

# VERDETE DA REGIÃO DE CEDRO DE ABAETÉ (MG) COMO FONTE ALTERNATIVA PARA POTÁSSIO

Patricia d'Almeida de TOLEDO Piza <sup>1</sup>, Luiz Carlos BERTOLINO <sup>2</sup>,  
Adriana de Aquino Soeiro da SILVA <sup>2</sup>, João Alves SAMPAIO <sup>2</sup>, Adão Benvindo da LUZ <sup>2</sup>

(1) Bolsista de Iniciação Científica (CNPq), Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (FGEL/UERJ).  
Rua São Francisco Xavier, 524 – Maracanã. CEP 20550-990. Rio de Janeiro, RJ. Endereço eletrônico: pati.toledopiza@gmail.com  
(2) Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, Ministério da Ciência e Tecnologia. Avenida Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária.  
CEP 21941-908. Rio de Janeiro, RJ. Endereços eletrônicos: lcbertolino@cetem.gov.br;  
asoeiro@cetem.gov.br; jsampaio@cetem.gov.br; adaobluz@cetem.gov.br

Introdução  
Verdete do Cedro de Abaeté  
Materiais e Métodos  
Resultados e Discussões  
    Caracterização Mineralógica  
    Classificação Granulométrica  
    Lupa Binocular  
    Difração de Raio X (DRX)  
    Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV)  
    Análise Química  
    Moagem  
Conclusões  
Agradecimentos  
Referências Bibliográficas

**RESUMO** – O potássio é um dos principais nutrientes na agricultura, porém é escasso nos solos brasileiros devido ao clima tropical aqui predominante, o qual propicia ambientes oxidantes e solos de pH ácido. E devido ao grande desenvolvimento no setor do agronegócio, o Brasil demanda de novas fontes de potássio. Uma alternativa atraente ao uso de fertilizantes industriais é a rochagem, a qual apresenta solubilidade mais lenta que os fertilizantes comerciais e baixo custo de beneficiamento, sendo indicada para cultivos à longo prazo. Com o objetivo de avaliar a aplicação de fontes alternativas de potássio, a partir da produção de termpotássio, estão sendo estudadas, no Centro de Tecnologia Mineral – MCT, amostras de verdete da região de Cedro de Abaeté, Minas Gerais. Para o desenvolvimento do estudo foram coletadas 7 amostras, as quais foram descritas por meio do microscópio petrográfico, difração de raios X (DRX), microscópio eletrônico de varredura (MEV) e análises químicas (FRX). A rocha é de coloração verde clara, granulometria fina, matriz argilosa, bandada e constituída essencialmente por glauconita, quartzo e caulinita. A quantidade de K<sub>2</sub>O presente em sua estrutura varia entre 6,09 e 7,33%, concentrando-se em maior quantidade na fração granulométrica inferior a 0,037 mm.

**Palavras-chave:** verdete, fertilizante alternativo, potássio, rochagem, Cedro de Abaeté.

**ABSTRACT** – *P. d'A. de Toledo Piza, L.C. Bertolino, A. de A.S. da Silva, J.A. Sampaio, A.B. da Luz – Verdete of Cedro do Abaeté's region (MG) as an alternative source of potassium.* In the agriculture, potassium is one of the most important elements, however, it is insufficient in the brazilian soils due to the tropical climate that is predominant in Brazil. The tropical climate leads to an oxidant environment and acid pH soils. And as a result of the development of the agrobusiness, Brazil needs new potassium sources. Rochagem is an attractive alternative for the industrial fertilizers, which has slower solubilization than the commercial fertilizers and its treatment is cheaper, being recommended for long term cultivations. With the objective of evaluate potassium alternatives sources application using termpotassium, verdete samples from Cedro de Abaeté region, Minas Gerais, are being studied at Centro de Tecnologia Mineral – MCT. For the development of this study there were collected 7 samples, which were described using petrographic microscope, X ray diffraction (XRD), scanning electron microscope (SEM) and chemical analysis (FRX). Verdete is a greenish and banded rock, which has fine granulometry and clay matrix, and it is composed essentially by glauconite, quartz and kaolinite. The K<sub>2</sub>O percentage in its structure varies from 6.09 to 7.33%, and it concentrates better in size fractions lower than 0.037mm.

**Keywords:** verdete, potassium, alternative fertilizer, rochagem, Cedro de Abaeté.

## INTRODUÇÃO

O clima tropical predominante no Brasil propicia ambientes oxidantes e solos de pH ácido, os quais têm pouca disponibilidade de nutrientes como P, Ca, Mg, K e Mo, e concentração de íons como Zn, Cu, Fe, Mn e Al (Nahass & Severino, 2009). O potássio é o sétimo elemento mais abundante na crosta terrestre, raramente

forma depósitos econômicos e 95% de sua produção mundial é usada para fertilizantes (Straaten, 2007; Nascimento & Loureiro, 2009).

Segundo Nascimento & Loureiro (2009), o potássio, na agricultura, tem como principal função promover a reciclagem dos nutrientes necessários ao

crescimento das plantas. Ele desempenha uma função importante na ativação de enzimas que atuam em diversos processos metabólicos tais como, fotossíntese, síntese de proteínas e carboidratos.

Na natureza, esse elemento é encontrado nas formas mineral, trocável e em solução. Silicatos, como o feldspato potássico, micas, leucita, glauconita e illita, são exemplos de fontes onde o potássio é encontrado na fase mineral, a qual é o foco deste trabalho. No entanto, ele é encontrado em maior concentração em sais, como a silvita, carnalita, kainita e langbeinita. Estes minerais com elevado teor de K podem tornar-se fontes alternativas potenciais para fertilizantes de solubilização lenta (Nascimento & Loureiro, 2009).

Uma alternativa atraente ao uso de fertilizantes industriais é a utilização de pó de rocha, a chamada rochagem. Por ter uma solubilidade mais lenta que os fertilizantes comerciais, o pó de rocha se constitui em fonte de nutrientes para plantas cultivadas durante

longos períodos, promove o aumento da capacidade de troca catiônica dos solos, devido a formação de novos minerais de argila durante o processo de alteração da rocha (Melahmed et al., 2009). O modelo de rochagem constitui uma alternativa viável em termos econômicos e ecológicos devido ao baixo custo de processo de beneficiamento, que envolve apenas moagem das rochas usadas na composição do produto, e devido à liberação gradual de nutrientes que diminui as perdas por lixiviação e favorece uma ação de longo prazo do insumo aplicado.

O estudo tem como objetivo principal a caracterização mineralógica do verdete (ardósia) da região de Cedro de Abaeté – MG, através da descrição petrográfica de lâminas delgadas, difração de raios X, fluorescência de raios X, microscópio eletrônico de varredura, teste de cominuição das amostras e determinação da liberação da glauconita, visando a sua utilização como fonte alternativa de potássio para a agricultura.

## VERDETE DO CEDRO DE ABAETÉ

O estudo refere-se à caracterização do verdete, o qual é constituído por metassedimentos pelíticos, sendo composto por quartzo, feldspato potássico, albita, mica branca, glauconita, dando a cor verde à rocha, clorita e opacos.

A rocha ocorre na Serra da Saudade, na região do município de Cedro de Abaeté (Figura 1), na região do Alto Parnaíba (MG). Geologicamente, encontra-se

no Cráton do São Francisco, no Grupo Bambuí, na Formação Serra da Saudade. A Formação é constituída por folhelhos intercalados com verdetes, em alternância centimétrica a métrica, com alguns níveis de fosforita no topo (Valarelli et al., 1993). A porcentagem de  $K_2O$  varia entre 7 e 14%. Segundo Eichler (1983), o verdete da região do Cedro de Abaeté apresenta cerca de 11,4% de  $K_2O$ .

## MATERIAIS E MÉTODOS

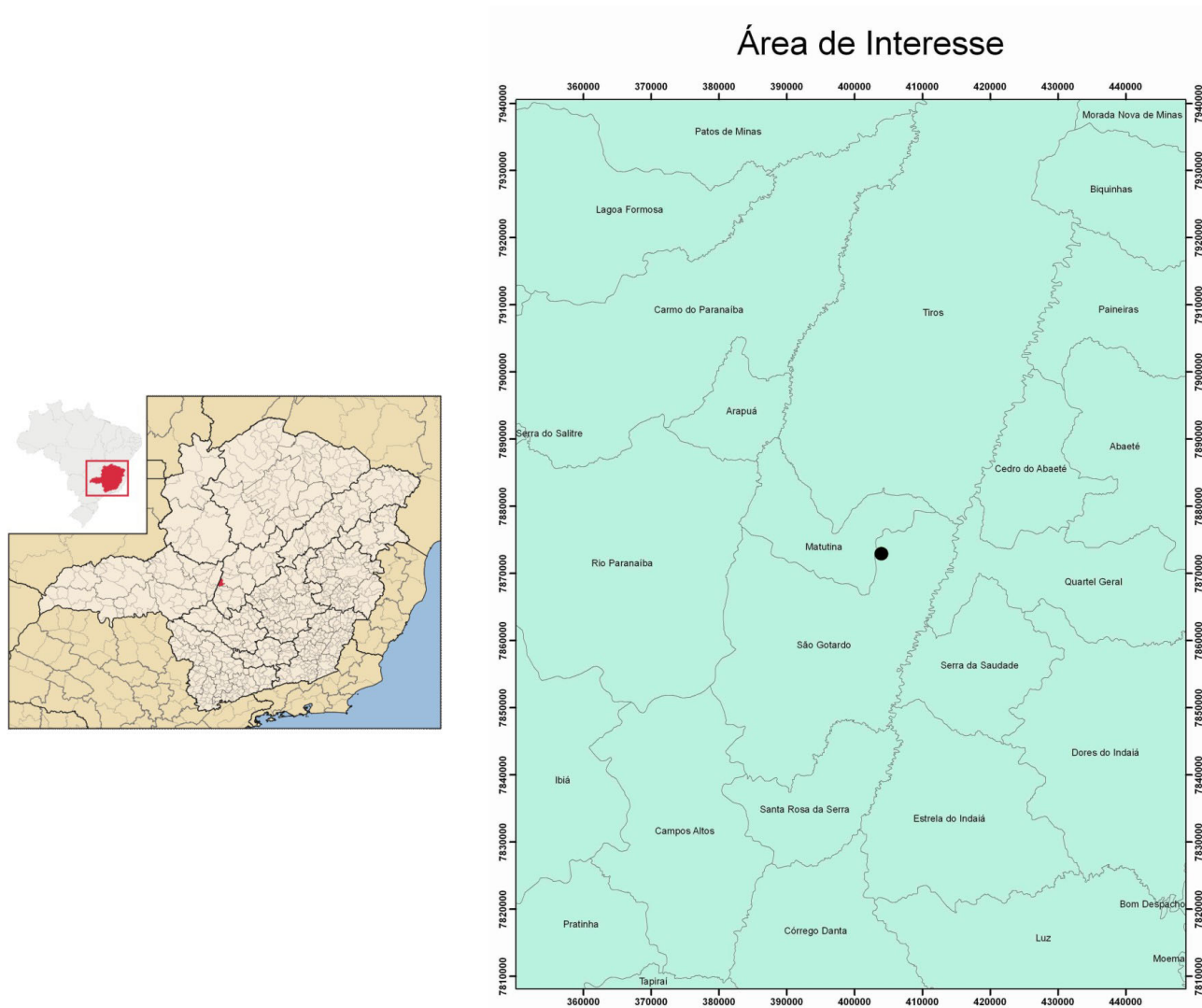
Para o desenvolvimento do estudo foram coletadas 7 amostras de verdete (Figura 2) de diferentes localidades no município de Matutina. As amostras foram preparadas e estudadas nos Laboratórios do Centro de Tecnologia Mineral - CETEM/MCT. Na Figura 3 é apresentado o fluxograma com as principais etapas adotadas no estudo das amostras.

A análise petrográfica deu-se por descrição macro e microscópica, com o auxílio de lâminas delgadas, no equipamento Zeiss Axioskop 40. Para a análise química, as amostras foram cominuídas, homogeneizadas e divididas em dois grupos. No primeiro grupo cada uma das sete amostras foi estudada individualmente através de classificação granulométrica a úmido. Já no segundo grupo foram misturadas, gerando uma amostra composta, que posteriormente foi classificada granulometricamente. Foram realizadas análises químicas de cada fração granulométrica, difração de raios-X e microscopia eletrônica de varredura.

Portanto, as amostras foram caracterizadas por meio da difração de raios X, lupa binocular, microscópio petrográfico de luz refletida, microscópio eletrônico de varredura e análises químicas.

Os difratogramas de raios X das amostras, obtidos pelo método do pó, foram coletados em equipamento Bruker-D4 Endeavor, nas seguintes condições de operação: radiação  $Co K\alpha$  (40 kV/40 mA); velocidade do goniômetro de  $0,02^\circ 2\theta$  por passo com tempo de contagem de 0,5 segundos por passo e coletados de  $4$  a  $80^\circ 2\theta$ , com detector sensível à posição LynxEye. As interpretações qualitativas de espectro foram efetuadas por comparação com padrões contidos no banco de dados do *software* Bruker DiffracPlus.

O teste de moagem do verdete foi realizado utilizando 7 alíquotas da amostra composta, de 1 kg cada. A moagem foi executada à velocidade constante de 70 rpm, sendo empregado o moinho de barras,



**FIGURA 1.** Mapa de localização da região de Cedro de Abaeté, assinalada no mapa do estado de Minas Gerais, e da área de coleta, no limite entre os municípios de Matutina e São Gotardo.



**FIGURA 2.** Afloramento de verdete da região de Matutina (MG).

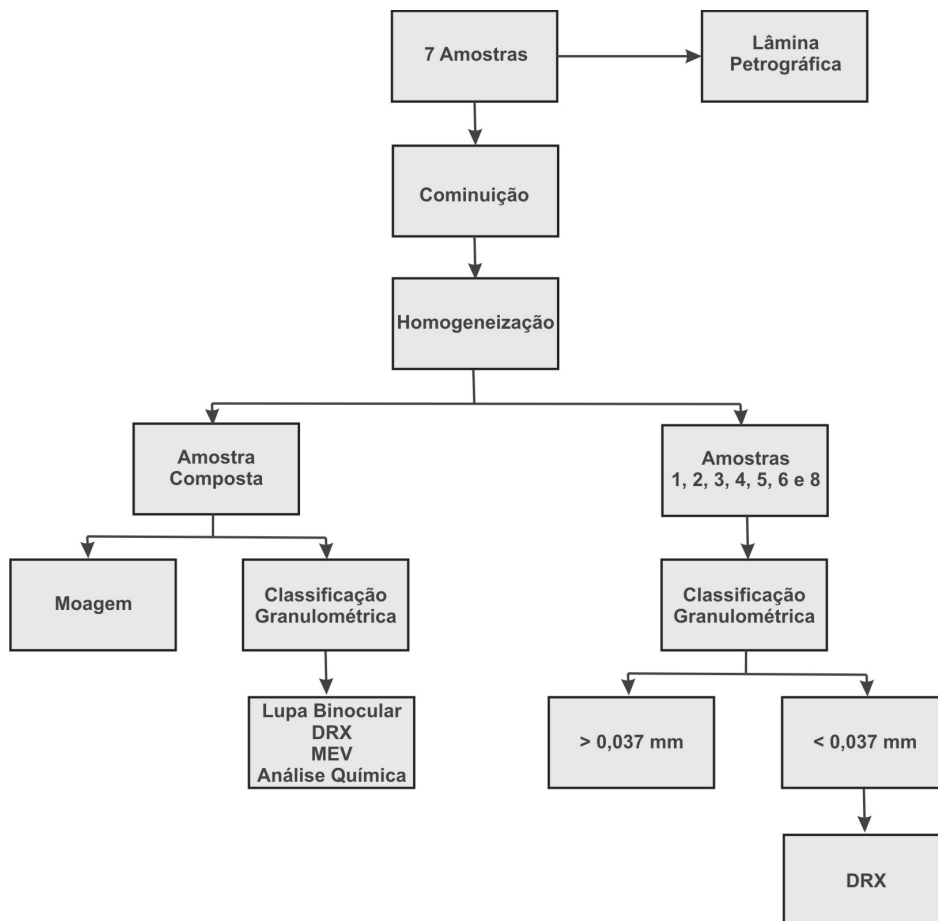


FIGURA 3. Fluxograma analítico adotado no estudo das amostras de verdete.

utilizando 10 barras de aço inoxidável, a úmido, na proporção sólido/líquido 1:1. O tempo de moagem das amostras variou entre 0 e 60 minutos, com intervalos de 10 minutos entre cada uma.

Após a moagem, cada amostra passou pelo peneiramento seco/úmido. Neste processo, cada uma delas foi deslamada, utilizando as peneiras com abertura de 0,595; 0,149 e 0,037 mm. E a fração retida em cada uma delas foi seca em estufa, a 80°C, e peneirada à

seco, empregando peneiras de diferentes aberturas (0,595; 0,420; 0,297; 0,180; 0,149; 0,105; 0,074; 0,053; 0,044 e 0,037 mm). O material retido em cada uma delas foi, então, recolhido e pesado.

A fração inferior a 0,037 mm, obtida no deslaminamento da amostra, e por ventura também no peneiramento a seco, foi filtrada utilizando filtro à vácuo. O material retido no filtro foi seco em estufa a 100°C e pesado.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA

A seguir são apresentadas as descrições das 7 amostras estudadas.

#### Amostra AM-01

A rocha tem coloração verde clara, dada pela glauconita, a qual, em lâmina delgada, forma juntamente com outra argila, de coloração marrom claro, a matriz argilosa muito fina da rocha. Sua estruturação é dada pela intercalação de camadas esbranquiçadas, de até

1 mm de espessura, as quais em seção delgada são constituídas por matriz argilosa, caulinita e quartzo recristalizado, de até 7 mm, e camadas de concentração de matriz. Em ambas as camadas há presença de micas, como biotita, clorita e, principalmente, muscovita, em hábito acicular. O óxido de ferro está presente em minerais opacos de formato pontual a alongado, e como capa de alteração de cores amarela e marrom, ou alterações disseminadas no bandamento da rocha, de coloração marrom escuro.

A amostra contém cerca de 34% de glauconita, 25% de quartzo, 15% de matriz argilosa marrom, 12% de caulinita, 10% de micas e 4% de óxidos de ferro.

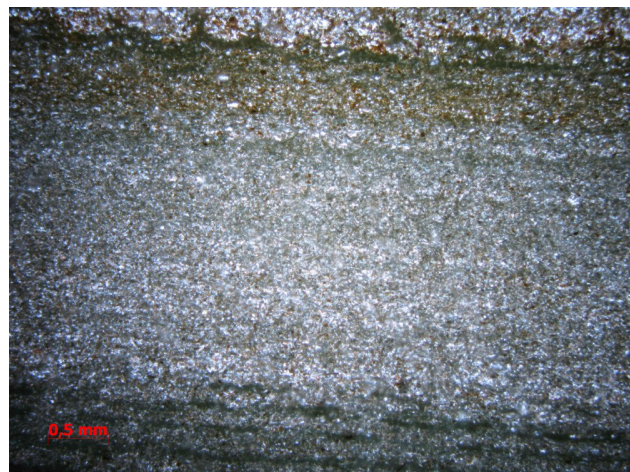
#### **Amostra AM-02**

A rocha tem coloração verde clara, devido à glauconita, e sua estruturação é marcada pela presença de milimétricas camadas esbranquiçadas e esverdeadas, de tom mais forte do que o restante da amostra, com cerca de 1 mm de espessura. A composição das camadas é dada essencialmente por quartzo e matriz argilosa, sendo algumas mais enriquecidas em quartzo, e outras mais enriquecidas em matriz, o que determina seu bandamento composicional. A matriz argilosa, muito fina tem coloração marrom claro e verde acinzentada, sendo esta última causada pela presença da glauconita.

A rocha é constituída essencialmente por: matriz argilosa, da qual 59% corresponde à glauconita e 11% à matriz marrom clara; 20% de quartzo xenomorfo, subarredondado, medindo 2 mm; 5% de muscovita acicular; 3% de caulinita e 3% de óxidos de ferro, representados por minerais opacos pontuais e em pequenas concentrações de coloração marrom-avermelhada.

#### **Amostra AM-03**

Rocha de coloração verde clara, com matriz argilosa muito fina, de coloração verde acinzentada e marrom claro. A anisotropia da amostra é marcada pelo bandamento (Figura 4) ressaltado pela constante intercalação de camadas constituídas pela mistura de caulinita, quartzo recristalizado, inferior a 0,5 mm, e



**FIGURA 4.** Fotomicrografia da Amostra AM-03, em luz polarizada, cujo bandamento é assinalado pela intercalação de camadas constituídas pela mistura de caulinita, quartzo recristalizado e matriz argilosa, e camadas de concentração de matriz.

matriz argilosa, e camadas de concentração de matriz. As alterações ferruginosas estão presentes em pequenas fraturas e no bandamento, sendo de coloração marrom avermelhada a amarelada, ocorrendo pequenos nódulos de óxido nas proximidades destas alterações. A mineralogia é composta por: 35% de glauconita; 19% de quartzo; 15% de caulinita; 13% de argila marrom clara; 9% de micas, representadas por clorita e, principalmente, muscovita; e 9% de óxidos de ferro.

#### **Amostra AM-04**

Rocha de coloração verde clara, com matriz argilosa, muito fina, de coloração verde acinzentada e marrom claro. O bandamento é marcado pela concentração de quartzo de granulometria maior, contrastando com escassas bandas de concentração de glauconita, com tom de verde mais intenso do que o restante da amostra, e outras de tamanho centimétrico com glauconita e quartzo. O óxido de ferro concentra-se em uma das camadas compostas, predominantemente, por quartzo, entremeando os grãos.

A composição mineralógica é dada por: 40% de glauconita; 23% de quartzo recristalizado, variando entre 0,5 e 2 mm, associado a 2% de microclina e 7% de caulinita; 15% de argila marrom clara; 8% de óxidos de ferro representado por alguns minerais opacos ainda cristalizados e, predominantemente, por percolação de fluidos pelos interstícios dos grãos de quartzo; e 5% de muscovita de hábito acicular. Foi ainda observado zircão sendo relicto da área fonte, uma vez que sua quantidade em lâmina é insignificante.

#### **Amostra AM-05**

Rocha de coloração verde clara, com matriz argilosa muito fina, de coloração verde acinzentada e marrom claro. Sua anisotropia é marcada pelo bandamento formado pela intercalação de camadas milimétricas compostas por glauconita, e camadas, entre 2 e 10 mm, constituídas pela mistura de quartzo e glauconita, apresentando porcentagens distintas destes minerais.

O óxido de ferro se faz presente na amostra em minerais opacos, em formato pontual ou losangular, inferior a 1 mm, e alongado, fino, de 1 cm, bem como alteração presente nas fraturas da amostra (Figura 5), e ainda nos interstícios dos grãos de quartzo. Sua coloração varia de vermelho amarelado a marrom escuro avermelhado.

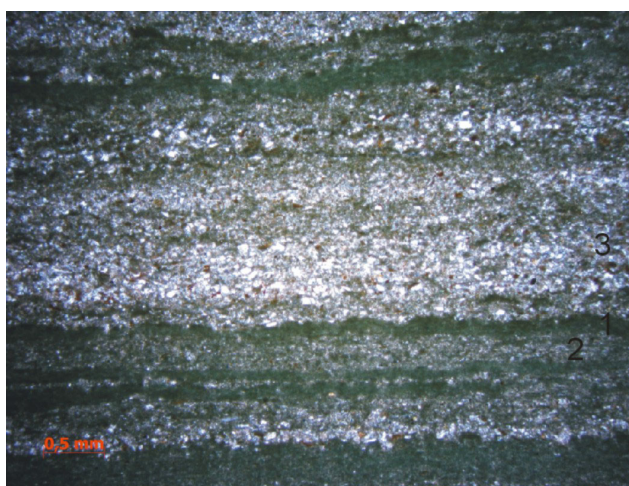
A mineralogia é dada por 30% de glauconita; 26% de quartzo recristalizado, xenomorfo, na maioria das vezes não esféricos e angulosos, associado a 11% de caulinita e 8% de micas, representadas por muscovita de hábito acicular, e clorita; 15% de matriz marrom; e 10% de óxidos de ferro.



**FIGURA 5.** Preenchimento de fratura da Amostra AM-05 por óxido de ferro. Luz polarizada.

#### Amostra AM-06

Rocha de cor verde clara, com matriz argilosa muito fina, de coloração verde acizentada e marrom claro. A alteração de óxido de ferro se faz presente principalmente nas camadas com grande quantidade de quartzo. A anisotropia é marcada por bandamento composicional, podendo observar-se 4 camadas distintas (Figura 6). A primeira é formada por muscovita acicular, e clorita, caulinita e grande quantidade de quartzo recristalizado, subarredondado a arredondado, de 5 mm, entremeado por matriz argilosa e fluidos marrom avermelhado, oriundos de alteração ferruginosa. A segunda difere da primeira pela maior quantidade de matriz presente. A terceira é constituída por apenas argila verde. E a última apresenta quartzo, de 2 mm, subarredondado, muscovita, matriz e óxido de ferro distribuídos de maneira mais homogênea. A



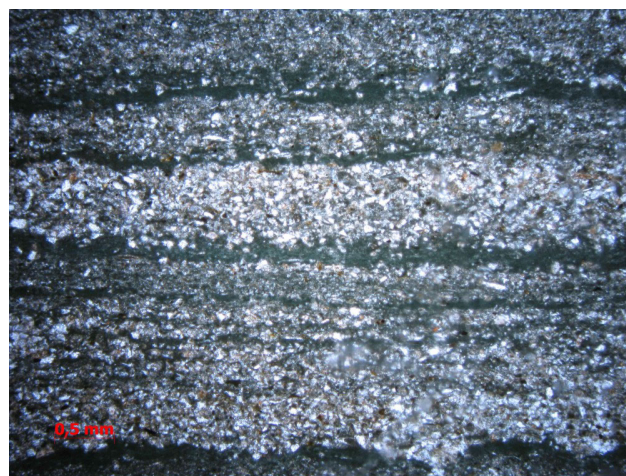
**FIGURA 6.** Fotomicrografia da Amostra AM-06, em luz polarizada, com bandamento composicional.

amostra contém cerca de 30% de quartzo, 27% de glauconita, 15% de matriz argilosa marrom, 11% de caulinita, 11% de óxidos de ferro e 5% de micas.

#### Amostra AM-08

Rocha de cor verde clara, com matriz argilosa fina, de coloração verde acizentada e marrom claro. A anisotropia é marcada por bandamento composicional (Figura 7), podendo observar-se camadas distintas, pela quantidade de matriz argilosa e quartzo, e pela granulometria do quartzo. Há camadas formadas por concentração de glauconita, outras constituídas por glauconita, matriz argilosa marrom e um pouco de quartzo fino, e outras por matriz, essencialmente marrom, e quartzo, com quantidades distintas de matriz e quartzo, numa relação de quanto menor o grão de quartzo, maior a quantidade de matriz.

A composição mineralógica é dada por: 32% de glauconita; 24% de quartzo recristalizado, variando entre 2 e 5 mm e subarredondados; 16% de matriz argilosa marrom, 16% de caulinita, 9% de micas, englobando clorita, biotita e, principalmente, muscovita; e 3% de óxidos de ferro, concentrado em fraturas.



**FIGURA 7.** Fotomicrografia da Amostra AM-08, em luz polarizada, cujo bandamento é assinalado pela quantidade de matriz e a granulometria do quartzo, presentes em cada camada.

#### CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA

Após a cominuição, homogeneização e constituição da amostra composta, foi realizada a classificação granulométrica à úmido, cujos resultados são observados na Tabela 1.

#### LUPA BINOCULAR

Após a classificação granulométrica, cada fração foi analisada por meio da lupa binocular, com o objetivo

**TABELA 1.** Classificação granulométrica da amostra composta de verdete.

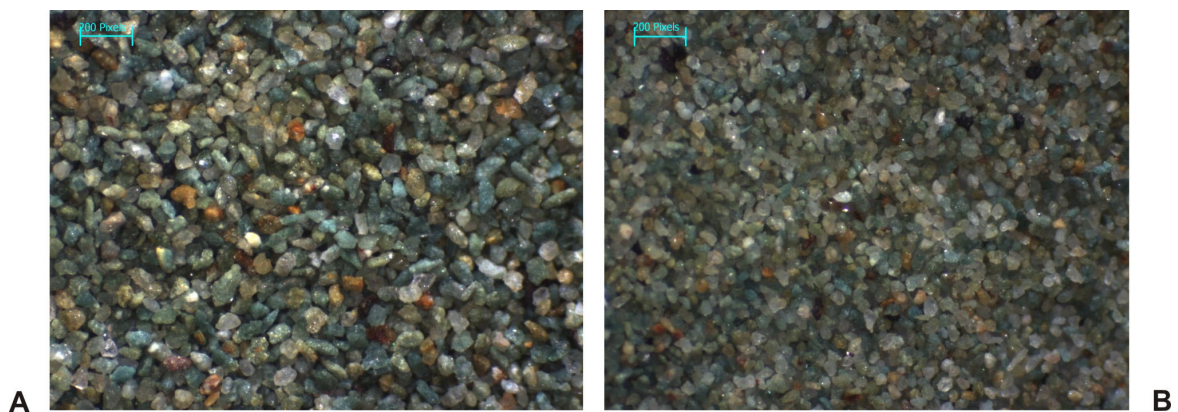
Fração Granulométrica (mm)	Peso Retido (g)	Peso Retido (%)	Peso Passante (g)	Peso Passante (%)
+1,68	115,4	30,42	263,9	69,57
- 1,68 + 1,19	52,2	13,76	211,7	55,81
- 1,19 + 0,595	47,7	12,57	164,0	43,24
- 0,595 + 0,420	12,7	3,35	151,3	39,89
- 0,420 + 0,297	5,7	1,50	145,6	38,40
- 0,297 + 0,180	5,1	1,34	140,5	37,04
- 0,180 + 0,149	3,1	0,82	137,4	36,22
- 0,149 + 0,105	3,0	0,79	134,4	35,43
- 0,105 + 0,074	4,0	1,05	130,4	34,38
- 0,074 + 0,053	4,3	1,13	126,1	33,24
- 0,053 + 0,044	4,5	1,19	121,6	32,06
- 0,044 + 0,037	6,9	1,82	114,7	30,24
- 0,037	114,7	30,24		
<b>Total</b>	<b>379,3</b>	<b>99,98</b>		

de avaliar a composição mineralógica e o grau de liberação da glauconita e do quartzo. Na Figura 8 A e B, que correspondem às frações granulométricas >1,68 mm e -0,595 + 0,420mm, respectivamente, pode-

se observar a presença do quartzo incluso nos grãos. A partir da fração granulométrica inferior a 0,105 mm, o quartzo encontra-se mais liberado da glauconita, como pode ser observado na Figura 9 A e B.



**FIGURA 8.** Fotografia dos grãos do verdete nas frações granulométricas (A) >1,68 mm e (B) -0,595 + 0,420 mm.



**FIGURA 9.** Fotografia dos grãos do verdete nas frações granulométricas (A) -0,105 + 0,074 mm, e (B) -0,074 + 0,053 mm.

## DIFRAÇÃO DE RAIOS X (DRX)

Foram realizadas análises por difratometria de raios X de todas as frações granulométricas para identificar os minerais presentes. Nos difratogramas das amostras foram identificados picos que correspondem às fases cristalinas apresentadas nas Figuras 4 a 9.

Na Figura 10 são apresentados os difratogramas de raios X das 7 amostras estudadas. A mineralogia obtida a partir desta análise indica presença de glauconita, illita, quartzo e vermiculita. Observa-se que há uma pequena variação da intensidade dos picos e na amostra 1 não ocorre o pico da vermiculita.

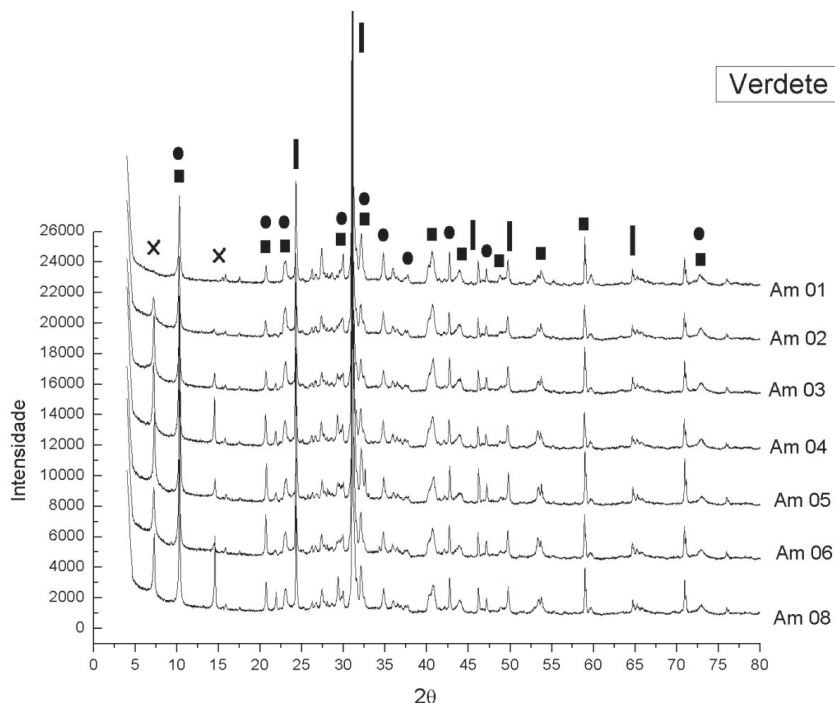


FIGURA 10. Difratogramas de raios X das 7 amostras de verdete, cuja mineralogia é composta por glauconita (■), illita (●), quartzo (▼) e vermiculita (X). Co Ka (35kV/40 mA).

## MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA (MEV)

Visando determinar os minerais e sua relação com a matriz da rocha, as amostras foram estudadas no microscópio eletrônico de varredura (MEV). Na Figura

11 observam-se grãos de quartzo e mica dispersos na matriz da rocha. A glauconita e a illita encontram-se em granulometria muito fina. Na Figura 12 são representadas por material de hábito lamelar.

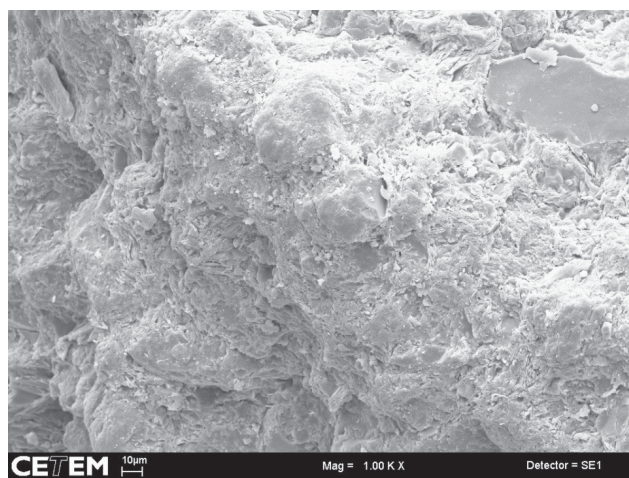


FIGURA 11. Imagem da amostra de verdete com matriz argilosa. Elétrons secundários.

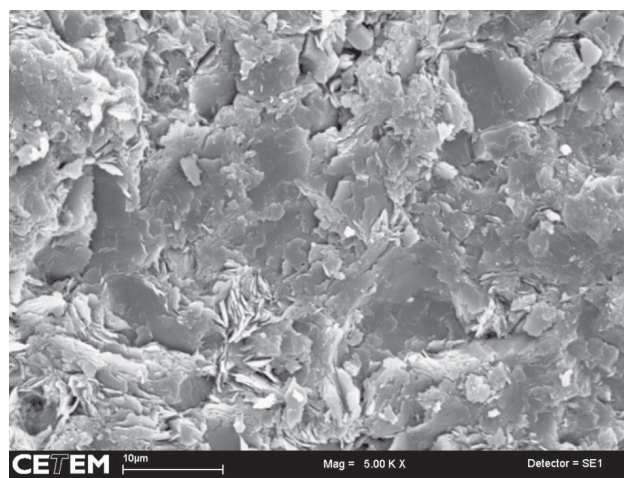


FIGURA 12. Imagem da amostra de verdete com grãos de illita e glauconita. Elétrons secundários.



## ANÁLISE QUÍMICA

As análises químicas das 7 amostras estudadas e da amostra composta indicou que o  $K_2O$  está presente entre 6,09 e 7,33% da rocha, sendo o terceiro composto em abundância. As amostras apresentam uma pequena variação na composição química, onde o teor de  $SiO_2$  varia de 60,74 a 70,26%, e o de  $Al_2O_3$  varia de 11,03 a 15,04% (Tabela 2).

A amostra AM-01 foi a que apresentou menor perda ao fogo e maior teor de  $SiO_2$ , indicando maior concentração de quartzo, conforme observado nas lâminas delgadas.

Também foram realizadas análises químicas das frações granulométricas, as quais foram englobadas nos seguintes intervalos: > 1,68 mm, 1,68 a 0,595 mm, 0,595 a 0,210 mm, 0,210 a 0,037 mm e < 0,037 mm (Tabela 3).

Apesar de tênues mudanças, constatou-se que o potássio está presente em maior quantidade na fração < 0,037 mm (Figura 13). Observou-se também uma tendência de aumento do teor de  $Al_2O_3$  com a redução de  $SiO_2$ . A relação entre  $SiO_2$  e P.F. indica maior concentração de quartzo na fração granulométrica entre 0,210 a 0,037 mm.

**TABELA 2.** Composição química das amostras (% em peso).

	Am 01	Am 02	Am 03	Am 04	Am 05	Am 06	Am 08	Am Comp
$SiO_2$	70,26	60,74	61,36	62,65	63,96	65,55	65,08	64,65
$Al_2O_3$	11,03	15,4	15,21	14,87	14,75	14,18	13,37	13,52
$Fe_2O_3$	4,99	6,45	6,48	6,04	6,27	5,82	5,57	5,71
$CaO$	0,32	0,03	0,05	0,05	0,06	0,04	0,16	0,14
$MgO$	1,75	2,43	2,32	2,1	1,84	1,78	2,05	1,98
$Na_2O$	0,85	0,04	0,03	0,08	0,04	0,16	0,22	0,24
$K_2O$	6,68	7,31	6,78	6,63	6,86	6,09	7,33	6,95
$Cr_2O_3$	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
$TiO_2$	0,67	0,8	0,78	0,77	0,77	0,78	0,7	0,74
$MnO$	0,23	0,07	0,11	0,17	0,12	0,13	0,13	0,11
$P_2O_5$	0,18	0,096	0,132	0,131	0,103	0,102	0,139	0,134
$SrO$	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
$BaO$	0,08	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07
P.F.	2,9	5,59	5,39	5,17	5,03	5,17	4,75	4,39
<b>Total</b>	<b>99,97</b>	<b>99,07</b>	<b>98,76</b>	<b>98,74</b>	<b>99,9</b>	<b>99,9</b>	<b>99,61</b>	<b>98,65</b>

**TABELA 3.** Composição química das amostras por fração granulométrica (% em peso).

	> 1,68 mm	1,68 a 0,595 mm	0,595 a 0,210 mm	0,210 a 0,037 mm	< 0,037 mm
$SiO_2$	64,46	63,59	64,37	73,4	61,14
$Al_2O_3$	12,42	12,55	12,37	9,53	15,26
$Fe_2O_3$	5,5	5,4	5,75	4,42	6,45
$CaO$	0,18	0,16	0,18	0,15	0,16
$MgO$	1,86	1,85	1,8	1,23	2,23
$Na_2O$	0,34	0,26	0,25	0,29	0,12
$K_2O$	6,8	6,56	6,53	5,4	7,22
$Cr_2O_3$	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
$TiO_2$	0,7	0,69	0,68	0,56	0,81
$MnO$	2,95	3,1	2,72	0,85	0,21
$P_2O_5$	0,151	0,141	0,152	0,118	0,174
$SrO$	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
$BaO$	0,41	0,41	0,35	0,13	0,08
P.F.	4,1	4,38	4,53	3,1	5,14
<b>Total</b>	<b>99,9</b>	<b>99,13</b>	<b>99,73</b>	<b>99,22</b>	<b>99,03</b>

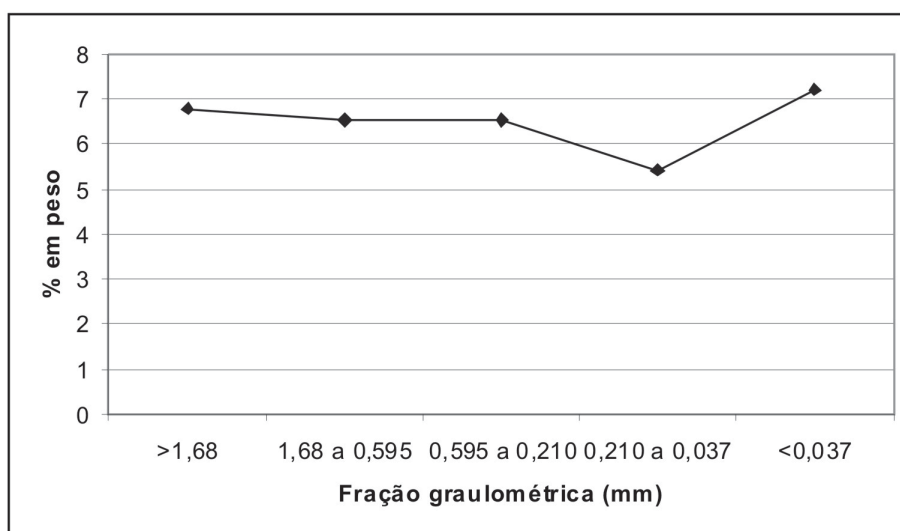


FIGURA 13. Variação do teor de  $K_2O$ % (em peso) por fração granulométrica.

## MOAGEM

A Tabela 4 apresenta os resultados do teste de moagem, com a quantidade, em porcentagem, de amostra passante em cada uma das frações granulométricas por tempo de moagem. É possível notar que quanto maior o tempo de moagem, menor a quantidade de material à cima de 0,149 mm remanescente na amostra, e maior a quantidade de material gerado a baixo de 0,037 mm. Tais informações são importantes para etapas futuras

para concentração da glauconita e retirada do quartzo.

A Figura 14 ilustra os tempos de moagem e as porcentagens passantes relativas a cada tempo de moagem. Como visto na lupa binocular, a fração ideal para liberação do quartzo é inferior a 0,105 mm. A partir dos resultados conclui-se que o tempo ideal de moagem para a liberação do quartzo e da glauconita é de 20 minutos, quando cerca de 90% da amostra obtida apresenta o intervalo granulométrico necessário.

TABELA 4. Resultados dos testes de moagem em moinho de barras.  $T_0 - T_6$ : tempo de moagem.

Amostra Granulometria (mm)	$T_0$ 0 min	$T_1$ 10 min	$T_2$ 20 min	$T_3$ 30 min	$T_4$ 40 min	$T_5$ 50 min	$T_6$ 60 min
+ 1,68	100	100	100	100	100	100	100
- 1,68 + 1,19	100	100	100	100	100	100	100
- 1,19 + 0,595	51,66	99,4	100	100	100	100	100
- 0,595 + 0,420	48,38	97,09	100	100	100	100	100
- 0,420 + 0,297	45,27	93,14	99,65	99,61	100	100	100
- 0,297 + 0,180	41,82	88,24	98,38	98,55	99,76	99,94	100
- 0,180 + 0,149	40	82,59	97,14	97,77	99,35	99,86	100
- 0,149 + 0,105	37,05	77,74	93,27	95,11	97,83	99,27	99,82
- 0,105 + 0,074	34,84	74,2	89,72	92,44	95,7	98,27	99,51
- 0,074 + 0,053	31,3	69,93	83,18	87,65	90,74	95,99	97,88
- 0,053 + 0,044	30,84	69,08	82,68	87,41	90,74	95,99	97,88
- 0,044 + 0,037	30,44	65,03	81,73	87	90	95,73	97,64

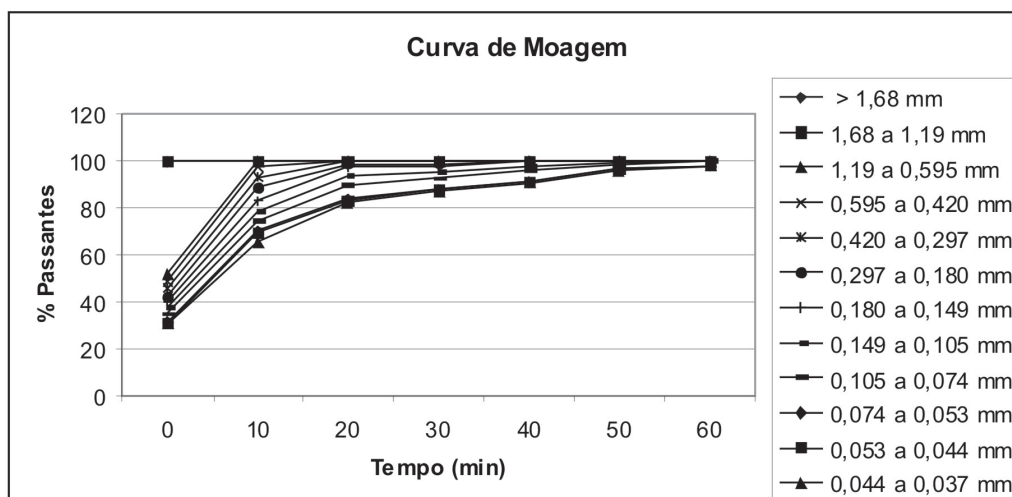


FIGURA 14. Tempo de moagem do verdete no moinho de barras.

## CONCLUSÕES

O verdete é uma rocha de coloração verde clara, de matriz argilosa e com presença de óxido de ferro preenchendo fraturas perpendiculares ao acamamento da rocha.

A anisotropia da rocha é de caráter sedimentar, marcado por ciclos de deposição predominantemente da glauconita, intercalados com ciclos de deposição de glauconita com material quartzoso. A estruturação da rocha é dada pela constante e rítmica presença de camadas de coloração esbranquiçada, de até 1 mm de espessura, em meio à rocha verde, marcando o bandamento do verdete.

A rocha é composta por: 37% de glauconita; 24% de quartzo recristalizado, em tamanho que varia entre 0,5 e 7 mm, usualmente subarredondado; 14% de matriz argilosa marrom clara; 11% de caulinita; 7% de micas, como muscovita, predominantemente, clorita e biotita; e 7% de óxidos de ferro, entre minerais opacos e flúidos alterados. Ela pode ainda apresentar microclina e zircão.

Através da análise química, constatou-se que o verdete da região do Cedro de Abaeté contém entre 6,09 e 7,33%  $K_2O$ , estando equivalente à literatura que aponta um intervalo entre 7 e 11%. Observou-se também que este composto encontra-se em maior quantidade na fração <0,037mm.

Após a análise granulométrica observou-se à lupa binocular que o quartzo é melhor liberado à partir da fração granulométrica de 0,105 mm, o qual é melhor obtido se a amostra for moída em moinho de barras durante 20 minutos.

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que o verdete da região do Cedro de Abaeté pode tornar-se uma fonte alternativa para insumos agrícolas. No entanto, ainda se fazem necessários testes laboratoriais para obter-se melhor liberação do potássio da rocha.

Estão sendo avaliadas possibilidades para realizar ensaios de flotação, com o intuito de concentrar a glauconita, e também realização de tratamentos térmicos, visando a produção de termopotássio.

## AGRADECIMENTOS

Ao CETEM pelo suporte científico, técnico e laboratorial durante a execução do trabalho. À *Amazon Mining* pelo apoio e fornecimento das amostras. Ao CNPq e a FAPERJ pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EICHLER, V. **Disponibilidade do potássio do verdete de Abaeté calcinado com e sem calcário magnesiano, para a cultura do milho em solos de textura média e argilosa.** Lavras, 1983. 147 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- MELAMHED, R.; GASPAR, J.C.; MIEKELEY, N. Pó de rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentável. In: LAPIDO LOUREIRO, F.E.; MELAHMED, R. & FIGUEIREDO NETO, J. (Coords.), **Fertilizantes Agroindustriais e Sustentabilidade.** CETEM/MCT, 645 p., 2009.

3. NAHASS, S. & SEVERINO, J. Calcário Agrícola no Brasil. In: LAPIDO LOUREIRO, F.E.; MELAHMED, R. & FIGUEIREDO NETO, J. (Coords.), **Fertilizantes Agroindustriais e Sustentabilidade**. CETEM/MCT, 645 p., 2009.
4. NASCIMENTO, M. & LOUREIRO, F.E.L. Fertilizantes e Sustentabilidade. O potássio na agricultura brasileira – fontes e rotas alternativas. In: LAPIDO LOUREIRO, F.E.; MELAHMED, R. & FIGUEIREDO NETO, J. (Coords.), **Fertilizantes Agroindustriais e Sustentabilidade**. CETEM/MCT, 645 p., 2009.
5. STRAATEN, P. **Agrogeology: The use of rocks for crops**. Ed. Enviroquest Ltd., 440 p., 2007.
6. VALARELLI, J.V.; NOVAIS, R.H.; MELO, M.T.V.; LEAL, E.D. Ardósias “Verdete” de Cedro do Abaeté na Produção de Termofosfato Potássico Fundido e sua Eficiência Agronômica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 65, n. 4, p. 363-375, 1993.

*Manuscrito Recebido em: 20 de agosto de 2010*

*Revisado e Aceito em: 25 de fevereiro de 2011*