

ANÁLISES DE ÓXIDOS PELOS MÉTODOS EDX E EDS DE AMOSTRAS DE PÓ DE ROCHAS ENCONTRADAS NO AGRESTE POTIGUAR E SUAS POSSÍVEIS VANTAGENS COMO AGROMINERAIS

Lucas Vinícius Souza de Carvalho ¹
Semíramis Mesquita Ciríaco da Silva ²
Jairo Rodrigues de Souza ³

RESUMO

As análises químicas por EDS e o EDX são responsáveis por gerar informações sobre a composição química de materiais, informações essas que, quando analisadas, geram dados sobre o teor de óxido existente. A partir dessas técnicas foram analisados pós de rocha, os quais apresentam rentabilidade na técnica da rochagem que tem como objetivo a produção de um composto petrofertilizante, que necessita de altos teores de potássio, magnésio, fósforo, cálcio e outros micronutrientes pois estes são necessários para a nutrição adequada do solo onde as plantas serão inseridas. Então, o objetivo deste trabalho é analisar o teor de óxidos de amostras encontradas no Agreste Potiguar pelos métodos EDX e EDS e assim, suas possíveis vantagens como agrominerais. Para desenvoltura desse projeto foram coletadas amostras rochosas de: monzogranito, augen gnaisse, micaxisto e diorito. As quais foram preparadas e logo após analisadas pelos mecanismos EDS e EDX. Como resultados têm-se a apresentação dos óxidos e elementos químicos constituintes, mostrando teores elevados de elementos necessários para gerar um possível composto petrofertilizante eficaz.

Palavras-chave: EDS, EDX, Teor de óxidos, Petrofertilizante, Agreste Potiguar.

INTRODUÇÃO

O Terreno São José do Campestre é composto por unidades geológicas formadas desde o arqueano até o neoproterozóico. O núcleo arqueano, denominado Maciço São José do Campestre, apresenta evolução tectônica vinculada a distintos eventos de acreção crustal entre o Paleoarqueano e Neoarqueano (ARAUJO, 2012). O maciço São José do Campestre ocupa aproximadamente 6.000 km² sendo formados por fragmentos crustais, originados de forma independente, que foram aglutinados após retrabalhamento durante o Paleoproterozóico (DANTAS et al., 2004). O maciço limita-se a sul e oeste pelas zonas de cisalhamento Remígio-Pocinhos e Picuí-João Câmara, respectivamente, e a norte e leste por sedimentos mezo-cenozóicos das bacias Potiguar e Costeira (NASCIMENTO, 2000).

¹ Aluno do Curso de **Geologia** do Instituto Federal - IF, ifrn2vouconseguir@gmail.com;

² Alunado Curso de **Geologia** do Instituto Federal - IF, semiramisciriaco@gmail.com;

³ Professor orientador: Mestrado. Instituto Federal - IF, jairo.souza@ifrn.edu.br.

Em termos petrológicos, o maciço São José do Campestre corresponde a um grupo de ortognaisses, gnaisses com feições migmatizadas, granulitos, anfíbolitos. Além dos quais, há granitóides de composição granítica e sienogranítica, micaxistos, augen gnaisses, diorito, sequência máfica-ultramáfica acamada e sequência vulcano-sedimentar (ARAUJO, 2012; JARDIM DE SÁ 1994; NASCIMENTO, 2000).

Algumas das rochas do maciço têm propriedades e aplicabilidades para a petrofertilizante. Os minerais provenientes de rochas ígneas e metamórficas como as utilizadas nesse estudo contêm a maior parte dos nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento das plantas. 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 et al., 2010).

Incluir estes agrominerais nas práticas de adubação pode tornar-se uma estratégia para elevar a fertilidade do solo e torná-lo mais produtivo, possibilitando a redução do uso de fertilizantes solúveis convencionais e dos riscos ambientais inerentes ao seu uso, podendo também reduzir os custos de produção no campo.

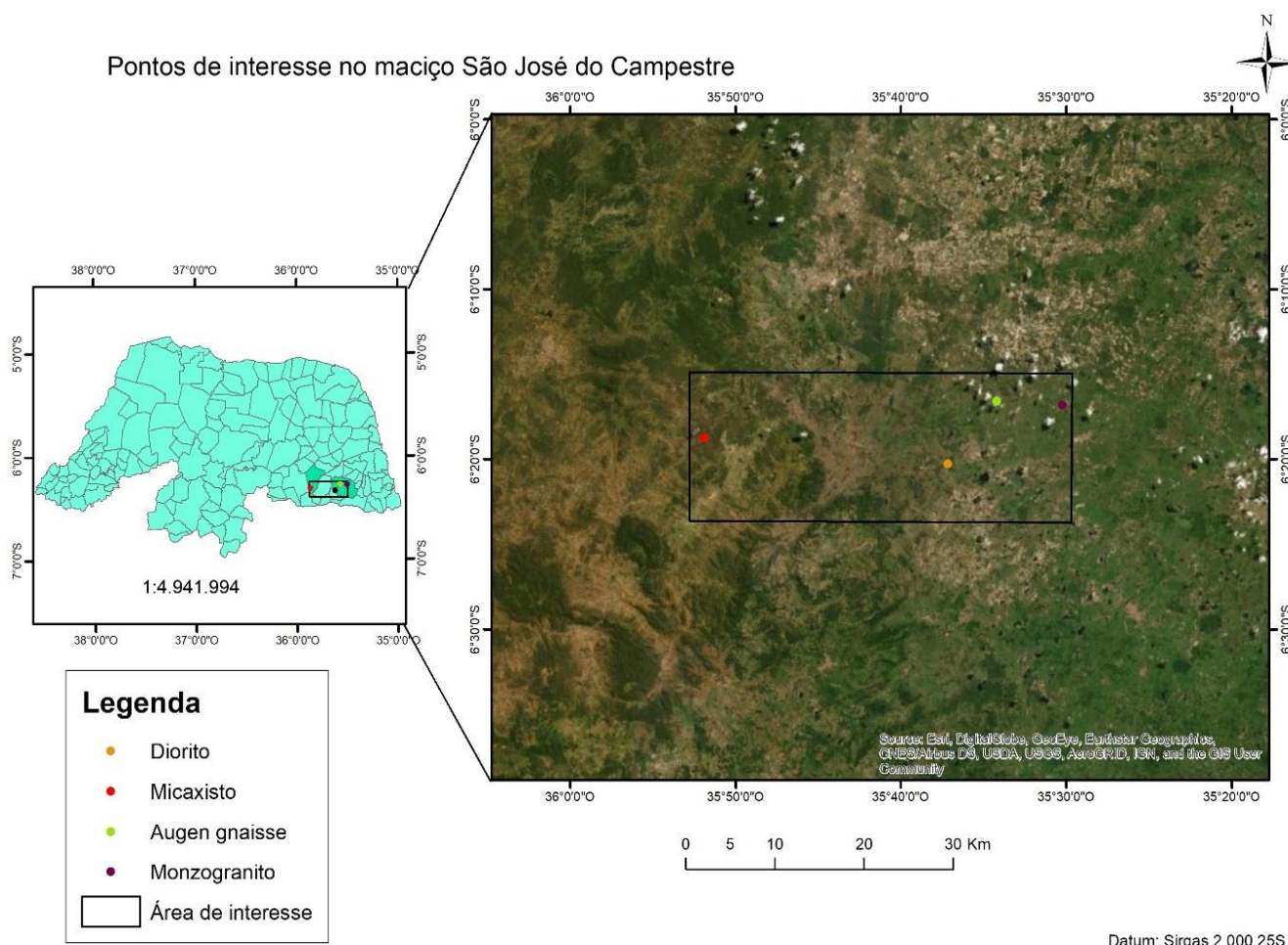
No presente estudo, foi selecionada uma região no agreste potiguar, na qual foram recolhidas amostras de rochas que foram preparadas e levadas para análise química. Foram coletadas quatro amostras, sendo de augen gnaiss, micaxisto, monzogranito e diorito. A partir dessas rochas é possível encontrar óxidos de potássio, silício, cálcio, manganês e zinco. A presença desses óxidos indica que elas são boas fontes de estudo para uma técnica conhecida como rochagem. O uso de rochas moídas como fontes agrominerais para fertilização do solo é conhecido como rochagem e, 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).

Portanto, esse trabalho tem como objetivo geral e analisar os óxidos pelo método EDX e EDS de amostras de pó de rochas encontradas no Agreste Potiguar e suas possíveis vantagens como agrominerais. Procurar-se-á evidenciar a partir da mineralogia que elas são promissoras no ramo da rochagem e, levando isso em consideração, essa caracterização poderá servir para futuros estudos nessa área.

METODOLOGIA

Para esse projeto de pesquisa realizado no IFRN a metodologia foi dividida em etapas: pré-campo, campo e pós-campo. Na fase de pré campo, foi feito: levantamento cartográfico e bibliográfico utilizando o mapas geológicos do Rio Grande do Norte, na escala de 1:1.000.000 e Folha São José de Campestre na escala de 1:100.000 com a intenção de averiguar a litologia das áreas e periódicos, dissertações e teses para embasar teoricamente o trabalho, e *Google Earth* para encontrar rochas de interesse e em boas condições para serem estudadas na pesquisa, definindo assim a área de interesse. Após essa etapa, as coordenadas da área de estudo foram coletadas para que assim pudesse ser feito um estudo geodésico da região. Utilizando o *software* ArcGIS 10.5 e imagens do satélite *Sentinel-2*, foi confeccionado um mapa temático com a região previamente delimitada, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1: Mapa da localização da área de estudo.



Fonte: Dos autores (2019)

Na fase de campo, as regiões previamente selecionadas foram visitadas afim de catalogar e coletar as amostras de rochas com potencial interesse para petrofertilizante. A partir dos dados coletados no pré-campo foi feita uma expedição para o Agreste Potiguar, nos municípios de Serrinha, Santo Antônio e Tangará. Após chegar nos lugares, uma quantidade aproximada de cinco quilos de amostra de cada rocha de interesse foi coletada e mapeada para que possa ser utilizada na fase de pós-campo.

Na fase de pós campo, foi executada a preparação das amostras de rochas recolhidas e logo em seguida foram feitas as análises. As amostras coletadas foram higienizadas com auxílio de escovas para retirar as impurezas aparentes e não contaminar os resultados. Depois da higienização, foi feita a britagem utilizando um pequeno britador de mandíbulas, para que assim os fragmentos tivessem o diâmetro adequado de aproximadamente 10 cm. Utilizando um moinho de bolas, as quatro amostras de rocha foram processadas até se encontrarem em um diâmetro muito pequeno, pó de rocha.

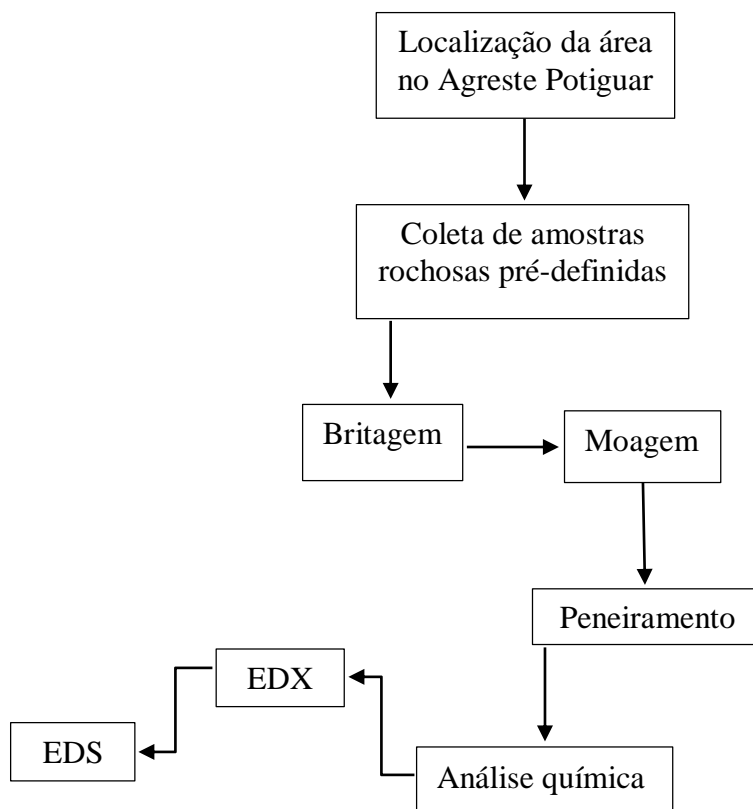
Logo após a culminação das rochas, elas foram dispostas em embalagens e levadas para o peneiramento. Para a execução dessa etapa foram sobrepostas, em ordem decrescente de granulometria, um conjunto de 8 peneiras, apresentando as seguintes granulometrias: 833 μ m(20 mesh), 250 μ m(60 mesh), 180 μ m(80 mesh), 124 μ m(115 mesh), 106 μ m(140mesh), 104 μ m(150 mesh), 75 μ m(200 mesh) e 61 μ m(250 mesh).

O resíduo moído foi posicionado no conjunto de peneiras e foi chacoalhado por aproximadamente três minutos para que o peneiramento tenha o máximo de aproveitamento possível. Depois de todos os pós serem peneirados, eles foram separados, embalados e etiquetados de acordo com sua granulometria. Apenas as granulometrias: 106 μ m, 104 μ m, 76 μ m e 61 μ m. Foram embaladas juntas e levemente homogeneizadas com a utilização de bastões de acrílico, pois esses diâmetros foram levados para a posteriores análises químicas, para a determinação dos elementos presentes.

Após a amostragem ser devidamente preparada, chega a fase das análises químicas propriamente ditas. As amostras foram para análise química em laboratório, utilizando os métodos de espectroscopia por energia dispersiva (EDS) e espectroscopia de energia dispersiva de Raio-X (EDX), para que assim determinemos os óxidos e a composição química seja conhecida.

O fluxograma de atividades metodológicas pode ser melhor assimilado a partir do esquema representado pela figura 2, logo abaixo:

Figura 2: Esquema das atividades elencadas



DESENVOLVIMENTO

A partir do método da Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS) é possível a realização de microanálise, isto é, analisar qualitativa e semiquantitativamente os elementos presentes na amostra (BARBOSA; BERTOLINO, 2010). Quando a microscopia eletrônica de varredura dispõe de EDS, a identificação da composição química dos minerais é imediata, eventualmente complementada pelo conhecimento prévio da amostra (NEUMANN et al., 2004).

A microscopia eletrônica de varredura com espectrometria de energia dispersiva de raio-X (MEV-EDX) é uma forma que possibilita a realização de análise rápida, não destrutiva e multi-elementar do mineral (FALCONE et al., 2006). As análises com a utilização de EDX são rápidas e não necessitam do uso de reagentes e vidrarias especiais, além de não produzirem muitos resíduos. A partir desses dois métodos é possível obter ótimos resultados em análises químicas qualitativas e quantitativas.

Em se tratando majoritariamente de rochas ígneas e metamórficas, os objetos escolhidos para esses estudos contêm grande parte dos nutrientes, em sua composição química, que são necessários para o desenvolvimento saudável das plantas, e a partir disso, pode-se relacionar

os resultados desse estudo com trabalhos sobre rochagem. Essa técnica se baseia em um processo alternativo ou complementar de fertilização, que consiste na adição de pó de rocha para aumentar a fertilidade dos solos, sem afetar o equilíbrio do meio ambiente (MACHADO, 2008). A inclusão de agrominerais nas práticas de adubação pode tornar-se uma estratégia para elevar a fertilidade do solo e torná-lo mais produtivo, possibilitando a redução do uso de fertilizantes solúveis convencionais e dos riscos ambientais inerentes ao seu uso.

Os solos brasileiros são em geral pobres em K e P (PÁDUA, 2012) e, de acordo com Theodoro et al. (2010), a rochagem pode ser sim capaz de suprir essa necessidade por nutrientes. No presente estudo, são alvos de pesquisa rochas que possuem a composição ricas em potássio, que vem a se tornar um elemento essencial nos processos metabólicos das plantas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta as análises quantitativas de óxidos em amostra de micaxisto recolhida no agreste potiguar.

Tabela 1: Análise química quantitativa em amostra de micaxisto

Óxidos	Porcentagens
SiO ₂	50, 176%
Fe ₂ O ₃	17, 356%
Al ₂ O ₃	14, 559%
CaO	8, 943%
K ₂ O	4, 947%
TiO ₂	2, 694%
BaO	0, 636%
MnO	0, 310%
SrO	0, 158%
ZrO ₂	0, 113%
ZnO	0, 035%
Rb ₂ O	0, 030%
Y ₂ O ₃	0, 024%

Fonte: Dos autores (2019)

De acordo com Mendes (2007), além dos elementos orgânicos, existem alguns outros elementos que se tornam essenciais para com o desenvolvimento da planta, dos quais podemos

citar: Cálcio, ferro, potássio, zinco e manganês. Esses elementos encontrados em todas as rochas alvo de estudo são de extrema importância para adubação, ou seja, adição de nutrientes no solo que irão suprir as necessidades das plantas. Nessa rocha também se encontra a presença de silício, que é considerado um elemento útil. Com a intemperização dos minerais que contém o elemento, na solução do solo o ácido monossilícico, isto em pH abaixo de 9,0. O ácido monossilícico sofre adsorção por óxidos de Al e de Fe, admitindo-se que o mecanismo seja semelhante ao que ocorre com o fosfato. Este fato é um efeito benéfico do Si, visto que a sua adição eleva a disponibilidade de P (FAQUIN, 2005).

A tabela 2 demonstra os resultados analíticos quantitativos de óxidos em amostra de diorito recolhida do maciço São José do Campestre.

Tabela 2: Análise química quantitativa em amostra de diorito

Óxidos	Porcentagens
SiO ₂	45,346%
Fe ₂ O ₃	16,656%
Al ₂ O ₃	14,194%
CaO	10,282%
K ₂ O	6,521%
TiO ₂	2,642%
P ₂ O ₅	2,428%
BaO	0,727%
ZrO ₂	0,488%
MnO	0,270%
SrO	0,174%
Tm ₂ O ₃	0,173%
Rb ₂ O	0,050%
Y ₂ O ₃	0,026%
ZnO	0,023%

Fonte: Dos autores (2019).

Entre outros elementos já anteriormente citados como benéficos, nessa amostra de diorito encontra-se uma boa quantidade de cálcio. Segundo Faquin (2005) o cálcio é tido como indispensável para a manutenção da estrutura e o funcionamento normal das membranas celulares. A permeabilidade das membranas a compostos hidrofílicos depende

consideravelmente da concentração de Ca^{2+} e de H^+ no meio. Trabalhos têm mostrado que sob condições de pH menores que 4,5, as membranas tornam-se mais permeáveis favorecendo o efluxo (vazamento) de cátions. O efeito não favorável da acidez sobre a absorção de íons que é contrabalanceado pela presença de concentrações de Ca^{2+} tem sido considerado suficiente para a manutenção da permeabilidade normal das membranas.

Este efeito do cálcio sobre a absorção iônica é chamado de efeito “Viets” que observou que a absorção de outros cátions era estimulado pela presença do Ca^{2+} em baixas concentrações no meio.

A tabela 3 mostra os resultados analíticos quantitativos de óxidos em amostra de augen gnaisse recolhida na região de estudo.

Tabela 3: Análise química quantitativa em amostra de gnaisse migmatítico

Óxidos	Porcentagens
SiO_2	57, 654%
Al_2O_3	17, 323%
K_2O	9, 441%
Fe_2O_3	8, 102%
CaO	4, 773%
TiO_2	0, 894%
BaO	0, 865%
ZrO_2	0, 440%
SrO	0, 320%
MnO	0, 127%
Rb_2O	0, 052%
Y_2O_3	0, 011%

Fonte: Dos autores (2019).

Assim como o micaxisto, a amostra de augen gnaisse tem altos índices de silício, o qual é bom para a absorção do fósforo, que é um elemento essencial para o crescimento da planta. Além de apresentar cálcio que estimula a presença de alguns cátions benéficos para a planta, ela também apresenta substâncias consideradas micro nutrientes como manganês e ferro, igualmente essenciais para as plantas.

A tabela 4 mostra os resultados analíticos quantitativos de óxidos em amostra de monzogranito recolhida na área de interesse.

Tabela 4: Análise química quantitativa em amostra de monzogranito

Óxidos	Porcentagens
SiO ₂	53, 666%
Al ₂ O ₃	15, 652%
Fe ₂ O ₃	10, 363%
CaO	7, 832%
K ₂ O	7, 438%
TiO ₂	1, 754%
P ₂ O ₅	1, 736%
BaO	0, 672%
ZrO ₂	0, 399%
MnO	0, 173%
SrO	0, 161%
Tm ₂ O ₃	0, 071%
Rb ₂ O	0, 031%
ZnO	0, 020%
Y ₂ O ₃	0, 019%
NbO	0, 012%

Fonte: Dos autores (2019).

Devido à presença de pófiros de k-feldspato no monzogranito, ele apresenta uma quantidade boa de potássio. Segundo Mendes (2007), o principal papel do potássio é como ativador enzimático, participando no metabolismo protéico, fotossíntese, transporte de assimilados e potencial hídrico celular. Como principal componente osmótico das células guardas, a transferência de K dentro e fora destas células regula a abertura e o fechamento dos estômatos. Junto com Ca e Mg ele participa da importante função de manutenção do equilíbrio iônico com os ânions. Ativando inúmeras enzimas, sua deficiência conduz a profundas alterações no metabolismo. Em condições de deficiência de K, as plantas normalmente apresentam: Diminuição da dominância apical, internódios mais curtos e clorose seguida de necrose das margens e pontas de folhas mais velhas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos parâmetros avaliados é possível concluir que micaxistos, augne gnaisses, monzogranitos e dioritos encontrados no agreste potiguar, podem ser viáveis para a técnica da

rochagem, além de também concluirmos que o nordeste brasileiro tem bastante a oferecer em relação a criação de petrofertilizantes. Por fim, vale ressaltar que se faz necessário um maior investimento em estudos da rochagem, para que essa técnica se desenvolva, principalmente em encontrar a melhor forma de introduzir os agrominerais nas plantas.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, I. L. Caracterização do arcabouço tectônico do terreno São José do Campestre, província borborema com base em dados de aerogeofísica. Brasília: UnB, 2012.
- NASCIMENTO, M. A. L. Petrologia do magmatismo Tradi-Brasiliano no maciço São José do Campestre (RN/PB), com ênfase no plúton alcalino caxexa. Natal: UFRN, 2000.
- DANTAS E. L., VAN SCHMUS W. R., HACKSPACHER P. C., FETTER A. H., BRITO NEVES B B., CORDANI U., NUTMAN A. P., Williams I. S., 2004. The 3.4-3.5 Ga São José do Campestre Massif, NE Brazil: remnants of the oldest crust in South America. Precambrian Research, v. 2439: 1-25.
- JARDIM DE SÁ E. F., 1994. A faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na cadeia Brasileira/Pan-Africana. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Tese de Doutorado, 804p
- MEERT, L., MICHALOVICZ, L., KÖLLN, O. T., RIBAS, C., ORTOLAN, F. 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.
- 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.
- BARBOSA, M. I. M., BERTOLINO, L. C. Caracterização Mineralógica de minérios. Rio de Janeiro: COPM, 2010.
- NEUMAN, R., SCHENEIDER, C. L., NETO, A. A. Caracterização Tecnológica de Minérios. Rio de Janeiro: CETEM, 2004.
- FALCONE, R., SOMMARIVA, G., VERITÀ, M. WDXRF, EPMA and SEM/EDX Quantitative Chemical Analyses of Small Glass Samples. Microchimica Acta, n. 155, p. 137-140, 2006.
- MACHADO, R. V. Utilização de Rejeitos Oriundos do Corte de Rochas Ornamentais na Correção da Acidez e Adubação de Solos Tropicais. Espírito Santo: UFES, 2008.
- PÁDUA, E. J. Rochagem como adubação complementar para culturas oleaginosas. Minas Gerais: UFLA, 2012.
- MENDES, A. M. S. Introdução a fertilidade do solo. Bahia: UFBA, 2007.
- FAQUIN, V. Nutrição Mineral das plantas. Minas Gerais: UFLA, 2005.