



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

POTENCIAL DE REAPROVEITAMENTO DE REJEITOS DE EXTRAÇÃO DE PEGMATITOS NO PROCESSO DE ROCHAGEM

Fernanda Maria Belotti – fernandabelotti@unifei.edu.br
Universidade Federal de Itajubá, Campus Itabira.
Rua Irmã Ivone Drumond, 200 – Distrito Industrial II
35903-087 – Itabira – MG

Ricardo Scholz – r_scholz_br@yahoo.com
Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia.

Beatriz Saralha Friguetto – beatriz-saralha@hotmail.com
Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Departamento de Geologia.

Resumo: Pegmatitos são rochas de grande importância econômica no estado de Minas Gerais, sendo fundamentais para as indústrias de cerâmicas e vidros; metalúrgica; eletrônica; química e óptica. Entretanto, a reduzida tecnologia empregada no processo de extração faz com que o grau de aproveitamento do potencial econômico dessas rochas seja baixo, o que gera uma significativa quantidade de rejeitos nas áreas de exploração. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de reaproveitamento dos rejeitos de extração de pegmatito no processo de rochagem, realizado pela aplicação de pó de rocha ao solo, visando melhorar a sua fertilidade. Nesse sentido, amostras de rejeito foram coletadas em diversos garimpos no município de Conselheiro Pena/MG e analisadas por Difração de Raios-X, Microscopia Eletrônica de Varredura no modo Espectrometria de Energia Dispersiva de Raios-X e Fluorescência de Raios-X para a avaliação de sua mineralogia e conteúdo em elementos químicos nutrientes para o solo. Os dados indicaram a presença de minerais ricos em elementos essenciais às plantas, como fósforo (P), manganês (Mn), magnésio (Mg) e cálcio (Ca), evidenciando o alto potencial de utilização dos rejeitos no processo de rochagem, garantindo uma fonte alternativa de fertilizantes para o solo e possibilitando um maior grau de aproveitamento econômico dos pegmatitos.

Palavras-chave: Rejeito de pegmatito, Reaproveitamento, Nutrientes, Rochagem.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

POTENTIAL OF REUSE OF PEGMATITES EXTRACTION TAILINGS IN THE ROCK POWDER PROCESS

Abstract: Pegmatites are rocks of great economic importance in the state of Minas Gerais, being fundamental for the ceramic and glass industries; metallurgical; electronic products; chemistry and optics. However, the low technology used in the extraction process makes the degree of exploitation of economic potential of these rocks low, which generates a significant amount of tailings in the exploration areas. Thus, the objective of this work was to evaluate the potential of reuse of the pegmatite extraction tailings in the rock powder process, by applying rock dust to the soil, aiming to improve its fertility. In this sense, tailings samples were collected in several diggs in the municipality of Conselheiro Pena/MG and analyzed by X-ray Diffraction, Scanning Electron Microscopy in the mode of X-ray Dispersive Energy Spectrometry and X-ray Fluorescence for evaluation of its mineralogy and content in chemical elements nutrients to the soil. The data indicated the presence of minerals rich in essential elements to the plants, such as phosphorus (P), manganese (Mn), magnesium (Mg) and calcium (Ca), evidencing the high potential of reuse of the tailings in the rock powder process as a alternative source of fertilizers for the soil and allowing a greater degree of economic exploitation of pegmatites.

Keywords: Pegmatite tailing, Reuse, Nutrients, Rock powder.

1. INTRODUÇÃO

Pegmatitos são rochas de grande importância econômica no estado de Minas Gerais, sendo responsáveis pela maior parte da produção de gemas coradas e fundamentais para as indústrias de cerâmicas e vidros (feldspato, caulim, quartzo); metalúrgica (berílio, tântalo, lítio, nióbio, estanho, quartzo); eletrônica (muscovita, quartzo); química (lítio, caulim, fosfato) e óptica (quartzo) (VIDAL, 2005). Apresentam também elevada importância social, uma vez que grande parte de sua exploração é feita de forma artesanal por garimpeiros.

Entretanto, a reduzida tecnologia empregada faz com que o grau de aproveitamento do potencial econômico dessas rochas seja baixo, o que gera uma significativa quantidade de rejeitos, cujo volume nas áreas de produção pode corresponder a até cinco vezes o volume do mineral extraído onde ocorre a produção de minerais industriais e a mais de mil vezes nas áreas de produção exclusiva de minerais-gemas (CIPRIANO et al. 2006).

Uma alternativa viável para a redução do teor de rejeitos não aproveitados na extração garimpeira é a sua utilização para outros fins, como a produção de fertilizantes. Rochas pegmatíticas são conhecidas pela grande variedade mineralógica associada, uma vez que além dos minerais essenciais (quartzo, feldspato, mica), corpos pegmatíticos diferenciados podem apresentar diversos minerais acessórios incluindo óxidos (cassiterita, columbita, tantalita), sulfetos e sulfatos (pirita, arsenopirita, escorodita, jarosita), fosfatos (apatita, frondelita, eosforita) e silicatos (espodumênio, turmalina, berilo), o que indica uma grande possibilidade de que tais rochas possam conter elementos nutrientes necessários ao crescimento e desenvolvimentos das plantas.

Segundo LOPES (2010, p. 8): “um motivo de preocupação no Brasil em relação à produção de fertilizantes é a alta dependência, em futuro próximo, das importações de matérias primas para a fabricação de fertilizantes minerais. A produção brasileira de N, P₂O₅ e K₂O, que representou 68% do total consumido em 1983, caiu para 35% em 2006 e deverá atingir apenas 14% das necessidades desses insumos em 2025”, o que motiva a realização de pesquisas que busquem definir novas fontes destes

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

elementos minerais, como por exemplo, o aproveitamento de rejeitos de atividade mineradora e garimpeira.

O reaproveitamento de rejeitos de mineração na fertilização do solo pode ocorrer através do processo de rochagem, definida como a prática da aplicação direta de rochas moídas ao solo com a finalidade de manejar a fertilidade e fornecer nutrientes para as plantas. A técnica constitui uma fertilização natural, pois trata-se da adição do pó de rocha ao solo que, através do intemperismo químico pela água da chuva, é capaz de corrigir a acidez do solo, além de contribuir para a reposição de nutrientes, reduzindo o consumo de fertilizantes provenientes de fontes não renováveis e importados (MELAMED et al., 2007).

O potencial do uso de rochas como corretivos do solo pode ser ampliado através dos efeitos benéficos para a fertilidade do solo, agregando valor às fontes alternativas de insumos. Neste sentido, apresenta viabilidade econômica devido ao baixo custo de beneficiamento, uma vez que são utilizados apenas processos mecânicos de diminuição de partículas para a produção das rochas moídas. Além disso, a liberação de nutrientes é gradual, reduzindo as perdas por lixiviação e favorecendo uma ação prolongada do insumo empregado na fertilização do solo (MELAMED et al., 2007).

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de reaproveitamento de rejeitos de extração de pegmatitos no processo de rochagem, buscando garantir uma melhor utilização econômica dos pegmatitos e a redução da quantidade de rejeitos resultante da extração e beneficiamento da rocha; bem como apontar uma fonte alternativa para a fertilização de solos.

2. METODOLOGIA

Para a realização do estudo foram coletadas amostras de rejeito de pegmatito em diversos garimpos na região de Conselheiro Pena/Minas Gerais.

As amostras foram preparadas a partir do processo de cominuição (britagem e moagem), no qual foram processadas em três estágios de britagem (primário, secundário e terciário), para destorroamento do material. Em seguida, o material foi pulverizado em moinhos de bolas, a fim de reduzir o diâmetro das partículas sólidas, obtendo-se uma granulometria abaixo de 0,045 mm.

As amostras foram analisadas por Difractometria de Raios-X com a utilização de refinamento Rietveld com o objetivo de quantificar as diversas fases minerais. Foi utilizado um equipamento Panalytical modelo Empyrean com tubo de Cu pelo método de policristal. Foi realizada a varredura com 2-Theta variando de 2° a 70°, tempo de contagem de 0,5s e largura de passo igual a 0,02°.

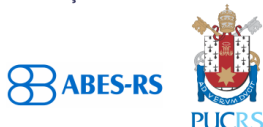
Para o refinamento das análises e a complementação dos dados de identificação mineral das amostras estas foram analisadas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) no modo Espectrometria de Energia Dispersiva de Raios-X (EDS) por microscópio JEOL modelo JSM-6510.

Para a quantificação do teor de fosfato as amostras foram analisadas por Fluorescência de Raios-X utilizando um espectrômetro Philips Panalytical, modelo MagiX – PW2404, com amostrador automático PW2540 e tubo de Rh a 2,4 kW.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de análise das amostras de rejeito de extração de pegmatitos por Difração de Raios-X indicaram a presença dos minerais albita, microclima, cirilovita, clorita, quartzo, muscovita, apatita, tridimita, gibbsita, litiofilita, priderita e caulinita em diferentes proporções conforme Figura 1.

Realização



Correalização

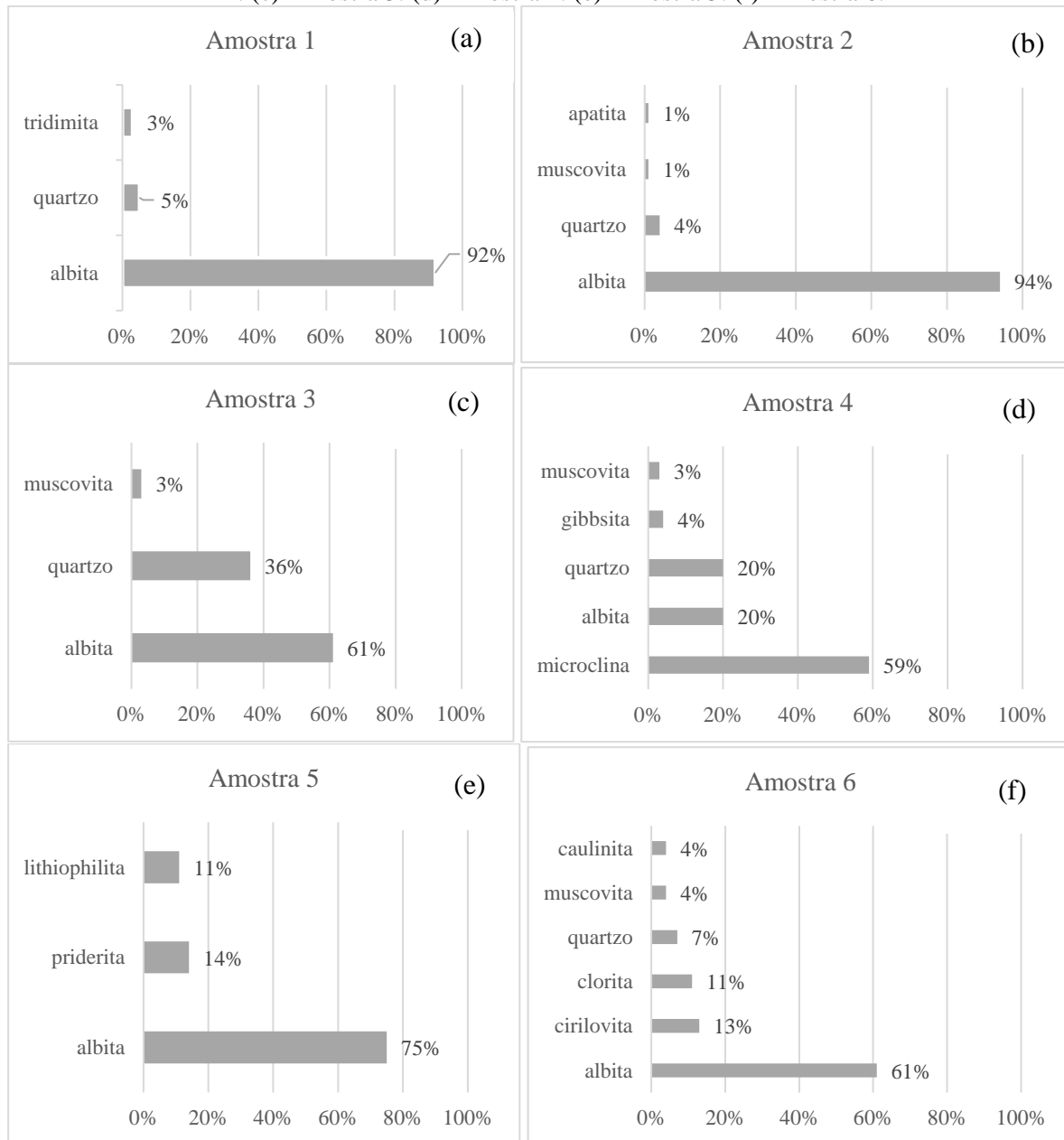


Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



Figura 1 - Mineralogia das amostras de rejeitos de extração de pegmatitos. (a) Amostra 1. (b) Amostra 2. (c) Amostra 3. (d) Amostra 4. (e) Amostra 5. (f) Amostra 6.

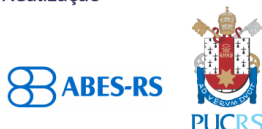


Considerando a ampla gama de minerais encontrados, parte não representa fonte potencial de fertilização do solo, enquanto outros apresentam composição rica em elementos nutrientes para as plantas, ou seja, representam fonte potencial de remineralização de solos.

De acordo com a composição química, os minerais albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), quartzo (SiO_2), tridimita (SiO_2), gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$) e caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) não apresentam elementos nutrientes para as plantas, não representando, portanto, interesse do ponto de vista de reaproveitamento do rejeito para a fertilização de solos.

Por outro lado, os minerais microclina (KAlSi_3O_8), muscovita $\text{KAl}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$, apatita $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH},\text{F},\text{Cl})$, clorita ($(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{OH})_6$), litiofilita ($\text{LiMn}^{2+}\text{PO}_4$),

Realização



Correalização



Informações:

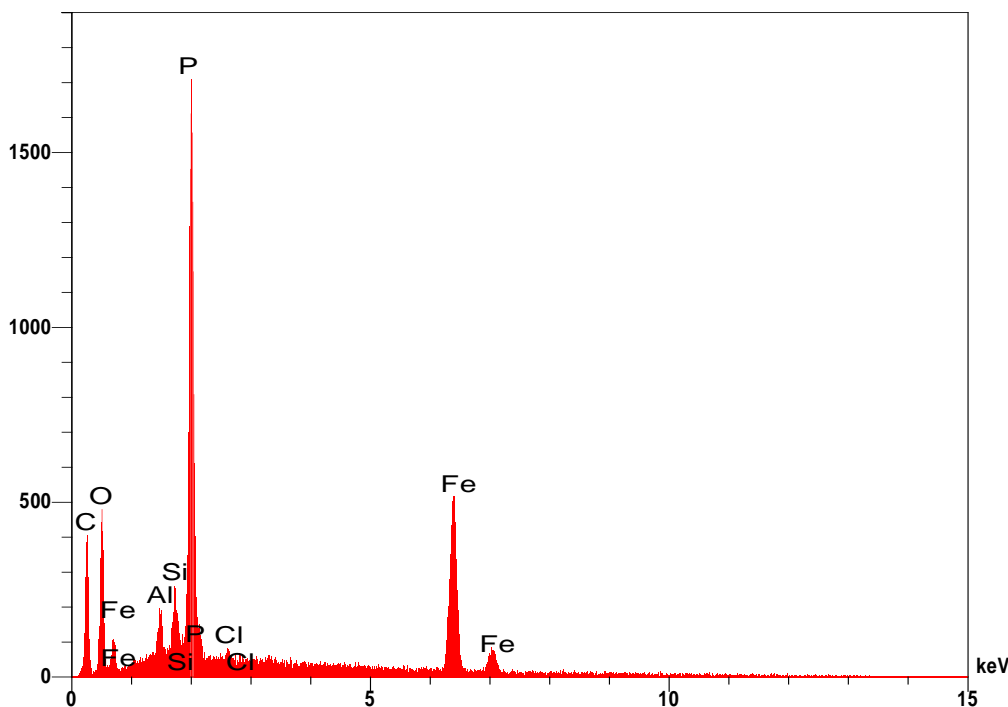
qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375

cirilovita ($\text{NaFe}_3^{3+}(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e priderita ($\text{K}(\text{Ti}_7\text{Fe})\text{O}_{16}$) apresentam em sua composição elementos químicos necessários ao crescimento e desenvolvimento das culturas, como potássio (K), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), manganês (Mn) e ferro (Fe). Os elementos potássio, cálcio, fósforo e magnésio são considerados macronutrientes para as plantas, ou seja, elementos exigidos em grande quantidade cujas concentrações no tecido vegetal das plantas são superiores a 1000 mg/kg (matéria seca vegetal); enquanto que o manganês e o ferro são considerados micronutrientes, encontrados nas plantas em quantidades geralmente inferiores a 100 mg/Kg de matéria seca vegetal (NOVAIS et al., 2007).

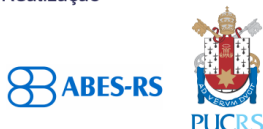
Os resultados de análise das amostras por Difração de Raios-X, evidenciam, portanto, uma grande possibilidade de utilização dos rejeitos de extração de pegmatitos na fertilização dos solos através da adição do pó da rocha.

Os dados de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) no modo Espectrometria de Energia Dispersiva de Raios-X (EDS), utilizados para refinar e complementar os dados de Difração de Raios-X, indicaram a presença de diversos minerais fosfáticos nas amostras analisadas. Dentre os fosfatos que ocorrem como minerais acessórios na rocha foram identificados trifulita ($\text{LiFe}^{2+}\text{PO}_4$), litiofilita ($\text{LiMn}^{2+}\text{PO}_4$), cirilovita ($\text{NaFe}_3^{3+}(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), purpurita ($(\text{Mn}^{3+}, \text{Fe}^{3+})\text{PO}_4$), heterosita ($(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mn}^{3+})\text{PO}_4$), vivianita ($\text{Fe}_3^{2+}(\text{PO}_4)_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$), fosfosiderita ($\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), apatita ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{OH}, \text{Cl})$), frondelita ($\text{Mn}^{2+}\text{Fe}_4^{3+}(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_5$) e rockbridgeita ($\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_4^{3+}(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_5$), conforme exemplos demonstrados nas Figuras 2 a 4.

Figura 2 – Espectro EDS do mineral Frondelita, fosfato identificado na Amostra 4.



Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

Figura 3 - Espectro EDS do mineral Cirilovita, fosfato identificado na Amostra 6.

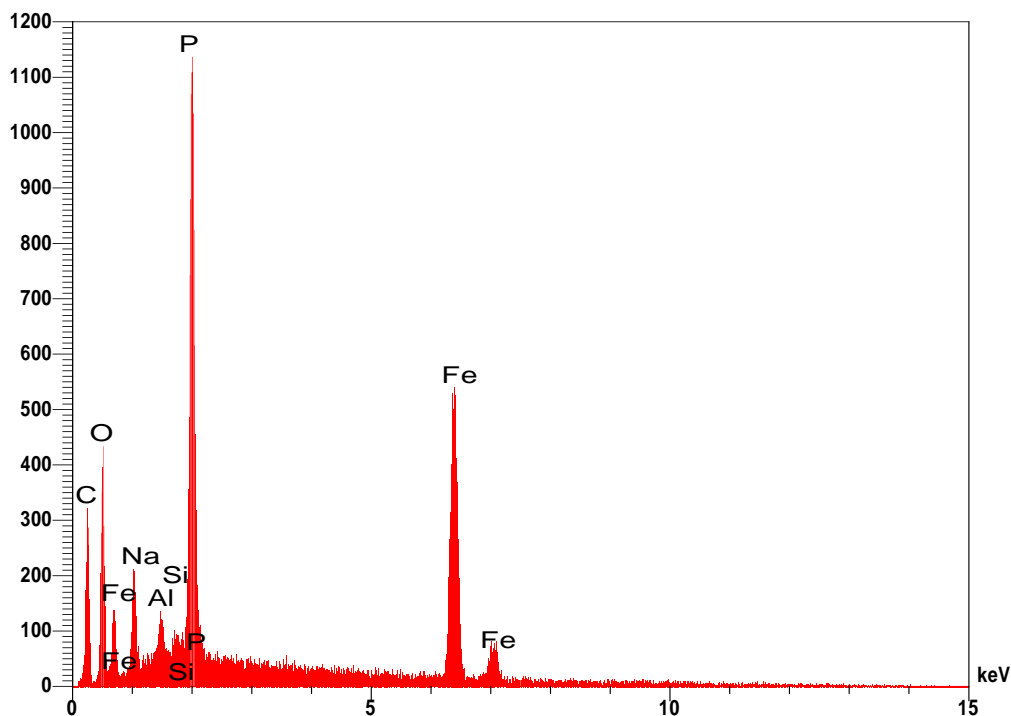
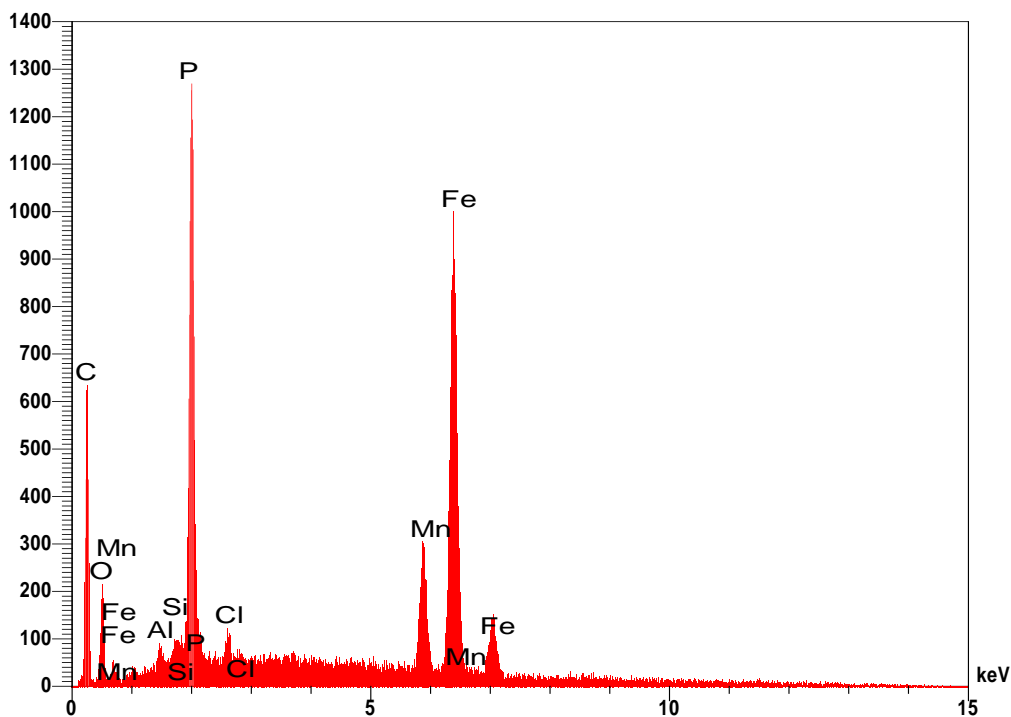


Figura 4- Espectro EDS do mineral Leucofosfita, fosfato identificado na Amostra 6.



Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

A partir da interpretação dos resultados de análise das amostras por MEV/EDS foi possível identificar uma grande variedade de fosfatos, minerais com ampla variação na composição mineralógica, normalmente com alto teor de fósforo.

A presença de grande variedade de fosfatos nas amostras confere especial interesse ao reaproveitamento do rejeito em processos de fertilização do solo, considerando os baixos teores do elemento nos solos do Brasil e a necessidade de realização de adubações fosfatadas para garantir a produtividade agrícola no país.

O fósforo é um macronutriente para as plantas, sendo exigido em grandes concentrações. Em contrapartida, a grande maioria dos solos brasileiros é altamente intemperizada, apresentando baixos teores de fósforo e elevada capacidade de retenção do elemento em formas pouco solúveis para as plantas; sendo assim, estima-se que 75% do P aplicado seja adsorvido nas partículas de solo, consequentemente a eficiência agrônômica fica abaixo de 20% (MELAMED et al., 2007; FONTOURA et al., 2010). Tais dados evidenciam a necessidade de aplicações frequentes de fertilizantes fosfatados a fim de manter a alta produtividade das culturas.

Segundo relatório técnico do Ministério das Minas e Energia (MME, 2009), as projeções de consumo até 2030 mostram quantidades adicionais requeridas muito substanciais de rocha fosfática, entre 8 a 14 milhões de toneladas de concentrado de rocha fosfática para suprir a demanda da agricultura brasileira. Nesse sentido, o referido relatório ressalta que "... O incentivo à utilização da rochagem deve ser analisado e implementado" (MME, 2009 p. 40).

Para quantificar o teor dos elementos nutrientes presentes nas amostras, especialmente os teores de fósforo, estas foram analisadas por Fluorescência de Raios-X, cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados de Análise de Amostras de Rejeito de Pegmatito por Fluorescência de Raios-X

Amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	LOI
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
A1	34,2	9,12	19,8	0,21	0,69	19,2	5,22	0,32	6,80	3,67
A2	53,0	13,6	7,31	0,24	0,14	8,90	7,03	0,47	4,37	4,47
A3	63,2	11,3	9,36	0,05	<0,1	5,70	5,24	0,30	2,52	2,2
A4	48,5	11,2	13,3	0,05	0,29	10,0	1,88	6,73	3,40	4,2
A5	35,7	9,98	17,8	0,24	0,95	20,8	5,44	0,13	6,07	1,38
A6	12,8	3,59	34,8	0,07	0,75	23,5	2,44	1,64	10,1	10,62

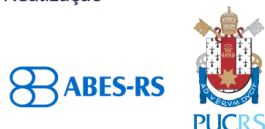
Os resultados de análise das amostras por Fluorescência de Raios-X corroboram os resultados obtidos por MEV/EDS, evidenciando o alto teor de fósforo nas amostras analisadas, bem como a presença de cálcio, magnésio, potássio e manganês.

O teor de fósforo varia entre 5,7% na Amostra 1 a 23,5% na Amostra 6. Ressalta-se que os resíduos podem ser misturados na moagem, garantindo um alto teor médio de fósforo. Ressaltam-se, ainda, os teores de potássio, especialmente na Amostra 4 – 6,73%, e os teores de manganês, especialmente nas amostras A1 – 6,8% e A5 – 6,0%.

A interpretação conjunta dos dados analíticos obtidos indica fortemente a possibilidade de reaproveitamento dos rejeitos de extração de pegmatito no processo de rochagem, garantindo uma fonte alternativa de fertilizantes para o solo e possibilitando um maior grau de aproveitamento econômico dos pegmatitos.

Considerando, ainda, o grande volume de rejeitos gerados nas áreas de extração de pegmatitos, o seu reaproveitamento através da rochagem representa uma forma de destinação adequada e valorização de tais rejeitos.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados evidenciaram um alto potencial de reaproveitamento de rejeitos de extração de pegmatito no processo de rochagem.

Os resultados de análise das amostras de rejeito de pegmatito indicaram a presença de uma ampla variedade de minerais, notadamente aqueles que possuem elementos considerados nutrientes para as plantas como potássio (K), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), manganês (Mn) e ferro (Fe).

Há presença de grande variedade de fosfatos, minerais ricos em fósforo, elemento essencial para o desenvolvimento das culturas e de baixa disponibilidade em solos em brasileiros.

Considerando os resultados das análises realizadas bem como a quantidade de rejeitos gerada nas áreas de extração de pegmatito, confirma-se a viabilidade do uso de rejeito de pegmatito rico em fosfato para rochagem, contribuindo para a fertilização de solo e aumentando o grau de aproveitamento da rocha pegmatítica, assegurando também uma destinação adequada para tais rejeitos.

Agradecimentos

Agradecimentos à Fapemig pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa “Potencial mineral dos pegmatitos do Distrito Pegmatítico de Conselheiro Pena, Minas Gerais: caracterização de minerais industriais e aproveitamento de rejeitos”.

5. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES

CIPRIANO, R. A. S.; KARFUNKEL, J.; BERMANEC, V. **Estudo dos fosfatos do Distrito Pegmatítico de Conselheiro Pena, Minas Gerais**. Belo Horizonte, 120 p., 2006. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais.

FONTOURA, V. M. S.; VIEIRA, B. C. R.; BAYER, C.; ERNANI, R. P.; MORAES, P. R. Eficiência técnica de fertilizantes fosfatados em Latossolo sob Plantio Direto. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 34, n.6, p. 1907-1914, 2010.

LOPES, S. A. **Superfosfatos simples e outros fertilizantes fosfatados solubilizados industrialmente via rota do ácido sulfúrico**. São Paulo: Ed. Gráfica Nagy, 2010. 48p.

MELAMED, R.; GASPAR, J. C.; MIERKELEY, N. **Pó de rocha como fertilizante alternativo para sistemas de produção sustentáveis em solos tropicais**. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, 2007.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Agrominerais. Relatório Técnico 53. Perfil do Fosfato**. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P29_RT5Perfil_do_Fosfato.pdf/48caf3fe-b399-4032-9337-d63ce39b218d> Acesso em: 30 abr. 2018.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B., NEVES, J. C. L. (eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007.

VIDAL, H. W. F.; NETO, N. A. J. **Minerais de Pegmatitos**. Rio de Janeiro: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2005.

Realização

 ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375