

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* BAMBUÍ
BACHARELADO EM AGRONOMIA

WAYNER ASSUNÇÃO INÊS

USO DE REMINERALIZADORES DE SOLO NA PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS

**BAMBUÍ - MG
2021**

WAYNER ASSUNÇÃO INÊS

USO DE REMINERALIZADORES DE SOLO NA PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Luciano Donizete Gonçalves

**BAMBUÍ - MG
2021**

I42u Inês, Wayner Assunção.

Uso de remineralizadores de solo na produção de hortaliças. / Wayner Assunção Inês. – 2021.

31 f.

Orientador: Prof. Luciano Donizete Gonçalves.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Bacharelado em Agronomia, 2021.

1. Rochagem. 2. Remineralização. 3. Agricultura. I. Gonçalves, Luciano Donizete. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 635



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria Geral
Departamento de Ciências Agrárias
Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Meleiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

DECLARAÇÃO

USO DE REMINERALIZADORES DE SOLO NA PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS

Wayner Assunção Inês

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus Bambuí* para obtenção do grau de bacharel em Agronomia.

Aprovado em 06/05/2021 pela banca examinadora.

Dr. Luciano Donizete Gonçalves - IFMG Campus Bambuí - Orientador

Dr. Marcelo Loran de Oliveira Freitas - IFMG Campus Bambuí - Membro da banca

Ms. Maria Carolina Gaspar Botrel - IFMG Campus Bambuí - Membro da banca.

Bambuí, 06 de maio de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Luciano Donizete Gonçalves, Professor**, em 11/05/2021, às 15:15, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Loran de Oliveira Freitas, Professor**, em 11/05/2021, às 15:34, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Maria Carolina Gaspar Botrel, Professora**, em 24/05/2021, às 16:29, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Wayner Assunção Inês, Usuário Externo**, em 24/05/2021, às 16:55, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **0813839** e o código CRC **62EC4389**.

Ativar o Windows
Acesse Configurações para ativar o Windows

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois, sem ele, nada seria possível! Aos meus pais, Wayner Camilo e Simoni Assunção, e ao meu irmão, José Augusto, pelo apoio, incentivo, compreensão e amor incondicional!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, ao meu Deus e à Nossa Senhora Aparecida, que sempre me deram forças para ajudar a quebrar todos os desafios e obstáculos encontrados durante esses anos.

Ao professor Luciano, pela grande ajuda e paciência, pela confiança e pela generosidade em transmitir seus conhecimentos e por aceitar ser meu orientador. Obrigado pelo apoio e dedicação, professor!

Aos meus pais, que foram responsáveis pela formação que tenho hoje, por acreditarem e não medirem esforços para me ajudar.

Aos familiares, pela grande generosidade e apoio.

Aos amigos, pelos bons momentos proporcionados e trocas de experiências.

Agradeço ao IFMG - *Campus Bambuí* a oportunidade de aprender e levar toda essa bagagem de conhecimento pela vida toda, ou seja, “aprender para fazer e fazer para aprender”.

E a todos aqueles que contribuíram de alguma forma.

“Se você quer ser bem-sucedido, precisa ter dedicação total, buscar seu último limite e dar o melhor de si.”

Ayrton Senna

RESUMO

INÊS, Wayner Assunção. **Uso de remineralizadores de solo na produção de hortaliças.** Bambuí: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *campus* Bambuí, 2021. 31p.

Este trabalho buscou apresentar os principais efeitos do uso de remineralizadores de solo na produção de hortaliças, as quais são plantas importantes, mas que demandam um grande uso de fertilizantes. O País é dependente da importação destes, o que torna o custo de produção mais caro; no entanto, existem outras fontes, outras alternativas, como os remineralizadores, que têm importância na aplicação de minerais ricos em nutrientes no solo. O objetivo do estudo foi verificar, por meio de estudos bibliográficos, qual a importância do uso de remineralizadores de solo como adubação complementar na produção de hortaliças, além de, especificamente, apresentar o potencial do uso da remineralização do solo na produção destas, verificando a dinâmica dos atributos químicos do solo e sua eficácia frente aos remineralizados do solo. A metodologia utilizada tem caráter de estudo bibliográfico, no qual foram observados trabalhos com diferentes culturas, onde, em algumas, ocorreu o efeito remineralizador, e, em outras, não. Pôde-se concluir que, diante dos trabalhos apresentados, há um grande potencial e resultados significativos para algumas culturas, sendo promissores, indicando que o uso de remineralizadores pode ser interessante, partindo do princípio econômico da disponibilização de nutrientes para a planta.

Palavras-chaves: Rochagem. Remineralização. Agricultura.

ABSTRACT

INÊS, Wayner Assunção. **Use of soil remineralizers in vegetable production.** Bambuí: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – campus Bambuí, 2021. XXp.

This work sought to present the main effects of the use of soil remineralizers in the production of vegetables, since, vegetables that are important plants, but demand an excessive use of fertilizers, these fertilizers are dependent on imports from other countries which makes the cost of more expensive production, however, there are other sources, other alternatives, such as remineralizers, which are important in the application of minerals rich in multinutrients in the soil. The objective of the study was to verify, through bibliographic studies, the importance of using soil remineralizers as complementary fertilization in vegetable production, in addition to specifically presenting the potential of using soil remineralization in vegetable production, verifying the dynamics of the chemical attributes of the soil and its effectiveness against the remineralized ones of the soil. The methodology used has the character of a bibliographic study, in which works with different cultures were observed, where for some of them the remineralizing effect occurred and in others it did not. It can be concluded that in view of the studies, there is great potential and significant results for some crops, thus being promising, but there is evidence that the use of remineralizers can be interesting, based on the economic principle, of making nutrients available to the plant.

Keywords: Rocking. Remineralization. Agriculture.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Massa Fresca, Massa Seca, Número de Folhas, Área Foliar, Diâmetro de Caule e Altura de Caule de Plantas de Alface Cultivadas em Solo Acrescido de Pó de Rocha por 42 dias (Média de 5 Repetições)	21
Figura 2 – Média de Produtividade em T/ha de Três cultivares de Batata-Doce sob oito níveis de adubação potássica	22
Figura 3 – Teores Médios de Alguns Nutrientes Observados nas Folhas das Plantas do Experimento de Morangueiro Utilizando Adubação Alternativa, nos anos de 2010, 2012 e 2014	23

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	Erro! Indicador não definido.3
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	13
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 IMPORTÂNCIA DAS HORTALIÇAS	14
2.2 REMINERALIZADORES DE SOLO	15
2.3 USO DE REMINERALIZADORES EM PLANTAS E SEU POTENCIAL PARA UTILIZAÇÃO EM HORTALIÇAS	18
2.4 FATORES QUE AFETAM A EFICIÊNCIA DO REMINERALIZADOR	24
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de escala continental, considerado como grande produtor nas áreas de agricultura, silvicultura e pecuária, ocupando posição de destaque entre os países desenvolvidos e emergentes. Diante disso, é importante destacar que o país detém condições climáticas favoráveis; porém, a maioria dos solos brasileiros são fortemente intemperizados, ácidos e com baixa reserva de nutrientes, necessitando-se do uso de corretivos de acidez e fertilizantes para garantir produtividades satisfatórias (RODRIGUES, 2019).

Conforme Theodoro e Almeida (2018), o Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo, sendo superado somente pela China, Índia e Estados Unidos. No entanto, participa com apenas 2% da produção mundial, ficando extremamente dependente dos preços estabelecidos pelos países exportadores de fertilizantes e/ou de matéria-prima, importando 75% do N, 48% do P e 92% do K utilizados como fertilizantes.

Dessa forma, para se conseguir um bom desempenho no campo, é preciso elevado investimento em fertilizantes e corretivos. Torna-se necessária, então, a importação de grande parte dos fertilizantes ou de suas matérias-primas, já que a produção nacional da maior parte destes produtos é insuficiente.

A grandeza do agronegócio brasileiro, contrapondo-se à altíssima dependência externa de insumos, fez com que Lapido-Loureiro (2009) associasse o Brasil a um “gigante de pés de barro”, ressaltando a fragilidade nacional da produção de fertilizantes, acentuada pelas sérias limitações dos seus solos, de forma geral, alertando para a importância de se buscar alternativas.

No entanto, Lapido-Loureiro (2009) ressalta que também existem alguns fatores agravantes, como o aumento da demanda por insumos nos países emergentes, o que fez com que os preços subissem.

Contudo, Rodrigues (2019) aponta que, com o desenvolvimento do setor agrícola do Brasil e o avanço da produção de remineralizados de solo, espera-se que aumente a demanda do País por fertilizantes e insumos.

Assim, a tendência do uso é crescer a uma taxa de 6% ao ano, e, para algumas safras, o custo dos fertilizantes químicos pode chegar a 40% do total do insumo. Esses dados são da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa,

2020) e mostram que o Brasil precisa de soluções que ajudem a equilibrar essa situação. Dessa forma, pode-se destacar que a rochagem é uma delas.

De acordo com Lapido-Loureiro (2009), com a regulamentação, a classificação dos mineralizadores de solo inclui requisitos para análises geoquímicas e mineralógicas para comprovar a eficiência do produto. Dentre os fatores analisados, além de indicar pH, desgaste e granulometria, incluem-se, também, o percentual mínimo da soma das bases (óxidos de cálcio, magnésio e potássio) e o percentual máximo de elementos potencialmente tóxicos e sílica livre.

Após análise, os fornecedores de mineralizadores de solo devem verificar a eficiência agrônômica por meio de instituições públicas de pesquisa (Embrapa, universidades e outras instituições de ensino e pesquisa) e entidades homologadas pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). E, por fim, é preciso ressaltar que existem vários tipos de rochas silicáticas que conseguem atender alcalinidade total, mas a eficiência agrônômica é muito baixa. Por isso, é necessário testar o solo agrícola e as lavouras, na área de origem dos produtos, e divulgar cientificamente os resultados.

O método de utilização de rocha moída como fonte de minerais agrícolas para a fertilidade do solo é denominado rochagem. Embora possa parecer novo, é praticado há vários anos, incluindo práticas agrícolas de calcário e fosfato (MEERT *et al.*, 2009).

Diante do contexto, propôs-se, neste trabalho, compreender quais os principais efeitos do uso de remineralizadores de solo na produção de hortaliças, visto que é uma atividade agrícola de grande importância do ponto de vista alimentar, econômico e social. No entanto, por serem culturas de ciclo rápido e bastante influenciadas por fatores ambientais, sua produção é sujeita à ação de diversas intempéries e bastante dependente do uso de insumos e tecnologias. Assim, pergunta-se: Quais os principais efeitos do uso de remineralizadores de solo na produção de hortaliças?

Considerando tais argumentos, com o uso de remineralizadores de solo em hortaliças olerícolas, a busca por fontes alternativas multielementares adquire grande importância para o futuro da produção agrícola brasileira.

Nesse aspecto, o Brasil é protagonista, pois tem apresentado uma série de resultados bastante consistentes nos últimos 10 anos, com destaque para os subprodutos gerados pelas atividades de mineração, que estão presentes em

praticamente todo o território brasileiro. O uso de tais insumos tem sido relatado e divulgado por meio de vários trabalhos científicos que apresentam sua caracterização química, mineralógica e petrográfica, bem como estimativas de reservas e potencial para uso agrícola como remineralizadores de solo.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

- Verificar, por meio de estudos bibliográficos, o uso de remineralizadores de solo como adubação complementar na produção de plantas e seu potencial para produção de hortaliças.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Apresentar como é realizada a remineralização do solo na produção de hortaliças;
- Verificar a dinâmica dos atributos químicos do solo e sua eficácia frente aos remineralizadores do solo;
- Verificar a importância da remineralização para hortaliças.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância das hortaliças

Conforme Agra e Santos (2015), as hortaliças não só satisfazem o apetite, mas também são essenciais para satisfazer as necessidades nutricionais do nosso corpo. Cada uma tem finalidades específicas para manter as funções normais do corpo humano; portanto, uma dieta equilibrada e diversificada costuma ser mais benéfica porque fornece uma gama mais ampla de nutrientes.

Os autores Agra e Santos (2015) ainda ressaltam que as hortaliças são essenciais para o funcionamento normal do corpo e a coordenação da saúde, se compararmos o corpo humano com uma máquina.

Além disso, as hortaliças são ricas em vitaminas, minerais, fibras e antioxidantes. Todas (com exceção de tubérculos e raízes) são compostas majoritariamente por água. Por isso, além de fornecer compostos úteis para a realização de uma série de reações orgânicas, elas também auxiliam na hidratação do corpo, que é constituído por, aproximadamente, 70% de água.

Devido ao seu conteúdo nutricional, comer vegetais todos os dias é extremamente benéfico para a saúde. A única vitamina que falta aos vegetais é a B12, que só é encontrada em alimentos de origem animal, como carne, leite e laticínios.

Com relação ao mercado das hortaliças, é importante destacar que é um dos que mais veem crescendo ao longo dos anos, devido à sensibilização da população, que tem procurado uma dieta alimentar mais nutritiva e saudável (LIMA, 2013).

Para se ter uma ideia, segundo Agra e Santos *apud* Aguiar (1986), o crescimento da produção agrícola no Brasil se dava, basicamente, até a década de 1950, por conta da expansão da área cultivada. A partir da década de 1960, o uso de pesticidas, maquinários e fertilizantes aumentou a produtividade. Com o passar do tempo, com o advento da chamada "Revolução Verde", as tecnologias agrícolas foram se acumulando, o que foi denominado modernização da agricultura brasileira.

Na década de 1970, com a modernização da agricultura, surgiu um complexo agroindustrial integrando indústria, agricultura e agroindústria (AGRA e SANTOS; 2013).

A EMBRAPA (2020) ressalta que, com o passar dos anos, o agronegócio, principalmente no que se refere às hortaliças, vem crescendo e aumentando no mundo todo. O mercado de comida congelada é o setor de alimentação que mais cresce, apontando uma taxa de incremento de 25% ao ano, nos últimos cinco anos.

De acordo com a EMBRAPA (2020), no Brasil, a indústria alimentícia, geralmente, é uma das que mais se beneficiam. A estabilidade econômica recente do País foi responsável por 9% da taxa de crescimento anual global em 2019, com um volume de 1 e 7% da receita.

2.2 Remineralizadores de solos

De acordo com Carvalho (2013), os remineralizadores de solos são conhecidos como pós de rochas, provenientes de rochas peneiradas e moídas, quer dizer, não sofrem qualquer tipo de transformação química. Para se ter uma ideia, nos dias atuais, os remineralizadores tornaram-se objeto de estudo, principalmente no que tange à sua importância na aplicação das plantas, hortaliças e também para que o Brasil não dependa da importação de fertilizantes.

Conforme Sékula (2011), o pó de rocha é tratado como resíduo em várias regiões do Brasil, podendo ser uma boa opção para reposição gradual e de longo prazo de nutrientes nos solos brasileiros. Além disso, Theodoro e Leonardos (2006) apontam que nosso país possui ampla distribuição e abundância de rochas de silicato em seu território, e que esses materiais também podem ser obtidos com o produto em pedreiras locais.

Há grandes razões, conforme Carvalho (2013), para que se valorize a remineralização dos solos dentro do contexto brasileiro, sendo elas:

- Busca de alternativas para reduzir a importação de fertilizantes;
- Necessidade de aproveitamento de rejeitos da atividade de exploração mineral;
- Expansão das lavouras com base em conceitos agroecológicos, com restrições ao uso de fertilizantes de alta solubilidade.

De acordo com Rodrigues *et al.* (2010), a prática da remineralização, no Brasil, foi motivada principalmente pela dependência externa de fontes de fertilizantes altamente solúveis, raras no País.

A técnica de remineralização dos solos baseia-se na utilização de rochas moídas como forma de melhorar os níveis de fertilidade destes, pois as rochas possuem, em sua constituição, quase todos os nutrientes essenciais para o crescimento das plantas (MALAVOLTA, 2008).

Dessa forma, dentre os modos de fertilização que reúnem características de eficiência e sustentabilidade, encontra-se a prática da rochagem, conhecida também como remineralização do solo. Trata-se de instrumento biofísico capaz de minimizar as problemáticas do solo a longo prazo, permitindo uma prática de manejo do solo de forma mais equilibrada e de baixo custo (Van Straaten, 2006).

Conforme Pádua (2012), devido à maior carência de P e K nos solos brasileiros, em geral, são realizados estudos com rochas, principalmente para esses dois nutrientes, sem subestimar a importância dos demais no sistema solo-planta, visto que a rocha também fornece outros nutrientes.

Diante do objeto e da justificativa de estudo, a remineralização do solo nas hortaliças é importante, visto que o manejo da adubação na agricultura brasileira caracteriza-se, principalmente, pelo uso de fontes de fertilizantes solúveis que, em sua maioria, são importados, finitos, não renováveis, escassos e que podem ter baixa eficiência. Tais características expõem o País às oscilações de preços internacionais e aumentam o peso dos fertilizantes nos custos de produção (Pillon, 2017).

Dessa forma, conforme Martins *et al.* (2008), os remineralizadores em hortaliças e a busca por novas tecnologias que contribuam para o alcance de maiores produtividades, de forma equilibrada e sustentável, são constantes na agricultura atual. Neste contexto, o uso de fontes alternativas de fertilizantes tem crescido em sistemas de produção agrícola, com excelentes resultados para inúmeras culturas.

A baixa prevalência de aplicação da remineralização de solos, no Brasil, é justificada, entre outros fatores, pela falta de incentivos nas políticas públicas do país para uso de formas alternativas de fertilização, desinformação por parte dos produtores, pesquisas incipientes e falta de crédito para aquisição e transporte de remineralizadores (ASSIS *et al.*, 2013).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) somente estabeleceu regras sobre especificações, registro, embalagem, publicidade e comercialização de remineralizadores para agricultura em março de 2016, pela Instrução de Padronização nº 5, de 10 de março de 2016.

Segundo Ramos *et al.* (2015), o Brasil é um dos maiores fornecedores de alimentos do mundo, e o estudo de remineralizadores como possível fertilizante, em termos de conteúdo e liberação de alimentos, e da economia e viabilidade do mercado é necessário para desenvolver a sustentabilidade, visando garantir a atividade e a produção de alimentos.

Assim, conforme LAPIDO-LOUREIRO e NASCIMENTO (2009), a aplicação do pó de rocha baseia-se na utilização de rochas para fornecer ao solo os nutrientes essenciais às plantas. Com base nisso, essa técnica é considerada uma alternativa, ou complementar, à fertilização mineral de alta solubilidade, tendo sido indicada principalmente para pequenas propriedades, agricultura familiar e até agricultura orgânica.

Segundo Martins e Theodoro (2010), a grande geodiversidade existente no Brasil pode permitir a utilização de diferentes tipos de rochas em diferentes regiões, para atingir padrões de fertilidade compatíveis com as necessidades de suas lavouras e facilitar mecanismos de desenvolvimento regional, dentro dos padrões do ponto de vista ecológico, sustentável e econômico (MARTINS; THEODORO, 2010).

Conforme Barbosa (2011), a utilização do pó de rocha como produto alternativo na fertilização do solo teve como objetivo reduzir os custos de produção das plantas, uma vez que também é considerado eficaz na natureza, contribuindo para o aumento da fertilidade do solo, com o possível aporte de importantes macronutrientes como fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, além de micronutrientes como ferro, manganês, cobre e zinco, para a interface planta/solo.

Theodoro *et al.* (2006) ressaltam que a remineralização também permite a interação entre dois setores econômicos, mineração e agricultura, que, geralmente, não estão relacionados e que são amplamente considerados como agentes responsáveis pela degradação ambiental.

Para Martins *et al.* (2015), os minerais presentes no pó de rocha podem sustentar o fornecimento estável de macro e micronutrientes às plantas de forma constante ao longo do tempo, uma vez que a liberação de nutrientes nas rochas ocorre de forma gradativa, o que reduz as perdas por lixiviação e favorece a liberação de nutrientes para períodos mais longos, tornando-se uma das ferramentas utilizadas para combater os problemas do solo em longo prazo, garantindo níveis de produtividade e fertilidade deste por períodos mais prolongados.

Segundo Van Straaten (2006), a aplicação de pó de rocha pode proporcionar aumento na capacidade de troca catiônica do solo, redução da adsorção de fósforo, devido à riqueza em silicatos, bem como a disponibilidade de macro e micronutrientes, que podem fornecer alguns nutrientes que não estão presentes em fertilizantes solúveis fornecedores de NPK, de liberação lenta em solos ácidos pobres em nutrientes, ressaltando-se que sua aplicação gera menos impacto ambiental.

É importante destacar que, conforme Van Straaten (2006), geralmente são localmente disponíveis, ou seja, alguns deles, como resíduo de pedreiras, minas ou de outras operações industriais de mineração, podem possuir baixo custo e fornecer nutrientes ao solo.

Ainda assim, Van Straaten (2006) destaca que, como desvantagem da rochagem, pode-se citar que alguns materiais apresentam baixas concentrações de nutrientes e baixa solubilidade, características que podem afetar negativamente a eficiência agrônômica das culturas. Esta técnica certamente pode promover o rejuvenescimento do solo, restaurar a diversidade química alterada pela produção agrícola e ser uma estratégia para devolver nutrientes ao solo.

De forma geral, Theodoro *et al.* (2012) ressaltam que a solubilização e a disponibilidade dos nutrientes presentes nas rochas são mais lentas que nos fertilizantes solúveis. Porém, essa aparente fragilidade é compensada com a contribuição de vários elementos por um período mais longo, pois, devido à ação dos elementos em função do desgaste do material, os nutrientes são liberados mais lentamente.

Conforme Harley e Gilkes (2000), a liberação de nutrientes da estrutura mineral para a solução do solo tem implicações diretas no suprimento de nutrientes e no crescimento das plantas. Além disso, a solubilização dos nutrientes presentes nos minerais pode ser alcançada por meio de processos físicos, químicos e biológicos.

De acordo com Cola e Simão (2012), o principal processo envolvido na solubilização dos minerais é a alteração, principalmente devido à ação da água da chuva, que atua sobre os minerais presentes na rocha e os decompõe, dando origem a novos minerais e solutos, liberando, assim, os nutrientes constituintes na estrutura.

Para Silva Filho e Vidor (2001), com a adição do pó de rocha ao solo, a água de decomposição química agirá sobre o material rochoso, decompondo-se lentamente, podendo liberar gradativamente os elementos químicos para as plantas (SILVA FILHO, VIDOR; 2001).

Segundo HARLEY e GILKES (2000), independentemente dos mecanismos de dissolução, a maioria das reações depende do pH, das condições de oxidação e da temperatura. Como os solos agrícolas raramente são muito alcalinos e a dissolução de minerais é mínima em pH quase neutro, a aplicação de rochas de silicato como fertilizante será mais adequada para solos ácidos.

A função do valor do pH na dissolução de minerais, conforme apresenta Ribeiro *et al.* (2010), está relacionada à adsorção de íons H^+ e OH^- na superfície do mineral, com hidrólise controlada por reações ácido-base e ligações oxigênio-metal. As reações de oxidação são importantes quando os cristais contendo Fe (II) ou Mn (II) são oxidados pelo estado sólido ou oxidação superficial, o que altera o balanço de carga local e, conseqüentemente, perturba a estrutura cristalina.

Dentre os processos biológicos de alteração, destaca-se a ação dos microrganismos, que são capazes de solubilizar alguns nutrientes por meio da decomposição de minerais (COLA; SIMÃO, 2012), ocasionando a liberação de alguns nutrientes dos minerais, principalmente pela ação de substâncias orgânicas e ácidos inorgânicos provenientes da atividade biológica (HARLEY; GILKES, 2000).

Segundo Theodoro *et al.* (2006), a granulometria é a que mais influencia na liberação de nutrientes entre os processos físicos, sendo que a redução granulométrica dessas rochas, afinando materiais brutos, facilita a disponibilidade dos elementos existentes em sua constituição, podendo mudar devido ao clima ou, mais rapidamente, à abrasão em argilominerais. Com isso, libera mais rapidamente os nutrientes presentes nos minerais que compõem a rocha, devido à maior área superficial específica obtida com a redução do tamanho das partículas.

Com relação ao uso de remineralizadores de solo na agricultura/hortaliças, estes já são bastante utilizados em produtos com maior difusão, como o calcário ou o pó de basalto, em agricultura orgânica.

2.3 Uso de remineralizadores em plantas e seu potencial para utilização em hortaliças

Para melhor entendimento do processo, nesta seção, serão apresentados os resultados do efeito na produção com o uso de remineralizadores em plantas e em hortaliças em estudos já demonstrados anteriormente.

Em um estudo realizado por RIBEIRO (2018) sobre a caracterização de pós de rochas silicáticas, avaliação da solubilidade em ácidos orgânicos e potencial de liberação de nutrientes como remineralizadores de solos agrícolas, o autor visou à caracterização física, química e mineralógica de pós de rochas silicáticas e à avaliação de diferentes extratores químicos que pudessem estimar o potencial de dissolução de nutrientes de diferentes rochas moídas, como forma de melhor classificá-los quanto à sua qualidade.

As análises indicaram que a olivina melilitito apresentou os maiores conteúdos totais de Ca e Mg, conteúdos expressivos de K e P, além de minerais essenciais e acessórios facilmente intemperizáveis, sendo identificada como o melhor remineralizador multinutriente dentre as rochas estudadas.

Quanto ao potássio, as rochas com maior conteúdo total do elemento, em ordem de importância, foram o fonolito, o granito, o sienito, a olivina melilitito e os basaltos. Entretanto, os pós das rochas olivina melilitito e sienito foram os mais eficientes na liberação do potássio e demais nutrientes para as plantas, resultando em maior conteúdo destes na parte aérea, maior produção de matéria seca e acúmulo dos nutrientes no tecido do feijão e da aveia.

Assim, conforme o estudo apresentado, conclui-se que o pó da rocha fonolito, apesar de possuir o maior conteúdo total de potássio, somente liberou quantidades apreciáveis do elemento no segundo cultivo.

No estudo seguinte, Pádua (2012) realizou um trabalho com o intuito de testar a viabilidade agrônômica da rochagem aplicada em substituição parcial da adubação convencional para os cultivos do girassol e da soja.

Assim, as fontes MAP e KCl foram parcialmente substituídas pelas combinações nas doses de 1.000 kg ha⁻¹ e 5.000 kg ha⁻¹ dos agrominerais fosforito/zinnwaldita, fosforito/anfibolito, fosforito/micaxisto e fosforito/fonolito.

No primeiro cultivo com girassol, na safinha de 2010, houve uma superioridade do tratamento convencional; porém, acompanhada de perto pelos tratamentos fosforito/anfibolito, fosforito/micaxisto e fosforito/fonolito.

Avaliando o efeito residual dos tratamentos sobre a soja na safra 2010/2011, mesmo com produtividades, em geral, baixas, foram observados efeitos positivos das rochas fosforito, anfibolito, micaxisto e fonolito, mostrando-se superiores aos observados nas áreas adubadas apenas com fontes convencionais de nutrientes.

Assim, os tratamentos fosforito/anfibolito, fosforito/micaxisto e fosforito/fonolito mostraram-se eficientes para a produção de girassol e de soja, seguindo uma estratégia de baixo uso de insumos, exibindo efeito residual de P, K e de outros nutrientes.

Em um outro estudo apresentado por Dalcin *et al.* (2018), o uso de pó de rocha como adubo vem sendo estudado para diminuir a dependência do mercado internacional neste segmento. Uma das vantagens é o baixo custo, pois é considerado um subproduto da mineração com pouca utilização na construção civil. O referido trabalho objetivou verificar os efeitos da aplicação de pó de rocha em um Argissolo sobre o crescimento de alface. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com alface crespa, em vasos contendo 8 litros de solo. Os tratamentos testados foram os seguintes: T1 – solo sem adubação; T2 – Adubação Química Recomendada (NPK); T3 – 8 g vaso-1 Pó de rocha + calcário; T4- 16 g vaso-1 Pó de rocha + calcário; T5 – 24 g vaso-1 Pó de rocha + calcário; T6 – 32 g vaso-1 Pó de rocha + calcário. Foram determinados a massa fresca, a massa seca, a altura e o diâmetro do caule e da área foliar.

Figura 1 – Massa Fresca, Massa Seca, Número de Folhas, Área Foliar, Diâmetro de Caule e Altura de Caule de Plantas de Alface Cultivadas em Solo Acrescido de Pó de Rocha, por 42 dias (Média de 5 Repetições)

Tratamento	Massa fresca aérea (g)	Massa Seca aérea (g)	Número de folhas	Área Foliar (cm ²)	Diâmetro caule (mm)	Altura Caule (mm)
Testemunha	3,76b	0,54b	9,2b	92,03b	4,35b	7,42b
NPK	57,62a	0,12a	13,4 ^a	1046,98a	13,26a	14,51a
Pó de rocha 2 ton/ha	4,08b	0,58b	8,8b	108,08b	4,03b	6,77b
Pó de rocha 4 ton/ha	3,40b	0,51b	9,2b	84,9b	4,00b	9,43b
Pó de rocha 6 ton/ha	3,50b	0,54b	9,2b	87,6b	3,91b	8,12b
Pó de rocha 8 ton/ha	3,74 b	0,51b	9,2b	89,56b	3,94b	8,03b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Dalcin *et al.* (2018)

Assim, conforme os resultados obtidos, notou-se comportamento similar entre o tratamento T1- solo sem adubação e os demais tratamentos em que foi

aplicado o pó de rocha. O uso de pó de rocha no período e nas condições testadas não beneficiou o cultivo da alface.

Em estudo apontado por Borges (2019), foi avaliado o rendimento de etanol de batata-doce com diferentes fontes e doses de potássio, visando ao delineamento que teve sua parcela subdividida do tipo Split-plot, composto de 3 cultivares de batata-doce (Duda, Amanda e Beatriz), oito doses de potássio e três repetições. As doses de potássio foram definidas da seguinte forma:

- Test-absolut (1): com adubação convencional recomendada para cultura da batata-doce; uso de adubação convencional associada ao remineralizador (pó de rocha) em doses crescentes KCl+REM (2, 3, 4), onde REM I representa meia dose; REM II - dose; REM III - dobro da dose; aplicação apenas do remineralizador (pó de rocha) em doses crescentes (5, 6, 7), e o uso do KCl e do remineralizador na dose recomendada, sem adição dos demais adubos (8).

Figura 2 – Média de Produtividade em T/ha de Três cultivares de Batata-Doce sob oito níveis de adubação Potássica.

Doses de Potássio	DUDA	AMANDA	BEATRIZ
1. Test-absolut	11,03cA	5,20 bA	16,71 cA
2. KCl + REM I	27,31 aA	18,28 bB	6,56 dC
3. KCl + REM II	19,24bA	1,86cB	3,61 dB
4. KCl + REM III	15,98 bA	4,92 cB	16,71 cA
5. REM I	9,19 cB	27,60aA	26,47 bA
6. REM II	28,11aB	31,57 aB	39,90 aA
7. REM III	28,22aB	20,60 bC	43,73 aA
8. KCl + REM II	12,40 bC	19,83 bB	23,85 bA
Média			

As médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, pertence ao mesmo grupo estatístico, pelo teste Scott e Knott ($p < 0,05$)

Fonte: Borges (2019)

Tais doses são compatíveis às recomendações técnicas para a cultura plantada (batata-doce). Depois de aplicadas as doses de K, foram plantadas as cultivares de batata-doce. Pelos resultados obtidos nas condições experimentais, pôde-se concluir que o uso do remineralizador de solo (biotita-xisto) nas cultivares de batata-doce mostrou efeitos positivos na obtenção de etanol. A utilização do remineralizador influenciou de forma positiva a produtividade das cultivares avaliadas.

O teor de matéria seca e de amido aumentou quando se associou à fonte convencional (KCl) com o remineralizador.

Já Silveira (2016), em outro estudo, utilizou pós de fosforito, basalto e dolomito fosfatado, os quais foram comparados com os fertilizantes solúveis (40N, 30P, 10K) e o Latossolo-controle. O estudo mineralógico indicou que o uso da rochagem adicionou ao solo fluorapatita, vermiculita, montmorilonita, dolomita, anortita, augita e albita. Estes minerais são importantes do ponto de vista agrônomo, pois podem ser, principalmente, fontes de fosfato, cálcio, sódio e magnésio.

De forma geral, o uso dos pós de rocha aumentaram o pH e a saturação por bases de modo bastante rápido, já no primeiro plantio. Além disso, diminuiu a saturação por alumínio, a matéria orgânica e o carbono. Por fim, o uso da rochagem apresenta importante efeito remanescente, sendo as reaplicações menos imperativas que no caso dos fertilizantes solúveis. Nota-se, ainda, menor necessidade do uso da calagem nos canteiros onde se aplicou pós de rocha em comparação àqueles em que se utilizou NPK.

Em um último estudo pesquisado, Araújo *et al.* (2017) verificaram o efeito da utilização de remineralizadores na produção de morangueiro e a dinâmica de nutrientes em área de elevada fertilidade construída, avaliando a influência de matrizes fertilizantes à base de subprodutos de xisto como adubação complementar na cultura do morangueiro.

Figura 3 – Teores Médios de Alguns Nutrientes Observados nas Folhas das Plantas do Experimento de Morangueiro Utilizando Adubação Alternativa nos anos de 2010, 2012 e 2014.

Nutriente	2010	2012	2014
P (%)	0,57	0,47	0,94
K (%)	1,78	2,50	4,05
Ca (%)	1,35	2,59	2,19
Mg (%)	0,49	0,80	0,66

Fonte: Araújo *et al.* (2017)

Os 40 tratamentos utilizados resultaram das combinações de níveis de três fatores: adubação com uma matriz fertilizante (MBR), com dois níveis (MBR 33 e MBR 34), alocado na parcela; dose de adubação com MBR, com quatro níveis (0, 1000, 2000 e 3000 kg_{ha}-1), alocado na subparcela; e cultivar, com cinco níveis (Camarosa,

Camino Real, Festival, Aromas e um nível sem planta), alocado na subparcela. As variáveis analisadas foram produção média por planta (g planta⁻¹) e teores dos nutrientes P, K, Ca, Mg e S no solo e P, K, Ca e Mg nas folhas. A produção obtida no cultivo do morangueiro situou-se em níveis comparáveis ou superiores à média dessa cultura a nível nacional.

Por fim, pode-se concluir que, neste estudo, os diferentes remineralizadores utilizados (MBR33, MBR34 e monzogranito), fontes orgânicas (torta de tungue) e fosfato natural, no geral, não interferiram na produção e no crescimento de plantas de morangueiro em solos com alta fertilidade construída. No entanto, os resultados indicam que o emprego desse tipo de insumo é uma alternativa viável, apresentando produção em níveis comparáveis ou superiores à média dessa cultura a nível nacional, além de vantagem econômica diante da dependência de importação de insumos.

2.4 Fatores que afetam a eficiência do remineralizador

Conforme Resende *et al.* (2006), os minerais são de natureza complexa, pois devem ser definidos métodos analíticos adequados que permitam uma caracterização satisfatória da sua constituição química e da disponibilidade dos elementos presentes, uma vez que as reações das culturas podem estar associadas não só aos nutrientes das rochas de cultivo, mas também a fatores combinados e a efeitos resultantes de sua composição.

Martins *et al.* (2008) sugerem que a avaliação do potencial das rochas é baseada em sua composição geoquímica, para evitar dúvidas sobre os resultados da investigação. Da mesma forma, Nascimento e Lapido-Loureiro (2004) relataram que a mineralogia pode ser usada como um indicador do potencial de solubilidade mineral e da capacidade de liberação de nutrientes, incluindo o potássio (K). Conhecer a composição mineral e até geoquímica das rochas é essencial para escolher quais são fontes maiores de nutrientes.

Assim, Martins *et al.* (2008) consideram que a identificação de novas fontes agrominerais deve passar pela caracterização geoquímica, pela definição dos métodos de processamento e pela avaliação econômica sistemática de remineralização, com potencial de fertilização do solo.

Lapido-Loureiro e Nascimento (2009) defendem que os estudos de viabilidade de remineralização nos solos devem ser feitos em todo o país como um processo natural, ou seja, substituindo macro e micronutrientes utilizando vários tipos de rochas. Para tanto, Nascimento e Lapido-Loureiro (2004) sugeriram a realização de estudos sistemáticos para armazenamento e caracterização de rochas, minas de mineração e escórias da atividade metalúrgica, a fim de identificar possíveis fontes agrominerais.

De acordo com Coroneos, Hinsinger e Gilkes (1996), as limitações que poderiam se converter em impedimentos para o amplo uso da rochagem são a distância da fonte até o destino onde o material seria aplicado e/ou a possibilidade de os rejeitos utilizados possuírem contaminantes - assunto a ser tratado mais adiante. É importante destacar que as rochas brasileiras que apresentam potencial como fontes agrominerais, geralmente, apresentam baixas concentrações de nutrientes, mas ampla distribuição geográfica e abundância.

Assim, segundo Coroneos, Hinsinger e Gilkes (1996), apesar da baixa concentração de nutrientes nos materiais utilizados na formação rochosa, como costuma ser o caso nas rochas brasileiras, a grande diversidade associada à grande extensão de aparecimento dessas rochas aumenta as chances de obtenção de minerais agrícolas que apresentam efeitos positivos quando utilizados como remineralizadores do solo.

Diante dessa situação, no Congresso Brasileiro de Rochagem (2010), o Brasil foi classificado como um país “megageodiverso”. Martins (2010) relacionou a ocorrência de rochas de silicato de potássio com as áreas de produção de cana-de-açúcar e soja, percebendo-se uma grande coincidência entre esses locais de ocorrência.

A proximidade entre a área de origem do mineral agrícola e a área da sua utilização é um pré-requisito importante para garantir sua rentabilidade. É considerado essencial que o local de aplicação dos agrominerais seja próximo ao seu local de origem, de forma a garantir baixo custo.

Dessa forma, Theodoro e Rocha (2005) sugeriram que a distância entre esses pontos não deveria ultrapassar 500 km, para que a técnica fosse economicamente inviável. O modelo de exploração a ser seguido deve ser semelhante ao do calcário, com múltiplos pontos de produção em todo o país, evitando, assim, o intemperismo e também a questão da produção de remineralizadores do solo.

Para melhor compreensão, o intemperismo nada mais é do que a mudança (física ou química) que as rochas e minerais sofrem ao entrar em contato com a superfície terrestre, ao se desagregar e/ou decompor (TOLEDO; OLIVEIRA; MELFI, 2001). Melo, Castilhos e Pinto (2009), de forma genérica, definem que a taxa de intemperismo é influenciada pela natureza do mineral, pelo tamanho das partículas e pelas condições ambientais, afetando diretamente a eficiência da formação rochosa.

Mais especificamente, a atividade do clima é controlada por fatores como clima, relevo, fauna, flora, material, fonte (rocha-mãe) e o tempo que a rocha é exposta aos agentes de intemperismo, segundo Toledo, Oliveira e Melfi (2001).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação aos trabalhos apresentados, pôde-se perceber, em seus resultados, que apresentam liberação importante de nutrientes para a remineralização do solo das hortaliças, tais como potássio, cálcio e magnésio, além de demonstrar que tratamentos fosforito/anfibolito, fosforito/micaxisto e fosforito/fonolito mostraram-se eficientes para a produção de girassol e de soja, seguindo uma estratégia de baixo uso de insumos, apresentando efeito residual de P, K e de outros nutrientes.

É importante destacar que, em alguns estudos, o uso de pó de rocha no período e nas condições testadas não beneficiou o cultivo da alface. Apesar de o resultado não ter sido o esperado, em outros estudos, pôde-se verificar que a utilização do remineralizador influencia de forma positiva a produtividade das cultivares avaliadas.

Para futuros trabalhos, recomenda-se alinhar uma pesquisa de campo para uma melhor avaliação do processo, para aprofundar e verificar, em campo, conforme estudos apresentados neste trabalho, o quanto a remineralização de solos pode auxiliar e melhorar os processos no cultivo de hortaliças.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Ronaldo Conde. **Abrindo o pacote tecnológico: Estado e pesquisa agropecuária no Brasil**. São Paulo: Polis; Brasília: CNPq, 1986, 160p.

AGRA, N. G.; SANTOS, R. F. **Agricultura brasileira: situação atual e perspectivas de desenvolvimento**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

ASSIS, L.B. *et al.* Desafios em soberania e segurança alimentar: a utilização da rochagem como fonte alternativa e sustentável. In: **II Congresso Brasileiro de Rochagem**. 2, 2013, Poços de Caldas (MG), 2013. Resumos. p. 45.

BARBOSA, L. O. **Avaliação da biossolubilização de potássio a partir de agrominerais empregando fungos filamentosos**. 60 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

BATALHA, MÁRIO OTÁVIO. **Gestão Agroindustrial**. 3d. – 6. Reimpressão – São Paul : Atlas, 2012.

CARVALHO, A. M. X. **Rochagem: um novo desafio para o manejo sustentável da fertilidade do solo: Sustentabilidade e inovação no campo**. Minas Gerais, 2013, 234p.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada Departamento de Economia, Administração e Sociologia. **Perspectivas de Mercado de Frutas e Hortaliças. V Simpósio Econômico Hortifruti Brasil de Frutas e Hortaliças**. 2012.

COLA, J, P. A.; SIMÃO, J. B. P. Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. **Revista Verde**. Mossoró – RN, v. 7, n. 4, p. 15-27, 2012.

CORONEOS, C.; HINSINGER, P.; GILKES, R. J. Granite powder as a source of potassium for plants: a glasshouse bioassay comparing two pasture species. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 45, n. 2, p. 143-152, June 1996.

DALCIN, G. **Seleção de microrganismos promotores da disponibilidade de nutrientes contidos em rochas, produtos e rejeitos de mineração**. 2008. 101 p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2020. 306p.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 4 ed. Brasília: Comunicação para transferência de tecnologia. p. 370. 2019.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa em Solos – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Rio de Janeiro, 2016.

HARLEY, A. D.; GILKES, R. J. Factors influencing the release of plant nutrient elements from silicate rock powders: a geochemical overview. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.56, p.11–36, 2000.

KÄMPF, N.; CURI, N. & MARQUES, J.J. Óxidos de alumínio, silício, manganês e titânio. In: MELO, V.F. & ALLEONI, L.R.F., eds. Química e mineralogia do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2009. v.1. p.573-610.

LAPIDO-LOUREIRO, F. E. V. Prefácio. In: LAPIDO-LOUREIRO, F. E.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. (Ed.). **Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: CETEM/Petrobrás, 2009. p. 13-20.

LAPIDO-LOUREIRO, F. E. V.; NASCIMENTO, M. Importância e função dos fertilizantes numa agricultura sustentável e competitiva. IN: LAPIDO-LOUREIRO, F. E.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. (Ed.). **Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: CETEM/Petrobrás, 2009.

LIMA, O. O. **Gestão de riscos na Agricultura Orgânica**. In: 1º Simpósio Internacional em Gestão Ambiental e Saúde, Santo Amaro. 2005.

LOPES-ASSAD, M.L.; ROSA, M.M.; ERLER, G. & CECCATOANTONINI, S.R. **Solubilização de pó-de-rocha por *Aspergillus niger***. Esp. Geogr. 9:1-17, 2006.

MALAVOLTA, E. O Futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agronômicos, econômicos e ambientais. Informações Agronômicas. **International Plant Nutrition Institute**. São Paulo, n. 121:1-10, 2008.

MARTINS, E. S. **Uso potencial de rochas regionais como fontes de nutrientes e condicionador do solo**. Jataí: EMBRAPA Cerrados, 2010. Disponível em: <<http://www.redeaplmineral.org.br/biblioteca/eventos/1b0-seminario-apl-do-sudoeste-goiano/08%20-%20Palestra%20Eder%20Martins.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 20120.

MARTINS, E. S.; THEODORO, S. H. I Congresso Brasileiro de Rochagem, Brasília, DF, **Anais...** EMBRAPA Cerrados Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrado, 2010.

MARTINS, E.S.; OLIVEIRA, C.G.; RESENDE, A.V.; MATOS, M.S.F. Agrominerais - Rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio para a agricultura. IN: LUZ, A. B.; LINS, F. F., eds. **Rochas e Minerais Industriais: usos e especificações**. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008.

MARTINS, V.; SILVA, D. R. G.; MARCHI, G.; LEITE, M. C. A.; MARTINS, E. S.; GONÇALVES, A. S. F.; GUILHERME, L. R. G. Effect of alternative multinutrient sources on soil chemical properties. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 39:194-204, 2015.

MEERT, L. et al. Produtividade e rentabilidade da soja cultivada com fontes alternativas de nutrientes em Guarapuava, PR. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 3371-3374, 2009.

MELO, V. F.; CASTILHOS, R. M. V.; PINTO, L. F. S. Reserva mineral do solo. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Ed.). **Química e mineralogia do solo: conceitos básicos**. Viçosa, MG: SBCS, 2009. v. 1, p. 251-332.

NASCIMENTO, M.; LAPIDO-LOUREIRO, F. E. **Fertilizantes e sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004. 59 p.

PÁDUA, Eduane José de. **Rochagem como adubação complementar para culturas oleaginosas**. Lavras : UFLA, 2012. 91 p.

RESENDE, A. V.; MARTINS, E. S.; OLIVEIRA, C. G.; SENA, M. C.; MACHADO, C. T. T.; KINPARA, D. I.; OLIVEIRA FILHO, E. C. Suprimento de potássio e pesquisa de uso de rochas “in natura” na agricultura brasileira. **Espaço & Geografia**. Vol. 9. Nº 1. 2006.

RIBEIRO, L.S.; SANTOS, A.R.; SOUZA, L.F.S.; SOUZA, J.S. Rochas silicáticas portadoras de potássio como fontes do nutriente para as plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 34:891897, 2010.

RODRIGUES, A.F.S.; FONSECA, D.S.; HIDER, M. **Agrominerais: recursos e reservas**, IN: FERNANDES, F.R.; LUZ, A.B.; CASTILHOS, Z.C. (Eds). Agrominerais para o Brasil. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010, 380p.

SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. Atividade de microrganismos solubilizadores de fosfatos na presença de nitrogênio, ferro, cálcio e potássio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 36, n. 12, 1495-1508 p. 2011.

SÉKULA, C. R. **Rochagem e biofertilizantes como fontes de nutrientes para grandes culturas: efeitos na produtividade e no solo**. Dissertação (mestrado em agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava-PR, 2011.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. V. 78, n. 4, p.721-730, 2006.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H.; ALMEIDA, E. Mecanismos para disponibilização de nutrientes minerais a partir de processos biológicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 1. 2010, Brasília. **Anais...** Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2010.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O.; ROCHA, E. L.; REGO, K. G. **Experiências de uso de rochas silicáticas como fonte de nutrientes.** Rev. Espaço & Geografia, V.9, n. 2, p. 263-292. 2006.

THEODORO, V. C. de A.; ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES, R. J.; MOURÃO JUNIOR, M. **Carbono da biomassa microbiana e micorriza em solo sob mata nativa e agroecossistemas cafeeiros.** Acta Scientiarum: Agronomy Maringá, v. 25, n. 1, p. 147-153. 2012.

THEODORO, S. H.; ROCHA, E. L. Rochagem: equilíbrio do solo e vigor para as plantas. In: CONGRESSO BRASILEIRO E SEMINÁRIO ESTADUAL DE AGROECOLOGIA, 3., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: EPAGRI/UFSC, 2005.

TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B.; MELFI, A. J. Intemperismo e formação do solo. In: TEIXEIRA, A. et al. (Ed.). **Decifrando a terra.** São Paulo: Oficina de Textos, 2001. p. 139-166.

UBIANA, C. S. et al. Biossolubilização de fonolito por microrganismos do solo solubilizadores de potássio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33, 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2011. 1 CD-ROM.

WALLANDER, H.; WICKMAN, T. Biotite and microcline as potassium sources in ectomycorrhizal and non-mycorrhizal *Pinus sylvestris* seedlings. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 9, n. 1, p. 25-32, Feb. 1999.