

PANORAMA DA LITERATURA SOBRE REMINERALIZADORES DE SOLO (2002-2022): UMA ABORDAGEM BIBLIOMÉTRICA

EMANUÉLLE SOARES CARDozo¹; **EDUARDA GOMES DE SOUZA²**; **MAELE COSTA DOS SANTOS³**; **WILLIAN CÉZAR NADALETI⁴**; **VITER MAGALHÃES PINTO⁵**; **BRUNO MULLER VIEIRA⁶**

¹ Universidade Federal de Pelotas – emanuellesoarescardozo@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – gseduarda@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas – maeledossantoseq@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Pelotas – williancezarnadaletti@gmail.com

⁵ Universidade Federal de Pelotas – viter.pinto@gmail.com

⁶ Universidade Federal de Pelotas – bruno.ceng.ufpel@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O setor agrícola brasileiro é altamente dependente de insumos estrangeiros. No que refere-se a fertilizantes, no ano de 2022, a importação de fertilizantes intermediários e formulações à base de NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio) correspondeu a 84,25% da totalidade de fertilizantes entregues ao mercado nacional (ANDA, 2023). O alto consumo de fertilizantes químicos justifica-se pela gradativa redução da fertilidade dos solos devido à intensa atividade agrícola associada ao processo natural de intemperismo (THEODORO *et al.*, 2012).

O uso de fertilizantes químicos em larga escala resulta em consequências danosas para o meio ambiente, como a eutrofização de corpos hídricos pela oferta em excesso de nutrientes (THEODORO *et al.*, 2012). De acordo com o Plano Nacional de Fertilizantes 2050 (2021), no ano de 2020 o Brasil consagrou-se como o segundo maior consumidor de fertilizantes potássicos do mundo em maioria provenientes do Canadá, da Rússia e da Bielorrússia, estando altamente suscetíveis a políticas externas e as oscilações da taxa cambial de moedas estrangeiras. Diante destas problemáticas a busca por fertilizantes alternativos com menor impacto ambiental negativo e a capacidade de reduzir a dependência brasileira por insumos agrícolas importados, sem alterar os índices de produtividade foi intensificada.

Uma das alternativas consiste na remineralização de solos por meio da adição de rocha cominuída, técnica denominada de rochagem. O pó de rocha ao ser inserido no solo fica suscetível aos processos intempéricos, resultando na disponibilização de uma série de macro e micronutrientes, não afetando o equilíbrio ambiental do meio (BRITTO *et al.*, 2019; SWOBODA *et al.*, 2022). Os remineralizadores de solo são regulamentados no Brasil pela Lei nº.12.890/2013, a qual inseriu este produto na categoria de insumos agrícolas, e pela Instrução Normativa nº 05 de 2016 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que definiu os parâmetros mínimos para que uma litologia seja destinada a esta finalidade.

Considerando que este tema ainda é pouco explorado, o presente estudo tem como objetivo delinear um panorama das publicações relacionadas a técnica de remineralização de solos, em um período compreendido entre 2002 a 2022, enfatizando os pontos críticos e as tendências futuras.

2. METODOLOGIA

Realizou-se uma revisão bibliométrica das publicações relacionadas à técnica de remineralização de solos no banco de dados *Scopus* da Editora *Elsevier*. As palavras-chave utilizadas foram "stone meal" ou "rock powder" e "soil remineralization" ou "fertilizer", em documentos do tipo "Artigo", em português ou inglês, publicados entre 2002 e 2022. A busca resultou em 64 publicações. Os dados foram analisados no software livre *VOSviewer*, o qual possibilita a criação de mapas de rede de co-ocorrência de palavras-chave, do acoplamento bibliográfico, de co-citação e de co-autoria (VAN ECK; WALTMAN, 2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Brasil destaca-se como o país com a maior produção científica na área de remineralização de solos. Tal fato é justificado pelo país apresentar uma série de condições favoráveis à técnica de rochagem, como rica geodiversidade, clima tropical, elevado índice de intemperismo, forte produção agrícola, além de uma grande quantidade de litologias vulcânicas que são subprodutos da mineração (RAMOS *et al.*, 2014). O estado do Rio Grande do Sul (RS) lidera o ranking mundial da produção de ametistas e ágatas. De acordo com TOSCAN *et al.* (2007) no município de Nova Prata, nordeste do estado do RS, são gerados anualmente 52.400m³ de resíduos.

As pesquisas apresentadas por RAMOS *et al.* (2014, 2015, 2017), KORCHAGIN *et al.* (2019), DALMORA *et al.* (2020) e MEDEIROS *et al.* (2021) indicaram que o pó das rochas vulcânicas, resíduos da mineração de geodos nos municípios de Nova Prata e Ametista do Sul, possui viabilidade para a remineralização de solos. Nas últimas décadas, houve um expressivo aumento no número de publicações relacionadas à técnica de rochagem, refletindo a crescente busca por fertilizantes alternativos de origem nacional e com menor impacto ambiental negativo (Figura 1):

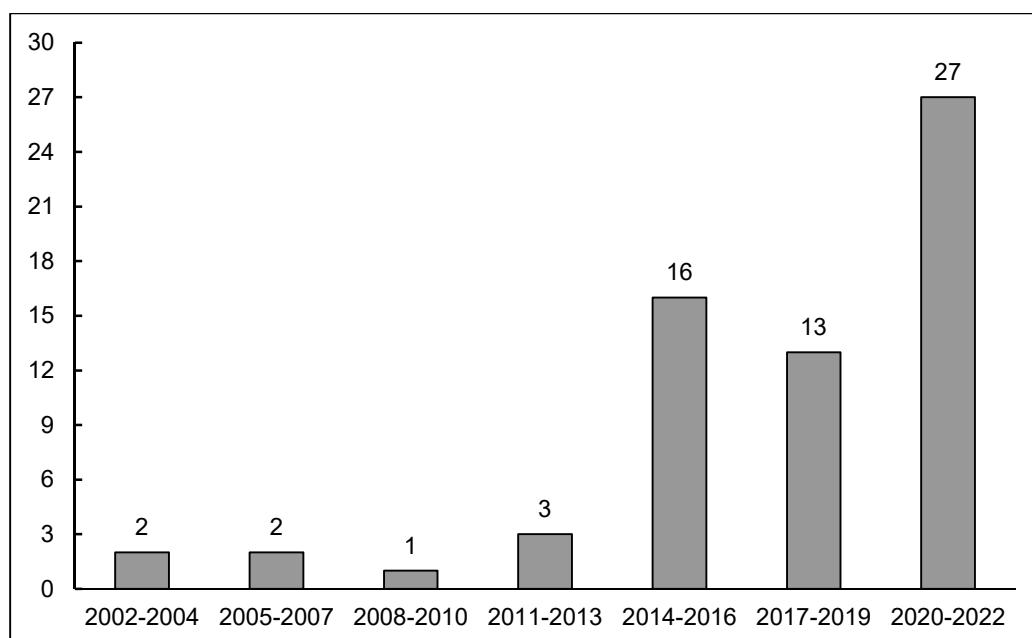


Figura 1. Distribuição de artigos publicados entre 2002 e 2022.

O mapa bibliométrico de co-ocorrência de palavras-chave, utilizando frequência acima de quatro, indicou três clusters distintos com a ocorrência de 24 palavras-chave. O primeiro cluster está relacionado às melhorias obtidas no solo com a aplicação do pó de rocha, tais como a elevação do pH e o aumento dos teores de fósforo e potássio. O segundo aborda a utilização das rochas silicáticas como fonte de nutrientes fundamentais para o desenvolvimento de diversas culturas agrícolas. Por fim, o terceiro cluster explora as possibilidades de aplicação do pó de rocha como fertilizante potássico, especialmente o pó de fonólito (litologia vulcânica rica em potássio). Além disso, no terceiro cluster, observa-se que o Brasil é o epicentro de pesquisas relacionadas a essa temática. Isso ocorre porque o país é um dos principais importadores de fertilizantes potássicos, e a utilização do pó de rocha como fonte alternativa de potássio pode reduzir a dependência brasileira de insumos agrícolas provenientes do exterior (Figura 2):

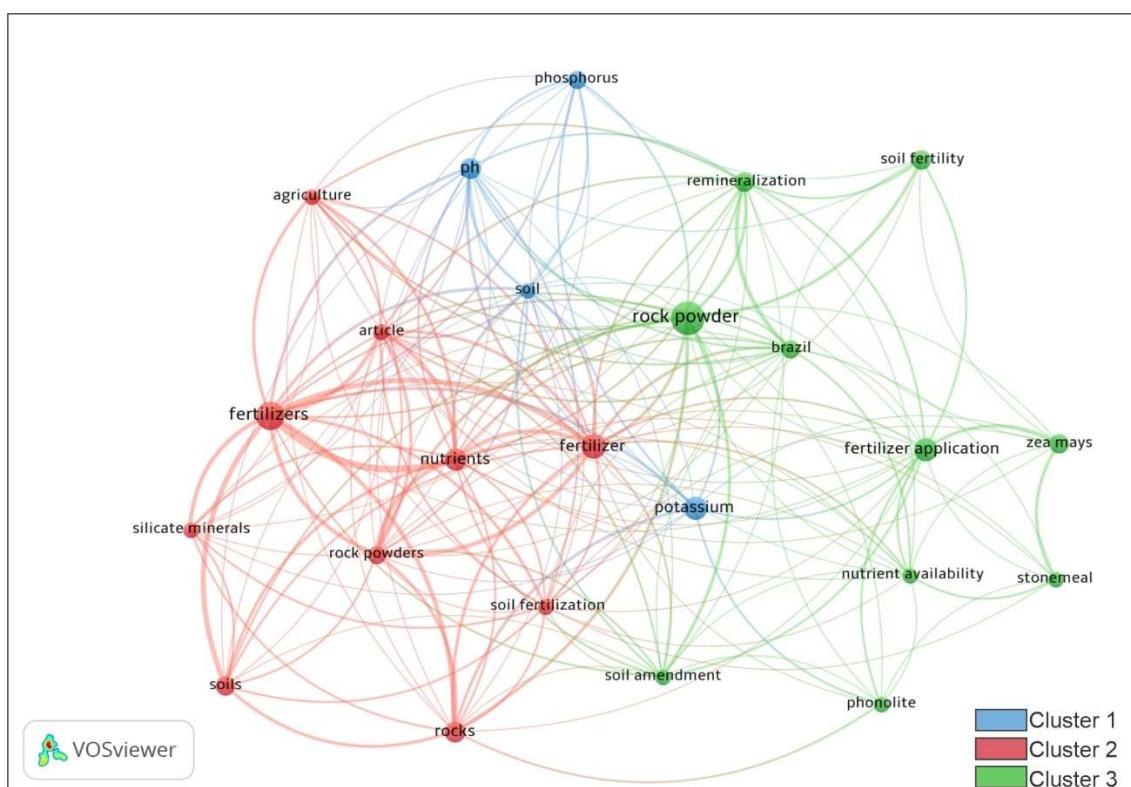


Figura 2. Mapa bibliométrico de co-ocorrência de palavras-chave.

4. CONCLUSÕES

A análise bibliométrica, considerando um período compreendido entre 2002 e 2022, indicou um crescimento médio anual de 16,33% no número de publicações, refletindo o potencial promissor da técnica de remineralização de solos. Essa abordagem agrícola tem demonstrado vantagens significativas nos âmbitos social, econômico e ambiental, por ser um insumo de proveniência nacional, de baixo custo e com menor impacto ambiental negativo em comparação com os fertilizantes químicos solúveis convencionais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDA - ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Pesquisa Setorial**: principais indicadores do setor de fertilizantes. 2022. Disponível em:

<https://anda.org.br>. Acesso em: 16 jul. 2023.

BRASIL. Instrução Normativa MAPA nº 5, 10 mar. 2016. Dispões regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, República Federativa do Brasil, Brasília, DF, seção 1, p. 10, 14 mar. 2016.

BRASIL. Lei nº 12.890, 10 dez. 2013. Dispões sobre a inclusão dos remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção 1, 11 dez. 2013.

BRITO, R. S. et al. ROCHAGEM NA AGRICULTURA: IMPORTÂNCIA E VANTAGENS PARA ADUBAÇÃO SUPLEMENTAR. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, [s. l.], v. 6, n. 1, 2019. Disponível em: <https://teste-periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/2331>.

DALMORA, A. C. et al. Understanding the mobility of potential nutrients in rock mining by-products: An opportunity for more sustainable agriculture and mining. **Science of The Total Environment**, [s.l.], v. 710, p. 136240, 2020.

KORCHAGIN, J.; CANER, L.; BORTOLUZZI, E. C. Variability of amethyst mining waste: A mineralogical and geochemical approach to evaluate the potential use in agriculture. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 210, p. 749–758, 2019.

MEDEIROS, D. S. et al. Soybean crops cultivated with dacite rock by-product: A proof of a cleaner technology to soil remineralization. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, [s.l.], v. 9, nº 6, p. 106742, 2021. I

RAMOS, C. G et al. Evaluation of the potential of volcanic rock waste from southern Brazil as a natural soil fertilizer. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 142, p. 2700–2706, 2017.

RAMOS, C. G. et al. A preliminary evaluation of volcanic rock powder for application in agriculture as soil a remineralizer. **Science of The Total Environment**, [s.l.], v. 512–513, p. 371–380, 2015.

RAMOS, C. G.; DE MELLO, A. G.; KAUTZMANN, R. M. A preliminary study of acid volcanic rocks for stonemeal application. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, [s.l.], v. 1–2, p. 30–35, 2014.

SWOBODA, P.; DÖRING, T. F.; HAMER, M. Remineralizing soils? The agricultural usage of silicate rock powders: A review. **Science of The Total Environment**, v. 807, p. 150976, 2022.

THEODORO, S. H. et al. Importância de uma Rede Tecnológica de Rochagem para a Sustentabilidade em Países Tropicais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 6, p. 1390, 2013.

TOSCAN, L.; KAUTZMANN, R. M.; SABEDOT, S. O rejeito da mineração de basalto no nordeste do Estado do Rio Grande do Sul: diagnóstico do problema. **Revista Escola de Minas**, [s.l.], v. 60, nº 4, p. 657–662, 2007.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, [s.l.], v. 84, nº 2, p. 523–538, 2010.