

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ENGENHARIA AMBIENTAL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Andressa Guimarães

ESTUDO DE CASO DE ROCHAGEM EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO

Uberlândia

2022

Andressa Guimarães

ESTUDO DE CASO DE ROCHAGEM EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental, à Universidade Federal de Uberlândia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Tatiane Pereira Santos Assis

Uberlândia

2022

Andressa Guimarães

ESTUDO DE CASO DE ROCHAGEM EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do grau de Bacharel, à Universidade Federal de Uberlândia, Curso Engenharia Ambiental.

Data: / /

X

Tatiane Pereira Santos Assis
Engenheira Agrônoma
Docente ICIAG UFU

X

Lara Luíza Silva
Geógrafa
Doutoranda UFU

X

Beatriz Hilarino Campos
Engenheira Ambiental

Uberlândia

2022

Resumo

Na técnica de rochagem, diferentes pós de rocha podem ser usados para rejuvenescer solos distróficos e lixiviados. Diversos autores definem esse processo como um tipo de remineralização. Diante deste fato, este trabalho objetivou reunir informações sobre a rochagem e os efeitos dela em diferentes sistemas de uso do solo. Para compreender a real eficácia da técnica, foi feita uma ampla pesquisa e revisão bibliográfica através de artigos científicos e literatura conceituada da área. Dessa forma, a comparação dos estudos comprova a eficiência que os pós de rocha podem causar no solo, tornando-os mais ricos e de maior qualidade.

Palavras-chaves: Solo, rochagem para recuperar o solo, efeitos da rochagem no solo, rochagem como alternativa sustentável.

Abstract

In the rock stone technique, different rock powders can be used to rejuvenate poor, leached soils. Several authors define this process as a type of remineralization. In view of this fact, this work aimed to gather information about stonework and its effects on different land use systems, through the review of several studies already carried out. Thus, the comparison of studies proves the efficiency that rock powders can cause in the soil, making them richer and of higher quality.

Keywords: Soil, stonework to recover soil, effects of stonework on soil, stonework as a sustainable alternative.

Sumário

1. Introdução	6
2. Justificativa	7
3. Objetivos	7
3.1. Objetivo Geral	7
3.2. Objetivos Específicos	8
4. Revisão bibliográfica	8
4.1. Histórico da rochagem	8
4.2. Importância da técnica	9
4.3. Vantagens e desvantagens da prática	10
5. Material e métodos	12
5.1. Localização	12
5.2. Experimentos estudados	13
Primeiro estudo: Uso de pó de rocha como condicionador de solos e fertilizante em culturas de cana-de-açúcar	13
Segundo estudo: Avaliação do uso de pó-de-rocha no desempenho de duas variedades de mandioca de mesa	13
Terceiro estudo: Ação de microorganismos em pó-de-basalto	15
Quarto estudo: Associação da compostagem ao processo de rochagem visando a liberação de potássio	16
6. Resultados e discussão	17
6.1 Resultados do primeiro estudo	17
6.2. Resultados do segundo estudo	19
6.3. Resultados do terceiro estudo	20
6.4. Resultados do quarto estudo	22
7. Considerações finais	25
Referências Bibliográficas	26

1. Introdução

A rochagem é uma excelente alternativa para reduzir o uso dos fertilizantes e produtos químicos, já que por meio dela é possível adicionar nutrientes ao solo pobre e remineralizá-lo e dessa forma, conseguir um solo mais rico e de maior qualidade. Além de tudo, é uma alternativa viável ambientalmente, o que aumenta as vantagens desta prática (DE BRITO et al., 2019).

Essa técnica de remineralização, basicamente, consiste no uso de resíduos de pós de rocha para a fertilização de solos. Ela é vista como uma excelente alternativa para substituir os fertilizantes solúveis. Para que a aplicação seja feita de forma correta, a rocha que será moída deve conter os nutrientes que a planta em questão necessita, como o potássio, cálcio ou magnésio (EDWARD, 2016).

Ao adicionar partículas de rochas, é possível recompor diversos nutrientes do solo, como o cálcio, manganês, ferro, zinco e o cobre. Essas rochas também são denominadas de agrominerais e essa prática de aplicação delas para recuperar solos já é bem conhecida por meio da técnica da calagem, que consiste em aplicar calcário para aumentar o Ph do solo que necessita dessa reação para determinado tipo de plantio (NUNES, 2012).

Uma das maiores fragilidades que o Brasil ainda possui é a dependência de importar insumos químicos para fertilizar cultivos agrônômicos. Atualmente os NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) ainda são considerados indispensáveis para oferecer nutrientes em solos que se tornaram pobres através da lixiviação. O Brasil também é o maior consumidor de fertilizantes químicos do mundo, mas não tem muita participação na produção do mesmo. As fontes de nitrogênio e fósforo vem principalmente da Rússia e o potássio provém, em sua maior quantidade, dos Estados Unidos da América (THEODORO; LEONARDOS, 2011).

O potássio é um nutriente muito comentado dentre os pós de rocha aplicados por meio da rochagem. Ele possui muitas funções metabólicas que ativam e regularizam enzimas, fazem regularização osmóticas e diversas outras utilidades. No Brasil, ele é o segundo nutriente mais usado como fertilizante e a sua principal fonte é o cloreto de potássio. O fósforo é o primeiro nutriente mais usado nos solos brasileiros (GAMA et al., 2020).

O mundo atual, de modo geral, vem sentindo a necessidade de alternativas que se preocupam com o meio ambiente em diversas áreas, inclusive para os produtores rurais. Devido a essa demanda que vem sendo cada dia mais urgente, nos últimos anos, estudos voltados para esse tema vêm sendo aprofundados. A partir dessa preocupação, surgiu o estudo e a prática da técnica de rochagem, que consiste em utilizar pós de rocha para fornecer nutrientes para o solo, principalmente aqueles que foram desnutridos e lixiviados (DE BRITO et al., 2019).

Os fertilizantes químicos e convencionais provocam diversos problemas ambientais, sendo originados principalmente pela baixa absorção dos nutrientes por parte das plantas e consequente

lixiviação e erosão do solo até atingirem águas superficiais e poluírem a água com excesso de nutrientes lixiviados. Este processo causa a “eutrofização”, que acontece quando as águas contêm fósforo e nitrogênio em excesso, produzindo muitas algas e diminuindo a disponibilidade de oxigênio no corpo d’água, que afeta a vida dos organismos vivos que vivem dentro da água (NUNES, 2012).

A adição de pós de rocha para recuperar solos consegue resolver duas problemáticas de uma só vez: o problema da mineralização intensa, que consiste no excesso de dejetos no solo além de também ser uma opção para o uso desenfreado de produtos químicos, como os fertilizantes. Além de outras diversas vantagens que a rochagem pode proporcionar, podemos citar também a facilidade do desempenho dos fungos micorrízicos que essa prática proporciona. Os nutrientes são absorvidos de forma mais eficaz, o que pode gerar uma simbiose para as plantas (DE BRITO et al., 2019). A simbiose consiste na associação entre dois organismos diferentes.

2. Justificativa

O presente trabalho se justifica por se tratar de uma alternativa muito viável ambientalmente, além de ter diversas vantagens para o mundo atual que vem necessitando cada dia mais de escolhas mais conscientes e que prejudiquem menos o meio ambiente. A rochagem se mostra como um excelente recurso para os produtores de agricultura, desde que aplicada da forma correta.

Justamente devido a essa necessidade de manuseio mais preciso para se obter resultados melhores com a prática é que vem a ideia deste trabalho. Agregar ainda mais as possibilidades sustentáveis para contribuir com o mundo mais equilibrado em diversas áreas: econômica, social e ambiental.

3. Objetivos

3.1. Objetivo geral

O presente trabalho objetivou principalmente conhecer as possibilidades e o nível potencial que a prática da rochagem tem para a agricultura hoje em dia. Foram selecionados quatro estudos sobre o assunto, os quais serão abordados no presente trabalho, para que, por meio de cada um deles, respeitando cada caso de forma particular, se possa concluir se a prática de rochagem é de fato eficaz e promissora ou não. O trabalho também objetivou identificar quais as principais funcionalidades que a prática traz. Os quatro trabalhos que foram estudados participaram do II Congresso Brasileiro de Rochagem do ano de 2013.

3.2. Objetivos específicos

- Compreender a real eficácia da rochagem em diferentes casos específicos.
- Entender o efeito da utilização de pós de rocha em culturas de cana-de-açúcar.

- Avaliar o uso da rochagem no cultivo agrônômico de mandiocas de mesa e o seu desempenho.
- Compreender quais elementos são liberados no solo quando ocorre a aplicação da rochagem.
- Avaliar qual é a disponibilidade de nutrientes que ocorre quando a aplicação de rochagem é associada ao processo de compostagem.
- Comparar a diferença entre a eficácia dos fertilizantes solúveis e a da aplicação de técnicas de rochagem no solo.

4. Revisão bibliográfica

4.1. Histórico da rochagem

Desde a época da Grécia antiga, o uso de pós de rocha como fertilizante natural já vem sendo utilizado. Naquela época, já acreditavam que fazer uma camada de pó de calcário sobre o solo era uma forma de adubação, além de também diminuir a acidez do solo. Alguns trabalhos do século XIX sobre a agricultura também resultaram no estudo da rochagem, mais especificamente sobre a forma como o uso de pó de rocha pode potencializar a fertilização do solo (DE BRITO et al., 2019).

Porém, até hoje a técnica ainda não é muito aplicada, e isso se deve à falta de incentivo em políticas públicas ou pela simples falta de conhecimento dos produtores rurais. Outro possível motivo pela pouca utilização da técnica, é a falta de normas e regulamentações oficiais sobre a rochagem, onde devem ser especificadas as possíveis técnicas, limites corretos e fiscalização (DE ASSIS, 2015).

Os Latossolos ocorrem com muita frequência nos solos brasileiros, e eles são caracterizados por apresentarem laterização, que é o processo onde uma camada ferruginosa é aglomerada sobre o solo por meio da lixiviação e do intemperismo. Por conta disso, acontece um intemperismo intenso dos minerais presentes neste solo. A prática de aplicação de pós de rocha, nesse caso, consegue melhorar os elementos químicos do solo por meio de micronutrientes e macronutrientes que são inseridos pelos resíduos de rocha (EDWARD, 2016). O Brasil se beneficia muito ao estudar e aplicar técnicas de rochagem, tanto pelo ponto de vista ambiental quanto pelo econômico e social.

A utilização da técnica só surgiu no Brasil por volta da década de 1950 em Minas Gerais, e após isso, foram estudados e testados diferentes tipos de rochas. Já por volta da década de 1970, os estudos foram mais intensos para encontrar pós de rocha que proporcionam alguns nutrientes específicos, como o potássio por exemplo. Em 2009 aconteceu o I Congresso de Rochagem, o qual fortaleceu ainda mais os estudos sobre o método e suas aplicações. Foram mais de 60 trabalhos apresentados nesse congresso, que aumentou de forma significativa o destaque para o estudo e aplicação desse recurso sustentável (DE BRITO et al., 2019).

4.2. Importância da técnica

Os solos tropicais se tornam pobres devido ao intemperismo, e este fato prejudica o desenvolvimento das plantas. A partir deste problema, surge a necessidade de aplicar fertilizantes ao

solo para que o cultivo de culturas possa ser introduzido com sucesso. Para não submeter a insumos que se perdem facilmente por meio da lixiviação, a rochagem aparece como uma opção muito promissora e que resolve diversas questões a respeito dos efeitos negativos dos fertilizantes químicos convencionais (DE BRITO et al., 2019).

A rochagem e os biofertilizantes se tornaram uma solução muito eficaz para qualquer tipo de solo, especialmente para os casos de solos com pouca fertilidade devido ao intemperismo. Esse tipo de situação em solos é muito comum no solo brasileiro (DE ASSIS et al., 2013). Dessa maneira, a prática é especialmente propícia se aplicada nos solos do Brasil.

A prática quando usada em ambientes naturais exige um tempo maior para que os resultados sejam observados. No entanto, em localidades onde a temperatura e a umidade é mais elevada, o resultado acontece de forma mais rápida, pois ela favorece a ação dos microrganismos do solo que por sua vez aumentam a velocidade dos processos de absorção dos nutrientes no solo (MACHADO, 2010).

A utilização de partículas de rocha como fertilizante proporciona uma solubilidade mais lenta e por isso proporciona resultados em longo prazo, já que as perdas por lixiviação ocorrem de forma demorada, os nutrientes permanecem ativos no solo por mais tempo, pois as taxas de liberação são mais lentas, se comparado aos fertilizantes convencionais, que são muito solúveis e acabam proporcionando resultados no curto prazo (NUNES, 2012).

São diversos os tipos de rocha que podem fornecer nutrientes para o solo em cada tipo de situação e cultivo. (STRAATEN, 2007). Também são vários os nutrientes que essas partículas podem proporcionar, portanto, antes da aplicação da rochagem, é importante estudar qual nutriente aquele solo em específico está carecendo. Veja na tabela a seguir alguns nutrientes que cada tipo de rocha pode proporcionar para o solo:

Tabela 1. Macro e micronutrientes em alguns tipos de rochas

Tipos de rocha	Nutrientes
Rochas ígneas ultramáficas	Cr, Co, Ni, Fe, Mn
Basaltos	Cu, Zn, Mn, Fe, Co, Ni, V
Granitos	Ba, Li, W, Rb, Mo, Cu, Zn, Cl, Si, K,
Carbonatitos	F, Nb, K, P, Mg, Ca
Xisto negro	Cu, Zn, Cd, Se, Ni, Mo, V, Fe, B
Xisto vermelho/arenito	Se, As, Mo, Cu
Rochas ultramáficas	Mg, Ca
Rochas silicáticas alcalinas (sienitos e nefelinasienitos)	K
Gipsita e rejeitos industriais (principalmente fosfogesso)	S, Ca

O basalto é uma rocha fundamental pois é um material que é dos solos e contribui muito para a fertilidade do mesmo, já que é rico em cátions. É uma rocha especialmente importante para a agricultura, pois fabrica uma argila avermelhada que aumenta a capacidade de troca e armazenamento de cátions. Alguns autores afirmam que os solos mais abundantes em nutrientes do mundo vieram de rochas basálticas (WELTER, 2010).

Foi observado uma certa escassez de dados sobre o assunto na literatura científica. Apesar disso, ficou evidente que o processo da rochagem juntamente com a ação da microbiota do solo e a compostagem potencializou a disponibilidade de nutrientes (DE CARVALHO, 2013).

4.3. Vantagens e desvantagens da prática

As vantagens a serem citadas sobre a rochagem são diversas. A fertilização de solos por meio da adição de pós de rocha permite que as plantas tenham uma resistência maior quanto aos estresses bióticos e abióticos, pois o pó de rocha estimula o desenvolvimento das raízes tornando-as mais resistentes. Os nutrientes são liberados aos poucos, e isso permite que não ocorra a perda deles por meio da lixiviação, caso que ocorre com os fertilizantes solúveis. Reduzindo as perdas nutritivas, o resultado a longo prazo para fertilização dos solos também entra em ação. (DE BRITO et al., 2019). Os solos tropicais são predominantes no Brasil, e estes solos, geralmente, são altamente lixiviados e pobres em nutrientes, o que dificulta o crescimento das plantas agrícolas. Sabendo disso, a aplicação de pós de rocha nos solos brasileiros é muito promissora.

Na procura de fertilizantes que tenham baixo custo e que também forneçam macro e micronutrientes, o método da rochagem foi encontrado e mais especificamente a aplicação do pó de basalto se mostrou muito favorável para determinados casos, pois ela contribui para o aumento do PH do substrato. Os pós de rocha de origem vulcânica apresentam excelente fertilidade nos solos quando é aplicada a técnica de rochagem, já que apresentam nutrientes que ajudam no crescimento das plantas (WELTER, 2010).

Outra questão interessante a ser abordada sobre a técnica de rochagem é a sua combinação com microrganismos inoculados ou nativos para conseguir potencializar ainda mais a técnica. Muitos estudos vêm sendo feitos a fim de buscar acelerar o intemperismo dos resíduos de rochas, e a compostagem se destaca nesse processo, além dos vermicompostos e outros meios de produzir biofertilizantes. É importante destacar que foi observado que o aumento da temperatura tem aumentado a dissolução dos minerais, já que também intensifica a ação da microbiota (DE CARVALHO, 2013).

Segundo alguns autores, a aplicação de pó de rocha como fertilizante é até 20 vezes mais baixa do que a aplicação de fertilizantes solúveis de NPK, já que existem muitas regiões no Brasil que tem

rochas disponíveis para remineralizar o solo, além de também ser uma maneira de reciclar o resíduos de pedreiras, que se forem descartadas de forma imprudente, causa impactos ambientais (WELTER, 2010).

O pó de rocha não é dissolvido rapidamente, e é justamente por isso que ele não agride a natureza, pois ele age por meio dos microrganismos e por meio das raízes, de forma natural, por isso o processo acaba sendo um pouco mais lento. (BARROS, 2021). Contudo, é possível inserir estratégias para acelerar esse processo, como a adição de microrganismos inoculados. Já o adubo químico, ele é solúvel e a planta absorve apenas o que ela consegue, o que não for possível absorver acaba sendo lixiviado e causando problemas ambientais.

A prática do uso de pós de rocha em solos ainda possibilita o aumento da capacidade de troca catiônica, além de também fornecer macro e micronutrientes que não são fornecidos pelos fertilizantes químicos convencionais (DE ASSIS et al., 2013).

5. Material e métodos

Foi feita uma ampla pesquisa sobre a rochagem em diferentes casos e situações. Também realizada a leitura de diversos artigos, trabalhos, revistas e estudos, e após a leitura desses materiais, foram selecionados quatro estudos bem conceituados para a abordagem do presente trabalho.

O método adotado se enquadra no modelo de artigo científico de revisão, de acordo com o guia para normalização de publicações técnico científicas, o qual foi utilizado como base de normalização para o trabalho.

Um artigo científico é uma publicação onde é discutido ideias, métodos e processos de diversas áreas (ABNT, 2003). Um artigo científico também objetiva aceitar ou reprovar alguma suposição feita anteriormente em outro estudo. Dessa maneira, ao analisar os quatro estudos escolhidos, o trabalho tem a finalidade de aprovar ou rejeitar a prática do uso de rochagem.

Já a apresentação dos trabalhos foi feita de forma individual para cada caso. Primeiramente foi mostrado um breve resumo do que cada estudo objetivou para logo em seguida apresentar os resultados obtidos em cada trabalho. Após esse compilado de dados, foi feita uma conclusão para aprovar ou rejeitar a eficiência do uso de pós de rocha em solos pobres. Os dados foram comparados de forma a respeitar o caso de cada região, levando em conta o tipo de solo, clima do local e vegetação local.

5.1. Localização

Os locais de realização dos estudos analisados estão delimitados em Alegre-ES, Pedra Bela-SP, Jataí-GO e Planaltina-DF. O estado de São Paulo apresenta em seu território, resumidamente, três tipos distintos de vegetação: o Mangue, nas áreas de litoral, a Mata Atlântica dentro do domínio da Serra do Mar e Florestas Tropicais em outras partes do Estado. Já o estado de Goiás ostenta a beleza singular do Cerrado, cuja vegetação é marcada por árvores e arbustos tortuosos, cascas grossas e raízes profundas.

Em Espírito Santo temos a Mata Atlântica. O Distrito Federal é totalmente ocupado pelo Cerrado também, que é o segundo maior bioma da América do Sul e comporta a nascente das três maiores bacias dessa parte do continente.

Com relação às condições climáticas predominantes em cada estado, o clima predominante no Distrito Federal e no estado de São Paulo é o clima tropical que se caracteriza por apresentar verões quentes e chuvosos e inverno seco e pouco frio. Já em Goiás, além de ser tropical semi-úmido, o que contribui, e muito, para as altas temperaturas, também está ligado às características do Cerrado, local onde a região está localizada. Em Espírito Santo predomina o clima tropical-úmido.

5.2. Experimentos estudados

A seguir são explicados de forma breve do que se trata cada um dos trabalhos estudados e suas respectivas metodologias, para que se possa ter uma noção de cada um deles. Em seguida são apresentados os resultados obtidos nos trabalhos.

Primeiro estudo: Uso de pó de rocha como condicionador de solos e fertilizante em culturas de cana-de-açúcar

O primeiro estudo foi realizado em Jataí-GO e utilizou o pó de rocha micaxisto em culturas de cana-de-açúcar a fim de produzir biocombustíveis (BATISTA et al., 2013). Os biocombustíveis são combustíveis que possuem uma fonte de energia renovável que emite poucos poluentes no meio ambiente.

Atualmente, no Brasil, a atenção voltada para os biocombustíveis vêm aumentando, e este fato decorre principalmente por causa do aumento do preço do petróleo, da baixa emissão de CO₂ e também pela oportunidade de captar recursos internacionais (URQUIAGUA; ALVES; BOODEY, 2005).

Para a realização deste primeiro estudo, foram feitos quatro tipos de tratamentos: finos de mica-xisto (FMX), areia de mica-xisto (AMX), testemunha absoluta (test. A) e testemunha padrão de adubação da empresa (test. B). Para os primeiros três tratamentos foram utilizadas 5 toneladas/hectare, enquanto para o test. B foi usada uma quantidade de 600 kg/ha de NPK na fórmula 10-25-25, 1900 kg/ha de gesso e 5500 kg/ha de calcário. Foram feitas quatro repetições em sistemas de faixa para cada tratamento. A moeda de comercialização da cana-de-açúcar é o ATR/ha (açúcares totais recuperáveis), portanto, os resultados foram emitidos por meio dessa moeda (BATISTA et al., 2013).

O local onde o experimento foi feito é de 12 hectares em um tipo de solo Latossolo Vermelho que foi originado de basalto. Os tratamentos foram realizados de maneira homogênea e ocorreram duas irrigações durante o período experimental. O ensaio foi monitorado semanalmente a fim de acompanhar a evolução do processo.

Segundo estudo: Avaliação do uso de pó-de-rocha no desempenho de duas variedades de mandioca de mesa

No segundo trabalho estudado, foram aplicados pós de rocha em culturas de mandioca de mesa e avaliado os seus efeitos após a aplicação. O estudo foi realizado em Planaltina-DF e foram fornecidas quatro fontes de potássio por meio dos pós de rocha e também uma fonte de fertilizante solúvel convencional. (DE SOUZA et al., 2013) Dessa forma, foi possível comparar as diferenças dos efeitos entre o fertilizante natural e o solúvel.

O estudo foi feito em safras aos redores da Embrapa Cerrados e o solo é classificado como Latossolo Amarelo. O experimento foi feito por meio de blocos ao acaso utilizando três repetições. Cada uma das partes foi feita por cinco linhas com 12 plantas com um espaçamento de 1,20 x 0,80 m. Após a aplicação da experiência, passaram-se doze meses, para então coletar os resultados. Para obter as conclusões foram avaliadas a altura da primeira ramificação em metros (APR), a altura da planta em metros (AP), a produtividade das raízes em kg ha⁻¹ (PR) e a porcentagem de amido nas raízes por meio do método de balança hidrostática (AM) (DE SOUZA et al., 2013).

Foram avaliados dois tipos de mandioca de mesa: a Japonesinha e a Amarela Rio, também foram adicionadas quatro fontes de potássio: as rochas Biotita Xisto, Fonolito e Termopotássio e o fertilizante solúvel KCl, o qual correspondeu ao tratamento convencional completo, conforme pode-se ver na tabela 2 (DE SOUZA et al., 2013).

Tabela 2. Descrição dos tratamentos empregados no trabalho

Variedades		Adubações	
V1	Japonesinha	A1	Biotita Xisto
V2	Amarela Rio	A2	Fonolito
		A3	Termopotássio
		A4	Convencional

Fonte: DE SOUZA et al. (2013)

Foram adicionados 80 kg/ha de k₂o nos tratamentos que foi utilizada a rochagem. Foi feita a adubação constante de P com a adição de 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em todos os tratamentos. Na figura 1 pode-se ver os adubos aplicados na linha de plantio (DE SOUZA et al., 2013).

Figura 1. Implantação do experimento. (a) aplicação das rochas teste; (b) aplicação de KCl



Fonte: DE SOUZA et al. (2013)

Terceiro estudo: Ação de microorganismos em pó-de-basalto

O terceiro trabalho foi realizado em Pedra Bela-SP e observou a ação dos microrganismos após a aplicação da rochagem, incluindo quais elementos foram liberados após a prática. Os microrganismos examinados incluíram os inoculados e os nativos. O pó de rocha aplicado durante o experimento foi o basalto, que é uma rocha ígnea e a sua granulação é fina (DA SILVA; DE AZEVEDO; FILHO, 2013).

O basalto também é rico em alguns minerais como o piroxênio, olivina e plagioclásios. É uma rocha que possui pouca resistência ao intemperismo químico e é uma boa fonte de cálcio, magnésio e outros nutrientes para o solo. É também muito usada nas construções no Brasil, principalmente para produção das britas, onde a rocha é triturada em granulações mais finas (DA SILVA; DE AZEVEDO; FILHO, 2013).

O estudo em questão foi realizado em um sistema controlado, em recipientes plásticos isolados. Foram feitos seis tipos de tratamentos com seis repetições. É importante ressaltar que o pó de basalto também foi aplicado em dose única de 4 t/ha e as unidades dos experimentos têm 60% de capacidade de campo e são lixiviadas a cada 30 dias. O material lixiviado é posteriormente coletado e alguns elementos são determinados (DA SILVA; DE AZEVEDO; FILHO, 2013).

O solo coletado foi o Argissolo Vermelho-Amarelo, originado do granito e após a coleta das amostras desse solo elas foram secas ao ar durante dois dias, depois foram peneiradas e homogeneizadas para facilitar a conservação e posteriores análises em laboratório. O experimento foi feito em canos de PVC de 5 polegadas com uma das extremidades fechadas. O lado fechado foi perfurado e também foi adicionado gaze e papel de filtro dentro dessas estruturas para que as soluções lixiviadas pudessem sair. Essas soluções ocorrem devido a pressão negativa que o vácuo gera. Resumidamente, os tratamentos foram:

- 1) Solo com microrganismos nativos, adicionado de inóculo de microrganismos, mais pó-de-basalto (SM+);
- 2) Solo esterilizado, mais pó de basalto (SE+);

- 3) Solo com microrganismos nativos, mais pó de basalto (SO+);
- 4) Idem tratamento 1) menos pó-de-basalto (SM-);
- 5) Idem tratamento 2) menos pó-de-basalto (SE-);
- 6) Idem tratamento 3) menos pó-de-basalto (SO-).

Figura 2. SM = Solo com microrganismos nativos + microrganismo inoculado (Bokashi Korin); SE = Solo + esterilização; SO = solo com microrganismos nativos; - = sem pó-de-basalto; + = com pó-de-basalto (4t/ha)

SM+1	SE+1	SO+1	SM-1	SE-1	SO-1
SM+2	SE+2	SO+2	SM-2	SE-2	SO-2
SM+3	SE+3	SO+3	SM-3	SE-3	SO-3
SM+4	SE+4	SO+4	SM-4	SE-4	SO-4
SM+5	SE+5	SO+5	SM-5	SE-5	SO-5
SM+6	SE+6	SO+6	SM-6	SE-6	SO-6

Fonte: DA SILVA; DE AZEVEDO; FILHO (2013)

Foi adicionada água destilada a cada 30 dias, quando ocorreu lixiviação, a fim de alcançar a capacidade de campo. Também foi aplicada uma pressão de 0,38 atm, aproximadamente, por meio de uma bomba de vácuo. A solução foi coletada em um balão kitasato por volta de 1 minuto. Os volumes lixiviados foram etiquetados e guardados na geladeira para análise. Foi investigado os elementos K, Mg, Ca, Fe e Zn (DA SILVA; DE AZEVEDO; FILHO, 2013).

Quarto estudo: Associação da compostagem ao processo de rochagem visando a liberação de potássio

O quarto estudo foi feito em Alegre-ES e avaliou a combinação de compostagem com a aplicação de pós de rocha e a liberação de potássio por meio dessa técnica. O trabalho foi feito por meio de ensaios em casa de vegetação e foi usado três tipos de resíduos orgânicos: esterco bovino, vermicomposto e material vegetal oriundos de capim colônia picado (RIBEIRO et al., 2013).

Todos esses materiais foram coletados na Universidade Federal de Espírito Santo (UFES) em Alegre-ES. As análises das rochas foram feitas no Laboratório de Química e Física do Solo da UFES no Centro de Ciências Agrárias. Já os materiais orgânicos foram analisados em outro local, no Laboratório de Matéria Orgânica e Resíduos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (RIBEIRO et al., 2013).

A compostagem consiste em diversas técnicas para controlar o material orgânico e a sua decomposição anaeróbica. Durante essa decomposição ocorre a liberação de gás carbônico e água. A compostagem, por sua vez, produz o composto, o qual é um material mais estável, superior e homogêneo. O composto pode ser mais enriquecido por meio da adição de minerais, além de passar pelo processo de vermicompostagem (RIBEIRO et al., 2013).

Foram feitos dois tipos de experimentos: de compostagem e com planta (Pinhão manso). Para o experimento de compostagem, foi feito um diagrama fatorial de 2x3x4. Funcionou da seguinte maneira: foram aplicados dois tipos de rochas (denominadas de RI e R2), os três materiais orgânicos citados anteriormente (esterco, vermicomposto e material vegetal, denominados respectivamente como MO1, MO2 e MO3) e por fim, quatro doses de materiais orgânicos, com 10, 20, 40 e 80 toneladas/hectare (RIBEIRO et al., 2013).

Já no experimento com o Pinhão, foram feitos 24 tratamentos em casa de vegetação com três repetições e foram utilizados os produtos de compostagem do experimento anterior. Foram feitas amostras de 4 decímetros cúbicos (dm³) de terra fina seca ao ar (TFSA). As amostras foram bem homogeneizadas em sacos de plástico, foram adicionadas 40 toneladas/hectare dos produtos da compostagem e foram plantadas 3 sementes do pinhão (RIBEIRO et al., 2013).

Depois que ocorreu a germinação, duas das sementes foram retiradas e foi mantida apenas uma semente em cada um dos vasos. Foi um total de 72 unidades de experimento. Esse experimento durou 90 dias depois que foi plantado e depois as plantas foram coletadas, seccionadas e acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa. Dessa forma, foi possível medir o peso da matéria seca (MS), a produção de matéria seca aérea (a folha e o caule) e a quantidade de nutrientes que foram absorvidos pela planta (RIBEIRO et al., 2013).

6. Resultados e discussão

6.1 Resultados do primeiro estudo

Quanto aos resultados obtidos relativos a esse estudo, foram encontradas diferenças entre o tratamento FMX e a testemunha padrão. A adição dos pós de rocha proporcionou um aumento do período vegetativo e o enchimento dos caules (colmos). Este fato ocorreu pois o florescimento foi atrasado, o que possibilitou mais produtividade da cana-de-açúcar (BATISTA et al., 2013).

Quando ocorre o florescimento, a planta consome o açúcar por meio da respiração, ocorrendo o chocamento da cana-de-açúcar, já quando o florescimento é atrasado, a planta consegue armazenar a sacarose dentro dos colmos (BATISTA et al., 2013). Sabendo disso, a aplicação da rochagem favoreceu esse armazenamento da sacarose e conseqüente maior produtividade da cana-de-açúcar, podendo concluir que a prática foi muito benéfica nesta situação.

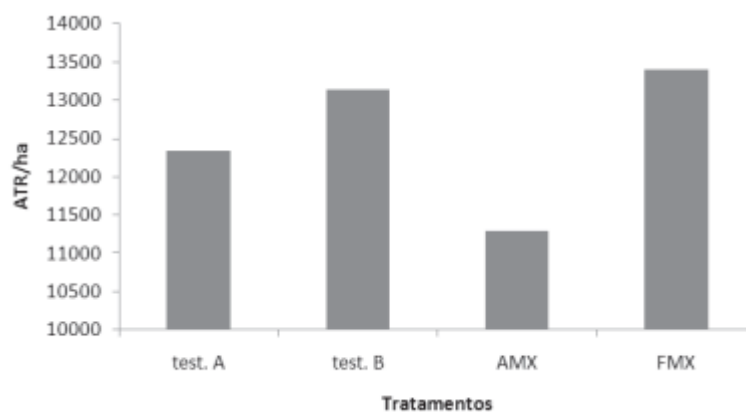
Figura 2. Tratamento com mica xisto filler à direita e testemunha padrão à esquerda.



Fonte: BATISTA et al. (2013)

Os resultados também mostram que o FMX obteve efeitos melhor comparados aos outros tratamentos. O FMX obteve 13.409 açúcares totais recuperáveis/hectare, a testemunha padrão obteve 13155 açúcares totais recuperáveis/hectare e a testemunha absoluta obteve 12.346 açúcares totais recuperáveis/hectare conforme é mostrado na figura 3 a seguir (BATISTA et al., 2013).

Figura 3. Produtividade (ATR/ha) de cana-de-açúcar em função dos tratamentos



Fonte: BATISTA et al. (2013)

Já o tratamento com AMX obteve 11.293 açúcares totais recuperáveis/hectare, valor muito abaixo dos outros tratamentos, possivelmente, este fato decorre da granulometria da areia, a qual diminui a absorção dos nutrientes. Mesmo assim, é possível que os valores nesse tratamento se tornem cada vez melhores, já que são acumulados resíduos constantemente (BATISTA et al., 2013). Resumidamente, a aplicação de pós de rocha proporciona não só um aumento na produtividade da cana-de-açúcar, como também um aumento nos ganhos econômicos.

A aplicação da rochagem favoreceu o armazenamento da sacarose no primeiro estudo, contribuindo para maior produtividade da cana-de-açúcar. Ao observar esse resultado, fica claro que os

pós de rocha têm um potencial muito grande para recuperar e nutrir o solo, além de também garantir maior ganho econômico. Analisando este fato isoladamente, a rochagem é aprovada.

6.2. Resultados do segundo estudo

Os resultados desse estudo mostram que a produtividade das raízes aumentou com a variedade Japonesinha quando foi aplicada a rochagem com as rochas do estudo. O tratamento convencional também obteve resultados inferiores aos que foram aplicados adubação com pós de rocha, evidenciando que a técnica tem efeitos positivos. A variedade Japonesinha obteve um ganho de 5000 kg ha⁻¹ com a adubação de rochagem quando comparada com os outros tratamentos (DE SOUZA et al., 2013) Pode-se observar todos esses resultados por meio das tabelas 2 e 3.

Quando fala-se sobre a altura das plantas, não houveram variações entre os tratamentos, apenas variações de estrutura genética, já que para todos os tratamentos a variedade Amarela Rio mostrou uma altura da primeira ramificação e teores de amido maiores do que a Japonesinha (DE SOUZA et al., 2013).

Tabela 3. Análise de variância dos caracteres altura da primeira ramificação em metros (APR), altura da planta em metros (AP), produtividade de raízes em kg ha⁻¹ (PR) e porcentagem de amido nas raízes (AM) determinados em duas cultivares de mandioca de mesa avaliadas sob adubação convencional e com pó de rocha.

Quadrado médio					
Fonte de variação	GL	APR	AP	PR	AM
QM tratamentos	7	0,16	0,18	4577723*	17,93*
QM resíduos	14	0,003	0,009	4958276	0,44
CV (%)		10,90	6,56	12,96	2,53

Fonte: DE SOUZA et al. (2013)

Tabela 4. Comparação de médias dos caracteres altura da primeira ramificação em metros (APR), produtividade de raízes em kg ha⁻¹ (PR) e porcentagem de amido nas raízes (AM), determinados em duas cultivares de mandioca de mesa avaliadas sob adubação convencional e com pó de rocha.

Caracteres			
Acessos	APR	PR	AM

A3V1	0,28 B*	20500 A	24,03 B
A1V1	0,25 B	20320 A	23,85 B
A3V2	0,67 A	14069 B	28,53 A
A2V1	0,22 B	19320 A	23,63 B
A4V1	0,25 B	17458 B	24,30 B
A2V2	0,67 A	15458 B	28,22 B
A4V2	0,63 A	16195 B	28,70 A
A1V2	0,73 A	14174 B	28,58 A
Média geral	0,46	17187	26,23
Amplitude	0,51	6431	5,07

*Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si a 5% de significância pelo teste de separação de médias de Scott-Knott

Diferença entre a maior e a menor média

Fonte: DE SOUZA et al. (2013)

Com relação às duas variedades de mandioca de mesa, a adubação feita com os pó de rocha gerou efeitos muito positivos na variedade Japonesinha, aumentando a produtividade de suas raízes. Este fato contribui para que mais estudos sobre os efeitos da rochagem na produtividade de raízes de mandioca de mesa sejam feitos. Sabendo desses fatos, a aplicação da rochagem também é aprovada nesse caso.

6.3. Resultados do terceiro estudo

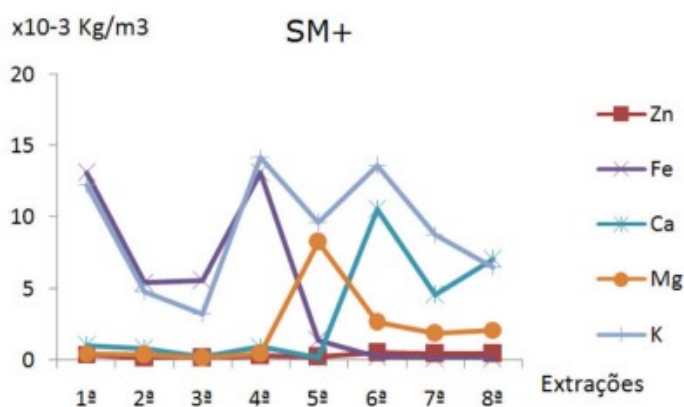
As imagens apresentadas abaixo mostram como os tratamentos de SM e SO liberaram os elementos, tanto com e sem a adição de basalto. A numeração de 1^a a 8^a se refere a sequência de lixiviação, que é realizada uma por mês. Os gráficos mostram que os tratamentos em que foi utilizado o pó de basalto obtiveram a liberação de muito mais nutrientes (DA SILVA; DE AZEVEDO; FILHO, 2013).

O tratamento SE infelizmente foi comprometido, pois foi contaminado e microrganismos cresceram dentro das unidades de experimento. Os elementos liberados tanto nas amostras de SE quanto de SO foram muito semelhantes. O potássio que foi liberado, muito provavelmente veio das rochas de mica de granito, e mesmo que este seja o material de origem do solo usado, o estímulo da atividade

microbiana aumentou a liberação do potássio ainda mais. (DA SILVA; DE AZEVEDO; FILHO, 2013). Ao analisar os gráficos pode-se ver que os tratamentos que utilizaram o pó de basalto aumentaram muito mais a liberação dos nutrientes analisados (zinco, ferro, cálcio, magnésio e potássio).

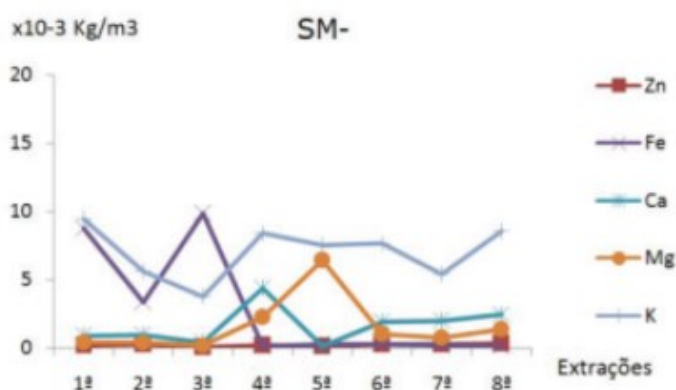
O cálcio e o Ferro que vemos nos resultados, certamente são originados da dissolução de feldspatos cálcicos, piroxênios e anfibólios do pó de basalto que foi aplicado no tratamento. Já o magnésio, provavelmente depende muito mais da presença dos microrganismos para aumentar a sua liberação do que da aplicação do pó de rocha (DA SILVA; DE AZEVEDO; FILHO, 2013) visto que os seus valores se mantiveram baixos mesmo nos tratamentos em que foram aplicadas as técnicas de rochagem.

Figura 4. Solo com inóculo e pó-de-basalto

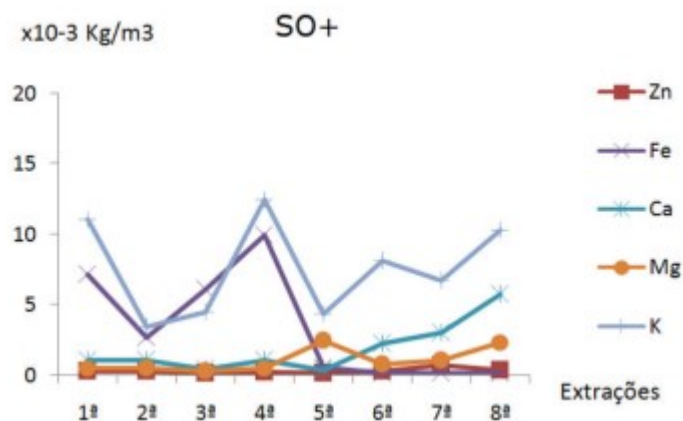


Fonte:(DA SILVA; DE AZEVEDO; FILHO (2013)

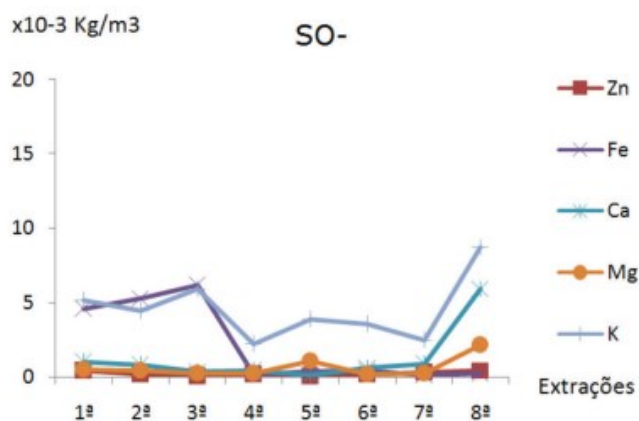
Figura 5. Solo com inóculo e sem pó-de-basalto



Fonte: DA SILVA; DE AZEVEDO; FILHO (2013)

Figura 6. Solo com microbiota endêmica e com pó-de-basalto

Fonte: DA SILVA; DE AZEVEDO; FILHO (2013)

Figura 7. Solo com microbiota endêmica sem pó-de-basalto

Fonte: DA SILVA; DE AZEVEDO; FILHO (2013)

Os microrganismos nativos do solo somados com os inoculados agindo juntamente com a aplicação da rochagem obtiveram resultados muito bons, uma vez que a liberação de nutrientes com essa combinação aumentou muito quando comparada aos tratamentos em que a adição do pó de basalto não foi feita. Dessa forma, nesse caso, a aplicação de rochagem também é aprovada para esse experimento.

6.4. Resultados do quarto estudo

Ao analisar a tabela abaixo, nota-se que os resíduos de rochas ornamentais mostram um PRNT (poder relativo de neutralização total) de 23,84% e 16,72% para os resíduos 1 e 2, respectivamente. O poder de neutralização (PN) é de 26,95% para o resíduo 1 e 24,96% para o resíduo 2 (RIBEIRO et al., 2013).

O poder de neutralização varia muito devido ao tipo e o teor de neutralizantes que contém no corretivo, os quais contém um valor específico para definir a qualidade do corretivo, e isto é denominado de Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT). Ao analisar a tabela 5, nota-se que contém maiores teores de cálcio no resíduo 1 e magnésio no resíduo 2, muito provavelmente este resultado provém da composição mineralógica de cada rocha (RIBEIRO et al., 2013).

Tabela 5. Composição elementar dos resíduos de rochas ornamentais

Resíduos	Composição Elementar			
	CaO	MgO	PN*	PRNT**
	dag.kg-1		(%)	
Resíduo 1	8,96	4,4	26,95	23,84
Resíduo 2	6,72	5,2	24,96	16,72

*PN - Poder de neutralização; **PRNT - Poder relativo de neutralização total

dag = decagrama.

Fonte: RIBEIRO et al. (2013)

Com relação a tabela 6, ela mostra que o esterco bovino (material orgânico 1) e o vermicomposto (material orgânico 2) apresentam concentrações dos nutrientes muito maiores do que o material vegetal (material orgânico 3). Este fato decorre, provavelmente, por serem fontes com teores de matéria orgânica maiores, o que favorece o aumento da atividade microbiana. O esterco bovino (material orgânico 1) tem maiores concentrações de cálcio e magnésio, já o vermicomposto (material orgânico 2) possui mais potássio, fósforo e nitrogênio. Isso ocorre por conta da natureza de cada tipo de material (RIBEIRO et al., 2013).

Tabela 6. Composição química dos compostos orgânicos

Amostra	Umidade		110°C				
	65°C	110°C	Total	MO	Cinzas	C total	
	%						
Mat. Org. 1	10,34	2,95	13,29	63,36	36,64	31,73	
Mat. Org. 2	40,24	3,48	43,72	68,84	31,16	34,91	
Mat. Org. 3	7,38	1,06	8,44	7,00	93,00	2,06	
Amostra	Densidade	PH	Ca	Mg	K	N	P
	mg.cm ³				%		

Mat. Org. 1	0,67	8,86	0,25	0,06	0,46	0,61	0,40
Mat. Org. 2	0,68	6,33	0,19	0,04	0,62	0,77	0,62
Mat. Org. 3	0,29	6,89	0,06	0,02	0,23	0,24	0,13

MO - Matéria orgânica; Mat. Org - material orgânico.

Fonte: RIBEIRO et al. (2013)

Com relação a tabela 7, o efeito da aplicação dos pós de rocha com relação ao cálcio e o magnésio no processo da compostagem foi diferente para todas as coletas feitas. O resíduo 1 apresentou maiores concentrações de cálcio e o resíduo 2 teve mais magnésio em seus resultados, o que faz total sentido, já que na tabela 2 o resíduo 1 apresenta maiores teores de cálcio e o resíduo 2 têm mais magnésio. Os tratamentos apresentaram resultados bem distintos devido à diferença de concentração de cálcio, magnésio e potássio em cada material orgânico aplicado no processo (RIBEIRO et al., 2013).

O material orgânico 3 teve concentrações mais baixas de cálcio, magnésio e potássio, quando comparado aos outros dois materiais orgânicos. Isso ocorreu devido a maior quantidade de nutrientes presentes no esterco bovino e no vermicomposto, além de também possuírem mais carbono total do que o material vegetal. Com o aumento de nutrientes no material usado, a atividade microbiana aumenta, possibilitando que os nutrientes se multipliquem. O cálcio mostrou concentrações muito semelhantes para os materiais orgânicos 1 e 2, portanto, quando o nutriente de maior prioridade for o cálcio, esses dois materiais podem ser utilizados (RIBEIRO et al., 2013).

Tabela 7. Concentração de nutrientes na compostagem x diferentes resíduos aplicados.

Tratamento	Cálcio						
	1ª Col.	2ª Col.	3ª Col.	4ª Col.	5ª Col.	6ª Col.	7ª Col.
	Cmol.dm ⁻³						
Resíduo 1	7,14 a	11,16 a	8,41 a	7,55 a	8,50 a	8,43 a	9,70 a
Resíduo 2	6,23 b	10,44 b	7,20 b	6,48 b	7,50 b	7,09 b	8,19 b
	Magnésio						
	1ª Col.	2ª Col.	3ª Col.	4ª Col.	5ª Col.	6ª Col.	7ª Col.
	Cmol.dm ⁻³						
Resíduo 1	7,83 b	7,53 b	7,80 b	7,70 b	8,09 b	7,96 b	12,50 b

Resíduo 2	10,91 a	10,78 a	10,36 a	10,41 a	11,31 a	10,89 a	16,29 a
Potássio							
	1 ^a Col.	2 ^a Col.	3 ^a Col.	4 ^a Col.	5 ^a Col.	6 ^a Col.	7 ^a Col.
mg.dm ⁻³							
Resíduo 1	2500,66a	2369,58a	2379,66a	2732,58a	2500,66 a	2409,91a	2490,58a
Resíduo 2	2662,00a	2551,08a	2520,83a	2803,16a	2611,58 a	2450,25a	2369,58a

As médias seguidas da mesma letra, na coluna, para cada coleta, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Intervalo de 15 em 15 dias da 1^a a 7^a coleta.

Cmol = centimol de carga do nutriente.

Fonte: RIBEIRO et al. (2013)

Na tabela 7 nota-se que o magnésio foi alterando suas quantidades em todas as coletas quando referimos ao material orgânico 2, além de ter valores superiores aos outros materiais usados. Isso ocorreu, possivelmente, devido aos maiores teores de carbono total e nutrientes que este material orgânico têm, como podemos observar na tabela 5. Já o material orgânico 1 se manteve relativamente constante em todas as coletas com relação à concentração de magnésio (RIBEIRO et al., 2013).

Tabela 8. Concentração de nutrientes na compostagem x diferentes materiais orgânicos

Material Orgânico	Cálcio						
	1 ^a Col.	2 ^a Col.	3 ^a Col.	4 ^a Col.	5 ^a Col.	6 ^a Col.	7 ^a Col.
Cmol.dm ⁻³							
Mat. Org. 1	8,58 a	11,07 b	10,36 a	9,41 a	11,03 a	10,45 a	11,79 a
Mat. Org. 2	8,52 a	16,64 a	9,57 a	8,65 a	9,42 b	9,62 a	10,69 b
Mat. Org. 3	1,96 b	4,69 c	3,49 b	2,99 b	3,56 c	3,22 b	4,36 c

Magnésio							
	1 ^a Col.	2 ^a Col.	3 ^a Col.	4 ^a Col.	5 ^a Col.	6 ^a Col.	7 ^a Col.
Cmol.dm ⁻³							

Mat. Org. 1	5,45 b	5,55 b	6,16 b	6,31 b	7,59 b	6,88 b	10,78 b
Mat. Org. 2	18,49 a	18,21 a	17,65 a	17,50 a	17,59 a	18,43 a	27,23 a
Mat. Org. 3	4,16 b	3,71 b	3,41 c	3,36 c	3,92 c	2,97 c	5,16 c
Potássio							
	1 ^a Col.	2 ^a Col.	3 ^a Col.	4 ^a Col.	5 ^a Col.	6 ^a Col.	7 ^a Col.
	Mg.dm ⁻³						
Mat. Org. 1	5324,00a	4658,50a	4961,00a	5747,50a	5263,50a	5051,75a	4961,00a
Mat. Org. 2	1648,62b	1815,00b	1694,00b	1739,37b	1573,00b	1421,75b	1467,12b
Mat. Org. 3	771,37c	907,50c	695,75c	816,75c	831,87c	816,75c	862,12c

As médias seguidas da mesma letra, na coluna, para cada coleta, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5%. Intervalo de 15 em 15 dias da 1^a a 7^a coleta.

Fonte: RIBEIRO et al. (2013)

De modo geral, houve o aumento dos nutrientes no decorrer das coletas, este fato mostra que a aplicação dos resíduos de rocha, juntamente com a compostagem e a atividade microbiana proporcionam um aumento na disponibilidade de nutrientes por meio da decomposição e da mineralização dos compostos orgânicos com o passar do tempo. Dessa forma, a compostagem juntamente permite uma liberação mais rápida e precisa dos nutrientes presentes nos pós de rocha, (RIBEIRO et al., 2013) provando que a rochagem, quando combinada com a compostagem, obtém um resultado mais eficaz ainda.

A combinação da rochagem juntamente com a compostagem permite uma liberação mais rápida dos nutrientes de cálcio, magnésio e potássio. Portanto, a rochagem, mais uma vez, é aprovada, e nesse caso, se for combinada com a compostagem, ela obtém resultados excelentes.

7. Considerações finais

Os solos são as principais fontes de nutrientes que a população precisa para se alimentar. As vitaminas e minerais que fazem parte da alimentação humana vem das plantas que absorvem esses minerais do solo. Esses nutrientes estão igualmente presentes quando nos alimentamos de animais que se alimentam de plantas que do mesmo modo absorvem os nutrientes do solo. O cálcio, por exemplo, é fundamental para o nosso corpo ter ossos e dentes saudáveis, e as plantas também precisam do cálcio para desenvolver folhas e raízes saudáveis. Além disso, as plantas também usam o cálcio para absorver outros nutrientes do solo.

Quando os solos são usados continuamente para produzir alimentos, alguns nutrientes como o cálcio e o magnésio precisam ser repostos, e é aí que entra a necessidade dos fertilizantes. Hoje em dia, os fertilizantes químicos ainda são muito usados, e eles promovem muitos impactos ambientais negativos para o meio ambiente. Por isso a rochagem é uma excelente alternativa de fertilizante natural e é preciso encontrar maneiras de utilizá-la em larga escala em um curto espaço de tempo, pois ela produz resultados muito benéficos além de não degradar o meio ambiente. Praticamente tudo na nossa dieta vem direta ou indiretamente do solo. Ele é o fundamento básico na agricultura e na produção de alimentos. Portanto, ele não é apenas um componente qualquer, mas sim um dos principais componentes da qualidade de vida. Sabendo disso, quando cuidamos do solo, cuidamos de nós mesmos e do mundo de forma coletiva.

Dessa forma, ao finalizar o presente estudo, conclui-se que os resultados da rochagem são muito benéficos. Eles podem ser acelerados por meio da compostagem e da adição de microrganismos inoculados, sendo, portanto, uma solução para o resultado lento que a rochagem têm quando aplicada sozinha. Em suma, a idéia não é deixar os fertilizantes químicos de lado, e usar somente a rochagem. Mas sim, unir ambos para que os agricultores consigam reduzir os seus custos e proporcionar cultivos de mais qualidade.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6022**: Informação e documentação- Artigo em publicação periódica científica impressa-Apresentação. Rio de Janeiro, 2003. 5 p.

BARROS, M. M.; RIBEIRO, R. C. d. C. Aplicação de resíduos de ardósias como fertilizantes naturais. **X Jornada do Programa de Capacitação Institucional – PCI/CETEM**. 2021. p. 90-96.

BATISTA, N. T. F. et al. Uso de pó de rocha como condicionador de solos e fertilizante em cultura de cana-de-açúcar. In: **II Congresso Brasileiro de Rochagem**. Poços de Caldas, 2013. p. 58.

DA SILVA, L. D.; DE AZEVEDO, A. C.; FILHO, R. A. AÇÃO DE MICROORGANISMOS EM PÓ-DE-BASALTO. In: **II Congresso Brasileiro de Rochagem**. Poços de Caldas, 2013. p. 43.

DE ASSIS, L. B. **Agroecologia sob a visão do direito: estudo do manejo da rochagem como demonstração de que a agroecologia é instrumento de direito à alimentação e de preservação da vida.** Goiânia, 2015. p. 69.

DE ASSIS, L. B. et al. Desafios em soberania e segurança alimentar: a utilização da rochagem como fonte alternativa sustentável. In: **II Congresso Brasileiro de Rochagem.** Poços de Caldas, 2013. p. 125-132.

DE BRITO, R. S. et al. Rochagem na agricultura: importância e vantagens para adubação suplementar. **South American Journal of basic education, technical and technological,** Universidade Federal do Acre, v. 6, n. 1, 2019.

DE CARVALHO, A. M. X. Rochagem: um novo desafio para o manejo sustentável da fertilidade do solo. **SUSTENTABILIDADE E INOVAÇÕES NO CAMPO.** Rio Paranaíba-MG, 2013. p. 117.

DE SOUZA, F. P. et al. Avaliação do uso do pó de rocha no desempenho de duas variedades de mandioca de mesa. In: **II Congresso Brasileiro de Rochagem.** Poços de Caldas, 2013. p. 109.

EDWARD, W. O. O. **Influência do uso de pó de rochas fosfáticas e basálticas na ocorrência de micorrizas arbusculares em solo de cerrado.** 45 f., il. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

GAMA, M. A. P. et al. Especialização em Rochagem e Remineralização dos Solos. **Apostila de Fertilidade do Solo. Módulo III.** Belém-Pará, 2020. p. 14.

MACHADO, R. V. et al. Utilização de resíduos oriundos do corte de rochas ornamentais na correção da acidez e adubação de solos tropicais. **Série Tecnologia Ambiental.** CETEM/MCT. 2010. p. 9.

NUNES, J. M. G. et al. **Caracterização de resíduos e produtos de britagem de rochas basálticas e avaliação da aplicação na rochagem.** 2012, 94 f. Dissertação de Mestrado, Centro Universitário La Salle Unilasalle, Canoas (RS). 2012.

RIBEIRO, R. C. et al. ASSOCIAÇÃO DA COMPOSTAGEM AO PROCESSO DE ROCHAGEM VISANDO A LIBERAÇÃO DE POTÁSSIO. In: **II Congresso Brasileiro de Rochagem.** Poços de Caldas, 2013. p. 51.

URQUIAGUA, S.; ALVES, B. J. R.; BOODEY R. M. Produção de biocombustíveis - a questão do balanço energético. **Revista de Política Agrícola.** v. 14, n. 1, p. 42-46, 2005.

STRAATEN, P. V. **Agrogeology. The use of Rocks for Crops.** Univ. of Guelph, Guelph, Ontario, Canada, 2007. 440 p.

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

WELTER, M. K. **Doses de pó de basalto no desenvolvimento inicial de mudas de fruteiras nativas da Amazônia.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Roraima. Boa Vista, 2010.