagem, diminuí-se a concentração de manganês (Mn^{2+}) na solução do solo através da precipitação como MnO_2 , $Mn(OH)_2$ e $MnCO_3$ (ANDRADE et al., 1995).

Conforme Hewitt³ (1963 citado por DIB TAXI, 1989) a calagem para pH superior a 6,0 pode causar deficiência de manganês, devido à formação de espécies menos solúveis, limitando a produção vegetal, visto que este elemento é um micronutriente essencial para os vegetais.

Para um bom desenvolvimento das plantas, em geral, são necessários menos de 5 mg/dm³ de manganês e para o alumínio o valor de 0,5 cmol_c/dm³, com isto a probabilidade de ocorrer o efeito tóxico é pequena, dependendo da CTC efetiva (TOMÉ JR., 1997).

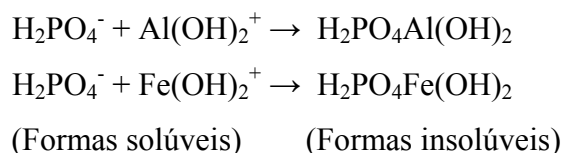
2.4.1.2 Diminuição da disponibilidade de fósforo

Segundo Pavan e Oliveira (1997) as formas de fósforo no solo são controladas pelo pH, conforme as seguintes reações de equilíbrio:

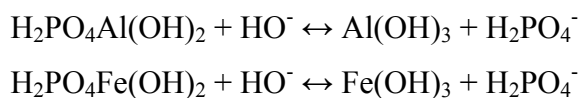


As formas $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-} são dominantes na faixa de pH dos solos agrícolas (4,0 a 7,0). A solubilidade de $H_2PO_4^-$, em solos ácidos, é controlada pelos íons ferro e alumínio, formando complexos insolúveis:

³HEWITT, E. J. **Essential nutrient elements for plants**. In: Plant Physiology. F. C. New York: Steward Academic Press, v. 3, p. 143-292, 1963.



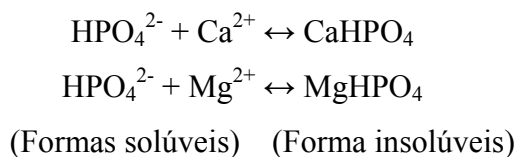
Com o aumento do pH do solo, pela prática da calagem, ocorrem as precipitações do alumínio e do ferro, na forma de $\text{Al}(\text{OH})_3$ e $\text{Fe}(\text{OH})_3$, liberando H_2PO_4^- para a solução do solo:



Porém, de acordo com Volkeiss e Tedesco (1984) o contínuo aumento do pH (7,0 a 7,5) altera o equilíbrio entre as espécies de fósforo na solução:



A consequência dessa reação é a precipitação do HPO_4^{2-} com cálcio e magnésio, formando fosfato de cálcio e fosfato de magnésio:



2.4.2 A prática da calagem

2.4.2.1 O uso do calcário

A calagem é uma das práticas mais comuns e efetivas para aumentar a produção agrícola em solos ácidos. O uso adequado do calcário é fundamental para aumentar a produção e, ao mesmo tempo, reduzir seu custo (FAGERIA, 2001a).

Como o calcário, outros corretivos que diferem entre si na natureza química e física podem ser utilizados na neutralização da acidez do solo. O produto que contém como princípio ativo óxido, hidróxido, carbonato ou silicato de cálcio e ou magnésio podem ser utilizados na correção da acidez do solo (PANDOLFO, 1988).

Silva (1980) informa que o corretivo tem maior poder neutralizante, quanto maior for a quantidade existente de óxido de cálcio e de óxido de magnésio em sua composição. Porém, os corretivos apropriados para aplicação no solo, são aqueles que

apresentam a relação Ca:Mg de 3 a 5:1, proporcionando um balanço entre estes nutrientes, mais favorável à nutrição das plantas. Os calcários são os corretivos de acidez mais usados, e classificados de acordo com o seu conteúdo em óxidos de cálcio e de magnésio, como é demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1: Classificação dos calcários em função do teor de CaO e MgO

Calcário	CaO%	MgO%
Calcítico	41-45	1-5
Magnesiano	31-40	6-12
Dolomítico	25-30	13-20

2.5 EFEITOS DA CALAGEM NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DOS SOLOS

O efeito da calagem sobre a elevação do pH, disponibilidade de cátions trocáveis, capacidade de troca de cátions, soma de bases, saturação por alumínio, atividade microbiana e outras propriedades químicas do solo, tem se constituído em assunto bastante controvertido e discutido no campo da ciência do solo (NEVES, 1991).

A elevação do pH, em decorrência do uso de corretivos, induz a uma série de mudanças nas características químicas do solo, concorrendo para que haja aumento ou diminuição na disponibilidade de diversos elementos e, conseqüentemente, uma maior ou menor produtividade das culturas.

Avaliando as propriedades químicas de um Cambissolo Húmico submetido às doses crescentes de calcário, Anjos et al. (1981) obtiveram, ao fim do experimento, um aumento do pH do solo que passou de 4,5 na testemunha para 6,5 na maior dose aplicada. O contrário ocorreu com a concentração de alumínio trocável que reduziu acentuadamente, variando de 4,1 cmol/dm³ para 1,1; 0,4 e 0,2 cmol/dm³, nas doses respectivas de 5; 10 e 20 t/ha de calcário dolomítico.

Ernani, Bayer e Fontoura (2001), em experimento realizado em dois tipos de solos, Latossolo Bruno e Cambissolo Húmico, observaram que as aplicações de doses crescentes de calcário aumentaram o pH e a saturação por bases e diminuiu o alumínio trocável, e que cada tonelada de calcário aplicada promovia o aumento de 0,13 unidades de pH no Latossolo e de 0,10 unidades de pH no Cambissolo. Essa diferença entre os

solos, segundo os autores, deveu-se ao maior tamponamento do Cambissolo, provavelmente pelos maiores teores de matéria orgânica e de alumínio trocável apresentado neste solo. O incremento nas concentrações de cálcio e magnésio foi linear nos dois solos.

Em ensaio conduzido em um Latossolo Bruno, Ernani et al. (2000) verificaram, ao término do experimento, que as aplicações de 4,5 e 9,0 t/ha de calcário aumentaram o pH médio do solo na testemunha de 4,7, para 5,4 e 6,0, respectivamente, provocando a diminuição do alumínio trocável de 3,9 para 0,6 e 0,0 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ e da saturação por alumínio de 60 para 7 e 0%. Testando doses crescentes de calcário dolomítico sobre as propriedades químicas de um Latossolo Vermelho, Oliveira, Parra e Costa (1997) verificaram que após seis meses da aplicação do calcário houve aumento significativo no valor do pH, que passou de 4,0 sem calagem, para 5,2 com a aplicação da dose máxima de calcário (8,8 t/ha), assim como, uma redução acentuada na concentração de alumínio trocável que, de 1,11 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ inicial, passou para 0,06 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$.

Avaliando os efeitos da calagem sobre as propriedades químicas de um Latossolo Vermelho, Camargo et al. (1997) verificaram aumento no valor de pH, que variou inicialmente de 4,5 para 5,7 com a adição de 9 t/ha de calcário. Com essa mesma dose de calcário ocorreu a completa neutralização do alumínio trocável do solo. Andreotti et al. (2001) constataram que as aplicações de calcário dolomítico em um Latossolo Vermelho proporcionaram aumento do pH no primeiro cultivo, passando do valor inicial de 4,0 para 4,7, com a dose de 3,03 t/ha de calcário. Esse mesmo efeito foi verificado na concentração de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, a qual alcançou 4,85 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ com a dose máxima de calcário (3,03 t/ha).

Oliveira e Galvão (1999) analisando as alterações da fertilidade do solo cultivado com milho e feijão-caupi, submetidos à calagem (0; 3,3 t/ha) em um Latossolo Amarelo no Nordeste paraense, verificaram elevação da concentração de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, que passou de 1 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, na ausência de calagem, para 3 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ com aplicação de 3,3 t/ha de calcário. Com a utilização da mesma dose de calcário, ocorreu também, aumento do pH do solo, que se manteve durante os três anos de cultivo com valor igual ou superior a 5,8, reduzindo a concentração do alumínio trocável, a níveis não tóxicos para as plantas.

Resultados semelhantes foram obtidos por Nakayama, Barbo e Fabricio (1984), estudando os efeitos da aplicação a lanço de calcário (0 e 4,0 t/ha) na cultura da soja em um Latossolo Vermelho, quando observaram, ao fim do experimento, aumentos

significativos nos valores de pH e na somatória de cálcio e magnésio. O pH variou de 4,94 para 5,43 e a concentração de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ aumentou de 4,58 para 5,98 $\text{cmol}_\text{c}/\text{dm}^3$, respectivamente, para as doses de calcário usadas.

Com a finalidade de determinar o efeito da aplicação das doses de 1,59; 3,18 e 4,48 t/ha de calcário dolomítico sobre algumas características químicas de um Latossolo Vermelho distrófico, Silva et al. (2004) constaram, após trinta dias da calagem, alterações no valor do pH do solo, que de 4,0 (testemunha) atingiu respectivamente os valores de 4,3; 4,9 e 5,1 correspondentes às doses de calcário acima mencionado. Verificaram ainda que, para a maior dose de calcário aplicada, a concentração de cálcio trocável aumentou de 0,5 para 2,5 $\text{cmol}_\text{c}/\text{dm}^3$ e a de magnésio variou de 0,08 para 0,8 $\text{cmol}_\text{c}/\text{dm}^3$.

Ernani et al. (2001) observaram que a aplicação de doses crescentes de calcário em um Latossolo Bruno, elevou a concentração de Ca^{2+} de 1,4 para 5,9 $\text{cmol}_\text{c}/\text{dm}^3$, enquanto o de Mg^{2+} variou de 0,9 para 5,2 $\text{cmol}_\text{c}/\text{dm}^3$. De acordo com Neves (1991) em ensaio conduzido em um Argissolo Vermelho Amarelo, com dois níveis de calcário dolomítico (0 e 1,6 t/ha), foram observados aumentos significativos do cálcio e magnésio trocáveis, que variaram de 0,24 para 0,65 $\text{cmol}_\text{c}/\text{dm}^3$, e de 0,05 para 0,44 $\text{cmol}_\text{c}/\text{dm}^3$, respectivamente, com a calagem. Aplicando carbonato de cálcio em um Argissolo Vermelho, Cavalcante (1972) constatou, em experimento em vaso, que o uso de 1,234g de corretivo/kg de solo promovia, depois de 75 dias de incubação, a elevação do valor pH de 4,1 para 4,5. Com relação ao alumínio trocável, para aquela dose anteriormente citada, ocorria aos 30 dias a neutralização de 63% do mesmo, enquanto que aos 75 dias essa neutralização atingia valores da ordem de 72%.

Em ensaio conduzido em um Latossolo Vermelho para avaliar o efeito de níveis de calcário e fósforo em duas variedades de trigo, Magalhães (1979) concluiu que os tratamentos com calcário proporcionaram acréscimos nos valores de pH, variando de 4,5 (testemunha) para 5,1 e 6,3 com a utilização das doses de 1,0 e 5,0 t/ha. As concentrações de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ aumentaram de 0,3 para 1,3 e 4,4 $\text{cmol}_\text{c}/\text{dm}^3$, respectivamente, para as doses de calcário citadas. A concentração de potássio não se alterou pela calagem, ficando em torno de 0,09 $\text{cmol}_\text{c}/\text{dm}^3$ e nem a concentração de fósforo, que permaneceu em 1 mg/dm^3 em todos os tratamentos de calcário.

Costa, Paulino e Schammas (1989), aplicando as doses de 0; 1,5 e 3,0 t/ha de calcário dolomítico em um Latossolo Amarelo, observaram que as doses crescentes de calcário provocaram aumentos significativos na concentração de fósforo, que variou de

2,0 mg/dm³, sem a calagem, para 2,7 e 3,4 mg/dm³, respectivamente, com a utilização das doses de 1,5 e 3,0 t/ha de calcário. A calagem, contudo, não influenciou as concentrações de potássio, o qual permaneceu em torno de 0,17 cmol_c/dm³ para todas as doses de calcário aplicadas.

Avaliando as características químicas de um Argissolo Vermelho Amarelo submetido à calagem, Góes (2000) constatou aumento significativo na concentração de fósforo, aumentando de 7,04 mg/dm³ (testemunha) para 11,40 mg/dm³ na dose máxima de calcário. O mesmo aconteceu com a concentração de potássio trocável, que após ser feita a calagem, verificou-se um aumento significativo (4,62 mg/dm³), em relação à testemunha.

Silva (2001) utilizando crescentes níveis de saturação por bases (20; 40; 60 e 80%) em um Argissolo Vermelho Amarelo, obteve aumento linear significativo da concentração de potássio trocável do solo, que variou de 0,13 cmol_c/dm³ (testemunha) para 0,14 cmol_c/dm³ com 80 % de saturação de bases. A disponibilidade de fósforo no solo, também, apresentou comportamento linear crescente em função da saturação de bases, aumentando de 10,6 mg/dm³ para 13 mg/dm³ com a máxima saturação de bases. Segundo a autora, isso se deve ao aumento do pH e precipitação do alumínio trocável que contribuíram para diminuir a fixação do fósforo no solo.

Quando a calagem é usada de maneira incorreta, entretanto, podem-se evidenciar alguns efeitos negativos no solo, sendo os mais comuns a deficiência de nutrientes. Foi o que constataram Tanaka, Mascarenhas e Bulisani (1992) em experimento conduzido em um Latossolo Vermelho, incorporando doses elevadas de calcário calcítico e dolomítico, durante seis anos. Esses autores observaram que essa super-calagem provocou deficiência de manganês nas folhas de soja, sendo que nas folhas deficientes, o teor de manganês era de 13 mg/dm³, abaixo, portanto, do nível crítico que é de 20 mg/dm³. O solo apresentava nesta situação 81% de saturação por bases e pH em CaCl₂ em torno de 6,0.

Fageria (2000), avaliando os efeitos do pH do solo sobre o rendimento, e absorção de nutrientes na cultura do arroz, encontrou diminuição na produção de matéria seca e na produção de grãos, com alto valor de pH. Com o aumento do pH além de 6,0 ocorre fixação de fósforo, principalmente, pela formação de fosfatos de cálcio; o potássio diminui pelo efeito antagônico do cálcio, e o ferro é precipitado como hidróxido, sendo, também, observados sintomas de deficiência de ferro, zinco e

manganês com pH próximo de 6, 0, o que pode estar relacionados com a adsorção ou precipitação destes nutrientes.

Os resultados descritos foram confirmados, também, por Carvalho e Meurer (1980), que observaram reduções nos teores de manganês e zinco nas folhas da soja, devido ao aumento do pH do solo pelas doses de calcário aplicadas. Em ensaio conduzido em dois Latossolos Vermelho, Rosolem e Nakagawa (1990) verificaram diminuição dos teores de manganês nas folhas de soja com a aplicação da dose de 4 t/ha de calcário calcítico. Testando quatro doses de calcário dolomítico (1,0; 4,0; 7,0 e 10 t/ha) sobre a concentração de zinco nas folhas da soja em um Latossolo Vermelho, Mascarenhas et al. (1988) observaram decréscimos significativos do teor do micronutriente nas folhas, ao longo de três plantios sucessivos da cultura.

2.6 EFEITOS DA CALAGEM NA PRODUTIVIDADE DAS CULTURAS

Os efeitos da calagem sobre o desenvolvimento e produção de diversas culturas têm sido bastante discutidos no campo da ciência do solo. A calagem tem um efeito pronunciado no aproveitamento de nitrogênio e, assim, influi nas respostas de produção de matéria seca (SUTTON; MONTEIRO, 1997). Além disso, a calagem estimula, em muitos solos, o aprofundamento do sistema radicular das plantas, ocasionando melhor aproveitamento de nutrientes existentes no subsolo (RAIJ, 1991).

Existem poucas referências na literatura sobre o efeito da calagem no crescimento e nutrição mineral do feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. De Paula et al. (1999), em ensaio conduzido em um Latossolo Amarelo, avaliando o efeito da calagem na produção do feijão-caupi BR2-Bragança, verificaram que os crescentes níveis de saturação por bases (0; 20; 40; 60 e 80%) proporcionaram aumentos quadráticos na matéria seca da parte aérea, correspondendo a 12,60; 17,36; 20,23; 21,2 e 20,27 g/planta, respectivamente, para os níveis de saturação utilizadas.

Avaliando a influência da aplicação do calcário dolomítico na produção de matéria seca do feijão-caupi BR3-Tracuateua, em um Latossolo Amarelo de textura média, De Paula et al. (1998), constataram que o peso de matéria seca da parte aérea, das raízes, vagens e matéria seca total, aumentaram de forma quadrática em função da aplicação do calcário. Utilizando doses crescente de calcário dolomítico (0,0 e 1,6t/ha), Neves (1991), obteve ao fim do experimento que os cultivares de feijão-caupi

responderam significativamente a aplicação de 1,6 t/ha de calcário, com aumentos da produção de matéria seca na ordem de 70 e 99% para a BR8-Caldeirão e a Ipean V-69, respectivamente.

Para outras culturas, a literatura é extensa no que se refere ao efeito da calagem sobre a produção e nutrição mineral.

Barbosa Filho e Silva (2000), em experimento conduzido na Embrapa Arroz e Feijão, avaliaram a resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Aporé quanto à produtividade de grãos, em relação às doses de 0; 3; 6; 9; 12 e 15 t/ha de calcário dolomítico. Ao fim do experimento, constataram aumento linear na produção, a qual passou de 2.159 kg/ha na ausência da calagem, para 2.796 kg/ha com a dose de 15t/ha de calcário. Fageria e Stone (2004) constataram que a calagem proporcionou aumento de 35% na produção de feijão, em relação à testemunha sem calagem. Fageria (2001), trabalhando em solo de cerrado, obteve 90% da produção máxima de feijão, com a dose de 5t/ha de calcário dolomítico.

Mascarenhas et al. (1996) estudaram o efeito da calagem sobre a produtividade de grãos de soja [*Glycine max* (L.) Merr.], com a utilização de 0; 4; 8 e 12 t/ha de calcário dolomítico em três anos agrícolas e obtiveram aumentos de produtividade em todos os anos, com maior produção no primeiro ano. A amplitude da produtividade foi de 1836 kg/ha na ausência de corretivo, a 2578 kg/ha com a dose máxima de calcário (4t/ha).

Já Sfredo et al. (1996), testando, também, quatro doses de calcário 0; 1,5; 3,0 e 4,5 t/ha em duas cultivares de soja durante dois anos agrícolas, verificaram aumento de produção, principalmente, no segundo ano, dada a maior reação do calcário. Quaggio et al. (1982), avaliando a resposta da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em Latossolo Vermelho, distrófico, obtiveram aumentos significativos de produção, a qual passou de 1.681 kg/ha (testemunha) para 2.519 kg/ha, com 12 t/ha de calcário aplicado.

Carvalho et al. (1998), estudando a resposta de cinco leguminosas forrageiras tropicais à aplicação de calcário e fósforo em um Latossolo Vermelho Amarelo, encontrou que, em geral, a aplicação dos níveis crescentes de calcário contribuiu para elevar o peso da matéria seca da parte aérea das leguminosas. A aplicação de 4 t/ha de calcário produziu alterações químicas positivas no solo, permitindo uma fixação de N₂ suficiente para aumentar a concentração de nitrogênio, o que levou a um aumento da produção de matéria seca.

A prática bem estabelecida de se fazer calagem nos solos ácidos tropicais até alcançar sua neutralidade, não tem o mesmo efeito para a maioria dos solos altamente intemperizados dos trópicos úmidos. Com bastante frequência a calagem até pH 7,0 ocasiona mais dano que benefício (ALFAIA et al., 1988). Segundo Sanchez⁴ (1981 citado por ALFAIA et al., 1988), muitos cultivos tropicais estão bem adaptados às condições de solos ácidos e, muitas vezes, não respondem à calagem, como outros cultivos bem conhecidos.

Neste sentido, Moraes et al. (1998), aplicando doses crescentes de calcário (0; 1,4 e 2,8 t/ha) em um Latossolo Vermelho, constataram que a produção de grãos, números de grãos por vagem e número de vagens por planta do feijoeiro cv. Carioca-80, não se alterou pela calagem, provavelmente pelo solo utilizado mostrar-se quimicamente balanceado para a cultura do feijoeiro, com uma concentração inicial média de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ igual a 2,71 cmol/dm³, suficiente para uma produção satisfatória sem o fornecimento destes elementos pela calagem.

Dynia e Moraes (1998) estudando a resposta da cultura do arroz (*Oryza sativa*) cultivar Cica-8 e do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Carioca, em função de doses crescentes de calcário em um solo Gleissolo Háptico, também não encontraram aumentos de produção de arroz e nem de feijão com as aplicações do calcário. Segundo os autores isto poderia ser explicado pela concentração inicial de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ do solo ser alto, em torno de 10,0 cmol/dm³.

Resultado semelhante também foi obtido por Cravo e Smyth (1990) em ensaio realizado em um Latossolo Amarelo na Amazônia Ocidental, que não encontraram aumentos considerados significativos na produção de grãos do feijão-caupi, cultivar Ipean V-69, aos níveis de 0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 t/ha de um calcário calcítico. Esta ausência de resposta possivelmente é explicada pela concentração inicial de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ igual a 2,9 cmol/dm³, considerado médio para o desenvolvimento da cultura do feijão-caupi, segundo Freire Filho, Lima e Ribeiro (2005).

Em experimento realizado em um Latossolo Amarelo na Amazônia Central, testando doses crescentes de calcário (2,0; 3,0 e 5,0 t/ha) na cultura da soja, Alfaia et al. (1988) não encontraram diferenças significativas de produção com as aplicações das

⁴ SANCHEZ, P. A. **Soil management in the oxisol savannas and ultisols jungles of Tropical South America**. In: CHARACTERIZATION OF SOILS IN RELATION TO THEIR CLASSIFICATION AND MANAGEMENT FOR CROP PRODUCTION. EXAMPLES FROM SOME AREAS OF THE HUMID TROPICS. Greenland, D. J. (ed.). Clarendon Press. Oxford. . 1981. p. 214-253

doses de calcário. Segundo os autores, um dos problemas que poderiam estar afetando a resposta dos solos desta região à calagem, pode estar relacionado a um desbalanço nutricional, principalmente de micronutrientes (zinco, cobre e boro) insolubilizados por altas doses de calcário, e a uma baixa reserva natural de potássio. Resultados semelhantes foram encontrados por Bastos et al. (1983), que estudando a influência da calagem na Amazônia Central, não obtiveram aumentos significativos de produção da soja pela aplicação de mais que 2 t/ha de calcário.

Simão Neto e Gonçalves (1999) em ensaio com duas leguminosas tropicais (*Pueraria phaseoloides* e *Stylosanthes guianensis* cv. Cook) em resposta à adubação e a calagem, em um Latossolo Amarelo no Nordeste Paraense, observaram que a aplicação de dois níveis de calagem (0 e 2 t/ha) não proporcionaram aumentos na produção de matéria seca em ambas as leguminosas. Segundo os autores este resultado pode ser explicado pela quantidade excessiva de calcário aplicado (2 t/ha) no solo utilizado, pois elevou o pH para próximo de 6,0 inibindo o efeito positivo da calagem. Possivelmente uma dose menor, como 1 t/ha de calcário fosse suficiente para as condições do solo utilizado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E SOLO UTILIZADO

O ensaio foi instalado na propriedade da Agropecuária Milênio, no ramal do Braço Grande em Vila Fátima, município de Tracuateua, Nordeste Paraense, em solo classificado como Latossolo Amarelo, de textura arenosa, segundo Embrapa (1999) (Figura 1).



Figura 1: Perfil do Latossolo Amarelo, textura média da área experimental, Tracuateua-PA.

O município de Tracuateua está localizado, na mesorregião do Nordeste Paraense, microrregião do Salgado, ocupando uma área de aproximadamente 900,76 km² e coordenadas geográficas de 00° 46' 18" de latitude sul e 47° 10' 35" de longitude oeste de Greenwich. Possui limites ao norte com o Oceano Atlântico, a leste com o município de Bragança, a oeste com o município de Quatipuru e Capanema, e ao sul com os municípios de Capanema e Primavera (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 1999).

Com base na classificação de Köppen a região estudada está sujeita ao tipo climático da classe A (Awi) (BASTOS, 1972). Dados sobre as condições climáticas do município constam da Tabela A, em apêndice.

As amostras do solo da área experimental (20 amostras simples para formar uma amostra composta) foram coletadas na profundidade de 0-0,2 m, secas ao ar e passadas em peneiras de 2 mm de diâmetro. Na terra fina seca ao ar (TFSA) resultante, foi

efetuada a caracterização química e granulométrica, conforme a metodologia preconizada por Embrapa (1997), constante da Tabela 2.

Tabela 2: Análise química e granulométrica do Latossolo Amarelo na profundidade de 0-0,2m, Tracuateua-PA.

Latossolo Amarelo	
Características	Resultados Analíticos
pH (H ₂ O)	4,70
P (mg/dm ³)	11,00
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³)	1,80
Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	0,60
K ⁺ (cmol _c /dm ³)	0,09
Na ⁺ (cmol _c /dm ³)	0,01
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	1,00
SB ⁽¹⁾ (cmol _c /dm ³)	2,5
m ⁽²⁾ %	28,57
Areia (%)	87
Silte (%)	5
Argila (%)	9

(1) Soma de bases

(2) Saturação por alumínio.

3.2 VARIÁVEIS ESTUDADAS, TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Para a avaliação da produção de grãos dos cultivares de feijão-caupi estudados, foi utilizado o delineamento experimental blocos ao acaso em arranjo fatorial 5 x 2, consistindo de cinco doses de calcário (0; 1; 2; 3 e 4 t/ha de calcário) e dois cultivares de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] BR3-Tracuateua e BR2-Bragança, os mais difundidos na região Nordeste do Pará, com quatro repetições. Os teores de cálcio, magnésio, potássio, sódio e alumínio trocáveis, fósforo disponível e os valores de pH, soma de bases e saturação por alumínio foram analisados em delineamento blocos ao acaso, em quatro repetições. As doses de calcário aplicadas com calcário dolomítico de

uso comercial com 19,8% de CaO, 10,8% de MgO e PRNT de 75%, foram correspondentes a 0; 0,5; 1; 1,5 e 2 vezes a necessidade de calagem para neutralizar o alumínio trocável do solo, conforme Kamprath (1970). As quantidades de calcário corrigidas para PRNT 75%, utilizadas por parcela de 48 m², encontram-se demonstradas na Tabela 3. As características agronômicas dos cultivares estudados constam da Tabela 4.

Tabela 3: Doses de calcário dolomítico utilizadas nos cultivares de feijão-caupi, cultivados em Latossolo Amarelo, Tracuateua-PA.

Doses de calcário (t/ha)	Quantidade de calcário (Kg/parcela)
0	0
1	6,4
2	12,8
3	19,2
4	25,6

Tabela 4: Características agronômicas dos cultivares de feijão-caupi, cultivados em Latossolo Amarelo, Tracuateua-PA.

Especificação	Cultivares	
	BR3-Tracuateua	BR2-Bragança
Grupo	Branção	Manteiga
Porte	Semi-ereto	Semi-ereto
Ciclo (Dias)	65 a 75	65 a 75
Cor da semente	Branca	Creme
Peso de 100 Sementes (g)	30	16
Produtividade média (kg/ha)	900 a 1.200	900 a 1.200
Hábito de crescimento	Indeterminado	Indeterminado
Época de floração (Dias)	30 a 60	35 a 45

3.3 VARIÁVEIS ESTUDADAS

Foram avaliados os atributos químicos: pH, fósforo, potássio, sódio, magnésio, cálcio, soma de bases, alumínio trocável e porcentagem de saturação por alumínio do Latossolo Amarelo utilizado no estudo, e a produção de grãos do feijão-caupi, cultivares BR3-Tracuateua e BR2-Bragança, em função das doses de calcário aplicadas.

3.4 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O calcário foi aplicado a lanço, manualmente, com quinze dias de antecedência do plantio e incorporado à profundidade de 0-20 cm, por meio de duas gradagens pesadas e passagem de uma grade niveladora.

A semeadura foi realizada no espaçamento de 50 cm entre linhas, com sete a nove plantas por metro linear, com duas plantas por cova e com uma densidade aproximada de 160.000 plantas/ha. As parcelas experimentais mediram 6m x 8m, totalizando 48m² (Figura 2).

Em todas as parcelas foi realizada uma adubação básica, que constou de 150 kg/ha de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo, 120 kg/ha de K₂O na forma de cloreto de potássio, complementadas com uma adubação com micronutrientes na base de 30 kg/ha de FTE BR-12



Figura 2 – Vista geral da área experimental, Tracuateua-PA.

O controle de plantas daninhas foi realizado através de duas capinas manuais, enquanto que o controle de pragas (pulgão e ácaro) foi realizado através da aplicação de inseticida pertencente ao grupo químico piretróide de nome comercial Decis.

A colheita foi realizada 72 dias após o plantio, apenas na área útil das subparcelas (4 linhas centrais, deixando-se bordadura de 1,0 m em cada extremidade, ou seja, $2,0\text{m} \times 6,0\text{m} = 12\text{m}^2$). Os grãos foram ajustados para 13% de umidade e determinada a produtividade.

3.5 ANÁLISES QUÍMICAS DO SOLO

Após 60 dias da incorporação do calcário, no período médio de floração, procedeu-se à coleta do solo em cada parcela representativa dos tratamentos estabelecidos, correspondente a 20 amostras simples para formar uma amostra composta, para a análise dos atributos químicos do Latossolo Amarelo estudado. Foram determinados o pH em água, fósforo disponível (Mehlich 1), cálcio, magnésio, potássio, sódio e alumínio trocáveis, segundo a metodologia preconizada por Embrapa (1997).

A soma de bases e a porcentagem de saturação por alumínio foram calculadas, a partir dos dados quantitativos obtidos na análise química.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi realizada análise de variância para todas as variáveis estudadas, e análise de regressão dos dados obtidos referentes aos atributos químicos do solo, em função dos tratamentos. Quando a dose de calcário ou os cultivares, ou ainda, as interações entre esses dois fatores se mostraram significativos pelo teste F, a comparação entre as médias foi feita pelo teste SNK a 5% de probabilidade. Para a análise estatística utilizou-se o programa estatístico SAEG.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 5 e 6 encontram-se o resumo da análise de variância representada pelos valores de quadrado médio e níveis de significância das variáveis magnésio (Mg), alumínio (Al), potássio (K), sódio (Na) e cálcio (Ca) trocáveis, em função da calagem. Observa-se efeito significativo das doses de calcário sobre todas as variáveis, à exceção do potássio e sódio.

Tabela 5: Valores de quadrado médio e níveis de significância do magnésio (Mg), alumínio (Al), potássio (K), sódio (Na) e cálcio (Ca) trocáveis de um Latossolo Amarelo, em função das doses de calcário dolomítico.

Fonte de variação	G.L	Quadrado médio				
		Mg	Al	K	Na	Ca
Calagem	4	1,767**	0,488**	0,00097ns	0,00002ns	0,71675**
Bloco	3					
Resíduo	12					
Total corrigido	19					
C.V		27,34	33,68	15,89	28,69	9,35
Média geral		1,66	0,23	0,196	0,009	2,495

^{ns}, * e **, indicam respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

Tabela 6: Valores de quadrado médio e níveis de significância do potencial hidrogênionico (pH), soma de bases (SB), fósforo disponível (P) e porcentagem de saturação por alumínio (m%) de um Latossolo Amarelo, em função das doses de calcário dolomítico.

Fonte de variação	G.L	Quadrado médio			
		pH	SB	P	m%
Calagem	4	2,14675**	4,749183**	310,375**	0,03878**
Blocos	3				
Erro	12				
Total corrigido	19				
C.V		3,44	15	18,98	37,76
Média geral		5,695	4,356	37	0,057

^{ns}, * e **, indicam respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

4.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

4.1.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

O resultado relativo às médias dos valores de pH do solo, em função das doses de calcário, encontra-se na Tabela 7.

Tabela 7: Valores médios do potencial hidrogênionico em um Latossolo Amarelo em função das doses de calcário utilizadas, Tracuateua-PA.

Doses de calcário (t/ha)	pH (H ₂ O)
0	4,55 D
1	5,57 C
2	5,77 BC
3	6,05 B
4	6,52 A

Médias na coluna ligadas com uma mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade (SNK).

As doses de calcário aplicadas proporcionaram efeito significativo ($P < 0,01$) sobre o pH do solo. A Figura 3 demonstra que os dados de pH se ajustaram a uma regressão quadrática ($P < 0,05$), com o coeficiente de determinação de 94,8%. As dosagem com 1 e 2 t/ha não diferiram significativamente entre si, e elevaram o pH do solo para valores de 5,57 e 5,77, respectivamente. Na dosagem mais elevada (4 t/ha), o valor do pH foi de 6,52, superior estatisticamente aos outros tratamentos. A calagem elevou os valores de pH para níveis de acidez média a acidez fraca, conforme a classificação de Silva (2003). Entretanto, o pH do solo obtido nos diferentes tratamentos, que variou de 4,55 a 6,52, não influenciou na produção de grãos de cada cultivar, distintamente, conforme demonstra a Tabela 17.

Avaliando a disponibilidade de nitrato em um Latossolo Amarelo sob efeito da calagem, Silva e Vale (2000) obtiveram aumentos nos valores de pH, cultivado com feijão, os quais passaram de 5,1 na ausência da calagem para 5,8 e 6,3 com a utilização das doses de 1,13 e 2,5 g/kg de calcário.

Gallo et al. (1986) utilizando as doses de 1; 4; 7 e 10 t/ha de calcário dolomítico em um Latossolo Vermelho, constataram aumentos nos valores de pH que passaram para 4,3; 5,3; 6,0 e 6,1, respectivamente.

Com o objetivo de avaliar os efeitos da calagem na correção da acidez de um Latossolo Vermelho, Caires e Rosolem (1998) utilizaram as doses de 0; 4; 6 e 8 t/ha de um calcário dolomítico, sendo que após três meses da aplicação do calcário, ocorreram aumento no valor do pH, que passou de 4,0 na testemunha para 4,4 com a aplicação de 8 t/ha de calcário.

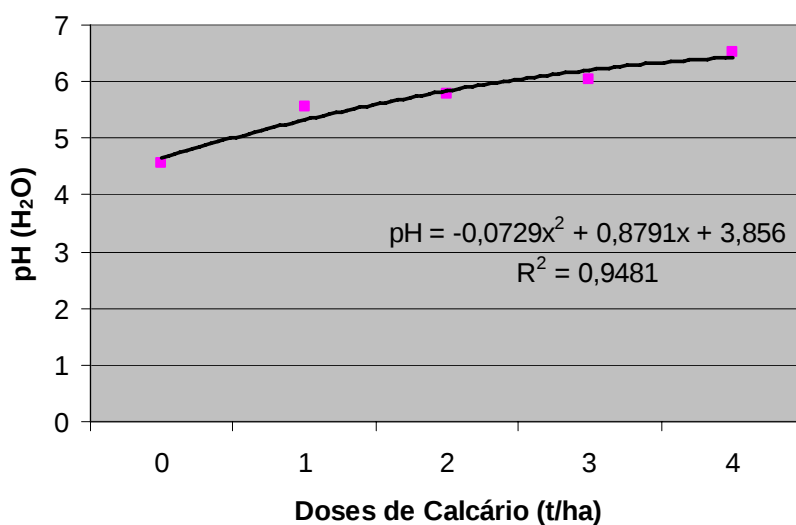


Figura 3: Valores médios de pH em função das doses de calcário aplicadas em um Latossolo Amarelo, Tracuateua-PA.

4.1.2 Fósforo disponível

As médias dos valores do fósforo disponível, em função das doses crescentes de calcário encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8: Concentração de fósforo disponível em um Latossolo Amarelo em função das doses de calcário utilizadas, Tracuateua-PA.

Doses de calcário (t/ha)	P (mg/dm ³)
0	36,00 B
1	28,75 B
2	30,50 B
3	38,75 B
4	51,00 A

Médias na coluna ligadas com uma mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade (SNK).

Observa-se na Tabela 8, que as concentrações de fósforo obtidas com as doses de calcário de 1, 2 e 3 t/ha não diferiram estatisticamente entre si, e nem entre a testemunha, enquanto que a maior dose de calcário aplicada (4 t/ha) foi a mais eficiente, provocando um aumento significativo ($P < 0,01$) do elemento no solo (51 mg/dm³), provavelmente, devido à imobilização do ferro e do alumínio trocável do solo, pela calagem. Para todos os tratamentos, as concentrações de fósforo disponível são consideradas de nível alto, conforme classificação de Silva (2003). A adição de fósforo na adubação básica (150 kg P₂O₅/ha) deve ter contribuído para a falta de resposta da calagem, em relação à testemunha. Os dados de resposta de fósforo, às doses de 1 e 2 t/ha, quando comparados à testemunha, demonstram inconsistência, haja vista a tendência de redução apresentada, com a calagem.

Os dados da Figura 4, que traduz o efeito das doses de calcário utilizadas, sobre o teor de fósforo disponível do solo se ajustaram a uma equação de regressão do 2º grau, com coeficiente de determinação de 99%.

Estudando os efeitos da adubação fosfatada e da calagem sobre a adsorção de fósforo em um Latossolo Vermelho, Dynia e Camargo (1997) encontraram redução significativa da capacidade máxima de adsorção de fósforo do solo, onde o elemento em questão passou de 8 mg/dm³ na testemunha para 25 mg/dm³ no tratamento com a aplicação da calagem (5,5 t/ha).

Neves (1991) utilizando duas doses de calcário obteve ganhos significativos nas concentrações de fósforo disponível, do qual variou de 28,70 mg/dm³ na ausência da calagem, para 33,53 mg/dm³ com a aplicação de 1,6 t/ha de calcário dolomítico. Porém, Quaggio, Mascarenhas e Bataglia (1982) em ensaio conduzido em um Latossolo Vermelho aplicando as doses de 0; 2; 4; 6; 8; 10 e 12 t/ha de calcário dolomítico,

observaram que não houve alteração da concentração de fósforo, o qual permaneceu em torno de 2,45 mg/dm³ com as aplicações das referidas doses.

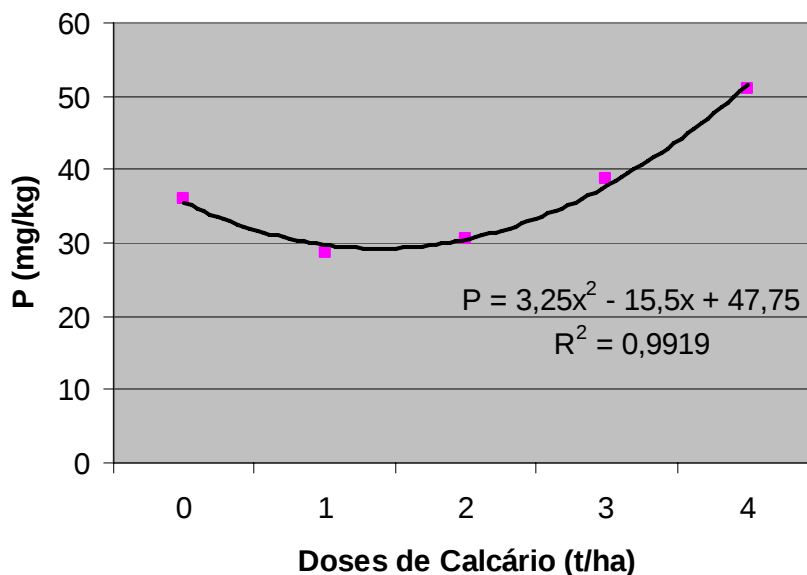


Figura 4: Valores médios de fósforo disponível em função das doses de calcário aplicadas em um Latossolo Amarelo, Tracuateua-PA.

4.1.3 Potássio trocável

A variação da concentração de potássio do solo, como consequência da calagem, encontra-se demonstrada na Tabela 9.

Tabela 9: Concentração de potássio trocável em um Latossolo Amarelo em função das doses de calcário utilizadas, Tracuateua-PA.

Doses de calcário (t/ha)	K ⁺ (cmol _c /dm ³)
0	0,18 A
1	0,20 A
2	0,19 A
3	0,18 A
4	0,22 A

Médias na coluna ligadas com uma mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade (SNK).

Observa-se que a aplicação das doses crescente de calcário não alterou, significativamente, as concentrações de potássio do solo, em relação à testemunha, possivelmente, devido à quantidade de potássio aplicado na adubação básica (120 kg K_2O/ha), que elevou o valor do elemento, em todos os tratamentos, para um nível considerado médio, conforme classificação de Silva (2003).

Por outro lado, Malavolta (1976), explica que em solos ácidos de regiões tropicais, a calagem pode provocar aumento do potássio trocável e diminuição do potássio solúvel: a adição de calcário neutraliza íons de alumínio que competiam com o potássio, liberando sítios de troca antes bloqueados, que passam a ser disputados pela competição entre potássio e cálcio. Como consequência, aumenta a quantidade de potássio retida pela argila (K trocável), diminuindo proporcionalmente a concentração deste elemento na solução do solo (K solúvel).

Magalhães (1979) aplicando doses crescentes de calcário dolomítico em um Latossolo Vermelho verificou que as concentrações de potássio não se alteraram com os tratamentos. Resultados também encontrados por Duarte et al. (1999), mostraram que as doses crescentes de calcário dolomítico não alteraram o valor do potássio trocável do solo, permanecendo em torno de $0,03 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ em todas as doses aplicadas. Porém, Fernandes e Rosolem (1999) em experimento conduzido em um Latossolo, obtiveram aumentos nas concentrações de potássio, que variaram de $0,07 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ na ausência de calcário, para $0,15 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ com a aplicação de 2,05 t/ha de um calcário dolomítico.

4.1.4 Sódio trocável

As concentrações relativas às médias dos teores de sódio trocável no solo estudado, em função das doses de calcário aplicadas encontram-se na Tabela 10.

Os dados de sódio trocável obtidos mostram que a calagem não alterou, significativamente, as concentrações de sódio trocável do solo. Entretanto, Neves (1991), avaliando os efeitos da calagem nas características químicas de um Argissolo Vermelho Amarelo, verificou que a calagem aumentou a concentração de sódio trocável de $0,26 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ sem a aplicação de calcário, para $0,30 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ na aplicação de 1,6 t/ha de calcário dolomítico. Cavalcante (1972), aplicando três doses de $CaCO_3$ (0; 0,617 e 1,234 g/kg de solo) em casa de vegetação, utilizando substrato de Argissolo cultivado

com milho, obteve, ao fim do experimento, aumento de sódio trocável em função da calagem.

Tabela 10: Concentração de sódio trocável em um Latossolo Amarelo em função das doses de calcário utilizadas, Tracuateua-PA.

Doses de calcário (t/ha)	Na ⁺ (cmol _c /dm ³)
0	0,01 A
1	0,01 A
2	0,01 A
3	0,005 A
4	0,01 A

Médias na coluna ligadas com uma mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade (SNK).

4.1.5 Magnésio trocável

A variação da concentração de magnésio do solo, como consequência da calagem, encontra-se na Tabela 11.

Tabela 11: Concentração de magnésio trocável em um Latossolo Amarelo em função das doses de calcário utilizadas, Tracuateua-PA.

Doses de calcário (t/ha)	Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)
0	0,67 C
1	1,42 B
2	1,72 AB
3	2,05 AB
4	2,42 A

Médias na coluna ligadas com uma mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade (SNK).

O aumento crescente das doses de calcário provocaram aumentos significativos ($P < 0,01$) das concentrações do nutriente no solo, que variaram de 1,42 a 2,42 cmol_c/dm³, em relação à testemunha (0,67 cmol_c/dm³). Os valores alcançados evidenciam que a menor dose de calcário (1t/ha) já era suficiente para elevar o teor de Mg²⁺ para um nível considerado alto (SILVA, 2003). A Figura 5 mostra que os dados se ajustaram a uma equação de regressão do 1º grau, onde se observa uma resposta positiva dos valores do magnésio provocada pelas diferentes doses de calcário

aplicadas, demonstrando também, que essas doses não foram suficientes para determinar a máxima resposta de magnésio trocável.

Resultado semelhante foi obtido por Silva et al. (2004), que com o aumento das doses de calcário em um Latossolo Vermelho, observaram elevação das concentrações de magnésio do solo de 0,08 cmol_c/dm³ para 0,8 cmol_c/dm³, na maior dose de calcário aplicado. Em ensaio conduzido testando doses de 0; 2; 4 e 6 t/ha de calcário dolomítico sobre as propriedades químicas de um Latossolo Vermelho, Morelli et al. (1992) constataram aumentos significativos nas concentrações de magnésio trocável na camada 0-25 cm em função da calagem, alcançando os valores de 0,17; 0,42; 0,74 e 0,89 cmol_c/dm³ de acordo com as doses acima usadas.

Veloso et al. (1997) obtiveram como resposta, após vinte e cinco dias de incubação em um Latossolo Vermelho Amarelo, aumento significativo da concentração de Mg²⁺ trocável do solo, o qual mudou de 0,2 cmol_c/dm³ antes da calagem, para 1,8 cmol_c/dm³.

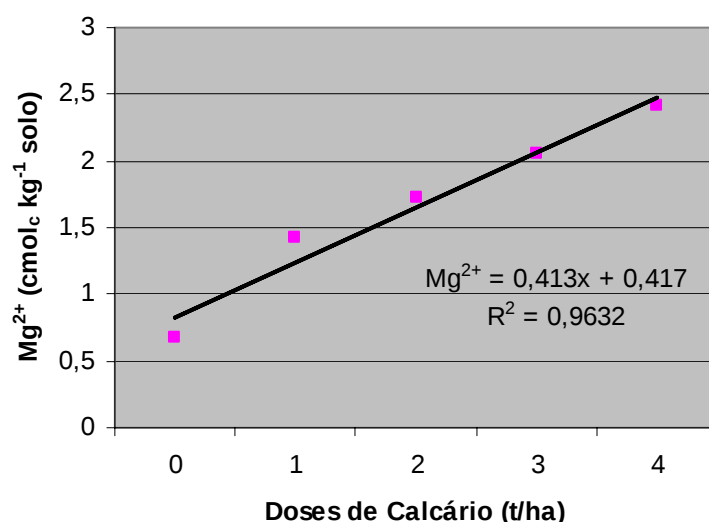


Figura 5: Valores médios de magnésio trocável em função das doses de calcário aplicadas em um Latossolo Amarelo, Tracuateua-PA.

4.1.6 Cálcio trocável

O efeito da calagem sobre a concentração de cálcio trocável do solo é mostrado na Tabela 12.

Tabela 12: Concentração de cálcio trocável em Latossolo Amarelo em função das doses de calcário utilizadas, Tracuateua-PA.

Doses de calcário (t/ha)	Ca ²⁺ (cmol _e /dm ³)
0	1,90 C
1	2,32 B
2	2,50 B
3	2,72 AB
4	3,02 A

Médias na coluna ligadas com uma mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade (SNK).

Ocorreu aumento linear das concentrações de cálcio no solo ($P < 0,01$) com a aplicação das crescentes doses de calcário, em comparação à testemunha, o que se deve, provavelmente, aos teores do elemento disponível presente no corretivo aplicado. A concentração inicial de 1,90 cmol_e/dm³ passou para 2,72 e 3,02 cmol_e/dm³, nos tratamentos com 3 e 4 t/ha de calcário, respectivamente, que foram mais eficientes significativamente.

Todas as doses de calcário superaram significativamente a testemunha, entretanto, ressalte-se que o valor de 2,32 cmol_e/dm³ obtido com a dose de 1t/ha, já é considerado nível médio pela classificação de Silva (2003), e não diferiu significativamente dos valores de 2,50 e 2,72 cmol_e/dm³, obtidos com as dosagens de 3 e 4t/ha. A equação de regressão linear que representa o efeito positivo das doses de calcário, sobre a variável estudada, encontra-se na Figura 6, e os dados da curva indicam que as doses de calcário utilizadas não foram suficientes para a obtenção da máxima concentração do cálcio trocável do solo.

Em ensaio testando doses crescentes de calcário dolomítico calcinado (0; 1,93 e 3,03 t/ha), Andreotti, Souza e Crusciol (2001) encontraram aumento significativo na concentração de cálcio trocável do solo, alcançando valores de 1,65; 2,38 e 2,73 cmol_e/dm³, respectivamente, para as doses de calcário acima mencionadas.

Oliveira et al. (1997) testando as doses de 0; 2,2; 4,4; 6,6 e 8,8 t/ha de um calcário dolomítico em um Latossolo Vermelho, verificaram que após seis meses da aplicação do calcário, ocorreram aumentos significativos da concentração de Ca²⁺, variando de 1,03 cmol_e/dm³ para 2,85 cmol_e/dm³, com a utilização da maior dose de calcário. Em ensaio realizado em um Latossolo Bruno, utilizando as doses de 0; 4,5 e 9,0 t/ha de calcário, Ernani et al. (2000) obtiveram aumentos da concentração de cálcio

trocável, o qual variou de 1,4 para 5,9 cmol_c/dm³ para as doses de 4,5 e 9,0 t/ha, respectivamente.

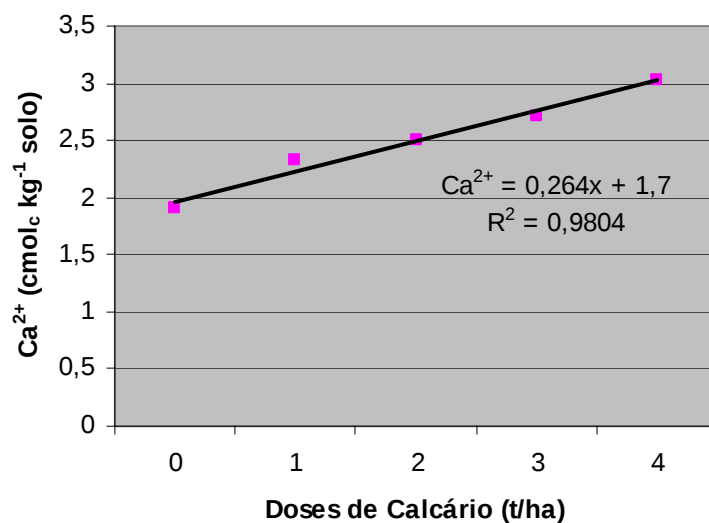


Figura 6: Valores médios de cálcio trocável em função das doses de calcário aplicadas em um Latossolo Amarelo, Tracuateua-PA.

4.1.7 Soma de bases

Os resultados relativos às médias da soma de bases, em função das doses de calcário utilizadas, encontram-se na Tabela 13.

Tabela 13: Concentração da soma de bases em um Latossolo Amarelo em função das doses de calcário utilizadas, Tracuateua-PA.

Doses de calcário (t/ha)	Soma de bases (cmol _c /dm ³)
0	2,78 C
1	3,94 B
2	4,42 B
3	4,96 A B
4	5,67 A

Médias na coluna ligadas com uma mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade (SNK).

Constata-se que a aplicação das doses crescentes de calcário proporcionou aumento linear ($P < 0,01$) da soma de bases do solo, a qual passou de 2,78 cmol_c/dm³ na ausência de calcário, para 5,67 cmol_c/dm³ com a utilização da dose máxima do corretivo

(4t/ha). Em todos os níveis de calagem, incluindo a testemunha, os valores para soma de bases são considerados de nível médio a alto, segundo Mello et al. (1985). Os maiores valores apresentados com as doses crescentes de calcário, provavelmente deveu-se aos teores de cálcio e magnésio existentes no corretivo utilizado.

Na Figura 7, observa-se que os dados se ajustaram a uma equação de regressão do 1º grau, com resposta positiva dos valores de soma de bases causada pelas diferentes doses de calcário aplicadas. O comportamento ascendente da curva indica que as doses do corretivo foram insuficientes para determinar o valor máximo da soma de bases do solo.

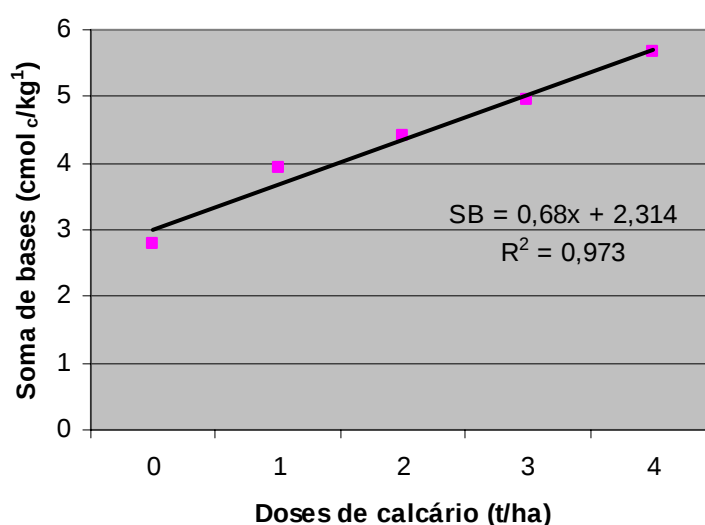


Figura 7: Valores médios da soma de bases em função das doses de calcário aplicadas em um Latossolo Amarelo, Tracuateua-PA.

Duarte et al. (1999) em experimento de campo realizado em um Neossolo com a aplicação de doses crescentes de calcário dolomítico, obtiveram aumentos dos valores da soma de bases, que passou de 0,3 cmol_c/dm³ na testemunha, para 2,1 cmol_c/dm³ na dose de 6 t/ha de calcário.

Caires e Rosolem (2000) avaliando a resposta da cultura do amendoim em um Latossolo Vermelho à doses crescentes de calcário dolomítico, obtiveram aumentos significativos nos valores da soma de bases, a qual passou de 1,56 cmol_c/dm³ na ausência da calagem, para 3,32 cmol_c/dm³ na dose de 4 t/ha e, por fim, para a concentração igual a 5,77 cmol_c/dm³, com a aplicação da dose de 6 t/ha de calcário dolomítico.

Em ensaio conduzido para avaliar o crescimento do girassol em um Latossolo Vermelho com diferentes níveis de saturação por bases (20; 35; 50 e 75%), Amabile, Guimarães e Farias Neto (2003) constataram aumentos significativos nos valores de soma de bases que variaram de 0,36 cmol/dm³, na ausência da calagem, para 1,81; 3,78; 6,94 e 7,9 cmol/dm³, respectivamente, para os níveis de saturação por bases acima mencionadas.

4.1.8 Alumínio trocável

Os resultados, em função das doses de calcário aplicadas, para as médias das concentrações de alumínio trocável do solo, encontram-se na Tabela 14.

Tabela 14: Concentração de alumínio trocável em um Latossolo Amarelo em função das doses de calcário utilizadas, Tracuateua-PA.

Doses de calcário (t/ha)	Al ⁺³ (cmol/dm ³)
0	0,85 A
1	0,10 B
2	0,10 B
3	0,10 B
4	0,00 B

Médias na coluna ligadas com uma mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade (SNK).

A calagem diminuiu significativamente ($P < 0,01$) a concentração do alumínio trocável, chegando à completa neutralização com a doses de 4t/ha. Essa redução deveu-se, provavelmente, segundo Raij (1991), a ação do corretivo utilizado, o qual promove a insolubilização do alumínio na forma de hidróxidos, o que diminui a toxicidade para as plantas. Constata-se que a aplicação de apenas 1 t/ha de calcário seria suficiente para reduzir significativamente o teor de alumínio trocável do solo, para níveis não tóxicos, conforme a classificação de Freire Filho, Lima e Ribeiro (2005). Em todos os níveis de calagem, os valores de alumínio encontrados não diferiram entre si.

Na Figura 8, observa-se que os dados de alumínio trocável, em função da calagem, se ajustaram a uma equação de regressão do 2º grau, com coeficiente de determinação de 84%.

Stamford e Silva (2000) utilizando as doses de 0; 3 e 6 t/ha de calcário dolomítico, em um Latossolo de cerrado obtiveram, ao fim do experimento, que a

concentração do alumínio trocável passou de 0,57 para 0,0 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, já com a aplicação de 3 t/ha de calcário. Nakayama et al. (1984) estudando os efeitos da aplicação do calcário a lanço, na cultura da soja em um Latossolo Vermelho, verificaram diminuição significativa da concentração de Al^{3+} trocável, o qual reduziu de 1,16 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ para 0,39 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, com a aplicação de 4 t/ha dolomítico.

Testando doses crescentes de um calcário em um Latossolo de textura média, Morelli et al. (1992) encontraram reduções significativas na concentração do alumínio trocável do solo, dezoito meses após a aplicação do calcário. O seu valor passou de 0,73 na testemunha, para 0,38; 0,17 e 0,13 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ nas doses de 2; 4 e 6 t/ha de calcário, respectivamente.

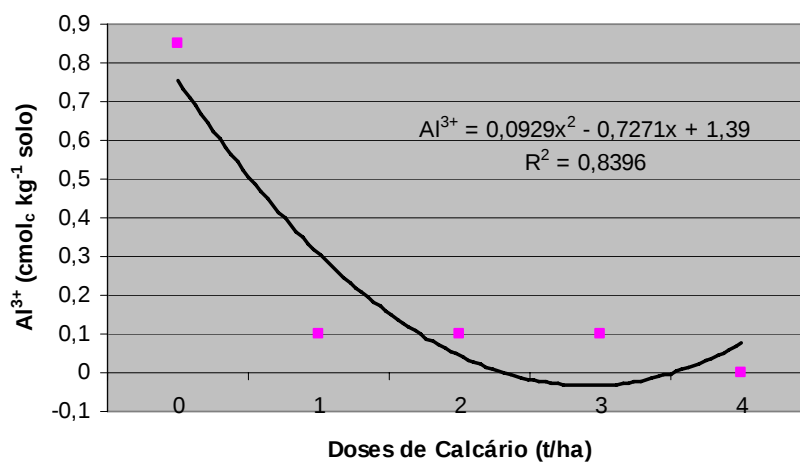


Figura 8: Valores médios de alumínio trocável em função das doses de calcário aplicadas em um Latossolo Amarelo, Tracuateua-PA.

4.1.9 Saturação por alumínio (m%)

A variação do valor da saturação por alumínio, como consequência da calagem, encontra-se demonstrado na Tabela 15.

Tabela 15: Porcentagem de saturação por alumínio em um Latossolo Amarelo em função das doses de calcário utilizadas, Tracuateua-PA.

Doses de calcário (t/ha)	Saturação por alumínio (%)
0	23,25 A
1	2,25 B
2	1,75 B
3	1,25 B
4	0,00 B

Médias na coluna ligadas com uma mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade (SNK).

Os resultados obtidos para a saturação por alumínio, são semelhantes aos obtidos para o alumínio trocável, apresentado anteriormente. Pelo exposto nota-se que a prática da calagem concorreu para uma diminuição significativa ($P < 0,01$) da saturação por alumínio do solo, com vantagem significativa de todas as doses do corretivo, em relação à testemunha. A equação de regressão do 2º grau, que traduz o efeito das doses de calcário utilizadas, sobre os valores da saturação por alumínio, com coeficiente de determinação de 0,87%, encontra-se na Figura 9. Observa-se que a dose de 1t/ha já seria suficiente para reduzir o teor do alumínio trocável do solo, para nível não tóxico, segundo Freire Filho, Lima e Ribeiro (2005).

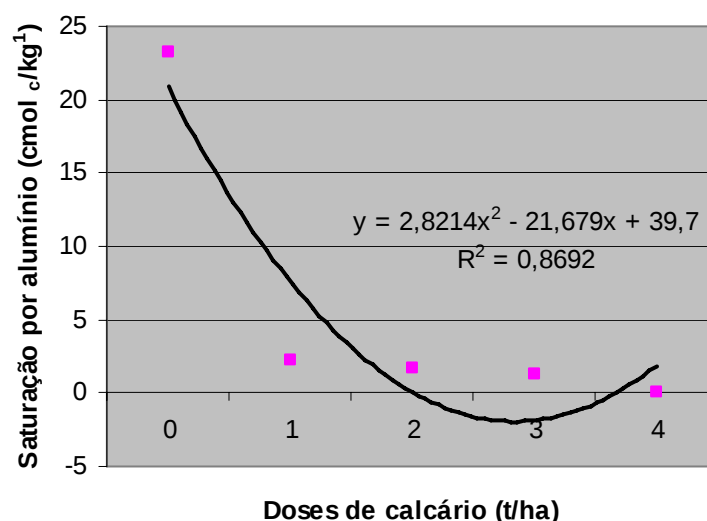


Figura 9: Valores médios da porcentagem de saturação por alumínio em função das doses de calcário aplicadas em um Latossolo Amarelo, Tracuateua-PA.

Carvalho, Freitas e Cruz Filho (1994) testando as doses de 0; 0,5 e 1,0 t/ha de calcário dolomítico, para avaliar as mudanças nas características químicas de um Latossolo Vermelho Amarelo, obtiveram redução significativa no valor da saturação por alumínio, o qual reduziu de 49 % na ausência da calagem, para 33 e 21 %, respectivamente, para as doses citadas..

Raij et al. (1977), avaliando o efeito de diferentes níveis de calagem nas propriedades químicas de um Latossolo Vermelho, encontrou os seguintes valores de saturação por alumínio: 85%, 20%, 7% e 0%, respectivamente, para as doses de calcário de 0; 1,5; 3,0 e 4,5 t/ha. Gomes et al. (2002), em ensaio conduzido em um Latossolo Vermelho Amarelo aplicando doses crescentes de calcário, também, obtiveram eliminação total do teor de alumínio trocável do solo, com a aplicação de 4,8 t/ha de calcário.

4.2 PRODUÇÃO DE GRÃOS

Na Tabela 16 encontram-se os dados da análise de variância representada pelos quadrados médios e nível de significância da variável produção de grãos, em função dos tratamentos utilizados. Observa-se apenas efeito significativo do tratamento cultivar sobre a variável estudada.

Tabela 16: Valores de quadrado médio e níveis de significância da produção de grãos do feijão-caupi em função de diferentes cultivares e doses crescentes de calcário dolomítico.

Fonte de variação	G.L	Quadrado médio Produção de grãos
Cultivar	1	2276062,80561**
Calagem	4	18122,777885NS
Var.X Cal.	4	25111,55566NS
Repetição	3	108721,416777NS
Erro	27	43201,884854
Total corrigido	39	
C.V	11.12	
Média geral	1869.7905	

^{ns}, * e **, indicam respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

Os resultados relativos à produtividade dos dois cultivares de feijão-caupi, em função da calagem encontram-se na Tabela 17. Observa-se que as cultivares BR3-Tracuateua e BR2-Bragança, isoladamente, não responderam significativamente às aplicações de doses crescentes de calcário. As diferenças de produção em cada nível de calagem, para ambos os cultivares, foram inferiores a 5%.

É possível que essa falta de resposta dos cultivares à calagem, possa ser explicada pelo teor inicial da somatória de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ que era 2,57 cmol_c/dm³ solo, considerada por Freire Filho, Lima e Ribeiro (2005) como de nível médio para a cultura do feijão-caupi. Araújo e Watt (1988) também afirmam que a concentração de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ para o suprimento adequado da cultura do feijão-caupi deverá estar sempre acima de 2,0 cmol_c/dm³. Portanto, os valores existentes em todos os tratamentos (Tabelas 11 e 12), foram suficientes para o desenvolvimento da cultura, sem a necessidade do fornecimento desses nutrientes pela calagem.

Tabela 17: Produção de grãos (kg/ha) em função da interação entre doses crescentes de calcário e cultivares de feijão-caupi, BR3-Tracuateua e BR2-Bragança, Tracuateua-PA.

Doses de calcário (t/ha)	Cultivares					
	BR3-Tracuateua(A)		BR2-Bragança(B)		(A – B)	
	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%
0	1937,48 aA	88,15	1656,25 aA	100,00	281	17,0
1	2125,00 aA	96,68	1635,41 aB	98,71	490	30,0
2	2197,91 aA	100,00	1645,83 aB	99,37	552	33,5
3	2125,00 aA	96,68	1583,33 aB	95,59	541	34,0
4	2156,25 aA	98,10	1635,41 aB	98,74	521	31,0

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal (cultivar) e minúscula na vertical (calagem) não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste SNK.

Uma outra provável explicação pode ser dada pela saturação de alumínio inicial do experimento que é de 29,69% (Tabela 2), considerada de nível alto para a cultura do feijão-caupi (FREIRE FILHO; LIMA; RIBEIRO, 2005; ARAÚJO; WATT, 1988), indicando que os cultivares de feijão-caupi apresentaram tolerância à alta concentração de alumínio no solo. A redução ou a total neutralização do alumínio trocável do solo, por meio da calagem (Tabela 14), parece não ter influenciado a produção de grãos dos cultivares de feijão-caupi. Nos tratamentos com doses crescentes de calcário, o cultivar BR3-Tracuateua, produziu em torno de 10% a mais que no tratamento testemunha, sem calagem. No cultivar BR2-Bragança, a produção de grãos foi praticamente igual em todos os tratamentos.

Cravo e Smyth (1990), em experimento conduzido em um Latossolo Amarelo na Amazônia Ocidental, para verificar o efeito de doses crescentes de calcário na produtividade de dois cultivares de feijão-caupi (Ipean V-69 e Vita-3), obtiveram rendimento relativo de grãos maior que 80%, na testemunha com 58% de saturação por alumínio, em relação aos tratamentos com calagem. Smyth e Cravo (1992) também encontraram ausência de resposta do feijão-caupi à calagem num Latossolo Amarelo muito argiloso de Manaus, após três anos de cultivo contínuo, com o solo apresentando saturação por alumínio igual 30%. Segundo os referidos autores, esse resultado é consistente com outros estudos, que também mostraram que o feijão-caupi é uma planta que apresenta grande tolerância ao alumínio do solo.

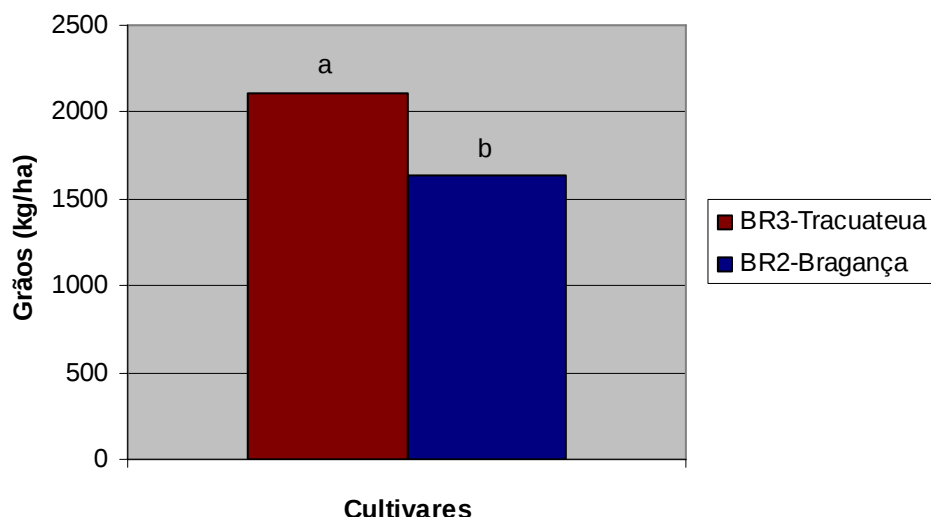
Esse fato também é confirmado por Araújo e Watt (1988), pois segundo estes autores o feijão-caupi é uma cultura bastante tolerante a acidez do solo desenvolvendo-se bem com uma saturação por alumínio em torno de 30%, considerada alta para a

maioria das culturas. Com isso, a saturação por alumínio inicial do solo da área experimental, não estaria sendo um fator limitante da produção dos cultivares BR3-Tracuateua e BR2-Bragança.

Os dados da Tabela 17, ilustrados pela Figura 10, demonstram que os cultivares diferiram estaticamente entre si ($P < 0,01$) quanto à produtividade média de grãos. O cultivar BR3-Tracuateua apresentou uma produção de grãos significativamente maior que 30% em comparação ao cultivar BR2-Bragança, em todos os níveis de calagem testados. Possivelmente, a cultivar BR3-Tracuateua por ser mais tolerante a baixos teores de umidade do solo, situação que se apresentava por ocasião do semeio dos cultivares estudados (início de julho/2003), do que o cultivar BR2-Bragança, foi mais eficiente na produção de grãos. Os dados climatológicos apresentados na Tabela A, em anexo, ajudam a sustentar essa hipótese.

Além disso, é possível admitir que em função do seu próprio potencial produtivo, o BR3-Tracuateua tenha sido mais eficiente na produção de grãos, que o BR2-Bragança, nas condições de acidez elevada do solo da área do experimento. Diversos resultados experimentais têm demonstrado que o potencial genético da planta pode fazer a diferença em termos de produção, em condições nas quais os fatores de produção são desfavoráveis às plantas.

Cravo e Smyth (1990), trabalhando com feijão-caupi em Latossolo da Amazônia Ocidental, com diferentes doses de calcário (0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 t/ha), observaram apenas tendência de resposta positiva aos tratamentos aplicados, sendo esta maior para a cultivar Vita-3 do que para a cultivar Ipean V-69. Resultado encontrado por Neves (1991), avaliando em um Argissolo, dois cultivares de feijão-caupi em resposta a calagem, mostrou que o cultivar Ipean V-69 produziu 40% mais matéria seca do que a BR8-Caldeirão com a dose de 1,6 t/ha de calcário, o que o autor atribuiu ao potencial da própria planta, que foi desenvolvido em região com predominância de solos com baixa fertilidade e elevada acidez (zona Bragantina, estado do Pará), o que não ocorreu com a cultivar BR8-Caldeirão que foi desenvolvida em solos férteis de várzea e de terra firme do estado do Amazonas.



Letras diferentes sobre as barras representam diferenças significativas ao nível de 5% (SNK).

Figura 10: Produtividade média de grãos (kg/ha) dos cultivares BR3-Tracuateua e BR2-Bragança em função das doses de calcário aplicadas em um Latossolo Amarelo, Tracuateua-PA.

Embora a calagem não tenha contribuído diretamente para o aumento expressivo da produção dos cultivares de feijão-caupi, esta prática é de fundamental importância para proporcionar condições favoráveis à nutrição mineral das plantas, modificando atributos químicos do solo que interferem na produção das culturas: reduz a acidez ativa, neutraliza a ação nociva do ferro, manganês, cobre e alumínio, aumenta o fósforo disponível às plantas, as concentrações de cálcio e magnésio trocáveis, a CTC, a fixação do nitrogênio atmosférico e a eficiência de aproveitamento dos fertilizantes, principalmente, os fosfatados.

Além disso, a calagem é importante para tornar as condições do solo mais favoráveis ao estabelecimento de culturas mais exigentes, quanto à nutrição, em sistemas de rotação.

5 CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que:

- O Cultivar BR3-Tracuateua se beneficiou da calagem na dose de 1 t/ha de CaCO_3 , aumentando a produção em 30%, em relação ao cultivar BR2-Bragança
- A ação da calagem com calcário dolomítico proporcionou aumentos significativos nas concentrações de cálcio, magnésio, soma de bases, pH e de fósforo disponível e reduziu significativamente os de alumínio e saturação por alumínio.
- Na região do estudo, em solos que apresentarem mais de 2 cmol/dm^3 de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, a calagem torna-se desnecessária para o cultivar BR2-Bragança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFAIA, S. S. et al. Efeito da aplicação de calcário e micronutrientes em Latossolo Amarelo da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, vol. 18, n. 3-4, p. 13-25, 1988.

AMABILE, R. F.; GUIMARÃES, D. P.; FARIAS NETO, A. L. de. Análise de crescimento de girassol em Latossolo com diferentes níveis de saturação por bases no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 219-224, 2003.

ANDRADE, D. S. et al. Efeito da calagem na reação microbial de um solo cultivado com cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n. 2, p. 191-196, 1995.

ANDREOTTI, M.; SOUZA, E. C. A. de; CRUSCIOL, C. A. C. Componentes morfológicos e produção de matéria seca de milho em função da aplicação de calcário e zinco. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, 2001.

ANJOS, J. T. et al. Efeito da calagem e da adubação fosfatada sobre algumas propriedades químicas de um Cambissolo Húmico distrofico, cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 5, p. 50- 54, 1981.

ARAÚJO, J. P. P. et al. **Cultura do caupi, [*Vigna unguiculata* (L.) Walp].; descrição e recomendações técnicas de cultivos**. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1984. 82p. (EMBRAPA-CNPAP. Circular técnica, 18)

ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. (Org.). **O Caupi no Brasil**. Brasília: IITA/EMBRAPA, 1988. 722p.

BARBOSA FILHO, M. P.; & SILVA, O. F. da. Adubação e calagem para o feijoeiro irrigado em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, 2000.

BASTOS, E. J. et al. **Relatório Biental de Solos**. Manaus: EMBRAPA-UEPAE. 1983. 65p.

BASTOS, T. X. **O estudo atual do conhecimento das condições climáticas da Amazônia Brasileira**. In: Zoneamento Agrícola da Amazônia. Belém. IPEAN. 1972. 54p. (IPEAN- Boletim Técnico, 54).

CAIRES, E. F.; ROSOLEM, C. A. Correção da acidez do solo e desenvolvimento do sistema radicular do amendoim em função da calagem. **Bragantia**, Campinas v. 57, n. 1, 1998.

CAIRES, E. F.; ROSOLEM, C. A. Nodulação e absorção de nitrogênio pelo amendoim em resposta à calagem, cobalto e molibdênio. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 2, p. 337-341, abr/jun. 2000.

CAMARGO, O. A. de et al. Alteração de atributos químicos do horizonte superficial de um Latossolo e um Podzólico com calagem. **Scientia Agrícola**, v. 54, n. 1-2, 1997.

CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. de P.; CRUZ FILHO, A. B. da. Requerimento de fósforo para o estabelecimento de duas gramíneas tropicais em um solo ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 199-209, fev., 1994.

CARVALHO, M. M. et al. Resposta de leguminosas forrageiras tropicais à calagem e ao fósforo, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 12, p. 153-159, 1998.

CARVALHO, T. A. A.; MEURER, E. J. Aplicação de calcário a lanço e em linhas para o cultivo de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 4, p. 170- 173, 1980.

CAVALCANTE, F. J. A. Efeito da calagem e da adubação fosfatada em solo Podzólico Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Serie Agrônômica, Rio de Janeiro, p. 81-85, 1972.

COSTA, N. L.; PAULINO, V. T.; SCHAMMAS, E. A. Produção de forragem, composição mineral e nodulação do guandu afetados pela calagem e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, p. 51- 58, 1989.

CRAVO, M. S. et al. Resposta do feijão-caupi à fertilização mineral e orgânica em Latossolo Amarelo da região Nordeste do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 24., 2003, Ribeirão Preto, SP, **Anais...** Ribeirão Preto, SP. 2003 (CD- ROM).

CRAVO, M. da S. et al. Reposta de culturas anuais à adubação fosfatada em Latossolo Amarelo de áreas degradadas do Nordeste do Pará. In. REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26., 2004, Santa Catarina. **Resumos...** Santa Catarina, 2004. (CD-ROM).

CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J. Sistemas de cultivos contínuos com altos insumos na Amazônia Brasileira. In: TALLER LATINO-AMERICANO DE MANEJO DE SUELOS TROPICALES, 2.,1990, San José, Costa Rica, **Anais...**San José, Costa rica, 1990.

CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J. Manejo sustentado da fertilidade de um Latossolo da Amazônia Central sob cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 2, p. 607- 616, 1997.

CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J.; SOUZA, B. D. L. Nível crítico de potássio para o feijão-caupi em Latossolo Amarelo textura média no nordeste Paraense. IN: REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 6., 2006, Teresina, PI. **Anais...**Teresina: EMBRAPA, 2006. (CD-ROM)

DE PAULA, P. W. R. et al. Influência da aplicação do calcário dolomítico na produção de matéria seca em caupi- Br-3 pelo método de saturação por bases num Latossolo Amarelo textura média, no estado do Pará. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 4., 1998. **Resumos...** Belém: Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 1998. p. 298- 299.

DE PAULA, P. W. R. et al. Efeito da calagem na produção de matéria seca em caupi Br-2 no estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa Cerrados/ UNE, 1999.

DIB TAXI, C. M. A. **Necessidade de calagem e seus efeitos em algumas características químicas de solos do estado do Pará.** 1989. 89p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo e Nutrição Mineral de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1989.

DUARTE, A. P. et al. Resposta de cultivares de arroz-de-sequeiro à calagem. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 353-361, 1999.

DYNIA, J. F.; CAMARGO, O. A. de. Efeitos da adubação fosfatada e da calagem sobre a adsorção de fósforo em um Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 8, agosto, 1997.

DYNIA, J. F.; MORAES, J. F.V. Calagem, adubação com micronutrientes e produção de arroz irrigado e feijoeiro em solo de várzea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 6, junho, 1998.

EIRAS, J. F.; MENEZES, P. de T. da S. **Cadeia produtiva da Cultura do Caupi [*Vigna unguiculata* (L) Walp.] no estado do Pará: Potencial Agro-Socio-Econômico da Microrregião Bragantina/Pa.** 2003. 40p. Monografia (Especialização em Agricultura Integrada da Amazônia)-Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos - CNPS, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

EMBRAPA-CNPS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro, 1999. 412p.

ERNANI, P. R.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V. Influência da calagem no rendimento de matéria seca de plantas de cobertura e adubação verde, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 897- 904, 2001.

ERNANI, P. R. et al. Influencia da combinação de fósforo e calcário no rendimento de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 537- 544, 2000.

FAGERIA, N. K. Resposta de arroz de terra altas à correção de acidez em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2303- 2307, 2000.

FAGERIA, N. K. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, 2001a.

FAGERIA, N. K. Resposta de arroz de terras altas, feijão, milho e soja à saturação por bases em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 416- 424, 2001b.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. dos. **Maximização da eficiência de produção das culturas**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 294 p.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. Produtividade de feijão no sistema plantio direto com aplicação de calcário e zinco. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n°.1, p.73-78, jan.2004.

FERNADES, E. M. & ROSOLEM, C. A. Produtividade de amendoim em função da calagem e do método de secagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p.11-20, janeiro, 1999.

FONTES, M. P. F.; GJORUP, G. B.; ALVARENGA, R. C. et al. Calcium salts and mechanical stress effects on water dispersible clay of oxisols. **Soil Science Society of America Journal**, v. 59, p. 224- 227, 1995.

FREIRE FILHO, F. R. et al. **BRS- Milênio**: Nova cultivar de feijão-caupi para a região Bragantina do Estado do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. Comunicado Técnico (no prelo).

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-Caupi: Avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005, 519p.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microregiões geográficas**. Rio de Janeiro, 1991. 2v.

GALLO, P. B. et al. Resposta diferencial das culturas de soja e sorgo à calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 253- 258, 1986.

GAMA, M. A. P. **Determinação da acidez potencial e da necessidade de calagem em solos do Nordeste Paraense**. 1998. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciências do solo e Nutrição Mineral de Plantas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

GÓES, J. E. de. M. **Efeitos de diferentes níveis N P K e calagem na pastagem Brachiário (*Brachiaria brizantha*) cultivada em Argissolo Amarelo**. 2000. 86p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo e Nutrição Mineral de Plantas)-Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 2000.

GOMES, F. T. et al. Nodulação, fixação de nitrogênio e produção de matéria seca de alfafa em resposta a doses de calcário, com diferentes relações cálcio: magnésio. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, 2002.

KAMPRATH, E. J. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached soils. **Soil Science Society American Proceedings**, v. 34, n. 2, p: 252-254, 1970.

MAFRA, R. C. Contribuição ao estudo da cultura do “feijão macassar”, fisiologia, ecologia e tecnologia da produção. In: CURSO DE TREINAMENTO PARA

PESQUISADORES DE CAUPI, I., Goiânia, 1979. Assuntos. Goiânia, EMBRAPA-CNPAAF, 1979. p.i.

MAGALHÃES, J. C. A. J. Efeito de níveis de calcário e de fósforo em duas variedades de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.3, p. 24-29, 1979.

MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo**. Ceres: São Paulo. 528p. 1976.

MASCARENHAS, H. A. A. et al. Zinco nas folhas de soja em função da calagem. **Bragantia**, Campinas, v. 47, n. 1, p. 137-142, 1988.

MASCARENHAS, H. A. A. et al. Efeito da calagem sobre produtividade de grãos, óleo e proteína em cultivares precoce de soja. **Scientia Agrícola**, v. 53, n. 1, 1996

MELLO, F. A. F. et al. **Fertilidade do solo**. 3a. Ed. São Paulo: Nobel. 1985. 400p.

MELO, F. B.; ITALIANO, E. C.; CARDOSO, M. J. **Influência a saturação por alumínio e níveis de fósforo na produção de feijão macassar [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]**. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA AGROPECUARIA DO PIAUI. 1998, Teresina. Teresina: Embrapa/ UEPAE de Teresina, 1988 (Embrapa-UEPAE de Teresina. Documentos, 9).

MORAES, J. F. L. et al. Efeito de doses de calcário e de gesso na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca- 80. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, 1998.

MORELLI, J. L. et al. Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características químicas de um Latossolo de textura média álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 187- 194, 1992.

NAKAYAMA, L. H. I.; BARBO, C. V. S.; FABRICIO, A. C. Aplicação de calcário em Latossolo Roxo sob cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 8, p. 309-312, 1984.

NEVES, E. J. M. **Calagem e adubação fosfatada na produção de matéria seca de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), e nas características químicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo do Estado do Amazonas**. 1991. 59p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo e Nutrição Mineral de Plantas)-Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1991.

OLIVEIRA, E. L.; PARRA, M. S.; COSTA, A. Resposta da cultura do milho em um Latossolo Vermelho-Escuro álico à calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 65- 70, 1997.

OLIVEIRA, I. P.; CARVALHO, A. M. **A cultura do caupi nas condições dos trópicos úmidos e semi-árido no Brasil**. Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1987, 18p.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. C. de et al. **Zoneamento agroecológico do município de Tracuateua, estado do Pará**. Belém: EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 45p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 15).

OLIVEIRA, R. F.; GALVÃO, E. V. P. **Alterações de fertilidade do solo cultivado com milho e feijão-caupi submetidos à calagem e adubação química em Irituia- Pa**. Belém: EMBRAPA, 1999. 26 p. (EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. Boletim de Pesquisa, 3).

PANDOLFO, C. M. **Efetividade de frações granulométricas de calcário na correção da acidez do solo**. 1982. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo)-Faculdade de agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1982.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T. Toxidez de metais em plantas. I.Caracterização de toxidez de manganês em cafeeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 6, p. 815-821, 1981.

PAVAN, M. A.; MIYAZAWA, M. **Influence of chemical forms of phytotoxic aluminum on the uptake of aluminum by wheat roots**. In: SAUNDERS, D. A. (ed.) *Wheat for the nontraditional warm areas*. Mexico: CIMMYT, 1991.

PAVAN, M. A.; OLIVEIRA, E. L. de. **Manejo da acidez do solo**. Londrina: IAPAR, 1997. 86 p. (IAPAR. Circular, 95).

QUAGGIO, J. A.; MASCARENHAS, H. A. A. & BATAGLIA, A. O. C. Resposta da soja a aplicação de doses crescentes de calcário em Latossolo Roxo distrófico de cerrado. Efeito Residual. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 6, p. 113-118, 1982.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343 p.

RAIJ, B. van et al. Efeito de níveis de calagem na produção de soja em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, p. 28- 31, 1977.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1994. 65 p.

RESENDE, M. et al. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT, 1995. 304 p.

ROSOLEM, C. A.; NAKAGAWA, J. Deficiência de manganês em soja, induzida por adubação potássica e calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n.6, p. 833-836, 1990.

SFREDO, G. J. et al. Resposta da soja a fósforo e a calcário em Podzólico Vermelho-Amarelo de Balsas, Ma. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 429-432, 1996.

SILVA, S. B. **Análise de solos**. Belém: SDI-UFRA. 2003. 152p.

SILVA, C. A.; VALE, F. R. Disponibilidade de nitrato em solos Brasileiros sob efeito da calagem e de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2461-2471, dezembro, 2000.

SILVA, J. E. Balanço de cálcio e magnésio e desenvolvimento do milho em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, vol. 15, n. 3, p. 329-33, 1980.

SILVA, L. M. da et al. Sistema radicular de cultivares de feijão em resposta à calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 7, p. 701- 707, 2004.

SILVA, R. C. L. da. **Efeito da calagem e do fósforo no crescimento da soja (*Glycine Max (L) Merrill*) e nas características químicas do Argissolo Vermelho Amarelo sob vegetação de Redenção- Pa**. 2001. 53p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo e Nutrição Mineral de Plantas)-Faculdade Ciências Agrárias do Pará, Belém, 2001.

SILVA, R. L.; RIVEROS, G. **Problemas Fisiológicos em Suelos Ácidos**. In: Acidez y enclamiento em el tropico. Primier Colóquio de Suelos. Sociedade Colombiana de la Ciência del Suelo. Suelos Ecuatoriales, 1970. p.24-42.

SIMÃO NETO, M. et al. Adubação e calagem de leguminosas tropicais (*Pueraria phaseoloides* e *Stylosanthes guianensis* cv. Cook) no nordeste Paraense, Brasil. **Pasturas Tropicais**, v. 21, n. 2, 1999.

SMYTH, T. J.; CRAVO, M. S. Aluminium and calcium to continuous crop production in a Brazilian Amazon Oxisol. **Agron. J.**, v. 84, p. 843-850, 1992.

STAMFORD, N. P. & SILVA, R. A. da. Efeito da calagem e inoculação de sabiá em solo de mata úmida e do semi-árido de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 1037-1045, maio, 2000.

SUTTON, M.; & MONTEIRO, F. A. Rendimento de matéria seca de quatro cultivares de Alfafa (*Mendicago sativa*) em um Latossolo Vermelho-Amarelo submetido à calagem e adubação potássica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 591- 597, 1997.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; BULISANI, E. A. Deficiência de manganês em soja induzida por excesso de calcário. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 247- 250, 1992.

TOMÉ JR., J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba:Agropecuária, 1997. 247p.

VELOSO, C. A. C. et al. **Efeito da aplicação de calcário e de doses de enxofre sobre propriedades químicas do solo, produção e composição mineral do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. Belém: Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, n. 27, p. 77- 88, janeiro/junho, 1997.

VIEIRA, L. S. **Manual de Ciência do Solo**. São Paulo: Ceres, 1975. 46 p.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, W. H. & FALESI, I. C. Levantamento de reconhecimento dos solos da região Bragantina, estado do Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 2, p. 1- 63, 1967.

VIEIRA, L. S.; VIEIRA, M. N. F. **Manual de Morfologia e Classificação de Solo**. Belém, Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 1981. 580 p.

VOLKEISS, S. J.; TEDESCO, M. J. **A calagem dos solos ácidos**. Prática e benefícios. Porto Alegre, UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos, 1984. 28 p. (Boletim Técnico de Solos, nº 1).

APÊNDICES

Tabela A: Dados climáticos do município de Tracuateua-PA (OLIVEIRA JUNIOR et al. 1999).

Mês	Temperatura do ar			Umidade relativa (mm)	Duração do brilho solar (h/d)	Precipitação pluviométrica
	Máxima	Mínima	Média			
Janeiro	30,6	21,7	26,2	84	148	228
Fevereiro	29,5	21,6	25,5	89	106	422
Março	29,5	21,7	25,5	90	100	498
Abril	29,7	21,7	25,7	90	108	432
Mai	30,2	21,3	25,8	90	143	291
Junho	30,5	20,7	25,6	88	176	244
Julho	30,5	20,1	25,3	86	204	182
Agosto	31,0	20,1	25,6	84	242	105
Setembro	31,3	20,1	25,7	79	247	31
Outubro	32,4	23,6	26,3	76	262	04
Novembro	32,7	20,4	26,6	74	248	05
Dezembro	32,3	21,3	26,9	77	205	70
Total					2.191	2.514
Média	31,0	21,4	26,0	84		