

Anais

||| CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ROCHAGEM

Editores

Adilson Luis Bamberg

Carlos Augusto Posser Silveira

Éder de Souza Martins

Magda Bergmann

Rosane Martinazzo

Suzi Huff Theodoro

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

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

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

455 p. : il.

ISBN: 978-85-61175-68-9

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

CDD 549.7

© Embrapa 2017

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

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

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

INTRODUÇÃO

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

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

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

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

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

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

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

¹⁰Scoffin (1987).

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

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

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

Proposta Metodológica

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

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

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

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

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

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

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

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

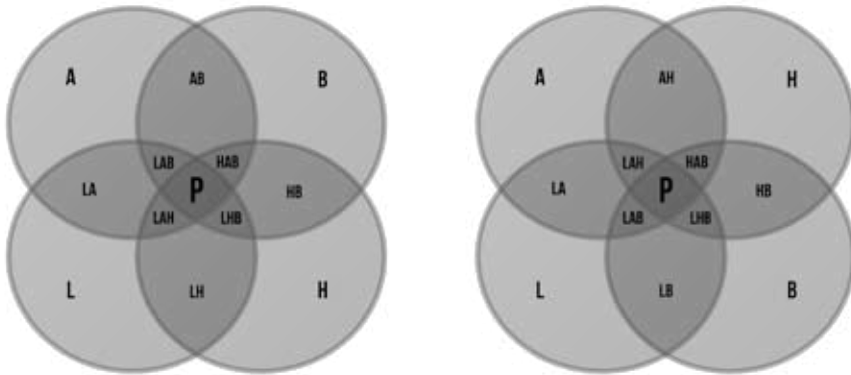
Do ponto de vista prático, a referência de escala humana é a mais adequada para a separação dos aspectos estruturais e funcionais da paisagem (Couto Júnior et al., 2013; Fahrig et al., 2011; Martins et al., 2007; Nelson et al., 2009). Desta forma é possível quantificar os limites e consequências das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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CONSIDERAÇÕES FINAIS

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

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

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

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

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

REFERÊNCIAS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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