



CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO RESÍDUO GERADO POR BENEFICIADORA DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO MUNICÍPIO DE ADAMANTINA (SP)

CHEMICAL CHARACTERIZATION OF WASTE GENERATED BY ORNAMENTAL ROCK BENEFICIATOR IN THE MUNICIPALITY OF ADAMANTINA (SP)

Maurício Dominguez Nasser¹, André Guarçoni², Vandervilson Alves Carneiro³, Denilson Burket¹, Mateus Batista Tavares⁴

¹ Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Polo Regional Alta Paulista, Adamantina (SP)

² Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - INCAPER (ES).

³ UEG - Universidade Estadual de Goiás, Campus Cora Coralina, Cidade de Goiás (GO)

⁴ Engenheiro Agrônomo da CAMDA

Info

Recebido: 10/2021

Publicado: 07/2022

DOI: 10.37951/2358-260X.2021v9i1.6000

ISSN: 2358-260X

Palavras-Chave

Resíduo de marmoraria. Estudo químico.

Manejo sustentável. Agricultura familiar.

Keywords:

Marble waste. Chemical study.

Sustainable management. Family farming.

Resumo

O aumento da preocupação socioambiental com relação à exploração e ao beneficiamento de materiais rochosos, se tornam cada vez mais importantes no período contemporâneo em virtude de mitigar os impactos ambientais. Desta forma, o estudo foi realizado pela Agência Paulista em Tecnologia dos Agronegócios (APTA) - Polo Regional Alta Paulista, Adamantina (SP), utilizando amostra de resíduo coletada em julho de 2020 na forma de lama (pó de rocha oriundo do corte mais água) em beneficiadora do município de Adamantina (SP). Após secagem da lama ao sol, o material foi encaminhado ao Agrolab (Laboratório de Análises Agropecuárias) em Assis (SP) para caracterização química. O estudo objetivou caracterizar

quimicamente o resíduo gerado por uma beneficiadora de rochas ornamentais, visando posterior utilização e avaliação em áreas de agricultura familiar no citado município e adjacências. Conclui-se que o resíduo apresenta elevado teor Si e não pode ser comercializado como pó de rocha; mas tem potencialidades de uso como fonte alternativa de K, Ca, Mg e S nas agriculturas familiar e agroecológica.

Abstract

The increase in socio-environmental concern regarding the exploration and processing of rock materials has become increasingly important in the contemporary period because of mitigating environmental impacts. Thus, the study was carried out by the São Paulo Agency for Agribusiness Technology (APTA) - Alta Paulista Regional Pole, Adamantina (SP), using a sample of waste collected in July 2020 in the form of mud (rock dust from cutting plus water) in a processing plant in the city of Adamantina (SP). After drying the mud in the sun, the material was sent to Agrolab (Agricultural Analysis Laboratory) in Assis (SP) for chemical characterization. The study aimed to chemically characterize the waste generated by an ornamental stone processing company, with a view to subsequent use and evaluation in family farming areas in the aforementioned municipality and surroundings. It is concluded that the residue has a high Si content and cannot be sold as rock powder; but it has potential use as an alternative source of K, Ca, Mg and S in family and agroecological agriculture.

Introdução

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2013) define na NBR 15012 a rocha ornamental como “material pétreo natural utilizado em revestimentos internos e externos, estruturas,

elementos de composição arquitetônica, decoração, mobiliário e arte funerária”.

Existem muitas definições, dentre elas a de Frascá (2003), que relata serem as rochas ornamentais materiais rochosos aproveitados pela sua aparência

estética (principal motivo de seu valor agregado), utilizados como elemento decorativo em trabalhos artísticos e como material para construção. Os principais tipos são granitos, quartzitos, ardósias, mármore, travertinos, arenitos, metaconglomerados, esteatitos (pedra sabão), dentre outros. Suas aplicações são as mais diversas, exemplo: esculturas, tampos e pés de mesa, balcões, lápides e arte funerária em geral, revestimentos internos e externos de paredes, pisos, colunas, pilares e soleiras (ABIROCHAS, 2013).

O Brasil está entre os grandes produtores de rochas ornamentais no mundo, ocupando a quarta posição em 2016, correspondendo a quase 6% do mercado mundial (CHIODI FILHO, 2018). No beneficiamento dessas rochas, a primeira etapa é o corte dos blocos brutos em grandes teares mecânicos. Há dois processos básicos para realização do corte: o mais antigo, mas ainda usual, é o corte por abrasão, utilizando-se cal e limalha de ferro. O resíduo gerado é composto por fragmentos muito finos da rocha original e pela liga de cal mais granalha de ferro. O processo mais moderno, e que tende a ser utilizado em todas as beneficiadoras¹, é o corte com fio diamantado. Nesse caso, o resíduo formado é composto quase unicamente por um pó muito fino da rocha ornamental (SILVEIRA; VIDAL; SOUZA, 2014).

Mesmo considerando que as rochas ornamentais sejam extremamente distintas em sua composição mineral, fato é que todas contêm elementos químicos considerados nutrientes de plantas, em maior ou menor quantidade, com disponibilidades também variáveis. Em função dessa característica, os resíduos provenientes do beneficiamento de rochas ornamentais podem ser utilizados, segundo Guarçoni e Fanton (2011), como fertilizantes, especialmente no

sentido de aportar aos solos nutrientes que foram perdidos no processo de intemperismo ou mesmo por absorção das culturas. Nesse caso específico, os resíduos do beneficiamento seriam considerados remineralizadores de solo.

O uso dos chamados remineralizadores de solo, sob a forma de pó de rocha, processo também conhecido como rochagem, consiste na moagem e aplicação de determinados tipos de rochas contendo macro e micronutrientes com potencial de promover melhorias à fertilidade dos solos e à produtividade das culturas cultivadas (PENHA; GUALBERTO, 2020).

O remineralizador ou pó de rocha é um material natural composto por inúmeros nutrientes, como potássio, cálcio, magnésio, silício, entre outros. Seus principais benefícios são a neutralização da acidez do solo e a adição de nutrientes, sendo assim considerado um condicionador dos solos, que além de melhorar a resistência das plantas, devido à nutrição mais equilibrada, também garante maior produtividade e com rentabilidade superior (VAN STRAATEN, 2006; BARROS; RIBEIRO, 2021).

Esse produto está inserido na Lei n. 12.890, de 10 de dezembro de 2013, como insumo destinado à agricultura e a Instrução Normativa n. 5, de 10 de março de 2016 estabeleceu o regramento sobre definições, classificações, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda de remineralizadores e substratos para plantas (BRASIL, 2013; BRASIL, 2016).

O uso de pó de rocha ou rochagem é uma tecnologia que busca reduzir o uso desenfreado de fertilizantes comerciais, vista como processo auxiliar no rejuvenescimento ou remineralização do solo, o que provoca melhoria na sua fertilidade, sem afetar o equilíbrio ambiental (BRITO *et al.*, 2019; TOSCANI;

¹ Marmorarias, estabelecimentos que beneficiam, processam e vendem peças de origem rochosa.

CAMPOS, 2017). Nesse sentido, para Silveira e Lima (2007), a rochagem se configura como alternativa mais ecológica para reposição de nutrientes ao solo.

O resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais ocorre geralmente na forma de partículas finas oriundas do processo de recorte, polimento e lustro de peças, para a confecção de chapas serradas. Estas peças podem ser personalizadas (pias, balcões e outros), como também padronizadas (placas, revestimentos, peitoris entre outros) (MELLO, 2006). De acordo com Gobbo *et al.* (2004), o resíduo produzido corresponde à 2% do volume total processado, o que a princípio parece pouco, porém, pensando na produção mensal, bem como de várias beneficiadoras, é possível justificar a pesquisa, uma vez que o Estado de São Paulo, conforme Mello (2004), produziu cerca de 336.000 t de rochas ornamentais em 2003, o que geraria aproximadamente 7.000 t de resíduos.

A quantidade de resíduos gerados por beneficiadoras de rochas ornamentais vem crescendo de modo significativo em muitas regiões do país, devido à valorização dos produtos no mercado internacional e mesmo nacional. Mas ao invés de contaminar solos e mananciais de água com o descarte inadequado, pode haver utilização racional, ambientalmente correta e economicamente viável para esse tipo de resíduo, que é a rochagem.

O presente trabalho teve por objetivo caracterizar quimicamente o resíduo gerado por uma beneficiadora de rochas ornamentais de Adamantina (SP), visando posterior utilização e avaliação em áreas de agricultura familiar no citado município e adjacências.

Materiais e método

O estudo foi realizado pela Agência Paulista em Tecnologia dos Agronegócios (APTA) - Polo Regional

Alta Paulista, Adamantina (SP), utilizando amostra de resíduo coletada em julho de 2020 na forma de lama (pó de rocha oriundo do corte mais água). O resíduo (figura 1) se originou do beneficiamento realizado em diferentes rochas ornamentais em beneficiadora na área urbana de Adamantina (SP). O corte foi realizado com fio diamantado. Segundo o proprietário do estabelecimento, pode ser considerado que mais de 95% da rocha ornamental comercializada é granito, destinado basicamente para construção civil.



Figura 1. Aspecto visual do resíduo proveniente do corte de rochas ornamentais de beneficiadora localizada em Adamantina (SP). Fonte: Autores, 2020.

Após secagem da lama ao sol, o material na forma de pó foi encaminhado em recipiente plástico em julho de 2020 ao Agrolab (Laboratório de Análises Agropecuárias) em Assis (SP), e foram determinados o potencial hidrogeniônico (pH), e a porcentagem de Umidade, Silício (Si), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Fósforo na forma de P_2O_5 , Potássio na forma de K_2O , Enxofre (S), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Cobre (Cu) e Boro (B). Para extração de Si foi utilizado metodologia de Korndörfer *et al.* (2004), os demais elementos seguiram Silva (2009), sendo que a digestão

do resíduo em laboratório foi realizada adicionando na amostra o ácido clorídrico, ácido fluorídrico e água deionizada.

Resultados e discussão

No resíduo do presente trabalho (tabela 1), nota-se a existência de 10 elementos considerados nutrientes para plantas, destacando-se a presença de potássio, cálcio, enxofre e ferro.

Tabela 1- Caracterização do pó de rocha ornamental produzido em beneficiadora de Adamantina / SP (2020).

Características	Unidades (%)
pH	9,08
Umidade	0,26
SiO ₂	57,43
CaO	3,36
MgO	2,34
K ₂ O	3,50
P ₂ O ₅	0,18
S	2,26
Fe	3,88
Mn	0,071
Zn	0,013
Cu	0,033
B	0,0003

Fonte: Autores, 2020.

Analisando os valores da tabela 1 e conforme legislação vigente (Instrução Normativa n. 5, de 10 de março de 2016), o resíduo analisado apresentou algumas características de remineralizador por apresentar a soma de bases (CaO, MgO, K₂O) de 9,20%, sendo o aceitável igual ou superior a 9%; e por conter teor de óxido de potássio de 3,50%, atendendo de forma satisfatória a normativa que determina o mínimo 1% de K₂O. Porém, não pode ser registrado como remineralizador ou pó de rocha por apresentar

57,43% de silício na forma de dióxido de silício, ou seja, acima do exigido que seja no máximo 25% de SiO₂. Dessa forma, fica proibida a produção, importação e comercialização no país desse tipo de resíduo no presente estudo como remineralizador ou pó de rocha. Também é importante ressaltar que, para registro e comercialização como remineralizador, é obrigatória a emissão de laudos técnicos que contenham os teores de arsênio, cádmio, mercúrio e chumbo (BRASIL, 2016). Para cada metal pesado existe um limite aceitável pela Instrução Normativa n. 5.

Os valores encontrados no resíduo com relação ao SiO₂, K₂O e CaO foram semelhantes aos encontrados por Machado *et al.* (2016), quando analisaram 3 resíduos originados de beneficiamento do granito de diferentes empresas instaladas no município de Cachoeiro de Itapemirim (ES). Os autores encontraram valores na faixa de 55 a 68,7% de SiO₂, 1,8 a 3,8% de CaO e 2,6 a 3,4% de K₂O. Para MgO, os valores estavam abaixo dos encontrados no presente trabalho.

Em análise realizada com resíduo exclusivo do corte de granitos com granalha, Campos *et al.* (2014) relataram composição química média muito próxima aos valores da tabela 1, com exceção do Fe, que foi superior. Assim, pode-se considerar que resíduos de rochas ornamentais possuem composição mineralógica diversa, e está diretamente relacionada ao tipo de rocha a ser beneficiada, além disso, fica claro que o beneficiamento com fio diamantado adiciona muito menos Fe ao resíduo do que o beneficiamento com granalha. Essa inferência é corroborada por Vidal, Azevedo e Castro (2014), para quem os materiais utilizados durante o corte influenciam diretamente na composição química dos resíduos, podendo conter mais ou menos teores de Fe. Isso porque, segundo Zandonade *et al.* (2015), no corte realizado com lâminas diamantadas não se utiliza granalha e cal, apenas água;

gerando apenas o resíduo de pó da rocha moída mais água.

Com relação ao silício (Si) “é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, mas não aparece de forma isolada; está presente na argila, feldspato, granito, quartzo e areia na forma de dióxido de silício, conhecido como sílica, e também aparece combinado com oxigênio e metais diversos, os silicatos” (FREITAS, 2020, p. 1). Destaca-se também que o silício:

Na agricultura tem papel importante na relação planta-ambiente, proporcionando a elas melhores condições para suportar adversidades climáticas, o solo e biológicas, resultando em aumento da produção e melhor qualidade dos produtos (FREITAS, 2020, p. 1).

Freitas (2020, p. 1) é categórica ao afirmar que:

O silício não é considerado como parte do grupo de nutrientes essenciais ao funcionamento do ponto de vista fisiológico para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais. Estando disponível no solo, ele é absorvido e se acumula na parede celular, diminuindo a perda de água por transpiração, fator de adaptação ao estresse hídrico. Ele promove o fortalecimento de toda a planta, tornando-a resistente ao ataque de insetos e outras pragas, bem como a várias doenças fúngicas.

As análises propiciam arrazoar que o prisma ecológico e a questão de 80% dos adubos serem importados e cotados em dólar encarecem o custo da produção (INFORME PARANÁ COOPERATIVO, 2014; ABRACEEL², 2020). Por isso, a utilização de resíduos de beneficiadoras de rochas ornamentais da região de Adamantina (SP) pode ser ambiental e economicamente vantajosa, especialmente em áreas de agricultura familiar, uma vez que esta apresenta uma dinâmica diferente em relação à produção de alimentos, ou mesmo em áreas urbanas públicas, onde a referência ambiental é de extrema relevância.

Conforme Jadão (comunicação pessoal, 22 de julho de 2021), o uso desse resíduo em solos de parques e praças públicas pode ser opção viável, mesmo que ainda não existam trabalhos realizados no município de São Paulo - SP. Contudo, independente do resíduo utilizado, é obrigatório, por lei municipal, possuir o licenciamento ambiental para aplicação nestes locais.

Conclusão

O resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais, obtido em beneficiadora localizada no município de Adamantina (SP), não pode ser comercializado como remineralizador ou pó-de-rocha, devido ao elevado teor de Si, mas apresenta grande potencial de utilização como fonte alternativa de K, Ca, Mg e S para agricultura de menor *input* tecnológico ou de caráter agroecológico.

Referências

ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. **O setor de rochas ornamentais e de revestimento:** situação atual, demandas e perspectivas frente ao novo marco regulatório da mineração brasileira. 2013.

² ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS COMERCIALIZADORES DE ENERGIA.

- Informe 06/2013. São Paulo: Informe ABIROCHAS, 2013.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15012: Rochas para revestimento de edificações: terminologia. Rio de Janeiro, 2013. 23 p.
- ABRACEEL - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS COMERCIALIZADORES DE ENERGIA. **Produção de fertilizantes em MG esbarra no alto custo de gás natural**. 2020. Associação Brasileira de Rochas Ornamentais. Disponível em: <<https://abraceel.com.br/clipping/2020/07/producao-de-fertilizantes-em-mg-esbarra-no-alto-custo-de-gas-natural/>>. Acesso em 10 fev. 2021.
- BARROS, M. M.; RIBEIRO, R. C. C. **Fertilização e correção de solos utilizando resíduos de rochas ornamentais: estado da arte**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2021. 98p. (Série Tecnologia Ambiental; 116).
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa n. 5, de 10 de março de 2016 (regramento sobre os remineralizadores)**. Brasília: MAPA, 2016.
- BRASIL. Presidência da República. **Lei n. 12.890, de 10 de dezembro de 2013 (remineralizadores)**. Brasília: Casa Civil / Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2013.
- BRITO, R. S.; BATISTA, J. F.; MOREIRA, J. G. V.; MORAES, K. N. O.; SILVA, S. O. Rochagem na agricultura: importância e vantagens para adubação suplementar. **Revista SAJEBTT**, Rio Branco, v. 6, n. 1, p. 528-540, 2019.
- CAMPOS, A. R.; RIBEIRO, R. C. C.; CASTRO, N. F.; AZEVEDO, H. C. A.; CATTABRIGA, L. Resíduos: tratamento e aplicações industriais. In: VIDAL, W. F. H., AZEVEDO, H. C. A.; CASTRO, N. F. **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro: CETEM / MCTI, 2014. p. 431-492.
- CHIODI FILHO, C. **O setor brasileiro de rochas ornamentais**. Brasília: ABIROCHAS, 2018.
- FRASCÁ, M. H. B. O. **Estudos experimentais de alteração acelerada em rochas graníticas para revestimento**. 2003. 282 f. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2003.
- FREITAS, E. R. **Uso de silício e pó de rocha na agricultura**. Campinas: Divisão de Extensão Rural – CDRS / SAA, 2020. Disponível em: <<https://www.cdrs.sp.gov.br/portal/themes/unify/arquivos/produtos-e-servicos/acervo-tecnico/uso-de-silicio.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2021.
- GOBBO, L. A.; MELLO, I. S. C.; QUEIRÓZ, F. C.; FRASCÁ, M. H. B. O. Aproveitamento de resíduos industriais. In: MELLO, I. S. C. **A cadeia produtiva de rochas ornamentais e para revestimento no Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 2004. p. 129-152.
- GUARÇONI M., A.; FANTON, C. J. Resíduo de beneficiamento do granito como fertilizante alternativo na cultura do café. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 16-26, 2011.
- INFORME PARANÁ COOPERATIVO. **Fertilizantes: Brasil tem desafio perene para reduzir dependência do adubo importado**. 2014. Disponível em: <<http://www.paranacooperativo.coop.br/ppc/index.php/sistema-ocepar/comunicacao/2011-12-07-11-06-29/ultimas-noticias/98003-fertilizantes-brasil-tem-desafio-perene-para-reduzir-dependencia-do-adubo-importado>>. Acesso em 10 fev. 2021.
- MACHADO, R. V.; ANDRADE, F. V.; PASSOS R. R.; RIBEIRO, R. C. C.; MENDONÇA, E. S.; MESQUITA, L. F. Characterization of ornamental rock residue and potassium liberation via organic acid application. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 01-13, 2016.
- MELLO, I. S. C. A cadeia produtiva paulista de rochas ornamentais e para revestimento: situações, desafios, e alternativas para inovação e competitividade dos elos de produção. In: MELLO, I. S. C. **A cadeia produtiva de rochas ornamentais e para revestimento no Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 2004. p. 27-80.
- MELLO, R. M. **Utilização do resíduo proveniente do acabamento e manufatura de mármore e granitos como matéria-prima em cerâmica**

- vermelha**. 2006. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências / Tecnologia Nuclear - Aplicações Materiais) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- PENHA, H. G. V.; GUALBERTO, C. A. C. **Remineralizadores de solo: economia para o produtor e produtividade na lavoura**. 2020. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/remineralizadores-de-solo-economia-para-o-produtor-e-produtividade-na-lavoura/>>. Acesso em: 12 jan. 2021.
- SILVEIRA, L. L. L.; VIDAL, F. W. H.; SOUZA, J. C. Beneficiamento de rochas ornamentais. In: VIDAL, F. W. H.; AZEVEDO, H. C. A.; CASTRO, N. F. (Eds.). **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014. p. 327-398.
- SILVEIRA, M. L.; LIMA, F. M. R. S. O uso de pó de rocha fosfática para o desenvolvimento da agricultura familiar no semiárido brasileiro. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007. p. 01-07.
- TOSCANI, R. D. S; CAMPOS, J. E. G. Uso de pó de basalto e rocha fosfatada como remineralizadores em solos intensamente intemperizados. **Revista Geociências**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 259-274, 2017.
- VAN STRAATEN, P. Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 78, n. 4, p. 731-747, 2006.
- VIDAL, F. W. H., AZEVEDO, H. C. A., CASTRO, N. F. **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014.
- ZANDONADE, I. V.; MONACO, P. A. V. L.; SIMON, C. P.; MATOS, A. T. Caracterização dos resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais para fins de potencial uso na agricultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 28, 2015, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2015. p. 01-05.