

## CAPÍTULO 8

---

### Viabilidade técnica da utilização de resíduo do beneficiamento de granito na agricultura

Adriano da Costa Borges, Maurício Novaes Souza, Julia Falqueto Ambrosim, Silvia Aline Bérghamo Xavier, Camila Dutra Pimenta, Esteffany Pereira da Silva, Oseas de Almeida Lima

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-33-6.c8>

#### Resumo

Em 2010, a produção brasileira de rochas ornamentais foi de aproximadamente 9 milhões de toneladas. Em 2018, mesmo com a desaceleração econômica de países importadores, alcançou cerca de 8 milhões de toneladas. Em 2023, a produção brasileira de rochas ornamentais manteve-se estável em relação ao ano anterior, totalizando aproximadamente 10 milhões de toneladas. Desse total, 2,8 milhões de toneladas foram destinadas ao mercado externo, representando uma queda de 7% nas exportações, enquanto 7,2 milhões de toneladas atenderam ao mercado interno, indicando um aumento de 3%. Entre as principais rochas, o granito mantém o Brasil entre os cinco maiores produtores mundiais, com 5,4% da produção global. Essa expressiva produção gera grande quantidade de resíduos, o que tem motivado pesquisas para seu reaproveitamento. O Brasil, grande produtor agropecuário e consumidor de fertilizantes, importa cerca de 70%-85% dos insumos de base NPK. Os resíduos de granito apresentam, em média, 69% de dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ), 15% de alumínio, 3–5% de potássio, sódio e ferro, 1–2% de cálcio e magnésio, além de traços de titânio, fósforo e manganês. Estudos exploram o uso desses resíduos em práticas como a rochagem, que utiliza pós de rochas para fertilização. A aplicação desses resíduos como remineralizadores oferece benefícios ambientais e sociais: reduz impactos ambientais, promove a economia circular e fornece aos agricultores insumos sustentáveis e acessíveis. Essa abordagem também agrega valor às indústrias de rochas ornamentais, transformando resíduos em recursos produtivos.

**Palavras-chave:** Rochas ornamentais. Resíduos industriais. Rochagem. Remineralização. Fertilizantes sustentáveis. Desenvolvimento sustentável. Economia circular.

## 1. Introdução

As rochas ornamentais, amplamente conhecidas por sua estética e aplicação na construção civil, possuem características que as tornam importantes também para a agricultura. Mesmo com composições minerais variadas, essas rochas contêm elementos químicos essenciais para as plantas, como potássio, cálcio, magnésio, silício e micronutrientes. Esses elementos, presentes em diferentes proporções, podem ser disponibilizados ao solo por meio dos resíduos gerados no beneficiamento dessas rochas, permitindo seu uso como fertilizantes naturais. Eles ajudam a reequilibrar o solo e, ao serem liberados de forma lenta e contínua, promovem uma fertilização mais natural e sustentável em comparação aos fertilizantes químicos solúveis.

O processo de transformação das rochas ornamentais em remineralizadores de solo, conhecido como rochagem, envolve a moagem dessas rochas em pó fino, que é então aplicado ao solo. Esses remineralizadores contribuem para a reposição de nutrientes perdidos, tanto pelo processo natural de intemperismo quanto pela absorção pelas culturas agrícolas. Isso resulta em solos mais férteis, equilibrados e com melhor estrutura para o cultivo, promovendo o aumento da produtividade e maior resistência das plantas (Guarçoni; Fanton, 2011; Penha; Gualberto, 2020).

Os resíduos das rochas ornamentais são, assim, uma fonte rica de nutrientes naturais. Seu uso na agricultura ajuda a neutralizar a acidez do solo e a adicionar macro e micronutrientes, favorecendo o desenvolvimento saudável das culturas. Além de melhorar a nutrição das plantas, esses remineralizadores têm a vantagem de serem ecologicamente sustentáveis, reduzindo a dependência de fertilizantes químicos comerciais e contribuindo para a preservação ambiental (van Straaten, 2006; Barros; Ribeiro, 2021).

Os remineralizadores podem aumentar a atividade microbiológica no solo, melhorar a estrutura física (como aeração e retenção de água) e ajudar a prevenir a acidificação excessiva. São considerados uma alternativa promissora dentro da agricultura sustentável e agroecológica, pois promovem a recuperação de solos esgotados de forma mais ecológica e econômica, reduzindo a dependência de insumos externos.

Esse tipo de manejo é considerado uma alternativa mais sustentável e ecológica, uma vez que aproveita os resíduos do beneficiamento de rochas ornamentais, que de outra forma poderiam contaminar solos e cursos d'água. Ao utilizá-los de forma racional, a rochagem promove uma agricultura mais equilibrada e sustentável, ao mesmo tempo em que melhora a fertilidade dos solos (Toscani; Campos, 2017; Brito *et al.*, 2019).

Assim, as rochas ornamentais vão além de sua função estética e decorativa, destacando-se também pelo potencial de contribuir para a agricultura sustentável, ajudando a remineralizar os solos e a melhorar a produtividade agrícola.

Os dois maiores polos de extração e beneficiamento de rochas ornamentais no Brasil são os estados do Espírito Santo e Minas Gerais, sendo que o primeiro é responsável por cerca de 40% da produção nacional: em 2010, essa produção foi de aproximadamente 9 milhões de toneladas (Abirochas, 2011). Em 2018, mesmo com a desaceleração da economia dos principais países importadores, chegou a uma produção aproximada de 8 milhões de toneladas, mantendo o Brasil entre os cinco maiores produtores mundiais, representando cerca de 5,4% da produção global (Abirochas, 2019).

Essa indústria é de suma importância para o desenvolvimento socioeconômico do Espírito Santo; entretanto, a extração e o processamento desse material podem causar danos ao meio ambiente quando não há uma gestão correta dos resíduos (Raymundo *et al.*, 2013; Mendonça; Moraes; Oliveira, 2016).

Em consequência dessa produção expressiva, esses estados também geram uma grande quantidade de resíduos sem uma destinação adequada que permita a sustentabilidade do setor. Apesar de haver no Espírito Santo uma instrução normativa (11/2016 do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Espírito Santo – IEMA) para destinação e descarte desses resíduos, como a lama do beneficiamento de rochas ornamentais (LBRO), essa normativa aborda apenas locais e formas de armazenamento (Espírito Santo, 2016).

Assim, o reaproveitamento de resíduos provenientes da mineração se tornou um grande desafio contemporâneo, uma vez que a exploração de

recursos minerais muitas vezes resulta na geração de grandes volumes de resíduos, com potenciais impactos negativos no meio ambiente e na saúde humana. A busca por soluções sustentáveis para o gerenciamento desses resíduos tem sido uma preocupação crescente em diversas áreas, incluindo a indústria de mineração, governos e pesquisadores (Pontes; Stellin Júnior, 2005; Mendonça; Moraes; Oliveira, 2016; Sousa *et al.*, 2018; Torres *et al.*, 2019; Caldeira *et al.*, 2021).

Com o objetivo de minimizar os impactos ambientais negativos causados pelo acúmulo desses resíduos e gerar renda, diversos pesquisadores têm trabalhado em projetos que visam o reaproveitamento desses materiais como matéria-prima para obtenção de outros produtos, principalmente na construção civil. Os resíduos mais pesquisados e empregados nessa área são os do beneficiamento de granito (Theodoro *et al.*, 2012; Santos *et al.*, 2016; Schwantes *et al.*, 2017; Lucas *et al.*, 2019; Barbieri *et al.*, 2021; Maia *et al.*, 2021).

Nos últimos anos, no entanto, foram realizadas diversas pesquisas para o uso desses resíduos em outras áreas, como na produção agropecuária, grande consumidora de insumos fertilizantes, estando entre os principais da agricultura moderna os de base NPK. No Brasil, cerca de 70% desses fertilizantes são importados (Theodoro *et al.*, 2012; Lucas *et al.*, 2019; Barbieri *et al.*, 2021; Maia *et al.*, 2021).

As pesquisas voltadas à produção agrícola têm demonstrado interesse em resíduos de granito no processo de rochagem, prática que, segundo Santos e Reichert (2018) e Barbieri *et al.* (2021), apesar de antiga, ainda é pouco utilizada no país. A rochagem consiste em aplicá-los como remineralizadores do solo, geralmente como medida corretiva para recuperar a fertilidade, especialmente em solos tropicais, que apresentam alta taxa de degradação.

Essa prática foi incentivada pela regulamentação da Lei n. 12.890, de 10 de dezembro de 2013, que incluiu os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à produção agrícola (Brasil, 2013).

O objetivo deste capítulo é destacar algumas alternativas que vêm sendo estudadas para o reaproveitamento dos resíduos do beneficiamento de granito de modo geral, com foco principal na produção agrícola.

As principais aplicações de resíduos de granito incluem cerâmicas, argamassas, tijolos de solo-cimento, ladrilhos hidráulicos, pavimentos asfálticos, lã mineral, vidros, concreto autoadensável, concretos e uso agrícola. O presente trabalho, no entanto, concentra-se nesse último.

No Brasil, o uso de remineralizadores tem crescido com o incentivo da Política Nacional de Fertilizantes e a aprovação de leis que regulamentam seu uso, como a Lei dos Fertilizantes de 2013 (Lei 12.890)

## **2. Uso agrícola (Rochagem)**

Nos últimos 100 anos, a agricultura brasileira experimentou um crescimento significativo em produtividade, impulsionado principalmente pelas inovações tecnológicas decorrentes de pesquisas voltadas para o manejo do solo e o uso de fertilizantes. A pesquisa em fertilidade do solo tem sido um dos fatores fundamentais para esse desenvolvimento, ao introduzir práticas que promovem o uso eficiente de corretivos e fertilizantes. Essas inovações, além de aumentar a produtividade, também geram benefícios diretos para a qualidade do solo, favorecendo sua saúde e capacidade de sustentar cultivos no longo prazo (Lopes; Reis; Guimarães, 2017).

O uso adequado de fertilizantes não apenas melhora a produtividade agrícola, mas também desempenha um papel importante na preservação ambiental. Isso ocorre ao proteger áreas de florestas nativas, fauna e flora, ao mesmo tempo em que otimiza o uso de terras já cultivadas (Loureiro; Pereira; Silva, 2008). Fertilizantes como o potássio, aplicado na forma de sais como o KCl, ajudam a corrigir deficiências nutricionais do solo, garantindo o crescimento saudável das plantas. O potássio desempenha funções essenciais, como a melhoria da qualidade das proteínas nas plantas, a redução da incidência de doenças e a melhora na resistência ao estresse abiótico, como o frio. Contudo, sua aplicação deve ser feita com cuidado, uma vez que a alta solubilidade dos sais pode levar a perdas por lixiviação, diminuindo a eficiência e impactando negativamente o solo no longo prazo (Teixeira *et al.*, 2010).

## 2.1. Rochagem e a fertilização do solo

Com o objetivo de atender às necessidades industriais e ambientais contemporâneas, a aplicação de resíduos de rochas na agricultura, prática conhecida como rochagem, pode promover a fertilidade do solo sem comprometer a sustentabilidade ambiental. Esses resíduos são abundantes em nutrientes como fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), além de outros micronutrientes, e oferecem uma alternativa para a nutrição das plantas. A rochagem é caracterizada como uma estratégia de revitalização para solos com baixa fertilidade (Oliveira; Queiróz; Ribeiro, 2010) (Figura 1).



**Figura 1.** Rochagem como opção para melhorar a fertilidade do solo. Fonte: <https://revistacampoenegocios.com.br/rochagem-e-boa-opcao-para-melhorar-a-fertilidade-do-solo/>, 2024.

No contexto brasileiro, onde os fertilizantes químicos são amplamente utilizados e majoritariamente importados, práticas como a rochagem têm o potencial de fortalecer a autonomia dos agricultores, promovendo segurança alimentar e sustentabilidade econômica. A utilização de fontes locais e renováveis reduz os custos de produção e minimiza os impactos ambientais, como a poluição de corpos d'água e as emissões de gases de efeito estufa associadas à produção e transporte de fertilizantes químicos. Estudos como os de Schwantes *et al.* (2017), Alovisi *et al.* (2020) e Barbieri *et al.* (2021) demonstram o potencial do uso de pós de rochas ornamentais, como o granito,

na remineralização do solo, destacando sua eficiência em liberar nutrientes ao longo do tempo.

A prática da rochagem, além de ser sustentável, pode ser adaptada a diferentes manejos agrícolas para aperfeiçoar a liberação de nutrientes, tornando-a uma técnica versátil e eficaz. Ao ser incorporado a sistemas agrícolas que utilizam práticas conservacionistas, como a rotação de culturas e o uso de plantas de cobertura, a rochagem contribui para a melhoria da estrutura do solo, o aumento da matéria orgânica e a promoção de um sistema agrícola mais resiliente.

## **2.2. Rochagem e a correção da acidez**

Uma das práticas mais importantes para garantir a eficiência dos fertilizantes em solos tropicais, naturalmente ácidos, é a correção da acidez do solo. Tradicionalmente, essa correção tem sido feita com o uso de calcário. Entretanto, estudos indicam a viabilidade de materiais corretivos alternativos, como o pó gerado a partir do beneficiamento de rochas ornamentais (Machado *et al.*, 2009). Esses resíduos, além de constituírem uma solução sustentável para o descarte inadequado de materiais, possuem o potencial de neutralizar a acidez do solo, tornando-o mais adequado para a absorção de nutrientes e, conseqüentemente, melhorando sua fertilidade.

A aplicação de pó de rocha no solo, prática também conhecida como rochagem, proporciona benefícios notáveis. Além de corrigir a acidez, esses materiais contribuem para a reposição de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas. O uso de minerais como as micas flogopita e vermiculita, por exemplo, apresenta-se como uma alternativa eficaz para complementar a fertilização, fornecendo potássio de forma mais gradual e menos propensa à lixiviação (Teixeira *et al.*, 2010).

Dessa forma, o uso de resíduos de rochas ornamentais para a correção do solo oferece uma solução dupla: promove a sustentabilidade ao reduzir a dependência de corretivos convencionais e fertilizantes químicos, além de aproveitar subprodutos da indústria de rochas ornamentais que, de outra forma, seriam descartados de forma prejudicial ao meio ambiente. Essa prática, além

de melhorar a saúde do solo, contribui para a redução dos custos de insumos agrícolas, promovendo uma agricultura mais sustentável e eficiente (Figura 2).



**Figura 2.** Com análises é possível conhecer os teores do solo e recomendar a calagem para correção da acidez. Fonte: <https://jeffersondealmeida.com.br/remineralizacao-de-solo-e-realidade-em-ms/>.

### 2.3. Rochagem e o processo de formação do solo

A rochagem não deve ser encarada apenas como um processo de produção de remineralizantes e fertilizantes para o solo, mas como um processo de formação do solo (Brito *et al.*, 2019). Trata-se de um legado significativo para as gerações futuras, proporcionando a construção de um sistema mais racional e uma agricultura sustentável.

O solo é considerado a base da produção agropecuária e da manutenção da vida terrestre. Para que apresente uma melhor produtividade ao longo do tempo, são necessárias correções e fertilizações (Alovisi *et al.*, 2020). Na Figura 3, observa-se uma área de pastagem em processo de degradação, por não receber correção ou fertilização por mais de 60 anos.

Os solos tropicais frequentemente enfrentam desafios significativos relacionados à degradação e baixa fertilidade, causados por diversos fatores. Entre os principais, destacam-se a remoção excessiva de nutrientes durante as colheitas, a erosão do solo e a perda de matéria orgânica. A matéria orgânica é fundamental para a manutenção da fertilidade, pois melhora a estrutura do solo,

aumenta sua capacidade de retenção de água e promove a atividade microbiana benéfica, essencial para os ciclos de nutrientes (Santos; Santos; Reichert, 2018; Monteiro *et al.*, 2023; Souza, 2023).



**Figura 3.** Área de pastagem em processo de degradação. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

Quando o solo é explorado de maneira inadequada, como no uso intensivo sem a adoção de práticas de manejo sustentável, esses problemas podem se intensificar. A ausência de estratégias de conservação e a falta de reposição adequada dos nutrientes extraídos pelas culturas contribuem para o empobrecimento progressivo do solo. Um dos desafios mais marcantes em regiões de clima tropical é a lixiviação, processo no qual nutrientes solúveis são lavados para camadas mais profundas do solo, tornando-os indisponíveis para as plantas. Esse fenômeno é agravado pela alta intensidade de chuvas, característica comum nessas regiões, que promove a perda de nutrientes como N, K e Ca. A Figura 6 ilustra os impactos da lixiviação em áreas agrícolas mal manejadas.

A adoção de práticas de manejo sustentável é fundamental para mitigar esses problemas. Técnicas como a aplicação de adubação orgânica, a incorporação de matéria orgânica, o uso de culturas de cobertura, a rotação de culturas e a correção da acidez do solo são estratégias eficazes para reduzir os efeitos da lixiviação e melhorar a retenção de nutrientes. Além disso, o uso de remineralizadores de solo, como os pós de rocha, pode ser uma alternativa

sustentável para enriquecer o solo com nutrientes de liberação gradual, reduzindo a dependência de fertilizantes solúveis e minimizando perdas por lixiviação. Dessa forma, é possível promover a resiliência dos solos tropicais, garantindo sua produtividade em longo prazo e contribuindo para a sustentabilidade agrícola (Figura 4).



**Figura 4.** Área de pastagem com elevada taxa de lixiviação, erosão, formação de ravinas e voçorocas. Fonte: Acervo Maurício Novaes, 2023.

#### **2.4. Multiplicidade de funções da rochagem**

Ou seja, a adoção de técnicas inovadoras, como o uso de resíduos de rochas ornamentais na correção do solo, surge como uma solução promissora para os desafios enfrentados pela agricultura moderna, sobretudo em regiões tropicais. Essas práticas representam alternativas eficazes aos fertilizantes químicos tradicionais, muitas vezes importados e de alto custo, promovendo uma abordagem mais sustentável e economicamente viável. Além disso, o aproveitamento de materiais descartados, como o pó de rocha, está alinhado aos princípios da economia circular, reduzindo o impacto ambiental associado ao descarte inadequado desses resíduos.

Uma das grandes vantagens dessa abordagem é a capacidade dos resíduos de rochas ornamentais de corrigirem a acidez do solo, um problema frequente em regiões tropicais. Solos ácidos limitam a disponibilidade de nutrientes essenciais para as plantas, reduzindo a eficiência dos fertilizantes aplicados. Ao utilizar esses resíduos, é possível não apenas neutralizar a acidez,

mas também fornecer micronutrientes de maneira gradual e equilibrada, prolongando os benefícios ao longo do ciclo de cultivo. Essa liberação lenta de nutrientes, característica dos materiais remineralizadores, contribui para uma fertilização mais eficiente, menor dependência de insumos químicos e maior competitividade agrícola.

O histórico da agricultura moderna, marcado pela Revolução Verde, trouxe inovações significativas, mas também desafios, como a degradação acelerada do solo, a dependência de insumos químicos e os impactos ambientais negativos. Esses fatores reforçam a necessidade de repensar os sistemas produtivos, buscando alternativas que combinem eficiência econômica e responsabilidade ambiental. Conforme destacado por Monteiro *et al.* (2023) e Souza (2023), a abordagem integrada de conservação do solo, manejo de nutrientes e uso sustentável de recursos naturais é essencial para garantir a produtividade agrícola em longo prazo, preservando a biodiversidade, a qualidade da água e a saúde do solo.

Nesse cenário, o uso de resíduos de rochas ornamentais e outras fontes remineralizadoras surgem como uma estratégia relevante para enfrentar os desafios da degradação e baixa fertilidade dos solos tropicais. Ao integrar essas práticas ao manejo agrícola, governos, pesquisadores, agricultores e sociedade podem contribuir para um sistema agrícola mais sustentável, resiliente e alinhado às demandas socioambientais globais (Figura 5).



**Figura 5.** Pó de rocha é mais barato e pode ser usado em diversas culturas. Fonte: Guto Silveira (Embrapa).

Em resumo, a rochagem ou remineralização do solo é uma prática de manejo agrícola que envolve a aplicação de pós de rochas diretamente sobre o solo, visando melhorar suas propriedades físicas e químicas. Essa técnica busca corrigir a acidez do solo, liberar nutrientes de forma gradual e promover interações benéficas entre os minerais presentes nas rochas e os microrganismos do solo, estimulando um ambiente propício ao crescimento das plantas. Embora a técnica tenha suas raízes em práticas antigas, como a calagem (com calcário) e a fosfatagem (com fósforo), ela se configura como uma alternativa moderna e sustentável para melhorar a fertilidade dos solos degradados e promover sua recuperação.

De acordo com Neves *et al.* (2021), o uso de pós de rochas na remineralização enfrenta um desafio devido à diversidade de composições das rochas, que variam conforme a espécie e os processos geológicos a que foram submetidas até serem descartadas como rejeito. Essa diversidade pode dificultar a aplicação uniforme de minerais essenciais ao solo, uma vez que cada tipo de rocha pode oferecer diferentes concentrações de elementos. No entanto, apesar dessas variabilidades, a técnica continua a ser considerada uma solução valiosa para a melhoria da fertilidade dos solos, especialmente em regiões com solos intemperizados e de baixa fertilidade.

## **2.5. A Rochagem e a recuperação de áreas degradadas**

A rochagem não só contribui para a remineralização de solos degradados, como também pode ser vista como uma forma de rejuvenescimento do solo. Como os resíduos rochosos são, em sua essência, formados pela decomposição de rochas, eles carregam elementos essenciais para a manutenção da fertilidade do solo, o que torna a técnica uma abordagem integral e natural para melhorar o solo a longo prazo. Theodoro *et al.* (2012) destacam que, ao contrário dos fertilizantes químicos, a rochagem fornece nutrientes de maneira gradual e prolongada, o que reduz a necessidade de aplicações frequentes e intensivas, promovendo uma abordagem mais sustentável.

No Brasil, a rochagem tem ganhado destaque devido à grande diversidade geológica do território e à crescente demanda por fertilizantes químicos. O uso

de resíduos do beneficiamento de rochas, como o granito, apresenta-se como uma alternativa promissora, especialmente considerando os altos custos e os impactos ambientais dos fertilizantes químicos. Diversas pesquisas, incluindo estudos de Brito *et al.* (2019), têm demonstrado resultados positivos, especialmente no Estado do Espírito Santo, que possui uma significativa produção de granito. Esses resíduos apresentam uma composição mineral rica em dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ), alumínio, potássio, sódio, ferro, cálcio e magnésio, elementos que são fundamentais para a melhoria da fertilidade do solo. De forma geral, os resíduos de granito apresentam uma média de 69% de  $\text{SiO}_2$ , cerca de 15% de alumínio, e de 3 a 5% de potássio, sódio e ferro, com cálcio e magnésio variando entre 1 a 2%. Elementos como titânio, fósforo e manganês estão presentes em quantidades menores, abaixo de 1% (Tabela 1).

**Tabela 1.** Composição química média das rochas silicáticas (granitos) mais beneficiadas

	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO	MgO	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	MnO
Média (%)	69,13	14,65	4,84	3,56	3,74	1,90	0,90	0,58	0,25	0,05

Fonte: Adaptado de Neves *et al.*, 2021.

A partir dessa composição, é possível observar que a rochagem com resíduos de granito tem o potencial de fornecer um conjunto diversificado de nutrientes essenciais para as plantas, melhorando a qualidade do solo e promovendo o crescimento sustentável das culturas. Além disso, ao utilizar resíduos de rochas, como o granito, o processo de rochagem também contribui para a redução do impacto ambiental gerado pelo descarte inadequado desses materiais, alinhando-se aos princípios da economia circular.

Portanto, a rochagem surge não apenas como uma técnica de correção e remineralização do solo, mas também como uma alternativa sustentável e eficaz para a agricultura brasileira, ajudando a melhorar a produtividade das lavouras, reduzir a dependência de fertilizantes químicos importados e promover práticas agrícolas mais responsáveis e ambientalmente amigáveis.

A eficácia dos pós de rochas como fertilizantes depende de uma série de fatores, incluindo o tipo de rocha utilizada, as condições específicas do solo e as práticas agrícolas empregadas. Embora o uso de resíduos de rochas ornamentais, como o granito, seja promissor, a taxa de liberação de nutrientes desses pós tende a ser mais lenta do que a dos fertilizantes solúveis. Isso significa que, ao adotar a rochagem, os agricultores devem planejar cuidadosamente a aplicação para garantir que as necessidades nutricionais das plantas sejam atendidas de maneira contínua ao longo de seu ciclo de crescimento (Figura 6).



**Figura 6.** Rochagem como corretivo de acidez e fertilizante em procedimento de recuperação de áreas degradadas. Souza, 2023.

## **2.6. Rochagem: benefícios e limitações**

Pesquisas contínuas sobre a remineralização do solo são fundamentais para compreender melhor os benefícios e as limitações dessa prática. Embora os pós de rochas tenham o potencial de melhorar a fertilidade do solo e contribuir para a sustentabilidade agrícola, sua aplicação eficaz exige um conhecimento mais aprofundado das variáveis envolvidas, como as características geológicas das rochas utilizadas, as condições de pH do solo e as necessidades específicas das culturas. Além disso, é importante entender como a interação entre os minerais liberados pelas rochas e os microrganismos do solo pode influenciar a disponibilidade dos nutrientes ao longo do tempo.

O desenvolvimento de diretrizes práticas baseadas em pesquisas específicas sobre os diferentes tipos de rochas e as condições locais de solo pode ajudar a maximizar os benefícios da rochagem. Por exemplo, a composição dos resíduos de rochas pode variar significativamente de acordo com o tipo de processo de beneficiamento, como o processo de serragem, que pode afetar a quantidade de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e cálcio ( $\text{CaO}$ ) presentes nos resíduos, como evidenciado pela Tabela 2. Esses elementos podem ter impactos distintos sobre a fertilidade do solo, dependendo da forma e da quantidade em que estão presentes.

**Tabela 2.** Composição química média dos resíduos de granitos após a serragem

	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{MnO}$
Média	62,50	12,37	4,40	2,73	11,03	4,15	0,93	0,59	0,27	0,12
(%)										

Fonte: Adaptado de Neves *et al.*, 2021.

Assim, a utilização de pós de rochas na agricultura deve ser tratada com uma abordagem personalizada, levando em consideração as condições específicas de cada local e as necessidades das culturas. Com o tempo, e com base nas descobertas científicas, é possível aperfeiçoar as técnicas de rochagem e integrá-las de forma mais eficiente nas estratégias de manejo sustentável do solo. Isso não apenas contribuirá para a promoção da saúde do solo, mas também ajudará a aumentar a produtividade agrícola e a promover práticas de conservação ambiental de maneira mais equilibrada e sustentável (Alovisi *et al.*, 2020).

Portanto, apesar de seus desafios e limitações, a rochagem se configura como uma ferramenta valiosa para a agricultura sustentável, permitindo que os agricultores se tornem menos dependentes de fertilizantes químicos, ao mesmo tempo em que ajudam a restaurar e preservar a saúde do solo para as gerações futuras.

A serragem dos blocos de rocha para a produção de chapas gera resíduos de diferentes granulometrias, com destaque para a alta quantidade de partículas menores que 45  $\mu\text{m}$ . Esse fenômeno é observado tanto em processos convencionais com lâminas quanto no uso de multifios diamantados, que, além de reduzir perdas e resíduos, promove uma maior eficiência na serragem, com um controle mais preciso sobre a composição dos resíduos gerados. No caso dos multifios, isso resulta em um aumento da produtividade e uma redução no consumo de recursos, como energia e mão de obra, além de possibilitar um maior aproveitamento dos resíduos em outras aplicações, incluindo na agricultura.

## **2.7. Rochagem e os impactos da granulometria**

Os resíduos da serragem do granito contêm nutrientes importantes para o crescimento das plantas, como potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), que podem contribuir para a melhoria da fertilidade do solo. De acordo com Bertossi *et al.* (2012), a baixa granulometria desses resíduos oferece um grande potencial de utilização agrícola, pois pode aumentar a reatividade no solo e a velocidade de solubilização dos nutrientes, facilitando sua absorção pelas plantas. Essa característica é particularmente relevante para a produção vegetal, pois o potássio trocável presente nos resíduos pode beneficiar o crescimento das plantas de forma gradual.

Entretanto, essa baixa granulometria também tem implicações no comportamento do solo, especialmente em relação à sua condutividade hidráulica. Resíduos finos, ao diminuir o tamanho dos poros no solo, podem alterar a velocidade de penetração da água, o que, por sua vez, impacta o transporte de nutrientes e a lixiviação. Isso pode afetar o equilíbrio do solo, principalmente em solos mais argilosos ou compactados, onde a infiltração da água é limitada. Contudo, conforme observado nas análises de Bertossi *et al.* (2012), até 40% de resíduos no solo não apresentaram níveis críticos, sendo classificados como "Moderados" na escala de impacto, o que indica que não há restrições significativas ao uso dessa quantidade de resíduos na rochagem.

## 2.8. Rochagem e a liberação de nutrientes

No que tange à liberação de nutrientes, a rochagem tem a vantagem de ser um processo de fertilização mais sustentável, pois a liberação dos nutrientes ocorre de forma mais lenta, permitindo um efeito prolongado. Theodoro (2000) destaca que essa liberação gradual é uma característica positiva, pois evita o desperdício de recursos e não compromete negativamente o equilíbrio ambiental, como pode ocorrer com fertilizantes solúveis, cujos nutrientes são rapidamente lixiviados e podem causar contaminação de águas e do solo.

No entanto, a baixa solubilidade dos nutrientes presentes nos pós de rochas pode ser um desafio para sua aplicação eficaz como fertilizantes. Segundo Camara *et al.* (2021), a solubilidade limitada implica que os nutrientes sejam disponibilizados de forma mais lenta, o que pode ser uma limitação no início do ciclo de cultivo, quando as plantas exigem nutrientes de forma mais imediata. Para superar esse desafio, é importante explorar estratégias que favoreçam tanto a solubilidade quanto a liberação gradual dos nutrientes. Algumas dessas abordagens incluem a combinação dos pós de rochas com outros aditivos que possam acelerar o processo de solubilização, o uso de práticas de manejo que melhorem a dinâmica do solo, ou o desenvolvimento de tecnologias que aumentem a eficiência da liberação dos nutrientes.

Entre as estratégias que podem ser exploradas para otimizar a utilização de pós de rochas, algumas sugestões apontadas por Santos *et al.* (2016), Schwantes *et al.* (2017), Lucas (2019) e Barbieri *et al.* (2021) incluem a aplicação de tratamentos térmicos, a modificação da composição mineral das rochas ou a incorporação de microrganismos que possam favorecer a liberação de nutrientes, além da busca por práticas agrícolas que maximizem a reatividade e a disponibilidade desses nutrientes no solo. Com essas estratégias, é possível aprimorar o uso de pós de rochas, tornando-os mais eficientes na suplementação de nutrientes essenciais à fertilidade do solo, contribuindo para a sustentabilidade na agricultura:

✓ **Tratamento Físico e Químico:** processos de moagem mais fina ou tratamentos químicos podem ajudar a aumentar a solubilidade dos nutrientes nas rochas, acelerando sua disponibilidade no solo;

- ✓ **Uso Consorciado:** a combinação de pós de rochas com outras fontes de nutrientes, como fertilizantes orgânicos ou inorgânicos de liberação rápida, pode criar um equilíbrio entre a liberação imediata e gradual de nutrientes, atendendo às necessidades das plantas em diferentes estágios de crescimento;
- ✓ **Microrganismos Benéficos:** a presença de microrganismos benéficos no solo pode desempenhar um papel na decomposição dos minerais das rochas e na liberação gradual dos nutrientes;
- ✓ **Formulações Específicas:** pesquisas contínuas podem levar ao desenvolvimento de formulações específicas que acelerem a solubilidade dos nutrientes em pós de rochas, tornando-os mais eficazes como fontes de nutrientes;
- ✓ **Aplicação Adequada:** a aplicação de pós de rochas deve ser planejada de acordo com as necessidades da cultura e as características do solo, levando em consideração a liberação gradual de nutrientes ao longo do tempo.

## 2.9. Rochagem e novas pesquisas

A realização de mais pesquisas sobre o uso de pós de rochas como fertilizantes e sua interação com o solo e as plantas é fundamental para maximizar seu potencial como fonte de nutrientes. Avançar no entendimento da liberação gradual dos nutrientes e dos impactos ambientais da rochagem pode abrir caminho para soluções inovadoras, capazes de superar os desafios da baixa solubilidade e tornar a agricultura mais sustentável e resiliente. Além disso, conforme observado por Santos *et al.* (2014) *apud* Brito *et al.* (2019), o silício presente nos resíduos de rochas pode não apenas contribuir para a nutrição das plantas, mas também aumentar sua resistência a pragas e doenças, oferecendo um benefício adicional para a produção agrícola.

O trabalho de Santos, Santos e Reichert (2018) com resíduos de corte de granito (RCG) associado à macrófita *Eichhornia crassipes* (aguapé) demonstrou que a aplicação desses resíduos no solo pode aumentar a capacidade de troca de cátions (CTC), um indicador importante da qualidade do solo. A CTC é um parâmetro fundamental para a nutrição das plantas, pois reflete a capacidade do solo em reter e disponibilizar nutrientes essenciais para o crescimento das

culturas. Esse achado reforça o potencial dos resíduos da serragem de granito em melhorar tanto as propriedades físicas quanto as químicas do solo, um benefício crucial no manejo sustentável dos solos agrícolas.

Embora os resíduos de rochas possam contribuir para a correção do pH do solo, é fundamental ressaltar que eles não devem ser utilizados como a única fonte para esse ajuste. A alteração do pH é um processo delicado e que pode exigir ajustes mais precisos, como o uso de calcário, que é amplamente recomendado para a correção do pH de solos ácidos. A aplicação de calcário garante uma elevação mais eficiente e controlada do pH, proporcionando as condições ideais para a absorção de nutrientes pelas plantas e, conseqüentemente, seu bom desenvolvimento. Isso foi enfatizado por Souza *et al.* (2013), que destacam a necessidade de combinar diversas fontes para uma correção eficaz do pH do solo. Dessa forma, embora os resíduos de rochas apresentem grande potencial, sua utilização deve ser feita de forma complementar e planejada, levando em consideração as características específicas de cada solo e as necessidades das plantas cultivadas.

## **2.10. Rochagem: aspectos ambientais, econômicos e sociais**

Do ponto de vista mais abrangente, a prática de rochagem com resíduos de granito pode ter impactos positivos nos aspectos sociais, ambientais e econômicos, especialmente se considerada dentro de um contexto agroecológico. A seguir, alguns pontos-chave devem ser destacados:

✓ **Aspectos Ambientais:** A rochagem contribui para a melhoria da qualidade do solo, a retenção de nutrientes e a redução da necessidade de fertilizantes químicos, o que, por sua vez, pode minimizar os impactos ambientais negativos, como a contaminação da água e a degradação do solo. Além disso, o uso de resíduos de granito pode reduzir a quantidade de resíduos sólidos gerados na indústria de rochas ornamentais, promovendo a economia circular.

✓ **Aspectos Econômicos:** O aproveitamento de resíduos do corte de granito oferece uma alternativa mais econômica e sustentável para os produtores rurais, especialmente em regiões com escassez de fertilizantes químicos ou altos

custos de insumos. O uso desses resíduos pode reduzir os custos de produção, além de agregar valor a um material que, de outra forma, seria descartado.

✓ **Aspectos Sociais:** A adoção de práticas como a rochagem pode beneficiar os agricultores locais, proporcionando-lhes uma alternativa de fertilização mais acessível e sustentável. Além disso, pode contribuir para a criação de novos empregos e o fortalecimento de cadeias produtivas locais, desde a produção até a aplicação dos resíduos de rocha.

Com o avanço das pesquisas e a aplicação mais generalizada da rochagem com resíduos de granito, é possível promover um desenvolvimento agroecológico mais eficiente e sustentável, que integre as dimensões ambientais, sociais e econômicas de forma equilibrada. Esse tipo de abordagem pode contribuir para a construção de um sistema agrícola mais resiliente e adaptado aos desafios atuais da sustentabilidade:

✓ **Desenvolvimento Agroecológico:** a prática de rochagem com resíduos de granito pode ser considerada uma estratégia agroecológica, uma vez que promove a utilização de recursos naturais de forma sustentável e busca harmonizar as interações entre os sistemas agrícolas e o ambiente;

✓ **Acessibilidade e Difusão:** sendo uma tecnologia de fácil aplicação, a rochagem pode ser facilmente difundida entre os pequenos produtores de alimentos. Isso ajuda a democratizar o acesso a práticas sustentáveis de manejo do solo, beneficiando comunidades rurais e contribuindo para a segurança alimentar;

✓ **Redução de Rejeitos:** o reaproveitamento dos resíduos de granito provenientes de processos industriais ajuda a diminuir os rejeitos, promovendo uma gestão mais eficiente de recursos e contribuindo para a redução do impacto ambiental das indústrias de rochas;

✓ **Prevenção da Contaminação:** a rochagem pode ajudar a prevenir a contaminação das reservas de água pela lixiviação excessiva de fertilizantes químicos solúveis, contribuindo para a preservação da qualidade da água potável;

✓ **Baixo Custo:** a prática de rochagem geralmente possui um custo menor em comparação com os métodos tradicionais de uso de fertilizantes químicos

solúveis. Isso pode aliviar a pressão financeira sobre os pequenos produtores e tornar a agricultura mais acessível;

✓ **Impactos Positivos Múltiplos:** a adoção da rochagem pode levar a impactos positivos nas esferas ambiental, econômica e de produtividade. Isso inclui a melhoria da fertilidade do solo, a redução da dependência de fertilizantes químicos, o fortalecimento da resiliência dos ecossistemas agrícolas e a promoção de práticas agrícolas sustentáveis.

Considerando todos esses aspectos, a prática de rochagem com resíduos de granito não apenas aborda questões técnicas de fertilidade do solo, mas também tem o potencial de criar mudanças significativas em comunidades agrícolas, promovendo a sustentabilidade e o desenvolvimento socioambiental em nível local e, possivelmente, até regional. Contribui, ainda, para preceitos bases da Economia Circular, como melhor utilização de recursos naturais, a criação de novos produtos com menos geração de resíduos, reuso, reciclagem, entre outros (Camara *et al.*, 2021).

### 3. Considerações

A produção de rochas ornamentais no Brasil tem impactos que transcendem a indústria da construção civil e da decoração, afetando setores como a agricultura e a busca por práticas sustentáveis. A geração de resíduos dessa produção, como o granito, representa um desafio significativo, mas a busca por alternativas de reaproveitamento desses materiais é uma abordagem louvável, pois mitiga impactos ambientais e sociais, além de promover a economia circular, reintroduzindo os resíduos na cadeia produtiva como recursos.

É fundamental uma análise profunda e informada sobre a importância e os benefícios potenciais do uso de resíduos de rochas ornamentais na agricultura. O uso desses resíduos oferece uma solução sustentável e abrangente, abordando desafios ambientais, sociais e econômicos. Entre os principais benefícios, destaca-se o impacto ambiental positivo, pois o reaproveitamento desses resíduos contribui para a redução do descarte inadequado e mitiga os

danos ambientais. Além disso, ao promover a reciclagem, essa prática fomenta a economia circular.

Outro ponto relevante é a segurança alimentar, que deve ser uma prioridade em qualquer processo de reaproveitamento. A pesquisa cuidadosa é essencial para garantir que os resíduos de rochas ornamentais não tragam riscos para o solo, as plantas ou a água, assegurando a qualidade e a segurança dos produtos agrícolas. Além disso, a substituição de fertilizantes importados por fontes nacionais, como os resíduos de rochas, oferece uma grande vantagem para a economia e a autonomia do país, reduzindo os impactos ambientais causados pela produção e transporte desses insumos.

A prática de rochagem se alinha também aos princípios da agroecologia e da sustentabilidade, promovendo a resistência do solo e a resiliência dos ecossistemas. Como uma estratégia de fertilização, ela favorece a interação harmoniosa entre o sistema agrícola e o ambiente, contribuindo para a saúde do solo em longo prazo. Nesse contexto, o uso de resíduos de rochas ornamentais pode ser considerado um exemplo de desenvolvimento sustentável, beneficiando as indústrias, os agricultores e o meio ambiente.

Por fim, é imprescindível a realização de pesquisas contínuas para determinar as proporções ideais e os métodos mais eficazes de aplicação desses resíduos, garantindo que seus benefícios sejam maximizados sem comprometer a saúde do solo, das plantas e da água. Em suma, a rochagem com resíduos de rochas ornamentais não é apenas uma alternativa técnica, mas tem o potencial de promover mudanças significativas e positivas em diversos aspectos da sociedade, da economia e do meio ambiente. A combinação de conhecimento técnico com considerações sociais, econômicas e ambientais é essencial para garantir a execução bem-sucedida e responsável dessa abordagem.

#### 4. Referências

ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais; MONTANI, C. (Org.). **XXX Relatório mármore e rochas no mundo 2019 - Dossiê Brasil 2019**. Brasília: Aldus Casa di Edizioni in Carrara (IT), 2019. Disponível em:

<[https://abirochas.com.br/wpcontent/uploads/2022/01/Dossier\\_Brazil\\_2019-mailing.pdf](https://abirochas.com.br/wpcontent/uploads/2022/01/Dossier_Brazil_2019-mailing.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2022.

ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. **Síntese das exportações e importações brasileira de rochas ornamentais e de revestimentos em 2010**, 2011, informe n. 1. Disponível em: <[http://www.ivolution.com.br/mais/fotos/6/17/1124/Exporta\\_Junho2010.pdf](http://www.ivolution.com.br/mais/fotos/6/17/1124/Exporta_Junho2010.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2011.

ALOVISI, A. M. T. *et al.* Rochagem como alternativa sustentável para a fertilização de solos. **Revista Gestão e Sustentabilidade**, Florianópolis, v. 9, n. esp., p. 918-932, 2020. DOI: 10.19177/rgsa.v9e012020918-932

BARBIERI, R. F. *et al.* Utilização de rejeito de mineração na recomposição de solos degradados e na fertilização de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 45, 2021.

BARROS, L. C.; RIBEIRO, R. A. O uso de remineralizadores de solo na agricultura. **Estudos Agrícolas**, n. 25, p. 120-135, 2021.

BERTOSSI, A. P. A. *et al.* Influência da utilização do resíduo fino de beneficiamento de rochas ornamentais silicáticas na qualidade do solo e da água. **Revista Geociências**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 185-195, 2012. Disponível em: <[https://www.revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/31\\_2/Art04\\_Bertossi\\_et\\_al.pdf](https://www.revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/31_2/Art04_Bertossi_et_al.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2022.

BRASIL. **Lei n.12.890, de 10 de dezembro de 2013**. Altera a lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 11 dez. 2013.

BRASIL. **Lei n. 12.890, de 10 de dezembro de 2013**. Estabelece normas sobre insumos destinados à agricultura. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, BRASÍLIA, DF, 2013.

BRITO, A. S. *et al.* Rochagem: uma prática sustentável para a remineralização dos solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 43, p. E0190069, 2019.

BRITO, R. S. *et al.* Rochagem na agricultura: importância e vantagens para adubação suplementar. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, Rio Branco, v. 6, n. 1, 2019. ISSN: 2446-4821

CALDEIRA, M. S.; MORAIS, C. A. M.; DIAS, G. S. F.; SILVA, C. G. Avaliação do desempenho mecânico de argamassas produzidas com resíduos de mineração de ferro. **Revista Matéria**, v. 26, n. 1, 2021.

CAMARA, G. R. *et al.* **Utilização de rochas ornamentais ricas em minerais potássicos como fonte alternativa de insumo agrícola via rochagem – Parte I**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2021.

CAMARGOS, U. A. Concreto Auto-Adensável e Autonivelante. **Revista Técnica**, São Paulo, n. 59, p. 04-05, 2002.

CHAUDHARI, P.; GIESSEN, B. C.; TURNBULL, D. Metallic Glasses. **Scientific American**, v. 242, p. 84-96, 1980.

CHIODI FILHO, C. Mercado global de rochas ornamentais e a participação do Brasil. **Economia & Desenvolvimento**, v. 35, p. 45-61, 2018.

COLA, G. P. A.; SIMÃO, J. B. P. Rochagem como forma alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 4, p.15-27, 2012. Disponível em: <<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1132>>. Acesso em: 20 set. 2022.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria de Estado do Meio ambiente e Recursos Hídricos. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Instrução Normativa nº 11 de 11 de outubro de 2016**. Vitória: Diário Oficial dos Poderes do Estado. Disponível em: <https://iema.es.gov.br/Media/iema/>. Acesso em: 21 maio 2021.

GUARÇONI, M. A.; FANTON, C. J. Resíduos de rochas ornamentais como fonte de nutrientes para o solo. **REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIA AGRÍCOLA**, v. 6, p. 36-49, 2011.

LOPES, A. S.; REIS, H. P. G.; GUIMARÃES, G. L. Inovações tecnológicas na fertilidade do solo no Brasil. **CIÊNCIA E PRÁTICA AGRÍCOLA**, V. 17, P. 91-102, 2017.

LOUREIRO, R. S.; PEREIRA, F. N.; SILVA, J. R. A preservação ambiental e os fertilizantes. **REVISTA DE ECOLOGIA APLICADA**, v. 5, p. 45-58, 2008.

LUCAS, Y. *et al.* Application of crushed waste rock as a soil amendment for acidified agricultural soil. **Journal of Environmental Management**, v. 250, 109555, 2019.

LUOTO, K.; HOLOPAINEN, M.; KANGAS, J.; KALLIOKOSKI, P.; SAVOLAINEN, K. Dissolution of short and long rockwool and glasswool fibers by macrophages in flowthrough cell culture. **Environmental Research**, v. 78, p. 25-37, 1998. ISSN: 0013-9351

MACHADO, A. R.; OLIVEIRA, L. A.; MARTINS, C. C. Uso de resíduos de rochas ornamentais na correção da acidez do solo. **AGRICULTURA SUSTENTÁVEL**, v. 10, p. 35-45, 2009.

MACHADO, A.T. **Estudo comparativo dos métodos de ensaio para avaliação da expansibilidade das escórias de aciaria**. São Paulo: 2000. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Acesso em: 01 out. 2010.

MAIA, C. M. B. F. *et al.* Aplicação de rejeitos de mineração como fonte de nutrientes para plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 45, 2021.

MARABINI, A. M.; PLESCIA, P.; MACCARI, D.; BURRAGATO, F.; PELINO, M. NEw Materials from Industrial and Mining Wastes: Glass-Ceramics and glasses and Rock-Wooll Fibre. **International Journal of Mineral Processing**, v. 53, Issues 1-2, p. 121-134, February 1998.

MARTIN, C. M. M. S. Utilização do Rejeito Oriundo do Corte de Rochas Ornamentais como Agregado Mineral em Pavimentação Asfáltica. *In: XVI JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (JIC)*, 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM, p. 106-112, 2008.

MELLO, L. G. Produção e uso de resíduos de rochas ornamentais em São Paulo. **REVISTA DE GEOLOGIA ECONÔMICA**, v. 15, p. 98-112, 2006.

MENDONÇA, G.; MORAIS, C. A. M.; OLIVEIRA, M. L. S. Reaproveitamento de rejeitos da mineração: proposta de classificação com ênfase em estudos de caso de minério de ferro. **Revista Escola de Minas**, v. 69, n. 2, p. 175-180, 2016.

MIRANDA, R. A. C.; BACARJI, E.; FERREIRA, R. C. Estudo da Aplicação de Resíduo de Beneficiamento de Mármore e Granito em Tijolos de Solo-Cimento. *In: IV Encontro nacional e II Encontro latino-americano sobre edificações e comunidades sustentáveis (ELECS)*, 2007, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande: ANTAC, p. 33-42, 2007.

MONTEIRO, R. J.; OLIVEIRA, K. P. de; LOUBACK, G. C.; CRESPO, A. M.; PERON, I. B.; FIGUEIREDO, J. S. M.; ARAUJO, O. P.; SOUZA, M. N. Ações de proteção do solo: mitigação de impactos ambientais no meio rural. *In: SOUZA, M. N. (Org.) Tópicos em recuperação de áreas degradadas*. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1.c2>

MOREIRA, J. M. S.; FREIRE, M. N.; HOLANDA, J. N. F. Utilização de Resíduo de Serragem de Granito Proveniente do Estado do Espírito Santo em Cerâmica Vermelha. **Cerâmica** [online]. v. 49, n. 312, p. 262-267, 2003.

NASCIMENTO, G. B. do. **Caracterização e utilização de pó-de-pedra em revestimentos para restauração de edificações históricas em estilo art déco**. Belo Horizonte: 2008. 188 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

NEVES, M. A. *et al.* Lama de beneficiamento de rochas ornamentais processadas no Espírito Santo: composição e aproveitamento. **Revista Geociências**, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 123-136, 2021. Disponível em: <<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/15020>>. Acesso em: 20 set. 2022.

OKAMURA, H. Self-compacting High-performance concrete. **Concrete International**, v. 19, n. 7, p. 50-54, 1997.

OKAMURA, H.; OUCHI, M. Self compacting concrete. **Journal of Advanced Concrete Technology**, Tokyo, v. 1, n. 1, p. 5-15, 2003.

OLIVEIRA, G. S. **Utilização de resíduo de rochas ornamentais para produção de cerâmica de revestimento**. Alegre: 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, Espírito Santo, 2017.

OLIVEIRA, C. N. de; QUEIRÓZ, J. P. C.; RIBEIRO, R. C. da C. **Efeito da fertilização do solo com resíduos de rochas ornamentais na qualidade do biodiesel extraído**. Mineralis CETEM, p. 7, 2010.

PENHA, R. M.; GUALBERTO, F. A. A rochagem como alternativa sustentável na agricultura. **AGRONOMIA EM FOCO**, v. 9, p. 65-73, 2020.

PINTO JUNIOR, L. A. B.; GRILLO, F. F.; ARRIVABENE, L. F.; VIEIRA, E. A.; TENÓRIO, J. A. S.; OLIVEIRA, J. R. Adequação da Composição Química da Escória de Aciaria LD para a Fabricação de Cimento Portland. In: 41º Seminário de aciaria internacional, Resende. **Anais...** Resende – RJ, p. 368-379, 2010.

POLESE, M. O.; CARREIRO, G. L.; SILVA, M. G.; SILVA, M. R. Caracterização Microestrutural da Escória de Aciaria. **Revista Matéria** [online]. 2006, v. 11, n. 4, p. 444-454. Disponível em: <<http://www.materia.coppe.ufrj.br/sarra/artigos/artigo10814> >. Acesso em: 28 maio 2010.

PONTES, I. F.; STELLIN JÚNIOR, A. Utilização de Resíduos de Rochas Ornamentais nas Indústrias de Construção Civil. In: XXI Encontro nacional de tratamento de minérios e metalurgia extrativa (XXI ENTMME), 2005, Natal, RN. **Anais...** Natal: ENTMME, p. 607, v. 2, 2005.

RAYMUNDO, V.; NEVES, M. A.; CARDOSO, M. S. N.; BREGONCI, I. S.; LIMA, J. S. S.; FONSECA, A. B. Resíduos de serragem de mármore como corretivo da acidez de solo. In: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 47-53, 2013.

REIS, A. S.; TRISTÃO, F. A. Análise Comparativa das Propriedades Físicas e Mecânicas de Ladrilho Hidráulico Piso Tátil com Aproveitamento de Resíduo de Corte de Granito e Ladrilho Hidráulico Piso Tátil Convencional. In: Encontro nacional sobre aproveitamento de resíduos na construção, 2009, Feira de Santana. **Anais...** Feira de Santana: ENARC, p. 166-178, 2009.

REZENDE, C. C. et al. Microrganismos multifuncionais: utilização na agricultura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, e50810212725, 2021. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/228267/1/rsd-2021.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2022.

ROCHA, C. A. A. **Estudo de concretos com adições minerais de resíduo de corte de rocha e de blocos cerâmicos moídos**. Campos dos Goytacazes:

2008. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2008.

SANTANA, H. **Considerações sobre os nebulosos conceitos e definição de fíler em misturas asfálticas.** In: Reunião anual de pavimentação, 29. Associação Brasileira de Pavimentação, Cuiabá, MT, v. 1, 1995.

SANTOS, G. R. *et al.* Aplicação de resíduo da mineração de calcário na fertilização do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 9, p. 791-796, 2016.

SANTOS, J. F. *et al.* Produção agroecológica de batata em relação à doses de pó de rocha. **Rev. Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 8, n. 1, p. 29-35, 2014.

SANTOS, R. P.; SANTOS, I. B. C.; REICHERT, G. A. Avaliação da Aplicação de Resíduos de Corte de Granito e *Eichhornia Crassipes* em Solos de Baixa Fertilidade. In: **Congresso técnico científico da engenharia e da agronomia – CONTECC, 2018**, Maceió. Disponível em: <[https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/agronomia/28\\_adadrddcdgee.pdf](https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/agronomia/28_adadrddcdgee.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2022.

SCHWANTES, D. *et al.* Aplicação de rejeito de mineração como fonte de nutrientes para o solo e para plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 3, p. 213-221, 2017.

SILVA, A. L. da. **Reciclagem de escória cristalizada para a produção de argamassas.** Itajubá: 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Materiais para Engenharia) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2006.

SILVA, B. J. da. **Incorporação de resíduo de granito em massa cerâmica para revestimento.** Campina Grande: 2007. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.

SILVA, E. B.; SILVA, M. F. G.; BARBOZA, A. da S. R.; GOMES, P. C. C. Produção de Concreto Auto-Adensável com Adição de Fibras e Resíduos da Serragem de Mármore e Granitos. In: Encontro nacional sobre aproveitamento de resíduos na construção, 2009, Feira de Santana. **Anais...** Feira de Santana: ENARC, p. 185- 198, 2009.

SILVEIRA, M. F.; VIDAL, C. M.; SOUZA, R. L. Tecnologias para o corte e beneficiamento de rochas ornamentais. **Tecnologia de Rochas Ornamentais**, v. 12, p. 81-99, 2014.

SNIC. Sindicato nacional das Indústrias de Cimento - **Press Kit 2010.** Disponível em: <[http://www.snic.org.br/pdf/presskit\\_SNIC\\_2010.pdf](http://www.snic.org.br/pdf/presskit_SNIC_2010.pdf)>. Acesso em: 07 dez. 2010.

SOARES, M. S.; GACHET - BARBOSA, L. A.; RIBEIRO, L. C. L. J.; JACINTHO, A. E. P. G. de A.; LINTZ, R. C. C. Incorporação dos Resíduos Obtidos do Corte e Boleamento de Mármore e Granitos da Região de Limeira-SP na Produção de Concretos Auto-Adensável. *In: Encontro nacional sobre aproveitamento de resíduos na construção, 2009, Feira de Santana. Anais...* Feira de Santana: ENARC, p. 133- 143, 2009.

SOUSA, A. S.; ABREU, F. R. de; GOMES, R. F.; ALBUQUERQUE, A. C. S. Estudo da aplicação de resíduos da mineração de ferro em matrizes cimentícias. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 2, p. 211-224, 2018.

SOUSA, G. M. **Estudo experimental de escória de aciaria para fins de caracterização tecnológica como material de lastro ferroviário em vias sinalizadas**. 2007. 142 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.

SOUZA, J. N. de; RODRIGUES, J. K. G.; SOUZA NETO, P. N. de. Utilização do resíduo proveniente da serragem de rochas graníticas como material de enchimento em concretos asfálticos usinados à quente. **Revista Interação**, Campina Grande, v.2, p. 13-17, 2003.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas**. Vol. V. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2023. 348 p. ISBN: 978-65-84548-12-1. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-12-1>.

SOUZA, P. R. L.; FARIA, R. M.; SOUZA, J. L.; CRUZ, D. P.; ROCHA, G. C. **Utilização de Resíduos de Granito na Correção da Acidez de um Latossolo Vermelho-Amarelo**. *In: XXXIV Congresso brasileiro de ciência do solo, 2013, Florianópolis, SC. 2013.*

TEIXEIRA, W. G.; BENITES, V. M.; NEVES, L. R. O uso do potássio na agricultura e suas fontes alternativas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 567-577, 2010.

TENORIO, J. A. S.; ARAÚJO, F. G. S.; PEREIRA, S. S. R.; FERREIRA, A. V.; ESPINOSA, D. C. R.; BARROS, A. Decomposição da fase majoritária do cimento portland - parte II: alita com adições de Fe e Al. *Rem: Rev. Esc. Minas* [online], v. 56, n. 2, p. 113-117, 2003.

TENÓRIO, J. J. L.; LAMEIRAS, R. de M.; LIMA, L. A. de. Desempenho de argamassas produzidas com resíduo do beneficiamento de chapas de granito (RBCG). *In: VI Simpósio brasileiro de tecnologia de argamassas, 2005, Florianópolis. Anais...* Florianópolis: SBTA, p. 34-44, 2005.

THEODORO, S. C. H. **A fertilização da terra pela terra: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural**. 2000. 225 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

THEODORO, S. H.; TCHOUANKOUE, J. P.; GONÇALVES, A. O.; LEONARDOS, O.; HARPER, J. A importância de uma rede tecnológica de

rochagem para a sustentabilidade em países tropicais. Pernambuco: **Revista Brasileira de Geografia Física**, p. 1390-1407, 2012. ISSN: 1984-2295.

TORRES, F. C.; VILELA, A. C. F.; SILVA, F. S.; OLIVEIRA, T. F. S. Reaproveitamento de rejeitos de mineração de ferro em argamassas. **Revista Matéria**, v. 24, n. 4, 2019.

TOSCANI, M.; CAMPOS, E. L. Rochagem e sustentabilidade no manejo de solos. **Científic@ Multidisciplinary Journal**, v. 9, n. 1, p. 1-73, 2017.

TUTIKIAN, B. F.; DAL MOLIN, D.; CREMONINI, R. **Viabilização econômica do concreto auto-adensável**. In: 12º Concurso Falcão Bauer. CBIC. Disponível em: <[http://www.allquimica.com.br/arquivos/websites/artigos/Viabiliza%C3%A7%C3%A3o\\_econ%C3%B4mica\\_do\\_concreto\\_autoadens%C3%A1vel200693081825.pdf](http://www.allquimica.com.br/arquivos/websites/artigos/Viabiliza%C3%A7%C3%A3o_econ%C3%B4mica_do_concreto_autoadens%C3%A1vel200693081825.pdf)>. Acesso em: 17 maio 2020.

VAN STRAATEN, P. Rochas para a agricultura: remineralizadores como condicionadores de solo. **Agricultura Sustentável**, v. 14, p. 255-274, 2006.

VIEIRA, C. M. F.; SOARES, T. M.; MONTEIRO, S. N. Efeito da Adição de Resíduo do Corte de Granito de Santo Antônio de Pádua-RJ em Massa Cerâmica Vermelha. In: 47º Congresso brasileiro de cerâmica, 2003, João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa: Associação Brasileira de Cerâmica (ABC), p. 1109, 2003.