

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

ROCHAGEM E SUA IMPORTÂNCIA EM SOLOS TROPICAIS DO AMAZONAS

**Calvin da Silva Candotti¹, Sonia Sena Alfaia¹, Fabricia Benda de Oliveira²;
Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira²**

¹Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Programa de Pós-Graduação em Agricultura nos Trópicos Úmidos, Avenida André Araújo, 2936, Petrópolis – 69067-375 – Manaus-AM, Brasil, calvindasilvacandotti@gmail.com/sonia@inpa.gov.br

²Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Geologia, Cenrode Ciências Exatas, Naturais e da Saúde, Alto Universitário, s/n, Guararema – 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, fabricia.oliveira@ufes.br/engcarloshenrique@gmail.com

Resumo

Solos tropicais têm pouca fertilidade, são empobrecidos, há pouco matéria orgânica e baixa capacidade de troca catiônica, e são comuns no Brasil, sendo uma insustentabilidade agrícola. Práticas tradicionais estão insuficientes e os fertilizantes da agricultura moderna são ineficientes e perigosos. Diante da necessidade de encontrar novas maneiras de fertilizar os solos para atender à crescente demanda por alimentos, foi feita uma revisão bibliográfica com o objetivo de mostrar os aspectos relativos da rochagem, técnica que remineraliza solos esgotados e os rejuvenesce. Essa prática é agroecológica e agrogeológica, com adoção incentivada pelo governo federal e com potencial para atender a agricultura orgânica nacional. A rochagem é sustentável e, futuramente, poderá garantir a segurança alimentar no estado do Amazonas e em outros locais do Brasil.

Palavras-chave: Agricultura. Remineralização. Sustentabilidade. Solos.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônômica - Agroecologia

Introdução

A homogeneização das ofertas de nutrientes via alimentação (FYFE *et al.*, 2006) é do declínio da qualidade e quantidade de solos pelos seguintes motivos: i) rochas de origem são pobres em nutrientes; e ii) extração sem reposição (VAN STRAATEN, 2006). No Brasil, os solos são altamente intemperizados e ácidos, e têm baixa disponibilidade de nutrientes (ALMEIDA *et al.*, 2021). Ainda, milhões de hectares de solos são degradados devido ao manejo inadequado (COLA; SIMÃO, 2012). A produção de alimentos é bem-sucedida em regiões em que a fertilidade dos solos é fornecida pela litosfera ao sistema solo-biosfera-hidrosfera através de processos geológicos, mas interrupções nesse processo e a falta de reposição de nutrientes torna os solos inadequados (LEONARDOS *et al.*, 1987), como o que vem acontecendo nos últimos anos. Atualmente, o avanço das atividades econômicas ocorre sobre os solos tropicais lateríticos da Amazônia, que ocupam todo o território do estado do Amazonas.

Os solos tropicais são muito intemperizados e exigem recursos locais, pois nessas regiões há pobreza, insegurança alimentar, degradação da terra, e necessidade de desenvolvimento sustentável (THEODORO *et al.*, 2006; FERNANDES, 2008; CORDANI; TAIOLI, 2009; LUIZÃO *et al.*, 2009; BURBANO, 2020; THEODORO, 2020). Em níveis críticos são compostos por água, e óxidos e hidróxidos insolúveis de Fe e Al (LEONARDOS *et al.*, 1987). As águas dos rios são pobres em nutrientes, refletindo na produção agrícola (FYFE *et al.*, 2006). A estratégia de fertilização é aplicar matéria orgânica (MACHADO, 2001), mas a prática está se tornando ineficaz devido ao maior uso agrícola, sendo adequado novos métodos, pois a promovida por produtos químicos é cara e prejudica o meio ambiente (LEONARDOS *et al.*, 1987; THEODORO, 2000; THEODORO *et al.*, 2006; VAN STRAATEN, 2006; ALMEIDA *et al.*, 2007; CARVALHO, 2012; THEODORO, 2020). Sendo assim, foi feita uma revisão bibliográfica sobre rochagem, uma técnica alternativa de fertilização e conservação de solos.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Metodologia

A revisão de literatura aqui proposta consultou artigos científicos publicados em periódicos, cartilhas, dissertações, teses, livros e relatórios técnicos. A revisão transita sobre: a rochagem como alternativa para solos tropicais; importantes conceitos geológicos para a prática de rochagem; definição mais aprofundada sobre a rochagem; o pensamento agroecológico e agrogeológico; a legislação sobre fertilizantes e remineralizadores; potencialização da rochagem; vantagens e desvantagens da rochagem; e agrominerais e rochas hospedeiras do estado do Amazonas.

Rochagem

A rochagem utiliza pós de rochas para fertilizar os solos ao reproduzir o intemperismo, processo que lixivia ou concentra nutrientes do desenvolvimento das plantas (FYFE *et al.*, 2006; FORMOSO, 2006; THEODORO; LEONARDOS, 2006; THEODORO, 2020). O processo é beneficiado em regiões tropicais devido à maior incidência de atividade biológica (BURBANO, 2020). Nessas regiões, os fertilizantes solúveis perdem capacidade nutricional após o primeiro ano, enquanto os pós de rochas fornecem amplo aporte de nutrientes após o segundo ano (THEODORO, 2000). As rochas têm elementos químicos para o desenvolvimento de plantas, diferentes tipos de rochas podem ser substrato para vegetação e produção agrícola exuberantes (THEODORO, 2000), e há solos próprios para florestas e outros para agricultura (FYFE *et al.*, 2006). A rochagem com matéria orgânica dinamiza a atividade ecológica que recicla nutrientes, evitando perdas por lixiviação e fixação, e gerando ácidos orgânicos que retiram os elementos nutrientes da rede cristalina dos minerais das rochas (ALMEIDA *et al.*, 2007). Esse processo biogeoquímico é importante pois os pós de rocha têm baixa solubilidade quando comparados aos demais fertilizantes (VAN STRAATEN, 2006; BLASKOWSKI *et al.*, 2016; BLASKOWSKI, 2018). Mas a conclusão surge ao considerar esse insumo substituto, quando sua utilização visa ser um complemento, e experiências mostram bons resultados, contradizendo a ideia de baixa eficiência (ALMEIDA *et al.*, 2007). A “desvantagem” é compensada pela disponibilização de nutrientes por mais tempo, sendo considerados fertilizantes inteligentes de baixa solubilização (slow-release) (THEODORO, 2020).

A fertilidade natural dos solos deve-se à disponibilidade e liberação de nutrientes que estão nos minerais das rochas; do pH ambiente; tamanho do cristal/grão, estrutura, porosidade, e permeabilidade da rocha; matéria viva e o tempo do intemperismo (FYFE *et al.*, 2006). A disponibilidade dos nutrientes nas rochas (e nos solos) de um determinado local depende da configuração tectônica de uma região, do clima e do tipo de intemperismo (THEODORO, 2000). Os limites das placas são zonas de abertura por onde chegam materiais do interior da Terra, ou são zonas de colisão em que as rochas retornam ao manto; a velocidade de formação e desgaste de uma montanha, as taxas de sedimentação e os processos de formação do solo também são funções da intensidade do movimento da placa e da geometria da placa (LEONARDOS *et al.*, 1987). Algumas características sobre ambiência tectônica e disponibilidade de nutrientes (LEONARDOS *et al.*, 1987; THEODORO, 2000):

1) Margens de placas com processos geológicos ativos: elementos crustais como Si, Al, K, Na, Be, Li, Zn, Mo, F e B são misturados aos elementos do manto, como Ca, Mg, Cu, Co, Ni, S, V, Cr e Se, formando terrenos férteis; a adição de materiais é maior do que a decomposição; detritos de rocha são periodicamente incorporados ao solo, seja por ação vulcânica, fluvial ou glacial, resultando em terrenos férteis (ex.: América Ocidental);

2) No interior da placa com estabilidade favorecendo o intemperismo: rochas sedimentares com química simples, como quartzitos, xistos, calcários, evaporitos, entre outras, com nutrientes específicos ou sem nutrientes; rochas graníticas e metamórficas limitadas em nutrientes; centros das placas fornecem estabilidade tectônica que causa pouca erosão e alta lixiviação, acelerada em clima tropical úmido, onde forma ambiente laterítico; solos empobrecidos e com química pobre.

O uso de rochas como fertilizantes exige o entendimento do que é mineral, rocha, processos de intemperismo e solos (VAN STRAATEN, 2006):

a) Mineral: sólido homogêneo, com composição química definida (que varia dentro de intervalos restritos), formado por processos naturais inorgânicos, cujos átomos se encontram organizados em um arranjo periódico tridimensional denominado estrutura cristalina, sendo que esse empacotamento ocorre em escala nanométrica e produz feições sólidas simétricas visíveis a olho nu (ANDRADE *et al.*, 2009);

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

b) Rocha: agregado consolidado de minerais, formada por processos da dinâmica terrestre interna, sendo divididas em ígneas, sedimentares e metamórficas (TEIXEIRA *et al.*, 2009):

i) Rochas ígneas: formadas pela cristalização de magmas, líquidos silicáticos de alta temperatura, provenientes do interior da Terra, e trazem à superfície informações das profundezas do planeta (SZABÓ *et al.*, 2009);

ii) Rochas sedimentares: produto da consolidação de sedimentos na superfície terrestre, ou precipitação de íons em ambientes aquosos, e fornecem informações sobre variações ambientais ao longo do tempo geológico (GIANNINI; MELO, 2009);

iii) Rochas metamórficas: transformação de qualquer tipo de rocha em um ambiente de pressão e temperatura, e/ou composição química distintas daquelas da formação original; e tais rochas permitem identificar eventos geotectônicos do passado, fundamentais para entender a configuração dos continentes (RUBERTI *et al.*, 2009; SILVA; MACHADO, 2009).

c) Formação rochosa: unidade de rocha mapeável, com significado e expressão maior do que uma exposição em afloramento, composta por associação de rochas de características distintas reconhecidas em uma região, e diferentes de outras formações (LISLE *et al.*, 2014).

d) Intemperismo: modificações físicas, químicas e biológicas que as rochas e minerais sofrem na superfície da Terra, produzindo alterita (rocha alterada) e solo (FORMOSO, 2006; TOLEDO *et al.*, 2009; COLA; SIMÃO, 2012); depende da rocha parental, clima, topografia, biosfera e tempo (FORMOSO, 2006; TOLEDO *et al.*, 2009).

e) Solo: acumulado de detritos de rocha ou de minerais secundários (FORMOSO, 2006); são materiais desagregados e decompostos estáveis à erosão e que passaram pelo processo de pedogênese, até o ponto de ser o meio para o desenvolvimento das plantas (TOLEDO *et al.*, 2009).

Os minerais e rochas que contém os nutrientes utilizados pelas plantas são chamados de agrominerais (THEODORO, 2000; BLASKOWSKI *et al.*, 2016). Aplicá-los ao solo diversifica a nutrição, cria opções de suprimento, e rejuvenesce solos pobres e/ou lixiviados, equilibrando a fertilidade, a conservação dos recursos naturais e a produtividade sustentável (LEONARDOS, 1987; COLA; SIMÃO, 2012). Diminui impactos ambientais e os custos dos fertilizantes sintéticos (SANTOS, 2013), e aumenta a autonomia no abastecimento de nutrientes para o solo (ALMEIDA *et al.*, 2021). Assim, a rochagem em ambientes tropicais é vantajosa devido à: i) alta taxa de dissolução de rochas e minerais; ii) receptividade à adição de nutrientes dos solos intemperizados, lixiviados e de baixo teor nutricional; iii) acidez dos solos tropicais, que favorece a dissolução das rochas moídas (VAN STRAATEN, 2006). A técnica atribui aos agricultores benefícios produtivos, sociais e ambientais, sendo considerada tecnologia social de baixo impacto (THEODORO; LEONARDOS, 2006; ALMEIDA *et al.*, 2007). As rochas moídas devem ter macronutrientes e micronutrientes em quantidades suficientes para o bom desenvolvimento das plantas (FYFE *et al.*, 2006; THEODORO *et al.*, 2006). Em solos lateríticos, a rochagem significa desenvolvimento sustentável, pois restaura os solos lixiviados, alimenta as culturas e biodiversidade ao liberar nutrientes, e corrige o pH (FORMOSO, 2006).

Resíduos de rochas em minas reduzem a erosão e lixiviação de solos, atuando como agentes renováveis e remineralizadores de solos em regiões agrícolas (FYFE *et al.*, 2006). Isso é importante para o Brasil; país situado em região tropical, tem demanda por alimentos, é diverso geologicamente, e produz rejeitos de mineração que podem ser destinados à agricultura na forma de novos produtos de valor econômico, supressivos da demanda nutricional (BLASKOWSKI, 2018). Dessa maneira, a rochagem incorpora princípios da Agroecologia pois promove a sustentabilidade ecológica e socioeconômica da produção, pois: causa descentralização da produção de fertilizantes das grandes empresas; agricultura de baixo impacto ambiental, sem poluentes químicos na forma de insumos; utiliza práticas conservacionistas do solo, da água e da biodiversidade, e de insumos internos; favorece a ciclagem de nutrientes; resguarda a soberania alimentar e conserva a terra para as futuras gerações; obtém excedentes para a geração de renda e utiliza tecnologias adequadas às realidades específicas, promovendo o controle local dos recursos agrícolas (FYFE *et al.*, 2006; THEODORO *et al.*, 2006; MEDEIROS *et al.*, 2022). Usa a agricultura sustentável para assegurar a produtividade a longo prazo através de práticas de manejo ecologicamente seguras e fornece os princípios básicos para estudo e tratamento de ecossistemas produtivos e preservadores de recursos naturais, culturalmente sensíveis, socialmente justos e economicamente viáveis (ALTIERI, 2012). É uma resposta aos problemas ambientais, sociais e de produção, que precisam ser enfrentados com princípios que assegurem a qualidade de vida, a segurança alimentar e a sustentabilidade dos ecossistemas, tratando-se de um ajuste tecnológico no padrão de produção (ALTIERI, 2012; BURBANO, 2020).

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

A Agroecologia incorpora princípios ecológicos, valores culturais e conhecimentos antropológicos, econômicos e tecnológicos na dinâmica dos agrossistemas, e a rochagem adere aos princípios dessa ciência, pois representa uma base de conhecimento tradicional que se alia aos métodos científicos (THEODORO, 2020). No Brasil, os sistemas agroecológicos são regulamentados pelo Decreto nº. 7.794, de 20 de agosto de 2012 que instituiu a Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica, e de acordo com essa normativa, entre as várias práticas permitidas no condução deste sistema de produção, está o uso de insumos alternativos, por exemplo, os remineralizadores de solo (BRASIL, 2012; BURBANO, 2020).

Diante da necessidade crescente de fertilização dos solos e produção de alimentos, é necessário alternativas mais sustentáveis, acessíveis localmente e financeiramente viáveis, assim, a rochagem surge como uma proposta agrogeológica incorporada aos princípios agroecológicos. (VAN STRAATEN, 2006). A agrogeologia usa práticas para fertilizar solos por longo prazo, é uma abordagem interdisciplinar que estuda processos geológicos, rochas e minerais úteis para a manutenção da fertilidade dos solos ao estudar: i) o papel do material de origem no desenvolvimento e produtividade do solo; e a aplicação benéfica de materiais geológicos para aumentar a produtividade agrícola, hortícola e florestal (VAN STRAATEN, 2006). Sua importância decorre do fato de que dos 18 elementos essenciais para as plantas, todos eles, com exceção do nitrogênio, são obtidos em rochas e minerais dos quais a indústria retira os nutrientes e os comercializa na forma de fertilizantes solúveis (VAN STRAATEN, 2006). Os fertilizantes possuem concentrações totais que garantam o fornecimento de nutrientes e componentes ativos (VAN STRAATEN, 2006).

No Brasil, os fertilizantes são regulamentados pela lei Lei nº 6.894 de 16 de Dezembro de 1980 (BRASIL, 1980). O uso dos remineralizadores é regulamentado pela Lei nº 12.890 de 10 de Dezembro de 2013 (BRASIL, 2013; BLASKOWSKI *et al.*, 2016; THEODORO, 2020). O decreto nº 8.384, de 29 de Dezembro de 2014 (Decreto-Lei dos fertilizantes), informa que remineralizador é o material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho de partícula por processos mecânicos e que altere os seus índices de fertilidade do solo por meio de adição de macronutrientes e micronutrientes para as plantas, e melhorando as propriedades físico-químicas e biológicas do solo (BRASIL, 2014). O pó de rocha é um insumo que auxilia na regeneração bioquímica do solo, sendo permitido pela legislação que regula a agricultura orgânica (Lei nº 10.831 de 2003) (BRASIL, 2003; MEDEIROS *et al.*, 2022).

A Instrução Normativa IN 05/2016, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, inclui as rochas silicáticas, que contém a maioria dos nutrientes necessários às plantas (CARVALHO, 2012), como “Remineralizadores de Solos”, e apresenta parâmetros e formas de apresentação comercial dos produtos, bem como estimula a prioridade em procurar novos insumos (MAPA, 2016; BLASKOWSKI, 2018; BLASKOWSKI *et al.*, 2019; THEODORO, 2020). A liberação de nutriente é facilitada quando combinado com a moagem fina, acidulação e compostagem (VAN STRAATEN, 2006). Materiais finos inoculados com bactérias do gênero *Acidithiobacillus* liberam elementos mais facilmente (COLA; SIMÃO, 2012). O uso consorciado da rochagem com vegetação deve manter a resiliência da biota, e é um complemento para práticas agroecológicas como uso de estume e permacultura (FYFE *et al.*, 2006). O uso de plantas em sistema de rotação, sucessão ou consorciação amplia a atuação dos microorganismos no solo e geração de ácidos orgânicos que influenciam no pH e alteração dos pó de rocha (BURBANO, 2020).

As vantagens da rochagem são: grande número de nutrientes e aumento do pH do solo, liberação lenta, baixo impacto ambiental, disponibilidade em afloramentos, resíduos de pedreiras e minas, efeito se estende por até 4 anos após a aplicação e aumento da produção em 30%, enquanto que as desvantagens são: rochas com baixo teor de nutrientes e/ou ricas em sílica, solubilidade lenta faz com que resultados demorem para ser percebidos, o custo de transporte do material pode inibir o uso em função do preço dos combustíveis e das distâncias (FYFE *et al.*, 2006; THEODORO; LEONARDOS, 2006; VAN STRAATEN, 2006; THEODORO, 2020; ALMEIDA *et al.*, 2021).

O Amazonas tem agrominerais que estão alojados nas formações rochosas do paleozóico inferior e superior das bacias sedimentares, em intrusões ígneas do mesozóico que intrudiram o embasamento proterozóico, e em sedimentos cenozóicos, descritos a seguir (RIKER, 2001; SILVA *et al.*, 2003; REIS *et al.*, 2006; MATOS; MELLO, [2010-2023]):

1) **Paleozóico inferior:** rochas sedimentares dispostas em camadas horizontais pouco dobradas e metamorizadas, compostas de sedimentos clastoquímicos depositados na Bacia do Tapajós. O

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

calcáreo está nas rochas carbonáticas das Formações Navalha e Terra Preta, e o fosfato está nos arenitos da Formação Beneficente;

2) **Paleozóico superior:** coberturas sedimentares e vulcanossedimentares, mesozóicas e paleozóicas, associadas a grandes e profundas bacias do tipo sinéclise, como as Bacia do Amazonas, Solimões e Acre. Os recursos são: calcário calcítico/magnesiano da Formação Itaituba, e gipsita e silvinita da Formação Nova Olinda;

3) **Agrominerais em rochas ígneas mesozóicas:** suítes intrusivas alcalino-carbonáticas da Suíte Alcalinas Seis Lagos em gnaisses do Domínio Imeri da Província Rio Negro;

4) **Turfas cenozóicas:** lentes com espessura média de 2 metros, intercaladas com siltes, argilas e areias; relacionadas à cobertura Cenozóica das bacias do Amazonas, Acre e Solimões.

Conclusão

A rochagem é efetiva para solos tropicais e sua prática no estado no Amazonas precisa ser melhor investigada, estendendo a pesquisas para rochas cristalinas que são o embasamento das bacias sedimentares na região. Deve-se averiguar a existência de rochas que contém maior gama de nutrientes, e a localização de empreendimentos minerários em relação aos locais de produção agrícola.

Referências

- ANDRADE, F. R. D.; MCREATH, I.; MADUREIRA FILHO, J. B.; ATENCIO, D. A Terra sólida: minerais e rochas. In: TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. M.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. (Eds). **Decifrando a Terra**. 2 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional: São Paulo, 2009.
- ALMEIDA, E.; SILVA, F. J. P.; RALISCH, R. Revitalização dos solos em processos de transição agroecológica no sul do Brasil. **Agriculturas**, 4(1), 2007.
- ALMEIDA, J. A.; CUNHA, G. O. M.; HEBERLE, D. A.; MAFRA, A. L. Potential of olivine melilite as a soil remineralizer according to particle size and rates. **Pesquisa agropecuária brasileira**, 57, 2021, doi: 10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.01445.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Expressão popular/AS-PTA, São Paulo/Rio de Janeiro, SP/RJ, Brasil. 400pp., 2012.
- BLASKOWSKI, A. E. **Caracterização petrológica e química das rochas de rejeito da mina de Ipueira e seu potencial agromineral**. Dissertação (Mestrado em Petrologia, Metalogênese e Exploração Mineral) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 2018.
- BLASKOWSKI, A. E.; BERGMANN, M.; CAVALCANTE, O. A. **Projeto agrominerais da região de Irecê-Jaguarari**. Bahia: Serviço Geológico do Brasil, 2016.
- BLASKOWSKI, A.E.; RÍOS, D.C.; CONCEIÇÃO, H.; MARIANI, B.B. Potencial agromineral das rochas de descarte da mina de cromita de Ipueira, Bahia. **Anuário do Instituto de Geociências**, 42(1), 355:373, 2019.
- BRASIL. **Decreto nº 8.384 de 29 de dezembro de 2014**. Altera o anexo ao decreto nº 4.954 de 14 de janeiro de 2004, que aprova o regulamento da lei nº 6.894 de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da aprovação e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. 2014.
- BRASIL. **Lei n. 12.890, de 10 de dezembro de 2013**. Inclui os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências. 2013.
- BRASIL. **Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980**. Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substrato para plantas, destinados à agricultura, e dá outras providências. 1980.
- BURBANO, D. F. M. **Uso de rocha basáltica como remineralizador de solo em sistema de rotação de cultivos com quinoa**. 2020. 83 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural) – Faculdade de Planaltina, Universidade de Brasília, 2020.
- CARVALHO, A. M. X. **Rochagem e suas interações no ambiente solo: contribuições para aplicação em agroecossistemas sob manejo agroecológico**. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 2012.
- COLA, G. P. A.; SIMÃO, J. B. P. Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 7(4):15-27, 2012.
- CORDANI, U. G.; TAIOLI, F. As Ciências da Terra: sustentabilidade e desenvolvimento. In: TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. M.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. (Eds). **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.
- FERNANDES, M. M. **Viabilidade agronômica do uso de rejeito de garimpos do Distrito Pegmatítico de Araçuaí, MG**. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

- FORMOSO, M. Some topics on geochemistry of weathering: a review. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 78(4): 809-820, 2006.
- FYFE, W. S.; LEONARDOS, O. H.; THEODORO, S. H. Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 78(4): 715-720, 2006.
- GIANNINI, P. C. F.; MELO, M. S. Do grão à rocha sedimentar: erosão, deposição e diagênese. In: TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. M.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. (Eds). **Decifrando a Terra**. 2 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.
- LEONARDOS, O. H.; FYFE, W. S.; KRONBERG, B. I. The use of ground rocks in laterite systems: an improvement to the use of convencional soluble fertilizers? **Chemical Geology**, 60: 361-370, 1987.
- LISLE, R. J.; BRABHAM, P.; BARNES, J. **Mapeamento Geológico Básico: guia geológico de campo**. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- LUIZÃO, F. J.; FEARNside, P. M.; CERRI, C. E. P.; LEHMANN, J. A Manutenção da Fertilidade do Solo em Sistemas Manejados na Amazônia. **Geophysical Monograph**, 2009, doi: 10.1029/2008GM000742.
- MACHADO, P. L. O. A. **Manejo da matéria orgânica em solos tropicais: abrangência e limitações**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2001.
- MAPA. **Instrução Normativa MAPA nº 5 de 10 de março de 2016**. Estabelece as regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos reminizadores e substratos para as plantas, destinados à agricultura. 2016.
- MATOS, G. M. M.; MELLO, I. S. C. **Mapa de ambientes geológicos favoráveis para agrominerais fontes de P, K, Ca, Mg, escala 1:5.000.000**. [...]: CPRM., [2010-2023].
- MEDEIROS, F. P.; SILVA, R. F.; AMORIM, G. D.; CARVALHO, A. M. X.; CARDOSO, I. M. Pós de rocha: uma tecnologia que auxilia nos processos de transição agroecológica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 17(3), 242-262, 2022, doi: <https://doi.org/10.33240/rba.v17i3.23504>.
- REIS, N. J.; ALMEIDA, M. E.; RIKER, S. L.; FERREIRA, A. L. **Geologia e recursos minerais do estado do Amazonas, 1:1.000.000**. Manaus: CPRM, 2006.
- RIKER, S. R. L. **Mapa de insumos minerais para agricultura e áreas potenciais nos Estados do Amazonas e Pará, escala 1:2.500.000**. Manaus: CPRM, 2001.
- RUBERTI, E.; SZABÓ, G. A. J.; MACHADO, R. Metamorfismo: processos e produtos. In: TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. M.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. (Eds). **Decifrando a Terra**. 2 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.
- SANTOS, D. S. **Rochagem como alternativa para fornecimento de potássio para as culturas**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, 2013.
- SILVA, M. E.; MACHADO, R. Deformação de rochas: estruturas e processos. In: TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. M.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. (Eds). **Decifrando a Terra**. 2 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.
- SILVA, A.J.P.; LOPES, R.C.; VASCONCELOS, A.M.; BAHIA, R.B.C. Bacias Sedimentares Paleozóicas e Meso-Cenozóicas Interiores. In: Bizzi, L.A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R.M.; Gonçalves, J.H. (Eds). **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. Vol. 1. Serviço Geológico do Brasil, Rio de Janeiro. p. 55-85, 2003.
- SZABÓ, G. A. J.; TEIXEIRA, W.; BABINSKI, M. Magma e seus produtos. In: TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T.M.; TOLEDO, M.C.M.; TAIOLI, F. (Eds). **Decifrando a Terra**. 2 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.
- TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.
- THEODORO, S. H. **Cartilha da Rochagem**. Brasília: Gráfica e Editora Ideal, 2020.
- THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 78(4): 721-730, 2006.
- THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O.; ROCHA, E. L.; REGO, K. G. Experiências de uso de rochas silicáticas como fonte de nutrientes. **Espaço & Geografia**, 9(2), 263-292, 2006.
- THEODORO, S. C. H. **A fertilização da terra pela terra: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, 2000.
- TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B.; MELFI, A. J. Da rocha ao solo: intemperismo e pedogênese. In: TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. M.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. (Eds). **Decifrando a Terra**. 2 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.
- VAN STRAATEN, P. Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 78(4): 731-747, 2006.