

## ROCHAS POTENCIAIS PARA CRIAÇÃO DE PETROFERTILIZANTE COM BASE NA QUANTIFICAÇÃO DE $K_2O$ , $MgO$ , $CaO$ e $SiO_2$ PELO MÉTODO FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X

Jairo Rodrigues de Souza <sup>1</sup>

### RESUMO

A rochagem é uma técnica que emprega a adição de pó de rochas de diferentes tipos para aumentar a fertilidade do solo. Esse método já vem sendo empregada na região Centro-Oeste, mostrando bons resultados como, por exemplo, ascensão da produtividade de soja. Então, esse artigo tem o objetivo de apresentar rochas com potencial para a criação de petrofertilizante com base na quantificação de potássio levantada pelo método de fluorescência de raios-X realizado no laboratório de Análises Químicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte Campus Natal-Central. Para tanto, a metodologia foi subdividida em três etapas: pré-campo, campo e pós-campo. A fase de pré-campo compreenderá a identificação de afloramentos rochosos relevantes com base em pesquisas bibliográficas e cartográficas. A etapa de campo consistiu em mapeamento litológico nas regiões previamente identificadas e coleta de amostras rochosas. A região estudada situa-se no agreste potiguar num raio de 150 quilômetros. Já na fase de pós-campo, foram realizadas as britagens e moagens das amostras capturadas, peneiramento e ensaio químico por fluorescência de raios-X. Assim, foi possível verificar que a média analítica do potássio nas amostras foram de 9%, mostrando ter potencial para rochagem.

**Palavras-chave:** Petrofertilizante, Fluorescência de raios-X, Óxidos, Pó de rocha.

### INTRODUÇÃO

De acordo com Silva (2016), os solos são considerados componentes vitais para os agroecossistemas no qual ocorrem os processos e ciclos de transformações físicas, biológicas e químicas. Porém, os solos brasileiros são carentes de fósforo e potássio. Em 2006, o Brasil importou mais de doze milhões de toneladas de fertilizantes intermediários e matéria-prima. Segundo ANDA (2009), 73% do nitrogênio, 54% do fósforo e 92% do potássio consumidos no Brasil em 2009 foram comprados de outros países.

O termo agrominerais é utilizado para descrever as matérias-primas de origem mineral como, por exemplo, rochas e resíduos de mineração, passíveis de serem utilizados na agropecuária com efeitos benéficos na fertilização, na correção e ou no condicionamento do solo. O uso de rochas moídas com fins de fertilização do solo é conhecido como rochagem. Embora possa parecer uma novidade, já é praticado há vários anos, tendo como exemplos as práticas agrícolas da calagem e a fosfatagem (MEERT et al., 2009).

---

<sup>1</sup> Graduado do Curso de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, jairo.souza@ifrn.edu.br;

Ainda há grande escassez de conhecimentos sobre quais materiais são mais promissores e os métodos que são mais indicados para análises, dosagens, granulometria ideal e formas de se aumentar a solubilidade destes materiais. Luz et al. (2010) publicaram algumas das prioridades para o desenvolvimento do tema agrominerais. Os autores recomendam o mapeamento geológico de rochas com potencial de uso como agrominerais, a caracterização geoquímica e mineralógica das rochas assim como o aproveitamento de rejeitos dos processos de mineração.

Os efeitos da rochagem sobre a fertilidade do solo e nutrição mineral das culturas devem ser avaliados por um período mais longo que nos trabalhos com fertilizantes solúveis convencionais. Como os agrominerais apresentam, em geral, solubilidade mais lenta e maior efeito residual, é preciso um bom planejamento experimental para avaliações a médio/longo prazo para caracterizar adequadamente seus efeitos.

Este trabalho tem como objetivo apresentar as rochas potenciais para a criação de petrofertilizante com base na quantificação de potássio pelo método de fluorescência de raio-X. Ao todo, foram recolhidas três amostras: granito, gnaiss e pegmatito dos municípios de Serrinha, Santo Antônio e Parelhas, ambos no estado do Rio Grande do Norte, respectivamente.

## **METODOLOGIA**

A metodologia foi dividida em três etapas: pré-campo, campo e pós-campo.

### **PRÉ-CAMPO**

#### **Pesquisa bibliográfica e cartográfica**

As pesquisas bibliográficas foram realizadas a fim de ter o máximo de informações possíveis acerca das teorias que foram implementadas neste trabalho. Já a pesquisa cartográfica averiguou as folhas geológicas São José de Mipibu e São José de Campestre com o intuito de fazer a seleção de regiões que contenham as rochas em condições ideais para ser estudada no projeto.

### **CAMPO**

Na etapa de campo, realizaram-se: mapeamento litológico e coleta de amostras rochosas das áreas selecionadas durante a fase de pré-campo (Figura 1).

#### **Mapeamento litológico**

A fim de saber o quadro litológico das áreas selecionadas, efetuou-se o mapeamento litológico. Assim, foram realizados registros fotográficos, coletas de coordenadas geográficas e descrição petrográfica macroscópica.

### **Coleta das amostras rochosas**

Aproximadamente 20 quilos rochas em cada afloramento rochoso foram recolhidos e ensacados em sacolas plásticas resistentes. Nos sacos, foram colocadas etiquetas representativas, contendo o nome da rocha e descrição petrográfica básica.

### **PÓS-CAMPO**

Uma vez retirados todas as amostras necessárias, foram procedidos os ensaios laboratoriais, procedidas ou na Diretoria de Recursos Naturais (DIAREN) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte Campus Natal-Central.

### **Preparação de amostras rochosas**

Uma vez recolhida as amostras rochosas, elas foram cominuidas por processos de britagem e moagem no Laboratório de Ensaio Tecnológicos de Mineração no IFRN CNAT. O tamanho dos fragmentos rochosos foi propositalmente variado, a fim de facilitar a disponibilidade de nutrientes de forma mais eficiente (HARLEY; GILKES, 2000). Posteriormente, o pó da rocha foi peneirado para separar aquele com granulometria de areia fina a argila, facilitando as análises químicas.

### **Fluorêscência de raios-x**

A técnica analítica nuclear de fluorescência de raios-X é usada para a determinação quali-quantitativa da composição química. Este método de rápida aplicação, não destrutivo e de baixo custo apresenta elevado potencial de aplicação em várias áreas, onde há necessidade de correlação entre os elementos essenciais e traços (NASCIMENTO FILHO, 1999). No presente artigo, a técnica utilizada foi por meio do espectrômetro ZSX Primus II por dispersão por comprimento de onda, sendo analisado um total de 22 óxidos e elementos, sendo eles: SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO, SO<sub>3</sub>, Sr, Rb, Ni, Cu, Zn, Zr, Cr, V, Co, Nb e Pb, pois são esses os elementos de maior relevância para a indústria agrícola.

## **DESENVOLVIMENTO**

### **ROCHAGEM COMO OPÇÃO PARA FORNECIMENTO DE NUTRIENTES**

A rochagem é uma técnica de fertilização baseada na adição de pó de determinados tipos de rocha ou minerais com a capacidade de alterar positivamente a fertilidade dos solos sem afetar o equilíbrio do ambiente. Esta técnica é tida como um processo alternativo ou complementar de fertilização e tem sido indicada especialmente para as pequenas propriedades, agricultura familiar e, até mesmo, para agricultura orgânica, conforme Lapido-Loureiro e Nascimento (2009).

A aplicação de agrominerais ao solo caracteriza-se pelos diversos efeitos benéficos proporcionados. Minerais provenientes de rochas ígneas e metamórficas contêm a maior parte dos nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento de plantas superiores. Em geral, dentre os nutrientes fornecidos pelas rochas estão potássio, fósforo, cálcio, magnésio e enxofre, além de alguns micronutrientes, elementos benéficos às plantas, como silício e elementos-traços que também podem ser encontrados (THEODORO; LEONARDOS; ALMEIDA, 2010).

Por outro lado, Leonardos, Theodoro e Assad (2000) relatam que a baixa solubilidade das rochas faz delas um importante componente para a fertilização, principalmente para áreas com problemas de salinidade e locais sujeitos a chuvas frequentes, evitando que os nutrientes sejam rapidamente lixiviados. Para Souza et al. (2010), as aparentes desvantagens das baixas concentrações e solubilidades dos agrominerais podem ser encaradas na verdade como vantagens em condições tropicais. As rochas, ao sofrerem o intemperismo, liberam gradualmente os nutrientes e geram argilas que elevam a CTC do solo. Consequentemente, levam a um enriquecimento dos solos tropicais que, geralmente, se apresentam lixiviados, com baixa fertilidade, baixa CTC (MARTINS, 2010), além de um maior efeito residual.

#### RESPOSTAS À ROCHAGEM

Existem estudos preliminares, como o de Theodoro, Leonardos e Almeida (2010), que trazem resultados da experimentação agrícola e a caracterização geoquímica de agrominerais com potencial de uso na rochagem, como carbonatitos, anfíbolitos, micaxistos, rochas fosfáticas sedimentares, biotita xisto e basaltos, entre outros. Alguns resultados têm até indicado a viabilidade técnica de alguns agrominerais, como as pesquisas de Cortes et al. (2010) e Crusciol (2008), usando o fonolito, ou Paçô e Oliveira (2010), testando uma rocha fosfática de origem sedimentar. Porém, são escassos os estudos mais aprofundados, em condições de campo, realizados por instituições oficiais, para que se confirmem as potencialidades dos agrominerais.

A rochagem também pode atuar na correção da acidez do solo, conforme relatam Priyono e Gilkes (2008) e Theodoro, Leonardos e Almeida (2010). Rochas consideradas básicas, como os basaltos, têm maior efeito alcalinizante, comparadas a rochas ácidas, como os granitos (CAMPBELL, 2009). O fonolito, rocha silicática de origem vulcânica, aplicado ao solo pode gerar aumento no pH de até uma unidade e corroborando este resultado, Moreira et al. (2006) também verificaram o poder alcalinizante das rochas arenito vulcânico, carbonatito e ultramáfica alcalina sobre um Neossolo Quartzarênico sob condições controladas.

Contudo, existem indicativos de outros benefícios da rochagem, como o aumento da retenção de água no solo, principalmente quando os agrominerais estão associados a compostos orgânicos, possibilitando melhor desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, maior resistência das plantas a adversidades climáticas como os veranicos (RESENDE et al., 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo, foram coletadas três amostras rochosas. A primeira delas é um monzogranito com textura porfírica com a seguinte mineralogia básica: quartzo, plagioclásio, k-feldspato e biotita situado no município de Serrinha-RN. A segunda rocha é um biotita ortognaisse migmatítico com a seguinte mineralogia básica: biotita, anfibólio, quartzo, k-feldspato e plagioclásio situado no município de Santo Antônio-RN. Já a terceira é um pegmatito com a seguinte mineralogia básica: k-feldspato, quartzo, plagioclásio, biotita e apatita como traço situado no município de Parelhas-RN.

De acordo com a Folha São José de Mipibú, o granito corresponde a Suíte Intrusiva Itaporanga de afinidade cálcio-alcálica de alto-K com fases intermediárias de mistura magmática. Já o ortognaisse refere-se ao Complexo Serrinha-Pedro Velho com intercalações de anfibólitos. Já o pegmatito corresponde a Formação Seridó associados com os micaxistos (CPRM, 2014).

Ambas as rochas apresentam uma quantidade significativa de micas, as quais auxiliam na retenção de líquidos, assim como de k-feldspato fonte de potássio. Assim, as rochas supracitadas passaram por processos de moagem e, posteriormente, foram peneiradas em jogos de peneiras metálicas. De cada amostra, foram recolhidos uma massa num total de 200 gramas com granulometria do passante na fração areia muito fina a argila a fim de facilitar os estudos químicos posteriores.

Uma vez submetidas as amostras (pó de rochas) ao Laboratório de Análises Químicas do IFRN CNAT, elas foram submetidas a fluorescência de raio-x a fim de saber o quantitativo do  $K_2O$ ,  $MgO$  e  $CaO$  das amostras. De acordo com as análises (Tabela 1), os resultados foram:

Tabela 1 – Resultados em porcentagem dos óxidos nas rochas analisadas

ÓXIDOS	ANÁLISE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X		
	PORCENTAGEM		
	GNAISSE	GRANITO	PEGMATITO
$SiO_2$	57,654%	50,196%	61,541%
$Al_2O_3$	17,323%	14,559%	14,749%
$K_2O^*$	9,441%	4,947%	5,487%
$Fe_2O_3$	8,102%	17,356%	5,247%



<b>CaO*</b>	4,773%	8,943%	7,409%
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,894%	2,694%	0,0%
<b>BaO</b>	0,865%	0,636%	0,821%
<b>ZrO<sub>2</sub></b>	0,440%	0,113%	0,0%
<b>SrO</b>	0,320%	0,158%	0,095%
<b>MgO*</b>	0,127%	0,310%	0,643%
<b>Rb<sub>2</sub>O</b>	0,052%	0,030%	0,102%
<b>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0,011%	0,024%	0,020%
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0,0%	0,0%	3,803%
<b>Ag<sub>2</sub>O</b>	0,0%	0,0%	0,057%

Fonte: Próprio autor (2019).

Com relação à soma de bases, CaO, MgO e K<sub>2</sub>O, deve ser igual ou superior a 9% (nove por cento). Já em relação ao teor de óxido de potássio (K<sub>2</sub>O), deve ser igual ou superior a 1% (um por cento), de acordo com Resende et al. (2006). Para o gnaiss, as porcentagens de CaO, MgO e K<sub>2</sub>O 4,773%, 0,127% e 9,441%, respectivamente, contabilizando 14,341%; para o granito, as porcentagens de CaO, MgO e K<sub>2</sub>O 8,943%, 0,310% e 4,947%, respectivamente, contabilizando 14,20% e para o pegmatito, as porcentagens de CaO, MgO e K<sub>2</sub>O 7,409%, 0,643% e 5,487%, respectivamente, contabilizando 13,539%. Assim, o gnaiss apresenta a maior somatória com relação as porcentagens de óxidos supracitados. Em segundo lugar, vem o micaxisto e, por último, o pegmatito.

Em relação ao SiO<sub>2</sub> livre presente no produto, teor superior a 25% (vinte e cinco por cento), de acordo com Resende et al. (2006). Com relação ao SiO<sub>2</sub> livre presente para gnaiss, micaxisto e pegmatito 57,654%, 50,196% e 61,541%, respectivamente. Então, em todas as amostras os valores de sílica estão em conformidade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados alcançados, é perceptível que os três tipos de rochas são viáveis para a produção de petrofertilizante. Os afloramentos rochosos têm volume e de fácil localização, facilitando toda a parte logística. Com a somatória dos teores de porcentagem dos três óxidos CaO, MgO e K<sub>2</sub>O constata-se que de acordo com a legislação brasileira se enquadram assim como o teor de SiO<sub>2</sub>.

## REFERÊNCIAS

ANDA - ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. Anuário estatístico do setor de fertilizantes 2008. São Paulo, 2009. 160 p.

- CAMPBELL, N. S. The use of rockdust and composted materials as soil fertility amendments. 2009. 402 p. Thesis (Ph.D. in Philosophy) - University of Glasgow, Glasgow, 2009.
- CRUSCIOL, C. A. C. Eficiência de rocha fonolito (F2) como fonte de potássio para as culturas do arroz, feijão, milho e soja: laudo técnico de eficiência e praticabilidade agrônômica. Botucatu, 2008. 30 p.
- CORTES, G. P. et al. Fonolito como substituto do cloreto de potássio e/ou outras fontes de potássio na agricultura e pecuária no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 1., 2010, Brasília. Anais... Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2010. p. 75-83 EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2006. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br>>. Acesso: 24 jan 2019.
- HARLEY A.D.; GILKES R.J. Factors influencing the release of plant nutrient elements from silicate rock powders: A geochemical overview. *Nutr. Cycl. Agroecosyst*, 56:1-36, 2000.
- LAPIDO-LOUREIRO, F. E. V.; NASCIMENTO, M. Importância e função dos fertilizantes numa agricultura sustentável e competitiva. In: LAPIDOLOUREIRO, F. E.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. (Ed.). *Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade*. Rio de Janeiro: CETEM/Petrobrás, 2009. p. 81-132.
- LUZ, A. B. et al. Rochas, minerais e rotas tecnológicas para produção de fertilizantes alternativos. In: FERNANDES, F. R. C.; LUZ, A. B. da; CASTILHOS, Z. C. (Ed.). *Agrominerais para o Brasil*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. p. 61-88.
- NASCIMENTO FILHO, V.F. 1999. Técnicas analíticas nucleares de fluorescência de raios X por dispersão de energia (ED-XRF) e por reflexão total (TXRF). Departamento de Ciências Exatas/ESALQ Lab. de Instrumentação Nuclear/CENA, p. 1 a 19.
- 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 mar. 2019.
- 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.
- MOREIRA, A. et al. Efeito residual de rochas brasileiras como fertilizantes e corretivos da acidez do solo. *Espaço & Geografia*, Brasília, v. 9, n. 2, p. 163- 177, 2006

- NIWAS, J.M.; DISSANAYAKE, C.B.; KEERTHISHINGHE, G. 1987. Rocks as fertilizers: Preliminary studies on potassium availability of some common rocks in Sri Lanka. *App. Geochem*, v. 2, p. 243– 246.
- RESENDE, A. V. et al. Rochas como fontes de potássio e outros nutrientes para culturas anuais. *Espaço & Geografia*, Brasília, v. 9, n. 2, p. 135-161, 2006.
- SOUZA, F. N. S. et al. Potencial de rejeito mineral na produção de grãos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 1., 2010, Brasília. Anais... Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2010. p. 289-295.
- SILVA, A. M. R. C. Análise ambiental do assentamento bela vista do Chibarro (Araraquara-SP): legislação incidente, uso e ocupação do solo e percepção ambiental. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade de Araraquara – UNIARA. Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente.
- PAÇO, I. B.; OLIVEIRA, S. A. Eficiência agrônômica de fosfato de rocha itafós, utilizados isoladamente ou associados ao superfosfato simples no oeste da Bahia, para a cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 1., 2010, Brasília. Anais... Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2010. p. 93-100.
- PRIYONO, J.; GILKES, R. J. High-energy milling improves the effectiveness of silicate rock fertilizers: a glasshouse assessment. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 39, n. 3, p. 358-369, June 2008.
- THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. The use of rocks to improve family agriculture in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, 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. p. 173-181.