

Série Rochas e Minerais Industriais

**Remineralizadores de solos:
avaliação da conformidade
frente à legislação e
propostas para sua melhoria**

Guilherme de Resende Camara
Elton Souza dos Santos
Leonardo Luiz Lyrio da Silveira



SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

Remineralizadores de solos: avaliação da conformidade frente à legislação e propostas para sua melhoria

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Luciana Santos

Ministra de Estado

Luis Manuel Rebelo Fernandes

Secretário Executivo

Isa Assef dos Santos

Subsecretária de Unidades de Pesquisa e Organizações Sociais

CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

Silvia Cristina Alves França

Diretora

Maurício Moutinho da Silva

Coordenador de Administração - COADM

Andréa Camardella de Lima Rizzo

Coordenadora de Planejamento, Gestão e Inovação - COPGI

Paulo Fernando Almeida Braga

Coordenador de Processamento e Tecnologias Minerais - COPTM

Marisa Nascimento

Coordenadora de Processos Metalúrgicos e Ambientais - COPMA

Leonardo Luiz Lyrio da Silveira

Coordenador de Rochas Ornamentais - CORON

Arnaldo Alcover Neto

Coordenador de Análises Minerais - COAMI

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

ISSN 1518-9155

SRMI - 35

Remineralizadores de solos: avaliação da conformidade frente à legislação e propostas para sua melhoria

Guilherme de Resende Camara

Eng. Agrônomo, D.Sc. em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo. Pesquisador PCI do CETEM/MCTI.

Elton Souza dos Santos

Químico, M.Sc. em Agroquímica e Doutorando em Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo.
Técnico do CETEM/MCTI.

Leonardo Luiz Lyrrio da Silveira

Geólogo, D.Sc. em Geotecnia pela Universidade de São Paulo.
Tecnologista Sênior do CETEM/MCTI.

CETEM/MCTI

2024

SÉRIE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS

Editor: Luiz Carlos Bertolino

Subeditor: Leonardo Luiz Lyrio da Silveira

CONSELHO EDITORIAL: Fernanda Arruda Nogueira (IQ-UFRJ), Luis Lopes (Universidade de Évora – Portugal), Raimundo Humberto Lima (UFAM), Rogério Pinto Ribeiro (USP), Thiago Motta Bolonini (UFES), Victor Salgado Campos (UFF), Werlen Holanda dos Santos (UERJ).

A Série Rochas e Minerais Industriais publica trabalhos nas áreas de rochas ornamentais, minerais industriais, agrominerais e gemologia. Tendo como objetivo principal difundir os resultados das investigações técnico-científicas decorrentes de pesquisas desenvolvidas no CETEM e em Instituições de Pesquisas da área.

The Rocks and Industrial Minerals Serie publish works in the areas of ornamental rocks, industrial minerals, agrominerals and gemology. With the main objective of disseminating the results of technical-scientific investigations resulting from research carried out at CETEM and at Research Institutions in the area.

O conteúdo desse trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

Copyright © 2024 CETEM/MCTI

Todos os direitos reservados.
A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação de copyright (Lei 5.988)

Valéria Cristina de Souza
Diagramação e Editoração Eletrônica

André Luiz Costa Alves
Projeto Gráfico

Informações:
CETEM – Centro de Tecnologia Mineral
Av. Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária
21941-908 – Rio de Janeiro – RJ
Homepage: www.cetem.gov.br

CIP – Catalogação na Publicação

C173

Camara, Guilherme de Resende.

Remineralizadores de solos: avaliação da conformidade frente à
legislação e propostas para sua melhoria / Guilherme de Resende
Camara, Elton Souza dos Santos, Leonardo Luiz Lyrio da
Silveira. – Rio de Janeiro : CETEM/MCTI, 2024.

81 p. - (Série Rochas e Minerais Industriais; 35).

ISBN 978-65-5919-081-2.

1. Centro de Tecnologia Mineral. 2. Agrominerais. 3. Pó de rocha.
4. Desenvolvimento sustentável. 5. Remineralizadores de solo.
I. Santos, Elton Souza dos. II. Silveira, Leonardo Luiz Lyrio da.
III. Título. IV. Série.

CDD 668.6

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do CETEM/MCTI
Bibliotecário(a) Rosana Silva de Oliveira CRB7 – 5849

SUMÁRIO

RESUMO _____	7
ABSTRACT _____	9
1 INTRODUÇÃO _____	11
2 PANORMA ECONÔMICO DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS _____	15
3 UTILIZAÇÃO DOS SUBPRODUTOS GERADOS NA CADEIA PRODUTIVA DE ROCHAS ORNAMENTAIS _____	21
3.1 Utilização dos Subprodutos Grossos Gerados na Cadeira de Rochas Ornamentais como Remineralizadores de Solos _____	22
3.2 Remineralizadores de Solos: Avaliação da Conformidade Frente à Legislação e Propostas para Sua Melhoria _____	34
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS _____	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	71

RESUMO

A cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais brasileiras é amplamente reconhecida no cenário global, destacando-se tanto pelo seu significativo volume de produção e exportação, quanto pela aplicação de tecnologias avançadas na extração e beneficiamento desses materiais. No entanto, esse potencial produtivo é acompanhado pela geração de estéreis/rejeitos, os quais são considerados como passivos ambientais. Para conferir maior sustentabilidade e aderência aos princípios da Economia Circular e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, propostos pela Organização das Nações Unidas em 2015, torna-se imperativo explorar alternativas viáveis para a utilização desses estéreis/rejeitos. Uma abordagem promissora consiste na utilização desses como subprodutos para a cadeia do agronegócio, por meio da incorporação dos mesmos como insumos agrícolas, denominados neste contexto como Remineralizadores. Esses subprodutos desempenhariam um papel fundamental na fertilização do solo e na nutrição das plantas, aplicando a técnica conhecida como 'Rochagem'. Para que os estéreis/rejeitos, provenientes do setor de rochas ornamentais, possam ser oficialmente reconhecidos como Remineralizadores é necessário submetê-los a testes laboratoriais, ensaios agronômicos e registro, conforme especificados na Instrução Normativa nº 05, de 10 de março de 2016, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Nesta nova Série, procederemos a uma investigação minuciosa do referido arcabouço legal, com o objetivo de identificar eventuais lacunas e inconsistências que possam prejudicar a correta utilização dos subprodutos provenientes da extração e beneficiamento de rochas ornamentais no contexto da agricultura. Ademais, buscamos oferecer orientações que auxiliem pesquisadores e interessados na

compreensão do tema, dissipando possíveis dúvidas que possam surgir ao avaliar a viabilidade da utilização de diferentes subprodutos de rochas ornamentais como remineralizadores de solos destinados à agricultura.

Palavras-chave

Agrominerais, pó de rocha, desenvolvimento sustentável, Instrução Normativa, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

ABSTRACT

The production chain of the Brazilian ornamental stone sector is widely recognized on the global stage, standing out both for its significant volume of production and exports and for the application of advanced technologies in the extraction and processing of these materials. However, this production potential is accompanied by the generation of tailings, which are considered environmental liabilities. To achieve greater sustainability and adhere to the principles of the Circular Economy and the Sustainable Development Goals established by the United Nations, it is imperative to explore viable alternatives for using these waste materials. One promising approach is to use them as by-products for the agribusiness chain, by incorporating them as agricultural inputs, referred to in this context as Remineralizers. These by-products would play a fundamental role in soil fertilization and plant nutrition, applying the technique known as 'Rochagem'. For tailings from the ornamental stone sector to be officially recognized as Remineralizers, they must undergo laboratory tests, agronomic trials and registration, as specified in Normative Instruction No. 05 of March 10, 2016, from the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA). In this new series, we will carry out a thorough investigation of this legal framework, to identify any gaps and inconsistencies that could hinder the correct use of by-products from the extraction and processing of ornamental stone in the context of agriculture. In addition, we aim to guide to help researchers and those interested in understanding the subject, dispelling any doubts that may arise when assessing the feasibility of using different ornamental stone by-products as soil remineralizers for agriculture.

Keywords

Agrominerals, rock powder, sustainable development, normative instruction, Ministry of Agriculture, Livestock and Supply.

1 | INTRODUÇÃO

Dando continuidade à temática exposta na Série Rochas e Minerais Industriais número 30, intitulada “Utilização de rochas ornamentais ricas em minerais potássicos como fonte alternativa de insumo agrícola via rochagem – Parte I”, publicada em 2021 (CAMARA et al., 2021), objetiva-se com esta nova Série promover uma avaliação descritiva da legislação brasileira inerente aos remineralizadores de solos destinados à agricultura, com sugestões de melhorias que possam auxiliar profissionais e órgãos competentes na padronização e no desenvolvimento das pesquisas e legislações vigentes.

Para que os objetivos propostos possam ser alcançados, será necessária a avaliação simultânea dos seguintes constituintes legais:

- Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980 (Lei nº 6.894/1980), a qual dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para as plantas, destinados à agricultura, e dá outras providências (BRASIL, 1980). (Ementa com redação dada pela Lei Nº 12.890, de 10/12/2013);
- Decreto Nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004 (BRASIL, 2004), que aprova o Regulamento da Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura. (Ementa com redação dada pelo Decreto nº 8.384, de 29/12/2014);

- Instrução Normativa N° 35, de 4 de julho de 2006 (IN 35/2006) - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a qual trata das especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura (BRASIL, 2006).
- Lei N° 12.890, de 10 de dezembro de 2013 (Lei 12.890/2013), a qual altera a Lei N° 6.894, de 16 de dezembro de 1980 (BRASIL, 1980), para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura e dá outras providencias (BRASIL, 2013b);
- Instrução Normativa N° 53, de 23 de outubro de 2013 (IN 53/2013), a qual estabelece, dentre outros, as definições, a classificação, o registro de estabelecimento, o registro de produtos (...), assim como o credenciamento de instituições privadas de pesquisa e os requisitos mínimos para a avaliação da viabilidade e eficiência agrônômica e elaboração do relatório técnico-científico para fins de registro de fertilizante, corretivo, biofertilizante, remineralizador e substrato para plantas na condição de produto novo, de conformidade com o disposto no Art. 15 do Anexo do Decreto N° 4.954, de 2004. (BRASIL, 2013a). (Alterada pela IN MAPA N° 06, de 10/03/2016).
- Decreto N° 8.384, de 29 de dezembro de 2014, que altera o Anexo ao Decreto no 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o Regulamento da Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes,

corretivos, inoculantes, ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura (BRASIL, 2014).

- Instrução Normativa N° 05, de 10 de março de 2016 (IN 05/2016) - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a qual estabelece as regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura (BRASIL, 2016a).
- Instrução Normativa N° 06, de 10 de março de 2016 (IN 06/2016) - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a qual altera a IN 53/2013 (BRASIL, 2016b).
- Instruções para planejamento e condução de experimentos com fertilizantes, inoculantes, corretivos, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas - Embrapa Clima Temperado (SILVEIRA et al., 2019a).
- Protocolo para avaliação da eficiência agrônômica de remineralizadores de solo – primeira versão - Embrapa Clima Temperado (SILVEIRA et al., 2019b).

Considerando, então, que o Brasil é o quinto maior produtor e exportador de rochas ornamentais do mundo (ABIROCHAS, 2021b; 2022a;b), iniciaremos com a apresentação do potencial econômico desta cadeia produtiva e sua relação direta com o agronegócio. A seguir, serão analisadas as principais características do uso dos resíduos desta cadeia produtiva, os quais serão

doravante denominados de subprodutos, na agricultura e em outros segmentos, apresentando um panorama atualizado de pesquisas científicas realizadas a nível nacional e internacional.

Por fim, avaliaremos detalhadamente os constituintes legais anteriormente mencionados, com foco na IN 05/2016, do MAPA, de modo a apontar possíveis lacunas e inconstâncias existentes para a correta utilização dos subprodutos da lavra e do beneficiamento de rochas ornamentais no âmbito da agricultura, assim como para auxiliar nas pesquisas inerentes ao tema, esclarecendo possíveis dúvidas que possam ocorrer durante o processo de análise da viabilidade de uso de diferentes subprodutos de rochas ornamentais como remineralizadores de solos destinados a agricultura.

2 | PANORAMA ECONÔMICO DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ROCHAS ORNAMENTAIS

A indústria brasileira de rochas ornamentais possui destaque no cenário produtivo mundial. As exportações nacionais ultrapassaram a marca de US\$ 1,34 bilhão em 2021, maior faturamento de toda a história do setor (BRASIL, 2022; COMEX STAT, 2022).

Sendo o país o quinto maior produtor e exportador de rochas ornamentais do mundo (ABIROCHAS, 2021b; 2022a;b), apenas no primeiro trimestre de 2022 as exportações nacionais de rochas ornamentais tiveram uma evolução de 7,98% frente ao mesmo período de 2021 (CENTROROCHAS, 2022a), evidenciando o potencial produtivo nacional.

Mesmo com uma expressiva desvalorização cambial, o preço médio das exportações de rochas processadas cresceu 21,61%, passando de US\$ 457,60/t em 2020 para US\$ 556,50/t em 2021, fato decorrente tanto da pressão internacional de demanda, especialmente do mercado dos Estados Unidos pelas chapas brasileiras, quanto da maior participação de chapas com grande valor agregado, sobretudo de quartzitos, mármore e pedra-sabão, entre outros produtos exportados (ABIROCHAS, 2022a).

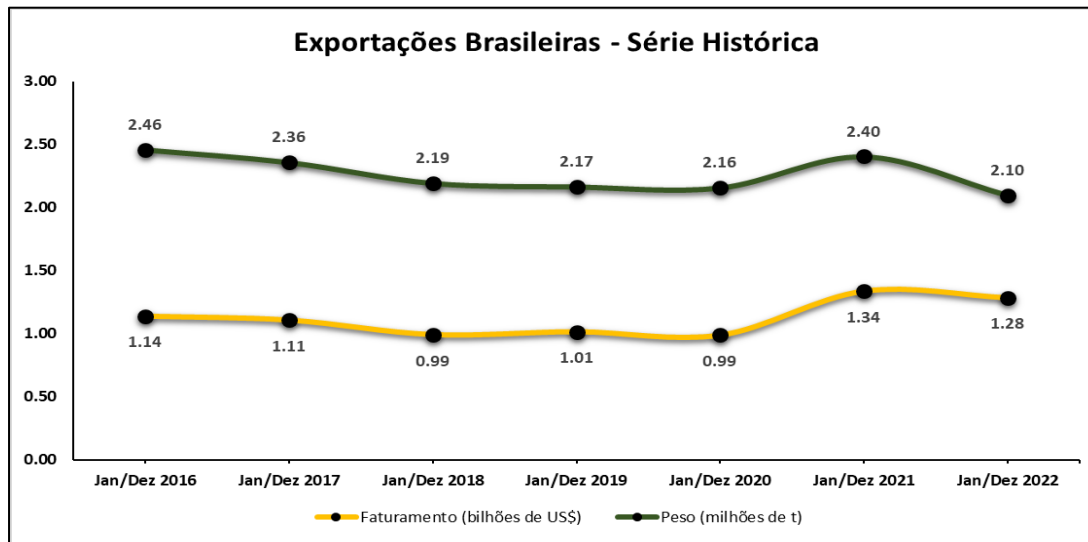
Ainda de acordo com a Abirochas,

“A tendência de expansão das exportações de rochas estratégicas para o Brasil, como os quartzitos maciços e mármore, na forma de material bruto (blocos), precisa ser acompanhada com atenção, pois são assim beneficiados nossos concorrentes no mercado internacional de produtos acabados e semiacabados, especialmente China e Itália. Esta tendência poderá anular a vantagem competitiva da geodiversidade brasileira, bem como a conquista do empresariado nacional em constituir o maior parque mundial de beneficiamento de grandes chapas com os modernos teares multifijos diamantados” (ABIROCHAS, 2022a, p.4).

O perfil da produção brasileira de rochas ornamentais, com montante estimado em 10,2 Mt (ABIROCHAS, 2022a), corresponde aos granitos e similares, com produção de 4,3 Mt (42,2% do total produzido), seguido por mármore e travertino (2,7 Mt, equivalente a 26,5% do total), quartzito maciço (1,8 Mt ou 17,6% do total), ardósia (0,5 Mt ou 4,9% do total), quartzito foliado (0,2 Mt ou 2,0% do total), pedra miracema (0,2 Mt ou 2,0% do total) e outros - basalto, pedra cariri, pedra-sabão, pedra morisca, etc. - com produção de 0,5 Mt ou 4,8% do total produzido.

Todo o montante produzido nacionalmente tem como principais destinos os Estados Unidos, China, Itália, México e Reino Unido, nesta ordem. Os Estados Unidos, por exemplo, responderam por 996,3 mil t exportadas (volume físico), equivalente a US\$ 838,60 milhões do faturamento nacional em 2021. Ao todo, a produção de rochas brasileiras foi exportada para 124 países no respectivo ano (ABIROCHAS, 2021a).

Segundo dados da ComexStat, o Brasil obteve uma exportação acumulada de aproximadamente 2,1 milhões de toneladas em 2022, volume ligeiramente menor que o registrado em 2021, correspondente a 2,4 milhões de toneladas. O volume exportado em 2022 totalizou uma receita de 1,29 bilhão de dólares, 3,73% inferior ao ano anterior, conforme observado na Figura 1 (CENTRORROCHAS, 2023).



Fonte: COMEXSTAT, 2023; CENTROROCHAS, 2023.

Figura 1. Série histórica de 6 anos das exportações brasileiras de rochas ornamentais. Os valores informados correspondem ao comparativo do faturamento sobre o volume exportado/acumulado do ano no Brasil.

Ainda com relação as exportações brasileiras de rochas ornamentais, os principais produtos comercializados foram chapas e outras peças de granitos e similares, blocos de granitos e similares, outras rochas (ardósia e similares), chapas e outras peças de mármore e similares e blocos de mármore e similares, com representatividade comercial de 46,62%, 40,33%, 6,84%, 3,31% e 2,90%, respectivamente (COMEXSTAT, 2023; CENTROROCHAS, 2023).

Entre os estados brasileiros com maior representatividade no atendimento as exportações nacionais, o Espírito Santo ocupa o primeiro lugar, com faturamento equivalente a 83,4% do total nacional em 2021, seguido de Minas Gerais, Ceará, Rio Grande do Norte e Bahia. Juntos, Espírito Santo e Minas Gerais compõem 93,2% do total do faturamento das exportações brasileiras (CENTROROCHAS, 2022b; ABIROCHAS, 2022a).

Entretanto, o potencial produtivo nacional de rochas ornamentais apresenta, também, um elevado potencial de geração de resíduos oriundos da lavra e do beneficiamento das rochas. Integrado principalmente por micro e pequenas empresas, o setor de rochas ornamentais possui imprecisão quanto a quantificação de dados censitários no tocante à geração de resíduos ao longo de sua cadeia produtiva, tema já abordado na série anteriormente publicada (CAMARA et al., 2021).

Atualmente, o montante de sobras geradas durante a lavra e beneficiamento de rochas ornamentais são denominados como resíduos, resíduos grossos (quando oriundo da lavra), resíduos finos ou FIBRO – Finos da Indústria de Beneficiamento de Rochas Ornamentais (quando oriundo do beneficiamento),

coprodutos, subprodutos ou estoques remanescentes, os quais, segundo Souza (2014), via de regra, são considerados como passivos ambientais. Entretanto, neste material será utilizado a terminologia subprodutos como definição de todas as sobras provenientes da cadeia produtiva de rochas ornamentais e, mais especificamente, subprodutos grossos para as sobras geradas em pedreiras ou serrarias (blocos fora do padrão, fragmentos de rochas, casqueiros, testemunhos de sondagem etc.) e subprodutos finos para as sobras geradas durante o processo de beneficiamento (pó, lama etc.).

Vale ressaltar que as distintas etapas de produção da indústria de rochas geram perdas significativas. Segundo a ABIROCHAS (2022b), estima-se que apenas no ano de 2020 foram gerados aproximadamente 3,3 milhões de toneladas de subprodutos no Brasil, sendo aproximadamente 64,2% de subprodutos finos e o restante, 35,8%, de subprodutos grossos. Somente na etapa de desdobramento dos blocos em chapas, cerca de 40% do material é perdido em forma de subprodutos de serragem, montante este que deverá ser somado a todo o volume de subprodutos gerados nas jazidas, durante a etapa de extração (VIDAL; AZEVEDO; CASTRO, 2014).

De acordo com Moreira et al. (2021), apenas para o município de Cachoeiro de Itapemirim, segundo maior polo produtor e exportador do Espírito Santo (CENTROROCHAS, 2022c), o volume de subprodutos acumulados em depósitos até 2019 foi estimado, em valores mínimos, de forma conservadora e considerando apenas a lama do beneficiamento de rochas ornamentais (LBRO), em 3.111.848 m³, com projeção de alcançar,

pelo menos, 6 milhões de m³ até o ano de 2035. Esses números evidenciam a necessidade de reaproveitamento destes subprodutos em outros setores da economia, indo, então, ao encontro da Economia Circular, que objetiva, por definição, a redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energias, dentre outros, a partir do redesenho de processos industriais e de produtos.

Nesse contexto, apresentamos a seguir algumas das principais formas de aproveitamento dos subprodutos gerados durante a cadeia produtiva de rochas ornamentais, dando ênfase a sua utilização como remineralizadores de solos destinados à agricultura.

3 | UTILIZAÇÃO DOS SUBPRODUTOS GERADOS NA CADEIA PRODUTIVA DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Conforme discutido na Série anterior, a Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (ABIROCHAS) tem compilado e apresentado dados anuais de produção de rochas ornamentais no Brasil e, através destes dados, pode-se estimar os quantitativos relacionados aos subprodutos da lavra e do beneficiamento, os quais são, de maneira geral, utilizados por pesquisadores em publicações do setor.

Nesse contexto, no processo produtivo de rochas ornamentais a geração de subprodutos é inevitável e inerente as fases de lavra (ou extração), beneficiamento primário e beneficiamento secundário (ou final), sendo o montante produzido associado, dentre outros fatores, ao baixo investimento em tecnologias pelas empresas do setor, composto, principalmente, por empresas de micro e pequeno porte (BAI; ZHANG; WHANG, 2015).

Embora as atividades de lavra e de beneficiamento de rochas ornamentais ocasione consideráveis impactos ambientais, esta atividade não pode ser interrompida, visto da sua relevância econômica (RAYMUNDO et al., 2013), principalmente para a construção civil (SINGH et al., 2016).

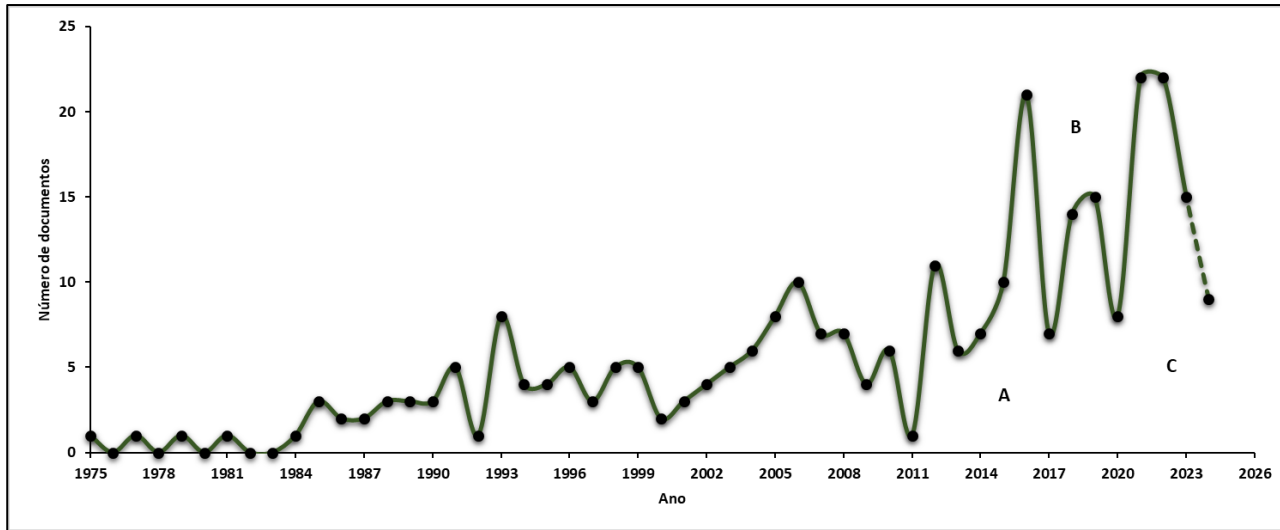
Buscando, então, alternativas para reduzir os impactos gerados por esta cadeia produtiva, estudos vêm sendo realizados visando a utilização desses subprodutos como matérias-primas em outros segmentos industriais, como, por exemplo, na fabricação de concretos (AL-AKHRAS; ABABNEH; ALARAJI, 2010; SINGH et al., 2016), concreto asfáltico (SINGH et al., 2016), argamassas (BARROS et al., 2020; MENDES et al., 2020), materiais cerâmicos (CAMPOS et al., 2014; AL-ZBOON; AL-ZOU'BY

2015; GADIOLI et al., 2019; 2022; AGUIAR et al., 2022), agregados – areia e brita, (SANTOS et al., 2012; LOPES et al., 2020), blocos para pavimentação (GENCEL et al., 2012), vidros (RODRIGUES et al., 2011), artesanato (CAMPOS et al., 2014), armação de óculos (IBRAM, 2015), tubetes e vasos agrícolas (BRUM; RIBEIRO, 2014), lã de rocha para isolamento térmico e filamentos de basalto para a construção de telas estruturais para construção civil (SOUZA et al., 2022), dentre outros, sendo sua utilização como remineralizadores de solos agrícolas objeto principal deste estudo, conforme discutido a seguir.

3.1 | Utilização dos Subprodutos Grossos Gerados na Cadeia de Rochas Ornamentais como Remineralizadores de Solos

O tema ‘remineralizadores de solos’ já foi amplamente discutido em nossa Série anterior. Entretanto, gostaríamos de salientar que o fornecimento da inovação inerente a este tema está cada vez mais em evidência.

Este fato pode ser observado, por exemplo, a partir de consultas em diferentes bases de dados. Considerando a Scopus, maior banco de dados de resumos e citações da literatura mundial, são 291 documentos registrados entre os anos de 1975 e 2024, quando consulta realizada para os termos “Remineralization” + “Soil” em 03 de junho de 2024 (Figura 2).



Fonte: Scopus, 2024.

Figura 2. Número de documentos por ano de publicação, considerando consulta realizada para os termos “Remineralization” + “Soil” na base Scopus, em 03 de junho de 2024.

Foi a partir da Lei 12.890, de 10 de dezembro de 2013 (BRASIL, 2013b), que os remineralizadores, popularmente conhecidos como “pós de rochas”, passam a ser considerados como uma categoria de insumo destinado à agricultura, assim como já era feito com os fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes e substratos, conforme originalmente disposto na Lei Nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980 (BRASIL, 1980).

É a partir deste marco legal, identificado na Figura 2 como ponto “A”, que as pesquisas sobre o uso dos pós de rochas ganham força, o que pode ser comprovado no avanço dos registros até o ano de 2016, ponto “B” em destaque. Vale salientar que a Instrução Normativa que estabelece todas as prerrogativas legais inerentes as definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores de solos foi publicada justamente no ano de 2016, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a partir da IN MAPA 05/2016, atendendo, então, uma demanda regulamentatória para esta atividade.

Contudo, neste momento vale ressaltar alguns pontos distintos e essenciais para a adequada compreensão da temática proposta nesta série:

- Toda e qualquer matéria-prima mineral utilizada para o desenvolvimento de produtos destinados ao manejo da fertilidade de solos agrícolas e nutrição de plantas é denominado como **agromineral**. Ou seja, conforme definição dada por Fernandes et al. (2010), são produtos da indústria extrativa mineral que servem de matérias-primas para a indústria de fertilizantes ou para utilização direta na agricultura.

- Por princípio, **todo pó de rocha é um agromineral**. Contudo, em alguns casos, pós de rochas podem não acarretar efeitos benéficos para as plantas, visto apresentarem compostos indesejáveis como metais pesados, podendo impedir sua utilização direta na agricultura, a depender de sua concentração. Nestes casos os pós de rochas não seriam considerados agrominerais.
- Conforme disposto na Lei N° 12.890, de 10 de dezembro de 2013 (BRASIL, 2013b), é denominado como **remineralizador** o material “(...) de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho de partícula por processos mecânicos e que, aplicado ao solo, altere seus índices de fertilidade, por meio da adição de macronutrientes e micronutrientes para as plantas, e promova a melhoria de propriedades físicas, físico-químicas ou da atividade biológica do solo”, sendo estes benefícios comprovados a partir do disposto na Instrução Normativa 05, de 10 de março de 2016 - IN MAPA 05/2016 (BRASIL, 2016a).
- **Todo remineralizador é um pó de rocha, mas nem todo pó de rocha é um remineralizador.**
- A partir do exposto, para receber a denominação de **remineralizador**, o pó de rocha deverá se enquadrar ao disposto na Lei N° 12.890/2013 (BRASIL, 2013b), anteriormente citada, **assim como cumprir com os requisitos legais dispostos na IN MAPA 05/2016** e suas menções, como o Decreto N° 4.954, de 14 de

janeiro de 2004, alterado pelo Decreto Nº 8.384/2014, e a IN MAPA 53/2013 (BRASIL, 2013a), alterada pela IN MAPA 06/2016 (BRASIL, 2016b).

- Quando um determinado pó de rocha não atender, por si só, as exigências previstas na IN MAPA 05/2016, seu registro como **remineralizador** não será aprovado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Contudo, havendo comprovação de que o produto se presta ao determinado fim que se destina, ou seja, demonstração conclusiva de que o produto acarreta determinados benefícios, o mesmo poderá ser registrado em alguma outra categoria descrita na IN 53/2013a ou, ainda, ser registrado como um ‘novo produto’.
- Quando um determinado pó de rocha não atender, por si só, as exigências previstas na IN MAPA 05/2016 para registro como remineralizador, o mesmo poderá ser misturado a outro pó de rocha (blends) para que, juntos, atendam as exigências previstas. Sendo aprovado junto a IN MAPA 05/2016, o registro poderá ser concedido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e o produto deverá sempre ser comercializado mediante formulação do *blend* original registrado.

Considerando as ressalvas anteriormente descritas e dando continuidade à análise das informações apresentadas na Figura 2, podemos observar uma oscilação no número de publicações por ano. Acreditamos que essa oscilação é diretamente dependente do período de execução dos protocolos agrônômicos para fins de estudo e registro de novos materiais como remineralizadores.

Conforme será discutido posteriormente, a IN MAPA 05/2016 não é clara quanto a metodologia de execução dos testes agrônômicos, entretanto, se considerarmos o disposto no ‘Protocolo para avaliação da eficiência agrônômica de remineralizadores de solo – primeira versão’, da Embrapa Clima Temperado (SILVEIRA et al., 2019b), observar-se-á que:

“Em relação ao tempo de duração dos experimentos sugere-se um tempo de 36 meses, sendo 12 meses de experimento em casa de vegetação e 24 meses para experimento de campo” (SILVEIRA et al., 2019b, p.5, §4).

Partindo do proposto, pesquisas relacionadas ao estudo dos pós de rochas como remineralizadores carecem de um maior tempo de duração, quando comparado a outras pesquisas, para que se possa conhecer o potencial de uso destes como remineralizadores de solos, o que, ao nosso ver, justifica a oscilação no número de registros de documentos na base Scopus por ano.

Entretanto, cabe salientar que o disposto no protocolo da Embrapa anteriormente transcrito é uma sugestão e não uma obrigatoriedade a ser seguida durante os experimentos com potenciais remineralizadores. Se observarmos o disposto no Art. 9, inciso II, da IN 05/2016 do MAPA, essa afirmação fica evidente. Observe:

“Art. 9º Para o registro de remineralizadores, observar-se-á:

(...)

II - para os produtos que não foram testados pela pesquisa brasileira, sem prejuízo do disposto no art. 4º desta Instrução Normativa, o registro somente será concedido após a realização de ensaios agrônômicos por instituições oficial ou credenciada de pesquisa, conduzidos com plantas e obrigatoriamente em casa de

vegetação ou a campo, podendo esses ensaios ser complementados com testes de incubação ou em colunas de lixiviação, que demonstrem de forma conclusiva que o produto se presta ao fim a que se destina.” (BRASIL, 2016a) (grifo nosso).

A partir da transcrição anterior, podemos observar que a legislação menciona a obrigatoriedade de ensaios em casa de vegetação e/ou a campo, podendo ser complementado com ensaios de incubação e/ou colunas de lixiviação, porém não há nenhum indicativo de quais metodologias deverão ser seguidas para a realização destes ensaios. Tal padronização metodológica é considerada, por nós, como fundamental, visto que, assim, todas as instituições de pesquisas seguiriam uma mesma rotina de execução, resultando em uma maior confiabilidade dos resultados obtidos e utilizados para demonstrar de forma conclusiva que o produto se presta ao fim a que se destina.

Ainda com relação a Figura 2, a queda no número de publicações ocorrida em 2020, ponto “C”, pode ser explicada, possivelmente, em virtude das restrições decorrentes da pandemia por coronavírus, a qual paralisou, total ou parcialmente, e em nível mundial, todos os setores da economia e da pesquisa, refletindo na não continuidade das atividades e, conseqüentemente, no menor número de registros de publicações.

De todos os documentos registrados na base Scopus, 33% são vinculados à área de Ciências Agrárias e Biológicas, seguido das Ciências Ambientais (22%) e Ciências da Terra (17%). Outros 23% estão distribuídos em 7 diferentes áreas, das quais Imunologia e Microbiologia, Engenharias, Química, Multidisciplinar, Ciências Sociais e Bioquímica, Genética e Biologia Molecular, enquanto 5% estão classificados como ‘outras áreas’. Em virtude da necessidade da realização de ensaios

agronômicos inerentes a IN MAPA 05/2016, acreditamos ser este o principal fator que coloque a área de Ciências Agrárias e Biológicas como principal área de estudos desta temática.

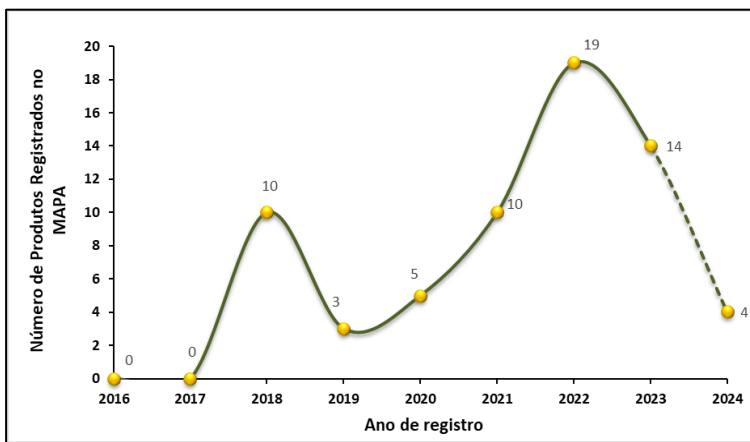
Analisando agora o número de registros por país/território, o Brasil está em quarto lugar no ranking de registros, de acordo com os dados disponíveis na base Scopus. Dos 291 documentos registrados, os Estados Unidos detém 82 documentos, seguido da China (36), França (29), Brasil (28), Alemanha (27), Reino Unido (27) e Austrália (22). Outros 50 países detém, juntos, os 40 documentos restantes. Vale ressaltar que registros de publicações brasileiras rotineiramente são realizadas em periódicos estrangeiros, mascarando assim o potencial brasileiro de pesquisas nesta área.

Em nível nacional, outra fonte de dados que pode ser analisada é referente aos Anais do Congresso Brasileiro de Rochagem. Em suas quatro edições já realizadas, ocorridas nos anos de 2009, 2013, 2016 e 2021, foram publicados 208 trabalhos, sendo 40 publicados na primeira edição, 43 na segunda, 56 na terceira e 69 na quarta, evidenciando que o fornecimento da inovação inerente a este tema está cada vez mais sendo promovido.

Da mesma forma que analisamos o número de publicações registradas na base Scopus, o avanço acadêmico e mercadológico dos remineralizadores de solos pode ser verificado a partir de uma análise do número de produtos registrados como remineralizadores, disponível no sistema SIPEAGRO do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Em consulta realizada na data de 03 de junho de 2024, constam 65 produtos registrados como remineralizadores de solos, dado este comumente utilizado por pesquisadores do setor para acompanhar o avanço no número de registros na base de dados do MAPA.

Destes, podemos observar, conforme demonstrado na Figura 3, que os primeiros produtos foram registrados como remineralizadores de solos dois anos após entrar em vigor a IN MAPA n° 05/2016, a qual estabelece as regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura (BRASIL, 2016a).



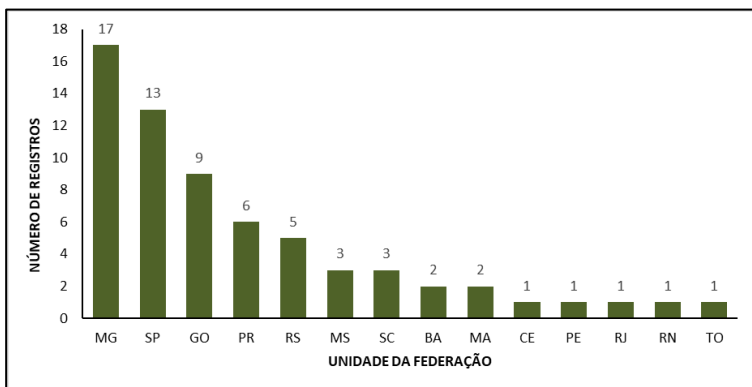
Fonte: SIPEAGRO, 2024.

Figura 3. Número de produtos registrados como remineralizadores, por ano de registro, junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Ainda com relação a Figura 3, podemos observar um constante aumento no número de registros entre os anos de 2019 e 2022. Apenas de 2020 para 2021, o aumento foi equivalente a 100% no número de novos produtos registrados. O significativo aumento no número de registros no ano de 2022, quando comparado aos anos anteriores, corrobora com a preocupação já mencionada referente a busca por formas alternativas de fertilização agrícola,

tema mais amplamente discutido a partir dos conflitos diplomáticos estabelecidos entre Rússia e Ucrânia e que, indiretamente, afetam importantes países produtores de alimentos, a exemplo do Brasil.

Analisando agora os produtos registrados como remineralizadores de solos por unidade da federação, a partir dos dados disponíveis no SIPEAGRO, podemos observar que Minas Gerais concentra o maior número de registros, seguido por São Paulo, Goiás e Paraná (Figura 4).



Fonte: SIPEAGRO, 2023.

Figura 4. Número de produtos registrados como remineralizadores, por unidade da federação, junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Os estados líderes no número de produtos registrados como remineralizadores de solos são, também, líderes na produção de diversos produtos, tendo destaque no agronegócio brasileiro. Minas Gerais, por exemplo, responde pela maior produção de café arábica nacional e é considerado o estado com a produção agrícola mais diversificada. São Paulo é líder na produção de laranja,

cana-de-açúcar e amendoim, dentre outros, enquanto Goiás e Rio Grande do Sul são altamente produtores de grãos (CNA, 2017; INVESTSP, 2022).

Entretanto, apesar do maior número de registros de remineralizadores de solos se concentrar em MG, SP, GO e PR, estes não são estados com destaque na produção de rochas naturais, com exceção de Minas Gerais, segundo maior produtor. O Espírito Santo lidera a produção de rochas ornamentais no Brasil, porém não possui nenhum produto registrado como remineralizador de solos, assim como ocorre no Ceará, quarto maior produtor de rochas ornamentais. O estado da Bahia, terceiro maior produtor do Brasil, possui apenas 2 produtos registrados, em consulta realizada no sistema SIPEAGRO em 03 de junho de 2024. Os dados de produção de rochas ornamentais aqui apresentados foram obtidos da Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (ABIROCHAS, 2021c).

A realidade apresentada anteriormente ainda não foi cientificamente pesquisada. Será falta de conhecimento? Será por falta de interesse? Será por questões de investimentos financeiros? Será por questões burocráticas durante o processo de registro? Compreender os motivos que levam a falta ou ao pouco quantitativo de registros de remineralizadores nos estados de maior produção de rochas naturais torna-se importante para traçar objetivos e metas de promoção, incentivo e divulgação desta vertente de mercado, ligada, concomitantemente, a cadeia produtiva de rochas ornamentais e ao agronegócio.

Acreditamos que, para os próximos anos, a tendência de aumento no número de documentos e produtos registrados e inerentes a temática dos remineralizadores continue. Isso porque, considerando os conflitos diplomáticos entre Rússia e Ucrânia e,

também, a dependência nacional por fertilizantes externos, pesquisas que proconizem a viabilidade de uso de fontes alternativas de fertilização de solos agrícolas tornam-se uma demanda urgente. Vale ressaltar que o Brasil importa aproximadamente 80% dos fertilizantes utilizados na cadeia produtiva do agronegócio, sendo 23% destes oriundos da Rússia, evidenciando sua dependência externa para a manutenção da expressiva produção de alimentos nacional (GLOBALFERT, 2021; COMEXSTAT, 2022).

Sabemos que o conflito diplomático, anteriormente exposto, acarretou indiretamente em atrasos na importação de fertilizantes pelo Brasil e na conseqüente elevação dos preços no mercado interno e que, com isso, a necessidade de busca por fontes alternativas de fertilização agrícola se tornou mais evidente. Contudo, este não é o único motivo para pesquisas nesta área estarem em pauta.

A necessidade de adequação do sistema de produção da cadeia produtiva mineral é uma realidade, frente as questões ambientais. Uma das principais formas de aproveitamento dos resíduos gerados, conforme já mencionamos, é a partir do seu uso na agricultura. Essa prática agrícola, conhecida como rochagem, está intimamente relacionada a Economia Circular e aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, e que caracterizam um compromisso global que objetiva promover, de forma integrada e indissociável, o progresso social, a proteção ambiental e o crescimento econômico.

Entretanto, para que as pesquisas na área dos remineralizadores possam aumentar, fato que irá refletir diretamente não apenas no número de trabalhos publicados, mas também em toda uma

relação de sistemas de produção que envolve as cadeias produtivas de rochas ornamentais e do agronegócio, faz-se necessário uma padronização e esclarecimento de todas as etapas a serem seguidas na condução das pesquisas inerentes ao proposto na IN MAPA 05/2016 (BRASIL, 2016a), a qual, conforme mencionamos anteriormente, não é clara.

Para o tópico a seguir, avaliaremos detalhadamente a IN MAPA 05/2016 (BRASIL, 2016a), de modo a apontar possíveis lacunas e inconstâncias existentes para a correta utilização dos subprodutos da lavra e do beneficiamento de rochas ornamentais no âmbito da agricultura, assim como para auxiliar nas pesquisas inerentes ao tema, esclarecendo possíveis dúvidas que possam ocorrer durante o processo de análise da viabilidade de uso de diferentes subprodutos de rochas ornamentais como remineralizadores de solos.

Objetivamos, com isso, auxiliar profissionais da área na condução dos seus experimentos e contribuir, então, com sugestões que futuramente possam refletir em adequações da legislação vigente.

3.2 | Remineralizadores de Solos: Avaliação da Conformidade Frente à Legislação e Propostas para sua Melhoria

Apesar da técnica de rochagem ser utilizada desde os primórdios da agricultura, tendo como principal exemplo a aplicação de calcário sobre o solo objetivando, dentro outros, a correção da acidez e fornecimento de macronutrientes como Magnésio e Cálcio (THEODORO, 2000; LINS et al., 2010; COLA; SIMÃO, 2012; SOUZA, 2019), a legislação inicialmente vigente não regulamentava esta prática, e seus insumos, no âmbito da agricultura.

Em sua redação original, a Lei N° 6.894, de 16 de dezembro de 1980 (BRASIL, 1980), dispunha sobre a “inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura”, deixando de fora qualquer menção à prática de aplicação de pós de rocha como insumo agrícola.

Contudo, a partir da Lei 12.890, de 10 de dezembro de 2013 (BRASIL, 2013b), a redação original da Lei N° 6.894/1980 foi alterada, passando, então, a contemplar **remineralizadores e substratos para plantas** como insumos destinados à agricultura.

Aqui vale uma ressalva. Quando um material é classificado como remineralizador e quando como substrato? Quais as diferenças existentes? Para elucidar estes questionamentos, vamos primeiramente transcrever as definições de remineralizadores e substrato para plantas contidas na Lei N° 6.894/1980, alterada pela Lei N° 12.890/2013, a qual dispõe que:

“remineralizador, o material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo” (Art. 3º, alínea e).

“substrato para plantas, o produto usado como meio de crescimento de plantas” (Art. 3º, alínea f).

Já na IN MAPA 05/2016, não há menções referentes à definição de remineralizadores e substratos para plantas, porém é disposto a respeito das diferentes classificações dadas aos substratos para plantas, as quais transcrevemos a seguir:

“Artigo 3º - Os substratos para plantas serão classificados quanto à origem e tipo de matérias-primas utilizadas na sua fabricação em:

I - Classe "A": produto que utiliza, em sua produção, matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria isentos de despejos sanitários, onde não sejam utilizados no processo metais pesados tóxicos, elementos ou compostos potencialmente tóxicos, resultando em produto de utilização segura na agricultura;

II - Classe "B": produto que utiliza, em sua produção, matéria-prima oriunda de processamento da atividade industrial ou da agroindústria isentos de despejos sanitários, onde metais pesados tóxicos, elementos ou compostos potencialmente tóxicos são utilizados no processo, resultando em produto de utilização segura na agricultura;

III - Classe "C": produto que utiliza, em sua produção, qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar isentos de despejos sanitários ou materiais potencialmente tóxicos, resultando em produto de utilização segura na agricultura;

IV - Classe "D": produto que utiliza, em sua produção, qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários e industriais, resultando em produto de utilização segura na agricultura;

V - Classe "E": produto que utiliza, em sua produção, exclusivamente matéria-prima de origem mineral ou sintética, resultando em produto de utilização segura na agricultura; e

VI - Classe "F": produto que utiliza, em sua produção, em qualquer proporção, a mistura de matérias-primas oriunda dos produtos das Classes "A" e "E", respectivamente, dos incisos I e V deste artigo.”

Considerando o disposto na Lei N° 6.894/1980, alterada pela Lei N° 12.890/2013, e na IN MAPA 05/2016, compreendemos que os substratos podem ser definidos como produtos usados na agricultura como promotores de crescimento de plantas, cuja matéria-prima poderá ser oriunda de origem animal, vegetal, mineral ou sintética e que resultem em produto de utilização segura na agricultura, sendo classificados quanto à origem e tipo de matérias-primas utilizadas na sua fabricação em consonância com o previsto no Art. 3° da IN MAPA 05/2016.

Optamos por construir uma definição própria a respeito dos substratos de plantas no intuito de esclarecer questionamentos que nos foram feitos ao longo de nossas pesquisas com remineralizadores. **Afinal, todo remineralizador é um substrato?**

Sim, todo remineralizador é um substrato, mas nem todo substrato é um remineralizador. Se considerarmos a definição de remineralizador contida na Lei N° 6.894/1980, alterada pela Lei N° 12.890/2013, podemos observar que claramente se enquadra na ‘Classe E’ dos substratos (Artigo 3°, inciso V da IN MAPA 05/2016), afinal todo remineralizador é composto exclusivamente por matéria-prima de origem mineral e que resulta em produto de utilização segura na agricultura.

Vale salientar aqui que o inverso não ocorre. Todas as demais classes de substratos de plantas não atendem ao pressuposto para os remineralizadores de solos. Apenas a ‘Classe F’ dos substratos de plantas (Artigo 3°, inciso VI da IN MAPA 05/2016) evidencia uma outra possibilidade de uso dos remineralizadores, a partir da mistura destes com matérias-primas de origem vegetal, animal ou

de processamentos da agroindústria. Entretanto, quando misturados, a denominação final do produto será substrato para plantas e não mais remineralizador de solos.

Há, ainda, uma terceira categoria comumente mencionada quando da temática dos remineralizadores, que são os chamados **condicionadores de solos**. Segundo o disposto na Instrução Normativa 35/2006, do MAPA,

“condicionador do solo: produto que promove a melhoria das propriedades físicas, físicoquímicas ou atividade biológica do solo, podendo recuperar solos degradados ou desequilibrados nutricionalmente.” (Art. 1º, inciso IV).

De forma complementar e de acordo com o Serviço Geológico do Brasil, condicionadores de solos são minerais e/ou rochas que possuem o potencial de melhorar a estrutura do solo e citam, como exemplo, a perlita ou pedra pomes, utilizadas em técnicas de cobertura do solo (mulching) que conservam a umidade do solo e mantem a temperatura deste mais amena, com menor amplitude térmica entre o dia e a noite (SGB-CPRM, 2022).

Já por definição de Shizuo Maeda, da Embrapa Florestas, condicionadores de solos são produtos que promovem a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas ou da atividade biológica do solo, e destaca ainda que:

“Embora seja mais utilizado como fonte de cálcio e magnésio (...), o calcário enquadra-se também como condicionador do solo, já que altera algumas propriedades físico-químicas do solo como a acidez, a capacidade de troca de cátions e a estrutura do solo, entre outras.

O resíduo da fabricação de fertilizantes fosfatados solúveis em água, conhecido como gesso agrícola ou fosfogesso, também se enquadra na categoria de condicionador do solo por promover alterações químicas no solo, principalmente nas camadas subsuperficiais, favorecendo o desenvolvimento das raízes em profundidade.

Outros produtos vêm sendo estudados como, por exemplo, a escória de siderurgia e lodo celulósico. Por conter silicato, a escória de siderurgia pode apresentar efeitos importantes sobre a absorção de fósforo no solo. O lodo celulósico, resultante do tratamento de efluentes em fábrica de extração de celulose e de reciclagem de aparas de papel, pode causar alterações em determinadas propriedades do solo.” (MAEDA, 2021).

Apesar da definição inicial de condicionadores de solos proposta por Shizuo Maeda ser próxima à definição de remineralizadores de solos prevista na IN MAPA 05/2016 (BRASIL, 2016a), principalmente no âmbito de “produtos que promovem a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas ou da atividade biológica do solo”, essas categorias se distinguem pelo fato de que os remineralizadores são, obrigatoriamente e por definição, “materiais de origem mineral que tenham sofrido apenas a redução e classificação do seu tamanho por processos mecânicos”, enquanto que condicionadores de solos podem ter outras origens.

Já com relação aos substratos de plantas, conforme já mencionamos, são produtos usados como promotores de crescimento de plantas, divergindo dos condicionadores de solos visto que estes não necessariamente possuem essa função, conforme claramente exposto pelo Serviço Geológico do Brasil ao mencionarem que condicionadores de solos podem ser produtos, como a pedra pomes, que auxiliem na conservação da umidade e da temperatura dos solos.

Retornando a abordagem cronológica dos dispositivos legais inerentes aos remineralizadores de solos, vimos anteriormente que com a entrada em vigor da Lei N° 12.890/2013, e alterações dos

demais dispositivos legais vinculados a este, houve, então, um incentivo nas pesquisas sobre o uso dos pós de rochas na agricultura.

Contudo, havia ainda um impedimento para o amplo uso dos pós de rochas na agricultura, em virtude da falta de jurisdição que estabelecessem os parâmetros e garantias de segurança de uso de tais insumos na agricultura. A esse respeito, a pesquisadora Suzi Maria de Cordova Huff Theodoro, da Universidade de Brasília, em seu trabalho sobre ‘a construção do marco legal dos remineralizadores’, afirma que:

“Nesse aspecto (...), havia o sentimento generalizado de que o maior impedimento para o amplo uso dos pós de rocha estava relacionado à inexistência de uma norma jurídica que estabelecesse os parâmetros e as garantias de segurança de uso de tais produtos para a agricultura, já que, até recentemente, o aparato legal que regulava o setor de fertilizantes estava amparado por três instrumentos legais: (i) a Lei dos Fertilizantes (Lei nº 6.894/1980) (...); (ii) o Decreto nº 8.059, de 26 de julho de 2013, que alterou o Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004 (...); e (iii) as Instruções Normativas, especialmente as INs nº 27/2006 (que estabelece limites para contaminantes) e nº 35/2006 (que trata de corretivos e condicionadores), instituídas pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Em nenhum dos três instrumentos legais mencionados havia previsão de uma categoria que possibilitasse o uso, a comercialização ou a fiscalização dos remineralizadores de solos derivados de rochas moídas, já que, por suas características diversificadas, não era possível fazer o seu enquadramento dentro das categorias de insumos existentes (condicionadores, fertilizantes etc.). Mudar essa lacuna nas normas que regulamentam o tema era um fator primordial para tornar viável o uso dos remineralizadores.” (THEODORO, 2016).

Não cabe compreender essa abordagem como uma “guerra” entre remineralizadores e os fertilizantes tradicionalmente utilizados na agricultura. Na verdade, é preciso compreender que o processo de rochagem é considerado, por muitos pesquisadores, como uma prática agrícola complementar e que, a regulamentação desta prática traria, como trouxe, a regulamentação e controle ao processo, mediante técnicas propostas, exigidas e fiscalizadas pelo MAPA, a partir dos testes que garantam a eficiência agrônômica do produto, trazendo confiabilidade ao consumidor final.

Com este intuito, entra em vigor em 10 de março de 2016 a Instrução Normativa MAPA Nº 05, a qual estabelece as regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura (BRASIL, 2016a).

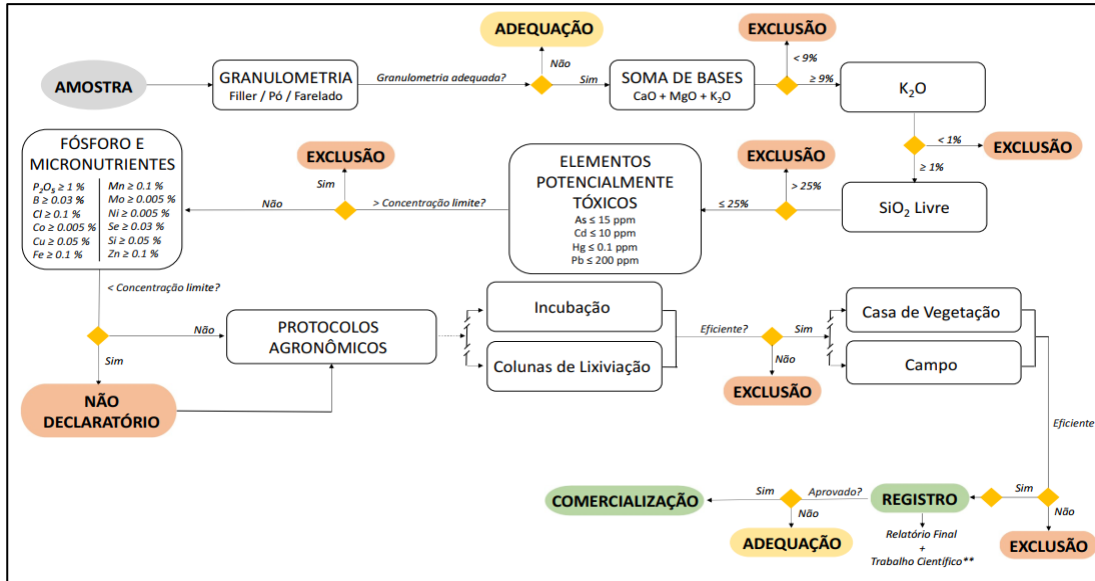
Contudo, gostaríamos de levantar o seguinte questionamento: **a referida Instrução Normativa (IN), por sí só, atende aos objetivos a qual foi criada? Em outras palavras, a IN 05/2016 atende e esclarece todos os parâmetros necessários para a regulamentação, padronização e execução das pesquisas obrigatórias para fins de registro, comercialização e utilização destes insumos na agricultura?** Esses e outros questionamentos serão discutidos a partir do próximo tópico.

3.2.1 | Avaliação da Instrução Normativa 05, de 10 de março de 2016 - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Como vimos, a IN 05/2016 surge como um complemento a Lei 12.890/2013 e lista critérios de especificações e garantias que os pós de rochas deverão apresentar para serem considerados como

remineralizadores de solos, após registro junto ao MAPA. Porém, consideramos que o referido dispositivo legal apresenta lacunas demasiadamente generalistas com relação aos procedimentos, não ficando efetivamente clara as etapas a serem seguidas, de forma padronizada, para alcançarmos os objetivos propostos.

Desta forma, iniciaremos agora uma avaliação descritiva da referida legislação, com sugestões de melhorias que possam auxiliar profissionais e órgãos competentes na padronização e no desenvolvimento das pesquisas inerentes ao tema. Para facilitar a compreensão de todas as exigências contidas na legislação, confeccionamos o seguinte fluxograma (Figura 5).



Fonte: Adaptado de Brasil, 2016a.

Figura 5. Critérios para registro de remineralizadores no MAPA.

A primeira menção é quanto à **granulometria** do material a ser analisado, que pode ser encontrada no Art. 4º, inciso I, cuja redação prevê que “em relação à especificação de natureza física, nos termos do Anexo I desta Instrução Normativa”.

O “Anexo I”, transcrito a seguir (Figura 6), trata da especificação de natureza física (granulometria), ao qual os pós de rochas deverão se enquadrar para fins de registro no MAPA. A granulometria é, então, dividida em 3 diferentes classificações, sendo: Filler, Pó e Farelado.

ANEXO I

ESPECIFICAÇÕES DE NATUREZA FÍSICA DOS REMINERALIZADORES

ESPECIFICAÇÃO DE NATUREZA FÍSICA	GARANTIA GRANULOMÉTRICA	
	Peneira	Partículas Passantes (peso/peso)
Filler	0,3 mm (ABNT nº 50)	100%
Pó	2,0 mm (ABNT nº 10)	100%
	0,84 mm (ABNT nº 20)	70% mínimo
	0,3 mm (ABNT nº 50)	50% mínimo
FARELADO	4,8 mm (ABNT nº 4)	100%
	2,8 mm (ABNT nº 7)	80% mínimo
	0,84 mm (ABNT nº 20)	25% máximo

Fonte: Brasil, 2016a.

Figura 6. Especificações de natureza física dos remineralizadores.

As diferentes classificações quanto à natureza física variam de acordo com a peneira utilizada no processo de cominuição, tendo suas garantias granulométricas especificadas quando ao percentual de material passante em cada uma das peneiras descritas no “Anexo I”.

Contudo, para tais especificações são admitidas tolerâncias em relação às garantias do produto, conforme disposto no Art. 6º, inciso I, alínea a, item 4, as quais são apresentadas no “Anexo III” (Figura 7) da IN 05/2016 e transcritas a seguir:

ANEXO III

TOLERÂNCIAS ADMITIDAS PARA OS REMINERALIZADORES COM RELAÇÃO À ESPECIFICAÇÃO DE NATUREZA FÍSICA

ESPECIFICAÇÃO DE NATUREZA FÍSICA	Peneira	TOLERÂNCIA
Filler	0,3 mm (ABNT nº 50)	Até 5 unidades para menos no mínimo passante.
	2,0 mm (ABNT nº 10)	Até 5 unidades para menos no mínimo passante.
Pó	0,84 mm (ABNT nº 20)	Até 5 unidades para menos no mínimo passante.
	0,3 mm (ABNT nº 50)	Até 5 unidades para menos no mínimo passante.
	4,8 mm (ABNT nº 4)	Até 2 unidades para menos no mínimo passante.
FARELADO	2,8 mm (ABNT nº 7)	Até 5 unidades para menos no mínimo passante.
	0,84 mm (ABNT nº 20)	Até 5 unidades para mais no máximo passante.

Fonte: Brasil, 2016a.

Figura 7. Tolerâncias admitidas para os remineralizadores com relação à especificação de natureza física.

Particularmente, consideramos que o entendimento do proposto no Anexo III da IN não é exposto de forma clara e objetiva, sendo necessário uma cautelosa verificação das informações apresentadas, fato que pode gerar em errôneas interpretações do dispositivo legal.

Vale ressaltar então **que os valores de tolerância para qualquer um dos critérios previstos na IN MAPA 05/2016 são os valores obtidos para fins de fiscalização do MAPA, após registro do produto como remineralizador.** Ou seja, em caso de amostragem de rotina do MAPA, mediante fiscalização, amostras do remineralizador registrado poderão apresentar os

valores dentro das margens de tolerância previstas na legislação, mas essa tolerância **não** poderá ser utilizada para a fase de registro.

Objetivando facilitar a compreensão das exigências previstas quanto a granulometria do material (especificação de natureza física), já considerando os níveis de tolerância dispostos no Anexo III, e usando do mesmo linguajar disposto no Anexo I, confeccionamos a seguinte tabela (Tabela 1):

Tabela 1. Especificação de natureza física dos remineralizadores.

Especificação de Natureza Física	Garantia Granulométrica			Valores límitrofes
	Peneira	Partículas Passantes	Tolerância Admitida* ¹	
<i>Filler</i>	0,3 mm	100%	Até 5 unidades < do mínimo passante.	> 95%
	2,0 mm	100%	Até 5 unidades < do mínimo passante	> 95%
Pó	0,84 mm	> 70%	Até 5 unidades < do mínimo passante	> 65%
	0,3 mm	> 50%	Até 5 unidades < do mínimo passante	> 45%
Farelado	4,8 mm	100%	Até 2 unidades < do mínimo passante	> 95%
	2,8 mm	> 80%	Até 5 unidades < do mínimo passante	> 75%
	0,84 mm	> 25%	Até 5 unidades < do mínimo passante	> 20%

*¹Tolerância admitida em caso de fiscalização do MAPA em produtos já registrados.

Fonte: Adaptado de Brasil, 2016a.

Desta forma, ao analisarmos, por exemplo, as especificações de natureza física classificada como *Filler*, compreendemos que materiais quando cominuídos e que sejam 100% passantes na peneira de 0,3 mm, assim serão classificados. Quando já registrados, materiais que apresentem 95% das suas partículas passantes em peneira de 0,3 mm ainda serão considerados *Filler* em virtude da tolerância admitida na legislação.

Acreditamos, então, que as informações originalmente contidas nos Anexos I e III da IN 05/2016, quando dispostas em uma única tabela e com a clara e direta apresentação dos valores limítrofes que são aceitos pela legislação, facilitarão a compreensão do exigido para este fim, sendo esta uma das nossas sugestões de melhoria para a IN 05/2016.

Sugere-se também que esteja disposto, de forma clara e objetiva, que os **valores limítrofes** dispostos no Anexo III da IN 05/2016, **não** se referem a limites de tolerância previstos para a solicitação de registro do material, mas sim a valores permitidos em caso de fiscalização do MAPA, conforme mencionamos anteriormente.

Uma nova ressalva a ser feita é com relação a nomenclatura “pó de rocha”. Apesar de comumente utilizada, devemos ter em mente que “pó” é a classificação dada a uma determinada granulometria, conforme anteriormente exposto. Dessa forma, o “pó de rocha” a ser aplicado no campo poderá estar na granulometria *filler*, pó ou farelado. Em outras palavras, quando do registro do material pelo MAPA, o remineralizador será comercializado em umas das três classificações de natureza física contidas na legislação. Quando o material em análise apresenta a granulometria adequada, conforme disposto na IN 05/2016, o próximo passo é a análise da Soma de Bases.

A Soma de Bases (SB) é resultante da soma dos óxidos de cálcio, magnésio e potássio ($\text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O}$) totais dos remineralizadores de solos, conforme disposto no Art 2º, inciso VI, da IN 05/2016. Entretanto, complementa-se:

“soma de bases: garantia dos remineralizadores constituída pela soma dos teores de $\text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O}$ ou pela soma dos teores de $\text{CaO} + \text{K}_2\text{O}$ ou pela soma dos teores de $\text{MgO} + \text{K}_2\text{O}$ ” (Art 2º, inciso IV) (grifo nosso).

Observe que o cálculo da Soma de Bases não considera a possibilidade de ser feito com base apenas na soma de $\text{CaO} + \text{MgO}$, até porque, como veremos posteriormente, para ser

classificado como remineralizador há obrigatoriedade em, no mínimo, 1% de K_2O presente na amostra. Esta observação é importante para que erros sejam evitados quando da análise do potencial de utilização de um determinado material como remineralizador de solos.

Outra ressalva a ser feita é que, apesar de semelhante, não se deve confundir a SB dos remineralizadores com a SB do solo, utilizada por profissionais da área de agronomia para o conhecimento das características inerentes ao solo. O cálculo da SB dos remineralizadores é feita em cima dos resultados obtidos por Fluorescência de Raios X (FRX) do pó de rocha puro, enquanto a SB do solo é obtida através dos resultados da análise do solo.

Com relação a SB dos remineralizadores, quanto maior for o seu percentual, maior será a disponibilidade de silício, das próprias bases e do potencial de formação de minerais benéficos ao solo agrícola e às plantas cultivadas (RONQUIM, 2010).

Deve-se considerar ainda que:

“em relação à soma de bases (CaO , MgO , K_2O), deve ser igual ou superior a 9% (nove por cento) em peso/peso;” (Art 4º, inciso II).

Já com referência às tolerâncias admitidas em relação às garantias do produto, após registro, tem-se que:

“com relação à soma dos óxidos: até 10% (dez por cento) para menos, sem ultrapassar 1,5 (uma e meia) unidade.” (Art 6º, inciso I, alínea a, item 1).

Objetivando facilitar a compreensão das exigências previstas quanto a Soma de Bases dos remineralizadores, já considerando os níveis de tolerância anteriormente dispostos, confeccionamos a seguinte tabela (Tabela 2):

Tabela 2. Especificação de natureza química dos remineralizadores.

Especificação de Natureza Física	Valores Mínimos/Máximos	Tolerância Admitida	Valores Limitrofes Mínimos/Máximos
Soma de bases (CaO ₂ , MgO, K ₂ O)	≥ 9% (p/p)	> 90% sobre o valor total	≥ 8,1% (p/p)

*Tolerância admitida em caso de fiscalização do MAPA em produtos já registrados.

Fonte: Adaptado de Brasil, 2016a.

Observa-se, então, que a Soma de Bases dos remineralizadores para registro será de, no mínimo, 9% (peso/peso), mas que, após o registro como remineralizador de solos, poderá ser, considerando as tolerâncias admitidas em relação às garantias do produto, igual ou superior a 8,1% (peso/peso).

A tabela anteriormente apresentada será complementada ao longo da nossa discussão a respeito das exigências contidas na IN 05/2016 para remineralizadores de solos e, por isso, a identificação da tabela com o auxílio de letras.

Ainda sobre a Soma de Bases, e conforme já mencionamos, a IN prevê que o potencial remineralizador (PR) em análise contenha, no mínimo, 9% na soma dos óxidos de cálcio, magnésio e potássio. Isso não significa que o PR tenha a obrigatoriedade de apresentar Ca, Mg e K. Ou seja, a título de exemplo, se determinado material, após caracterização química, apresentar 0% de Ca, 2% de Mg e 7% de K, sua Soma de Bases resulta em 9%, estando dentro do previsto na IN como valor mínimo.

Quando o material em análise apresenta o percentual adequado para a Soma de Bases, conforme disposto na IN 05/2016, o próximo passo é a análise do teor de óxido de potássio (K_2O), para o qual tem-se que:

III - em relação ao teor de óxido de potássio (K_2O), deve ser igual ou superior a 1% (um por cento) em (peso/peso);” (Art. 4º, inciso III).

Quanto ao óxido de potássio, até o presente momento não encontramos dificuldades de interpretação da legislação. Não há, para este, uma clara menção sobre níveis de tolerância admitidos em caso de resultados de fiscalização menor que 1%.

A próxima etapa, conforme disposto no fluxograma apresentado (Figura 5), é a análise da Sílica Livre (SiO_2 livre). De acordo com o previsto na IN MAPA 05/2016:

“Não serão registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, ficando vedadas a produção, importação e comercialização no país de remineralizadores que contiverem: I - em relação ao SiO_2 livre presente no produto, teor superior a 25% (vinte e cinco por cento) em volume/volume;” (Art. 4º, §2º, inciso I).

Já com referência às tolerâncias admitidas em relação às garantias do produto, após registro, tem-se que:

“para excesso, os limites de tolerância não podem ser superiores a: (...) SiO_2 livre em volume/volume: até 20% (vinte por cento) para mais;” (Art 6º, inciso II, alínea a, item 1).

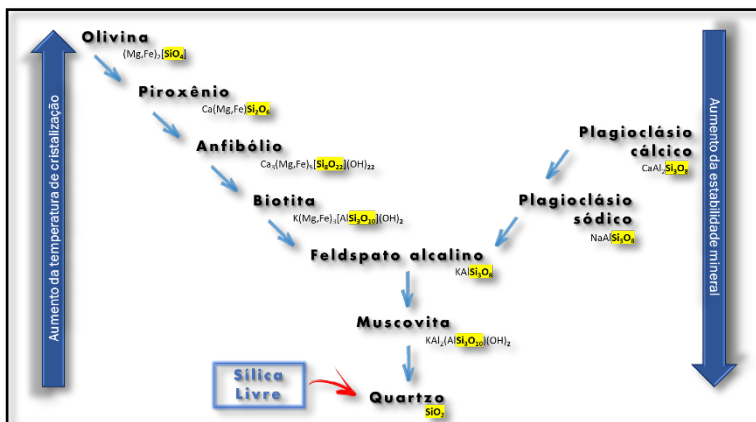
Aqui vale uma importante observação, pontuada como um frequente questionamento que nos é feito. **O que é sílica livre?**

No Art. 2º da IN MAPA 05/2016, que trata de conceituar importantes pontos para a clara interpretação da legislação, nada é mencionado a respeito da sílica livre. O mesmo ocorre nos demais dispositivos legais já mencionados anteriormente, e que estão sendo utilizados para a construção deste material.

Partimos então para o que está disposto no site sobre remineralizadores, do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM, 2022). Na aba de ‘Perguntas Frequentes’, é dito que:

“As rochas silicáticas mais comuns, como granitos e basaltos, têm origem magmática, ou seja, se formam a partir da cristalização de um magma. O magma em geral é rico em sílica (SiO_2), contendo esse óxido entre 70 e 40% de sua composição. Por esse motivo, quase todos os minerais formadores de rocha têm sílica (SiO_2) em sua composição. Os minerais se formam em uma ordem relativamente fixa, onde os minerais ricos em Mg e Fe se cristalizam em altas temperaturas, enquanto o magma ainda está líquido, em torno de 1000°C ; a cristalização progride com a diminuição da temperatura e se formam os minerais mais ricos em Na e K, em torno de 400°C . Quando todos os cátions forem consumidos formando minerais e ocorrer uma sobra de sílica, irá se formar o quartzo, que é a sílica livre. Portanto, a sílica livre é a sílica que compõe o magma original e não foi usada na cristalização dos outros silicatos e formou o quartzo ao fim do processo de cristalização.” (grifo nosso).

Essa observação é de grande importância. Muitos erros de interpretação já foram observados por nós quanto aos resultados de sílica livre, visto que há uma confusão na interpretação dos resultados de ‘**sílica total da rocha**’ com a ‘**sílica livre**’ (quartzo). A diferença entre ambas pode ser observada no esquema da série de cristalização magmática de minerais silicáticos disposta a seguir (Figura 8):



Fonte: Adaptado de CPRM/SGB (2022).

Figura 8. Cristalização magmática de minerais silicáticos.

Ainda neste contexto, e com o objetivo de exemplificar a diferença existente entre ‘sílica total da rocha’ e ‘sílica livre’, faremos uso dos resultados obtidos com os materiais apresentados na Série anteriormente publicada (Série Rochas e Minerais Industriais número 30, intitulada “Utilização de rochas ornamentais ricas em minerais potássicos como fonte alternativa de insumo agrícola via rochagem – Parte I”, publicada em 2021 por Camara et al., 2021), os quais incluem um varvito (ARD), três sienitos (CB, CI e MG) e um alcali-granito (OI). Observe a tabela a seguir (Tabela 3).

Tabela 3. Sílica total da rocha e sílica livre obtidas a partir da determinação da composição química por Espectrometria de Fluorescência de Raios X (FRX) e composição mineralógica por Difração de Raios X (DRX) + Rietveld, respectivamente.

Minerais Encontrados	Subproduto*1				
	ARD	CB	CI	MG	OI
Sílica total da rocha - FRX	60,4	58,1	56,8	60,9	59,6
Sílica livre - Wt% Rietveld	17,96	-	1,96	4,46	3,51

*Nomenclatura atualmente utilizada para o aproveitamento dos estéreis da mineração, mediante o disposto na ABNT NBR 17100-1 (ABNT, 2023).

Observe, por exemplo, os resultados obtidos para o varvito (ARD). Neste, o teor de sílica (SiO_2) da rocha é de 60,4%. Esse valor é correspondente à composição total de sílica que forma a rocha e todos os seus minerais. Porém, a IN 05/2016 trata, conforme já demonstrado, da sílica livre, a qual é obtida a partir das análises de Difração de Raios X acrescida da Análise de Rietveld. Nesta, podemos observar que o resultado foi de 17,96%, se enquadrando ao previsto na legislação.

Partindo para a próxima etapa da IN MAPA N° 05/2016, a qual está descrita na forma de fluxograma na Figura 5, temos a análise dos Elementos Potencialmente Tóxicos, popularmente denominados de EPT.

A primeira menção aos EPT é feita no Art. 4º, § 2º, conforme transcrito a seguir:

“Não serão registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, ficando vedadas a produção, importação e comercialização no país de remineralizadores que contiverem:” (...) “II - em relação aos elementos potencialmente tóxicos presentes no produto, teores superiores a: a) para Arsênio (As): 15 ppm; b) para Cádmio (Cd): 10 ppm; c) para Mercúrio (Hg): 0,1 ppm; e d) para Chumbo (Pb): 200 ppm.”

Para os EPT são admitidas tolerâncias em relação as garantias do produto que, conforme já informamos, são tolerâncias válidas para o produto já comercializado e não para a solicitação de registro da rocha como remineralizador de solos. A transcrição do previsto na IN MAPA 05/2016 encontra-se a seguir:

“Aos resultados analíticos obtidos, serão admitidas tolerâncias em relação às garantias do produto, observados os seguintes limites:” (...) “II - para excesso, os limites de tolerância não podem ser superiores a: a) para remineralizador:” (...)

“2. Elementos Potencialmente Tóxicos: até 25% (vinte e cinco por cento) para mais em relação aos valores definidos nesta Instrução Normativa para Arsênio (As), Cádmio (Cd), Mercúrio (Hg) e Chumbo (Pb)” (Art. 6º).

Ou seja, em caso de fiscalização do MAPA, o produto já comercializado poderá apresentar um excesso das concentrações previstas inicialmente em até 25%, o que é equivalente a até 18,75 ppm para Arsênio, 12,5 ppm para Cádmio, 0,125 ppm para Mercúrio e 250 ppm para Chumbo.

Para os EPT gostaríamos de fazer duas ressalvas. A primeira é com relação as concentrações inicialmente previstas na legislação. Há uma discussão científica com relação as concentrações aceitas, visto que estas são consideradas altas. Para exemplificar, e utilizando para isso normativas nacionais e internacionais para fins similares ou não, podemos verificar que há sim uma considerável

diferença nas concentrações aceitas, conforme podemos observar na ABNT NBR 10004:2004 (ABNT, 2004a), assim como na Resolução CONAMA N° 454/2012 (CONAMA, 2012).

De acordo com o disposto na ABNT NBR 10004:2004, que visa fornecer subsídios para o gerenciamento de resíduos sólidos, as concentrações máximas a serem obtidas em lixiviados, para os mesmos elementos Arsênio, Cádmio, Mercúrio e Chumbo, são de 1,0 ppm, 0,5 ppm, 0,1 ppm e 1,0 ppm, respectivamente. Com exceção do Mercúrio, todos os demais elementos são aceitos na IN MAPA 05/2016 em concentrações consideravelmente superiores quando comparados a legislação ABNT NBR 10004:2004.

O mesmo ocorre quando comparamos a IN MAPA 05/2016 com a Resolução CONAMA N° 454/2012, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional, a fim de garantir a proteção da vida aquática. Para os mesmos elementos Arsênio, Cádmio, Mercúrio e Chumbo são aceitos limites máximos de 5,9 ppm, 0,6 ppm, 35 ppm e 0,17 ppm, respectivamente.

Mediante o exposto, fica o questionamento: seria necessária uma revisão nos limites das concentrações dos EPT aceitas pela IN MAPA 05/2016, para uma maior padronização com outras atuais legislações brasileiras, assim como para uma maior segurança social e ambiental? Ressalta-se que este questionamento tem como intuito evidenciar que há, sim, divergentes opiniões a respeito dos EPT e enfatizar a necessidade de estudos na área para que estes questionamentos sejam solucionados.

A segunda ressalva a ser feita sobre os EPT dispostos na IN 05/2016 é referente à metodologia que deverá ser utilizada para a realização da análise dos EPT. Não há nenhuma menção sobre a metodologia a ser utilizada, o que traz uma consistente falta de padronização nesta etapa. A ausência desta informação permite que cada pesquisador/instituição realize esta análise por metodologias diferentes, o que pode acarretar diferentes resultados quanto a presença ou não de EPT na amostra, assim como na concentração obtida.

Para exemplificar, os EPT de uma determinada amostra podem ser obtidos mediante metodologia de solubilização prevista pela ABNT NBR 10006 (ABNT, 2004b), ou pela metodologia SW-3051, da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA, 1998). Além desses, podemos citar: Mehlich-1, Mehlich-3, DTPA, Água Régia, EPA 3051 e EPA 3051-Modificado, conforme descrito por Tavares e Oliveira (2017), em trabalho referente a avaliação de diferentes métodos de extração de metais pesados em solos.

Como a metodologia de extração pode ser definida para finalidades distintas, com resultados distintos, a padronização desta mediante indicação na própria IN MAPA 05/2016 faz-se necessário. Defendemos o previsto na ABNT NBR 10006 (ABNT, 2004b), a qual usa como agente solubilizante a água. Considerando que resíduos de rochas ornamentais, quando em aterros sanitários, terão contato com o solo e com a água, a metodologia aqui defendida corrobora com a realidade do sistema de gerenciamento desses resíduos.

Dando continuidade as etapas a serem seguidas nos estudos para potenciais remineralizadores de solo, apresentadas resumidamente neste material na forma de fluxograma (Figura 5), tem-se a análise do macronutriente fósforo e micronutrientes. A respeito destes, a IN MAPA 05/2016 prevê que:

“Quando os remineralizadores contiverem naturalmente o macronutriente fósforo e micronutrientes, os seus teores podem ser declarados somente se forem iguais ou superiores aos valores expressos no Anexo II desta Instrução Normativa.” (Art. 4º, §1º).

O referido Anexo II da IN MAPA 05/2016 nada mais é do que a descrição dos teores totais mínimos do macronutriente fósforo e de micronutrientes que podem ser declarados nos remineralizadores. Nestes são listados os nutrientes Fósforo (P_2O_5), Boro (B), Cloro (Cl), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), Selênio (Se), Silício (Si) e Zinco (Zn).

O que vale ressaltar aqui é o termo ‘declarados’. Esta etapa da avaliação do potencial remineralizador não é eliminatória, mas sim declaratória. Só poderão ser declarados no rótulo do produto, após registro, aqueles nutrientes que obtiveram valores iguais ou superiores aos previsto no Anexo II da IN MAPA 05/2016, após as análises. Aqueles que não fizerem parte da estrutura do material ou que, mesmo presentes, não atinjam os teores mínimos pré-estabelecidos, não poderão ser declarados no rótulo, visto não servirem de garantia para o consumidor final.

Aos resultados analíticos obtidos com relação os nutrientes garantidos ou declarados, serão admitidas tolerâncias, observados os seguintes limites: “até 25% (vinte e cinco por cento) para menos, sem ultrapassar 1 (uma) unidade;”, conforme descrito no Art. 6º, inciso I,

alínea a, item 2, da IN MAPA 05/2016. Ressalta-se aqui, novamente, que as tolerâncias admitidas são para fins de verificação após o registro do produto como remineralizador de solos, não cabendo para a fase de solicitação de registro.

Uma última análise de caracterização do material é referente ao potencial Hidrogeniônico (pH) de abrasão. Esta etapa não está descrita no fluxograma apresentado na Figura 5 por não haver uma faixa de valor pré-determinada na Instrução Normativa. Ou seja, não há nenhuma menção com relação ao grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de um produto que inviabilize sua aprovação como remineralizador de solos, conforme podemos observar na transcrição abaixo:

“em relação ao potencial Hidrogeniônico (pH) de abrasão, valor conforme declarado pelo registrante.” (Art. 4º, inciso IV).

Aos resultados analíticos obtidos com relação ao potencial Hidrogeniônico (pH) de abrasão, aceita-se tolerância de “até 1 (uma) unidade para menos”, conforme descrito no Art. 6º, inciso I, alínea a, item 3, da IN MAPA 05/2016.

Sobre a referida análise de pH de abrasão, cabe aqui um novo questionamento. Qual a metodologia a ser seguida para obtenção destes resultados, de forma a padronizar todas as pesquisas com potenciais remineralizadores de solos? Sugerimos, a princípio, que a amostra seja solubilizada em água na proporção de 1:1 em peso, conforme metodologia descrita no Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos do MAPA (BRASIL, 2017).

Tendo, então, concluído todas as etapas de caracterização química e mineralógica do potencial remineralizador de solos, faz-se necessário o estudo destes de forma prática, fora do ambiente laboratorial. Para isso, e conforme descrito no fluxograma

apresentado na Figura 5, utilizaremos de diferentes metodologias, as quais são popularmente conhecidas como Protocolos Agronômicos, mas que, na referida Instrução Normativa, recebe o nome de ‘Ensaio Agronômico’. Neste material, vamos denominar de ‘Protocolo Agronômico I’ as etapas de incubação e (ou) colunas de lixiviação e de ‘Protocolo Agronômico II’ as etapas de casa de vegetação e (ou) campo.

O primeiro ponto de importância referente aos Protocolos Agronômicos mencionado na IN cabe a uma análise inicial referente ao registro do produto como remineralizador. Observe:

*“Para o registro de remineralizadores, observar-se-á: I - para os materiais de origem mineral **que já foram submetidos a testes agronômicos e tiveram seu uso na agricultura aprovados pela pesquisa brasileira oficial ou credenciada em data anterior a publicação desta Instrução Normativa, uma vez atendido o disposto no Art. 4º desta Instrução Normativa e, em se tratando de produto de mesmo material e mesma região geográfica dos materiais de origem mineral testados, o registro será concedido mediante a apresentação dos referidos trabalhos científicos pelo requerente, os quais devem ser conclusivos quanto à eficiência agronômica;**” (Art. 9º, inciso I, grifo nosso).*

A situação anteriormente exposta refere-se a produtos que já estavam sendo comercializados antes da data de publicação da IN MAPA N° 05/2016. Para esta situação, sendo comprovado a realização e aprovação do potencial remineralizador nos testes agronômicos (ensaios agronômicos, aqui denominados de protocolos agronômicos I e II) por instituições de pesquisa brasileiras oficiais ou credenciadas, o material poderá ser registrado como remineralizador.

Caso contrário, ou seja, para novos materiais que possam atuar como potenciais remineralizadores de solos, o registro só será concedido após a realização dos protocolos agronômicos, conforme transcrito a seguir:

*“para os produtos que não foram testados pela pesquisa brasileira, sem prejuízo do disposto no Art. 4º desta Instrução Normativa, o registro somente será concedido após a realização de ensaios agronômicos por instituições oficial ou credenciada de pesquisa, conduzidos com plantas e obrigatoriamente em casa de vegetação ou a campo, **podendo esses ensaios ser complementados com testes de incubação ou em colunas de lixiviação**, que demonstrem de forma conclusiva que o produto se presta ao fim a que se destina” (Art. 9º, inciso II, grifo nosso).*

Algumas ressalvas importantes a respeito do exposto anteriormente:

- Para testes com novos produtos que apresentem o potencial de serem registrados como remineralizadores de solos, os protocolos agronômicos deverão, obrigatoriamente, serem realizados por instituições de pesquisas oficiais, como Universidades ou Centros de Pesquisa, por exemplo, ou por instituições de pesquisa cadastradas junto ao MAPA;
- A legislação obriga que, para o registro de um novo produto como remineralizador de solos, há a obrigatoriedade de realizar o que aqui denominamos de ‘Protocolo Agronômico II’, ou seja, a realização de ensaios agronômicos a nível de casa de vegetação e (ou) a campo;

- Não há obrigatoriedade em realizar testes em casa de vegetação e a campo, mas sim em uma dessas etapas. Cabe ao produtor do material e a instituição de pesquisa oficial ou credenciada definir qual(is) fase(s) será(ão) utilizada(s) para comprovar que o material se presta ao fim a que se destina;
- Etapas de campo são, geralmente, mais onerosas quando comparadas a realização dos testes em casa de vegetação. O mesmo vale para a demanda financeira, tecnológica e de áreas agricultáveis disponíveis;
- De acordo com o exposto na transcrição do Art. 9º, inciso II, **não é de caráter obrigatório** a realização de testes incubação e (ou) colunas de lixiviação para comprovar que o material se presta ao fim a que se destina. Porém, tais procedimentos, com destaque para os testes de incubação, são rotineiramente utilizados para comprovar que o material se presta ao fim a que se destina. Neste momento cabe ressaltar que testes de incubação e (ou) em casa de vegetação permitem a análise de um maior número de tratamentos (diferentes dosagens, por exemplo), de uma forma mais controlada, rápida e menos onerosa que estudos realizados a nível de campo.
- A realização dos testes vinculados ao Protocolo Agrônômico I, ou seja, incubação e (ou) colunas de lixiviação, são por nós considerados de extrema relevância, tanto por fornecer uma maior confiabilidade dos resultados apresentados no ato da solicitação de registro quanto por reduzir a demanda física, técnica e financeira nas etapas referentes ao Protocolo

Agronômico II, que são de caráter obrigatório. Neste momento, gostaríamos de enfatizar nossa sugestão de inserção da obrigatoriedade da realização de testes de incubação e (ou) colunas de lixiviação junto a IN MAPA 05/2016, objetivando uma padronização das pesquisas realizadas, assim como da maior confiabilidade dos resultados obtidos.

Concluído, então, os Ensaio Agronômicos (Protocolos Agronômicos I e II, a depender de cada instituição de pesquisa oficial ou credenciada quanto a obrigatoriedade destes), os próximos passos são referentes à solicitação de ‘Registro’ do produto (Capítulo III, Arts. 7º a 12), de ‘Embalagem, Rotulagem e Propaganda de Produtos’ (Capítulo IV, Arts. 13 e 14) e das ‘Disposições Finais’ (Capítulo V, Arts. 15 a 25).

A respeito destes últimos capítulos mencionados, não faremos nenhuma abordagem neste material, visto apresentarem um cunho apenas burocrático e, com esta Série, propusemos esclarecer possíveis questionamentos a respeito da parte prática. Sendo assim, e considerando o disposto nos incisos I e II do Art. 9º, anteriormente transcritos, questiona-se: **como proceder com as análises de incubação, colunas de lixiviação, casa de vegetação e campo? Há metodologias específicas para cada caso? Há mais de uma metodologia para cada uma das análises a serem mencionadas?**

Os questionamentos anteriormente apresentados são comuns de serem feitos. **Na IN MAPA 05/2016 não há nenhuma menção de como as instituições de pesquisa oficiais ou credenciadas deverão proceder para a realização destas análises.** Isso certamente leva a dúvidas na execução e em uma falta de padronização nas informações apresentadas junto ao MAPA.

Tais direcionamentos deveriam constar na própria legislação para que o processo de registro de um novo material como remineralizador de solos fosse claramente passível de execução mediante norma.

Em busca de obtermos informações de como realizar tais procedimentos inerentes aos Ensaio Agronômicos mencionados na IN MAPA 05/2016, nos deparamos com a Instrução Normativa nº 06, de 10 de março de 2016, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - IN MAPA 06/2016 (BRASIL, 2016b), a qual altera a redação original da Instrução Normativa nº 53, de 23 de outubro de 2013. Nesta, diversos artigos tratam dos remineralizadores e de exigências a serem cumpridas para a solicitação do registro de um determinado material como remineralizador.

Em referência aos requisitos mínimos para avaliação da viabilidade e eficiência agronômica e elaboração do relatório técnico-científico para fins de registro de produto remineralizadores, a primeira exigência a ser cumprida é:

*“O Relatório Final de Ensaio de Eficiência Agronômica deve ser emitido em papel timbrado da instituição de pesquisa onde foram conduzidos os experimentos e deve ser assinado pelos pesquisadores responsáveis pela condução do projeto; sendo que **junto com o Relatório Final deve ser entregue o Formulário de Apresentação de Trabalho Científico**, disponível na rede mundial de computadores, na página eletrônica do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, www.agricultura.gov.br, assinado pelo responsável da instituição de pesquisa.” (Art. 36, grifo nosso).*

Sobre o exposto, não há relação com os procedimentos práticos a serem adotados na condução dos Ensaio Agronômicos, contudo já nos deparamos com questionamentos a respeito da exigência

em se publicar os resultados obtidos em revistas científicas para a obtenção do registro do material como remineralizador. Não é este o nosso entendimento. A menção sobre “Formulário de Apresentação de Trabalho Científico” nada mais é do que um documento a ser preenchido com o resumo das informações contidas no relatório final apresentado ao MAPA. O acesso direto ao referido formulário encontra-se disponibilizado ao final desta página*¹.

Dando continuidade à IN MAPA 53/2013 alterada pela IN MAPA 06/2016, e levando em consideração algumas obrigatoriedades quanto a condução do trabalho (Ensaio Agrônomico), tem-se que:

*“o trabalho deverá ser conduzido de forma a: testar a capacidade de o produto **alterar, positivamente, duas ou mais variáveis de desempenho da cultura**, sendo que, quando se tratar de nutrientes, **a aplicação do produto deverá, no mínimo, alterar a produtividade da cultura e a concentração dos elementos nas plantas;**” (Art. 37, inciso II, alínea d, item 1, grifo nosso);*

“demonstrar que o produto atua na nutrição e no desenvolvimento da planta, utilizando, no mínimo, quatro doses crescentes, para obter a curva de absorção, quando se tratar de um nutriente;” (Art. 37, inciso II, alínea d, item 2, grifo nosso).

“quando o produto não tiver como função o fornecimento direto de nutriente, demonstrar que o produto altera positivamente pelo menos uma característica do solo, ou da planta do ponto de

*¹<https://www.gov.br/pt-br/servicos/obter-certificado-de-registro-de-produto-inoculante-biofertilizante-e-remineralizador>

vista qualitativo, quantitativo ou ambos;” (Art. 37, inciso II, alínea d, item 3, grifo nosso).

“quando se tratar de remineralizadores, demonstrar que o produto atua isolada ou cumulativamente no crescimento, nas variáveis geoquímicas do solo e na produtividade da cultura.” (Art. 37, inciso II, alínea d, item 5, grifo nosso).

E complementa, com relação aos materiais e métodos que:

“os ensaios experimentais podem ser conduzidos em condições de campo ou em ambiente controlado; sendo que, no caso de experimentos em condições de campo, estes devem ser conduzidos em regiões representativas do cultivo da cultura, em território nacional, em dois locais em condições edafoclimáticas distintas em duas safras ou quatro locais em condições edafoclimáticas distintas em uma safra; e os ensaios devem ser realizados com pelo menos duas culturas distintas (...);” (Art. 37, inciso III, alínea a, grifo nosso).

“no caso de experimento em casa de vegetação (ambiente controlado), este deve ser conduzido com pelo menos dois tipos de solo e realizado com pelo menos duas culturas distintas (...);” (Art. 37, inciso III, alínea b, grifo nosso).

“devem ser observadas as condições experimentais que eliminem ou minimizem a interferência de outras variáveis no resultado final; e, no caso de um ensaio que visa o estudo de uma fonte alternativa de um dado nutriente, por exemplo, todos os demais nutrientes devem ser fornecidos de acordo com o requerimento da cultura (...);” (Art. 37, inciso III, alínea c, grifo nosso).

“caracterizar o produto em estudo e, quando for o caso, o produto assumido como testemunha positiva, em relação às garantias mínimas exigidas em ato normativo específico, inclusive quanto à análise de contaminantes e respeitando as unidades de medida estipuladas (...)” (Art. 37, inciso III, alínea d).

*“**caracterizar física ou físico-química ou química ou microbiologicamente o produto a ser registrado, devendo ser feita a caracterização seguindo os métodos oficiais estabelecidos pelo MAPA, ou de acordo com o método proposto, caso o oficial não se aplique;**” (Art. 37, inciso III, alínea e, grifo nosso).*

*“caracterizar os locais de instalação do ensaio em relação às **condições edafoclimáticas;**” (Art. 37, inciso III, alínea f, grifo nosso).*

“informar a data de implantação e de conclusão do experimento;” (Art. 37, inciso III, alínea g).

*“indicar a cultivar ou o híbrido utilizado no teste, com informações sobre requerimento nutricional relativo ao(s) nutriente(s) de interesse, **ficando dispensado de apresentar tais informações quando se tratar de biofertilizante ou remineralizador;**” (Art. 37, inciso III, alínea h, grifo nosso).*

“descrever as práticas agrícolas adotadas durante a condução do ensaio, de acordo com as recomendações técnicas preconizadas para a cultura;” (Art. 37, inciso III, alínea i).

“especificar a concentração utilizada do produto teste e do produto assumido como testemunha positiva (padrão);” (Art. 37, inciso III, alínea j).

“descrever o tamanho da parcela, especificando espaçamento utilizado e densidade populacional da cultivar ou híbrido;” (Art. 37, inciso III, alínea k).

“informar o número de aplicações do produto, quando parceladas, especificando a época e modo de aplicação, citando a idade e o estágio de desenvolvimento da cultura e as datas das aplicações (dd/mm/aaaa);” (Art. 37, inciso III, alínea l).

“utilizar o delineamento experimental adequado para alcançar os objetivos propostos;” (Art. 37, inciso III, alínea m).

“o experimento deve ser montado de maneira que, na Análise de Variância, o Grau de Liberdade do Erro (ou Resíduo) seja igual ou superior a quinze; e” (Art. 37, inciso III, alínea n).

“sempre que cabível devem ser adotados o tratamento testemunha (testemunha absoluta) e o tratamento padrão (testemunha positiva).” (Art. 37, inciso III, alínea o).

As informações anteriormente dispostas, se claramente estivessem descritas na IN MAPA 05/2016, auxiliariam as instituições de pesquisas oficiais ou credenciadas na condução dos Ensaio Agronômicos. Não há uma única menção da IN MAPA 06/2016 na redação da IN 05/2016, o que poderia levar ao entendimento de documentos complementares.

Ainda em busca de informações sobre como realizar os procedimentos e metodologias inerentes aos Ensaio Agronômicos mencionados na IN MAPA 05/2016, observamos que no site^{*2} oficial de solicitação de registro de remineralizadores, do Governo Federal, no tópico de ‘etapas para a realização deste serviço’, somos direcionados ao site^{*3} do MAPA, especificamente para o setor de ‘documentos necessários para obter o registro para fertilizantes, inoculantes, corretivos e remineralizadores’. Neste há

*2 <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/registro-de-produtos-e-estabelecimentos/fertilizantes-inoculantes-e-corretivos>

*3 <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes>

diversas informações de relevância, porém queremos destacar duas, inerentes à realização dos procedimentos e metodologias relacionados aos Ensaio Agrônômicos, a saber:

- No tópico de registro para novos produtos, é destacado o documento intitulado **“Instruções para Planejamento e condução de experimentos com fertilizantes, inoculantes, corretivos, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas”**, documento este que apresenta instruções para o planejamento e condução de experimentos para comprovação de eficácia dos produtos supracionados. O acesso direto ao documento está descrito ao final desta página^{*4}.
- Já no tópico específico de registro para remineralizadores de solo, há menção ao documento da EMBRAPA que propõe sugestões metodológicas para a avaliação da eficiência agrônômica de potenciais remineralizadores de solos. O documento está intitulado como **“Sugestão de Protocolo para Avaliação da Eficiência Agrônômica de Remineralizadores de Solo”** e o acesso direto ao documento está descrito ao final desta página^{*5}.

Mediante todo o exposto referente as obrigações e sugestões metodológicas dispostas na IN MAPA 06/2016, IN MAPA 53, de 23 de outubro de 2013 e nos documentos da EMBRAPA intitulados “Instruções para Planejamento e condução de

*4 <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/registro-estab-e-prod/registro-produtos/instrucoes-para-conducao-de-experimentos.pdf>

*5 <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/registro-estab-e-prod/registro-produtos/protocolo-remineralizadores-30-01-19.pdf>

experimentos com fertilizantes, inoculantes, corretivos, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas” e “Sugestão de Protocolo para Avaliação da Eficiência Agronômica de Remineralizadores de Solo”, questiona-se: **por que tais documentos, orientações e sugestões não estão citadas na IN MAPA 05/2016, a qual trata dos remineralizadores? Não seria mais fácil atualizar a referida legislação para facilitar a compreensão da mesma? Não seria melhor criar critérios metodológicos específicos para cada etapa dos Ensaios Agronômicos, com o intuito de padronizar todas as pesquisas com potenciais remineralizadores, facilitando, assim, a construção dos relatórios de pesquisa para fins de registro?**

Ao nosso ver, uma padronização de todo o processo de pesquisa tornaria mais justo o sistema de registro, pois permitiria a comparação de produtos já registrados (remineralizadores), com aqueles que ainda estão em fase de estudo (potenciais remineralizadores), visto que todos estariam enquadrados em uma mesma sequência metodológica.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise detalhada da Instrução Normativa nº 05, de 10 de março de 2016, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a qual estabelece as regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura, pode-se constatar que há inúmeros pontos questionáveis quanto a clareza das informações ali apresentadas.

É indiscutível que, por si só, instituições de pesquisas oficiais ou credenciadas consigam realizar todas as etapas de caracterização do potencial remineralizador de solos sem dúvidas de como proceder para este fim.

Há necessidade de explicações mais detalhadas a respeito de alguns procedimentos específicos, como a Análise de Rietveld para a determinação do teor de Sílica Livre presente na amostra, assim como uma padronização das metodologias para a execução dos Ensaio Agronômicos, mais especificamente quanto ao processo de incubação e colunas de lixiviação, porém, não menos importante, também quando a etapa de casa de vegetação e campo. Definir, com clareza, as metodologias a serem seguidas permitirá uma padronização das pesquisas e, conseqüentemente, dos resultados obtidos.

Por ser um meio legal, e único, de regulamentação das pesquisas para obtenção do registro do produto como remineralizador de solos, as sugestões que foram aqui dispostas visam contribuir com uma futura versão atualizada da IN MAPA 05/2016.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS. Balanço das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais no período janeiro-outubro de 2021 - Informe 07/2021, 1a ed. Brasília, DF: Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais; 2021b.

ABIROCHAS. O setor de rochas ornamentais 2021, 1a ed. Brasília, DF: Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais; 2021a.

ABIROCHAS. Balanço das exportações e importações brasileiras de materiais rochosos naturais e artificiais de ornamentação e revestimento em 2021. Informe 01/2022. Brasília, DF: Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. 2022a.

ABIROCHAS. Balanço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2021. Informe 01/2022. Brasília/DF: Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais, 2022b.

ABIROCHAS. O setor brasileiro de rochas ornamentais: produção brasileira de lavra. Brasília, DF: Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais, 2021c.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004:2004: Resíduos sólidos: classificação, Rio de Janeiro, 2004a.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.006:2004: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos, Rio de Janeiro, 2004b.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17.100-1:2023: Gerenciamento de resíduos – Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2023.

AGUIAR, M.C.; GADIOLI, M.C.B.; SANT'ANA, M.A.K.; ALMEIDA, K.M.; VIDAL, F.W.H.; VIEIRA, C.M.F. Red Ceramics Produced with Primary Processing Fine Waste of Ornamental Stones According to the Circular Economy Model. Sustainability, v. 14, n. 19, p. 12887, 2022.

AL-AKHRAS, N.M.; ABABNEH, A.; ALARAJI, W.A. Using burnt stone slurry in mortar mixes. *Construction and Building Materials*, v. 24, p. 2658-2663, 2010.

AL-ZBOON, K.; AL-ZOU'BY, J. Recycling of stone cutting slurry in concrete mixes. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 17, p. 324-335, 2015.

BAI, S.W.; ZHANG, J.S.; WANG, Z. A methodology for evaluating cleaner production in the stone processing industry: case study of a Shandong stone processing firm. *Journal of Cleaner Production*, v. 102, p. 461-476, 2015.

BARROS, S.V.A.; DANTAS, G.C.B.; NEVES, G.A.; MENEZES, R.R. Imobilização de Metais Pesados Presentes nos Resíduos de Quartzito por Meio da Incorporação em Argamassas com Substituição Total do Agregado Natural. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, p. 833-845, 2020.

BRASIL. Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Altera o Anexo ao Decreto no 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o Regulamento da Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura. Brasília, 2004.

BRASIL. Decreto nº 8.384, de 29 de dezembro de 2014. Altera o Anexo ao Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. Brasília, 2014.

BRASIL. Instrução Normativa nº 35, de 4 de julho de 2006. Estabelece as especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura. Brasília: Governo Federal, 2006.

BRASIL. Instrução Normativa nº 5, de 10 de março de 2016. Estabelece as regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura. Brasília: Governo Federal, 2016a.

BRASIL. Instrução Normativa nº 53, de 23 de outubro de 2013. Estabelece as disposições e critérios para as definições, a classificação, o registro e renovação de registro de estabelecimento, o registro de produto, a autorização de comercialização e uso de materiais secundários, o cadastro e renovação de cadastro de prestadores de serviços de armazenamento, de acondicionamento, de análises laboratoriais, de empresas geradoras de materiais secundários e de fornecedores de minérios, a embalagem, rotulagem e propaganda de produtos, as alterações ou os cancelamentos de registro de estabelecimento, produto e cadastro e os procedimentos a serem adotados na inspeção e fiscalização da produção, importação, exportação e comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes e materiais secundários; o credenciamento de instituições privadas de pesquisa; requisitos mínimos para avaliação da viabilidade e eficiência agrônômica e elaboração do relatório técnico-científico para fins de registro de fertilizante, corretivo e biofertilizante na condição de produto novo, de conformidade com o disposto no art. 15 do Anexo do Decreto nº 4.954 de 2004. Brasília: Governo Federal, 2013a.

BRASIL. Instrução Normativa nº 6, de 10 de março de 2016. Altera a Instrução Normativa nº 53 de 2013, que estabelece as disposições e critérios para as definições, a classificação, o registro e renovação de registro de estabelecimento, o registro de produto, a autorização de comercialização e uso de materiais secundários, o cadastro e renovação de cadastro de prestadores de serviços de armazenamento, de acondicionamento, de análises laboratoriais, de empresas geradoras de materiais secundários e de fornecedores de minérios, a embalagem, rotulagem e propaganda de produtos, as alterações ou os cancelamentos de registro de estabelecimento, produto e cadastro e os procedimentos a serem adotados na inspeção e fiscalização da produção, importação, exportação e comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes e materiais secundários; o credenciamento de instituições privadas de pesquisa; requisitos mínimos para avaliação da viabilidade e

eficiência agrônômica e elaboração do relatório técnico-científico para fins de registro de fertilizante, corretivo e biofertilizante na condição de produto novo, de conformidade com o disposto no art. 15 do Anexo do Decreto nº 4.954 de 2004. Brasília: Governo Federal, 2016b.

BRASIL. Lei Federal nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980. Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e dá outras providências. Brasília, 1980.

BRASIL. Lei nº 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. Brasília. DF, 2013b.

BRASIL. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária E Abastecimento - MAPA, 2017. 240 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Brasil fatura US\$ 1,34 bilhão com exportação de rochas ornamentais. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2022.

BRUM, I.A.; RIBEIRO, R.C.C. Geração de tubetes de plantio constituídos de polímero biodegradável e resíduos minerais. Rio de Janeiro: CETEM, 2014.

CAMARA, G.R., FAITANIN, B.X., SILVEIRA, L.L.L., CHIODI FILHO, C., SANTOS, E.S. Utilização de rochas ornamentais ricas em minerais potássicos como fonte alternativa de insumo agrícola em rochagem – Parte I. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, v. 30, 71p. 2021.

CAMPOS, A.R.; RIBEIRO, R.C.C.; CASTRO, N.F.; AZEVEDO, H.C.A.; CATTABRIGA, L. Resíduos: Tratamento e Aplicações Industriais. In: VIDAL, F.W.H.; AZEVEDO, H.C.A.; CASTRO, N.F. Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e 106 beneficiamento. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Centro de Tecnologia Mineral, 2014, cap. 9, p. 433-492.

CENTROROCHAS. Exportações brasileiras de rochas ornamentais evoluem 7,98% no 1º trimestre de 2022. Vitória, ES: Centro Brasileiro dos Exportadores de Rochas Ornamentais, 2022a.

CENTROROCHAS. Exportações de rochas: dezembro de 2021. Vitória, ES: Centro Brasileiro dos Exportadores de Rochas Ornamentais, 2022b.

CENTROROCHAS. Exportações de rochas: março de 2022. Vitória, ES: Centro Brasileiro dos Exportadores de Rochas Ornamentais, 2022c.

CENTROROCHAS. Exportações de rochas: maio de 2023. Vitória, ES: Centro Brasileiro dos Exportadores de Rochas Ornamentais, 2023.

CNA. Quatro estados concentram quase 70% da produção de grãos do país. Brasília, DF: Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2017.

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.

COMEXSTAT. Foreign Trade Statistics System. Ministry of Economy – Brazil. 2022.

CONAMA. Resolução nº 454, de 1º de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Brasília, DF: Conselho Nacional do Meio Ambiente / Ministério do meio Ambiente e Mudança do Clima, 2012.

CPRM. Remineralizadores: perguntas frequentes. Brasília, DF: Serviço Geológico do Brasil, 2022.

FERNANDES, F.R.C.; LUZ, A.B.; CASTILHOS, Z.C. *Agrominerais para o Brasil*. Rio de Janeiro, RJ: CETEM, v. 1. 380 p, 2010.

GADIOLI, M.C.B.; AGUIAR, M.C.; VIDAL, F.W.H.; SANT'ANA, M.A.K.; ALMEIDA, K.M.; GIORI, A.J.N. Incorporation of ornamental stone waste in the manufacturing of red ceramics. *Materials*, v. 15, n. 16, p. 5635, 2022.

GADIOLI, M.C.B.; AGUIAR, M.C.; VIEIRA, C.M.F.; GARCIA FILHO, F.C.; MONTEIRO, S.N. Microstructural Characterization of Clay-Based Ceramics with the Addition of Granite Residues. *MATERIALS SCIENCE FORUM (ONLINE)*, v. 958, p. 123-128, 2019.

GENCEL, O.; OZEL, C.; KOSKAL, F.; ERDOGMUS, E.; MARTÍNEZ-BARREA, G.; BROSTOW, W. Properties of concrete paving blocks made with waste marble. *Journal of Cleaner Production*, v. 21, p. 62-70, 2012.

Globalfert. Outlook GlobalFert 2021: 2º reporte anual do mercado de fertilizantes – 2021. Brasília, DF: GlobalFert., 2021.

IBRAM. CETEM e INT depositam no INPI pedido de patente de invenção no setor mineral. Belo Horizonte, MG: Instituto Brasileiro de Mineração, 2015.

INVESTSP. São Paulo lidera produção de frutas no Brasil. Jaguaré, SP: Agência Paulista de Promoção de Investimentos e Competitividade, 2022.

LINS, F.F. et al. Apresentação. Anais do I Congresso Brasileiro de Rochagem. Anais...Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010.

LOPES, D.F.; SILVA, A.C.; BARROS, M.R.; SILVA, E.M.S. Reaproveitamento de estéril de mineração como agregado graúdo para fabricação de concreto. *Tecnologia em metalurgia, materiais e mineração*, n. 17, v. 1, 2020.

MAEDA, S. Condicionadores de solo. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2021.

MENDES, G.A.; EFFTING, C.; SCHACKOW, A. Argamassa Autonivelante Com Adição De Resíduos De Mármore E Granitos: Propriedades Físicas E Mecânicas. *Ambiente Construído*, p.403-18, 2020.

MOREIRA, B.C.; NEVES, M.A.; PINHEIRO, M.M.; NASCIMENTO, W.A.R.; BARBOSA, J.L.B.; HORN, A.H. Depósitos de resíduos de rochas ornamentais: composição, dimensionamento e possíveis usos no setor de construção civil. São Paulo, SP: UNESP, Geociências, v. 40, n. 2, p. 525-538, 2021.

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. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.1, p.47-53, 2013.

RODRIGUES, G.F.; ALVES, J.O.; TENÓRIO, J.A.S.; ESPINOSA, D.C.R. Estudo de resíduos de rochas ornamentais para a produção de materiais vítreos. *Tecnologia Em Metalurgia, Materiais e Mineração*, 2011.

RONQUIM, C.C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

SANTOS, R.A.; LIRA, B.B.; RIBEIRO, A.C.M. Argamassa com substituição de agregado natural por resíduo de britagem de granito. *Holos*, 2012.

SCOPUS. <https://www.elsevier.com/pt-br/solutions/scopus>. Elsevier, 2023.

SILVEIRA, C.A.P.; BAMBERG, A.L.; MARTINAZZO, R.; PILLON, C.N.; MARTINS, E.D.; PIANA, C.F.B.; FERREIRA, L.H.G.; PEREIRA, I.S.; STUMPF, L. Instruções para planejamento e condução de experimentos com fertilizantes, inoculantes, corretivos, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas. *Pelotas: Embrapa Clima Temperado*, 7p., 2019a.

SILVEIRA, C.A.P.; BAMBERG, A.L.; MARTINAZZO, R.; PILLON, C.N.; MARTINS, E.D.; PIANA, C.F.B.; FERREIRA, L.H.G.; PEREIRA, I.S. Protocolo para avaliação da eficiência agronômica de remineralizadores de solo – primeira versão. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 23p., 2019b.

SINGH, S.; NAGAR, R.; AGRAWAL, V.; RANA, A.; TIWARI, A. Sustainable utilization of granite cutting waste in high strength concrete. *Journal of Cleaner Production*, v. 116, p. 223-235, 2016.

SIPEAGRO. Sistema Integrado de Produtos e Estabelecimentos Agropecuários. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2023. Disponível em: <<https://indicadores.agricultura.gov.br/fertilizantes/index.htm>>. Acesso em: 24 maio 2023.

SOUZA, B.S.; SILVA, A.S.; PEREIRA, C.B.G.; SANTOS, F.S.; SILVA, G.S.P. Análise comparativa de lã de rocha como isolante térmico em ambientes resfriados. *Pesquisa e Inovação: revista científica das engenharias*. Centro Universitário Campo Real, v.3, n.2, 2021, 18p.

SOUZA, F.N.S. O potencial de agrominerais silicáticos como fonte de nutrientes na agricultura tropical. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade de Brasília, 2014, 107f.

SOUZA, W.S. Uso da rochagem para remineralização de solos de baixa fertilidade. [s.l.] Universidade Federal do Ceará, 2019.

TAVARES, S.R.L.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação de diferentes métodos de extração de metais pesados em solos contaminados provenientes de atividades de galvanoplastia. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2017.

THEODORO, S.M.C.H. A construção do marco legal dos remineralizadores. In: III congresso Brasileiro de Rochagem, 2016, Pelotas. Anais do III congresso Brasileiro de Rochagem. Assis: Trinfal Gráfica e Editora, 2016. v. 1. p. 5-36.

THEODORO, S.M.C.H. A fertilização da terra pela terra: uma alternativa para a sustentabilidade do pequeno produtor rural. [s.l.] Universidade de Brasília, 2000.

USEPA – United State Environmental Protection Agency. 1998. Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/3051a.pdf>> Acesso: 06 de julho de 2022.

VIDAL, F.W.H.; PINHEIRO, J.R.; CASTRO, N.F.; CARANASSIOS, A. Lavra de rochas ornamentais. In: Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014. Cap. 4, p.155-257.

SÉRIES CETEM

As Séries Monográficas do CETEM são o principal material de divulgação da produção científica realizada no Centro. Até o final do ano de 2023, já foram publicados, eletronicamente e/ou impressos em papel, mais de 380 títulos, distribuídos entre as seis séries atualmente em circulação: Rochas e Minerais Industriais (SRMI), Tecnologia Mineral (STM), Tecnologia Ambiental (STA), Estudos e Documentos (SED). A Série Iniciação Científica consiste numa publicação eletrônica anual.

A lista das publicações poderá ser consultada em nossa homepage. As obras estão disponíveis em texto completo para download. Visite-nos em <https://www.gov.br/cetem/pt-br/assuntos/repositorio-mineralis-e-biblioteca>.

Últimos números da Série Rochas e Minerais Industriais

SRMI-34 – **Simulador de desgaste de pérolas diamantada – Modelo matemático.** Luan Lamon Machado, Leonardo Luiz Lyrio da Silveira, Beatriz Carvalheira Moreira, 2023.

SRMI-33 – **Simulador de desgaste de pérolas diamantadas – Aspectos construtivos.** Leonardo Luiz Lyrio da Silveira, Luan Lamon Machado, Beatriz Carvalheira Moreira, 2023.

SRMI-32 – **Planejamento de experimentos aplicado no aproveitamento de resíduos de rochas ornamentais.** Rondinelli Moulin Lima, Mônica Castoldi Borlini Gadioli, Mariane Costalonga de Aguiar, Alan Dutra Pedruzzi, 2022.

INFORMAÇÕES GERAIS

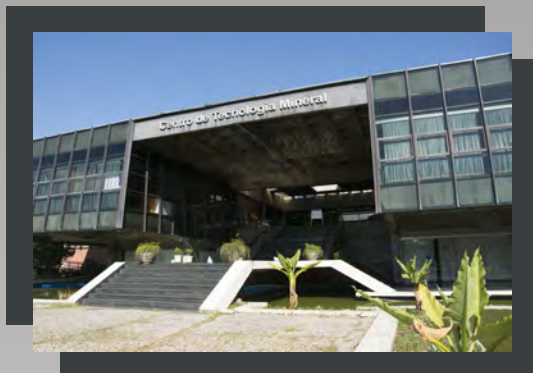
CETEM – Centro de Tecnologia Mineral
Avenida Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária
21941-908 – Rio de Janeiro – RJ
Geral: (21) 3865-7222
Biblioteca: (21) 3865-7218
E-mail: biblioteca@cetem.gov.br
Homepage: <http://www.cetem.gov.br>

NOVAS PUBLICAÇÕES

Se você se interessar por um número maior de exemplares ou outro título de uma das nossas publicações, entre em contato com a nossa biblioteca no endereço acima.

Solicita-se permuta.

We ask for interchange.



Missão Institucional

Desenvolver tecnologias inovadoras e sustentáveis, e mobilizar competências visando superar desafios nacionais do setor mineral.

O CETEM

O Centro de Tecnologia Mineral - CETEM é um instituto de pesquisas, vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI, dedicado ao desenvolvimento, à adaptação e à difusão de tecnologias nas áreas minerometalúrgica, de materiais e de meio ambiente.

Criado em 1978, o Centro está localizado no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, na Cidade Universitária, no Rio de Janeiro e ocupa 20.000m² de área construída, que inclui 25 laboratórios, 4 plantas-piloto, biblioteca especializada e outras facilidades.

Durante seus 46 anos de atividade, o CETEM desenvolveu mais de 800 projetos tecnológicos e prestou centenas de serviços para empresas atuantes nos setores minerometalúrgico, químico e de materiais.