

Brandaly Staudt | Eduarda Gomes de Souza | Eliana Lima da Fonseca
Emanuélle Soares Cardozo | Jader Luís da Silveira | Johny Barrêto Alves
Jones Bittencourt Machado | Maele Costa dos Santos
Stéfany Silveira das Neves | Viter Magalhães Pinto | Willian César Nadaleti

Geociências

Os Segredos do Planeta



Brandaly Staudt | Eduarda Gomes de Souza | Eliana Lima da Fonseca
Emanuélle Soares Cardozo | Jader Luís da Silveira | Johny Barrêto Alves
Jones Bittencourt Machado | Maele Costa dos Santos
Stéfany Silveira das Neves | Viter Magalhães Pinto | Willian César Nadaleti

Geociências

Os Segredos do Planeta



2023 – Editora Ducere

www.ducere.com.br

editoraducere@gmail.com

Autores

Brandaly Staudt | Eduarda Gomes de Souza | Eliana Lima da Fonseca
Emanuélle Soares Cardozo | Jader Luís da Silveira | Johny Barrêto Alves
Jones Bittencourt Machado | Maele Costa dos Santos | Stéfany Silveira das Neves
Viter Magalhães Pinto | Willian César Nadaleti

Editor Chefe: Jader Luís da Silveira

Editoração e Arte: Resiane Paula da Silveira

Imagens, Arte e Capa: Freepik/Ducere

Revisão: Respectivos autores dos artigos

Conselho Editorial

Ma. Heloisa Alves Braga, Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, SEE-MG

Me. Ricardo Ferreira de Sousa, Universidade Federal do Tocantins, UFT

Esp. Ricael Spirandeli Rocha, Instituto Federal Minas Gerais, IFMG

Me. Ronei Aparecido Barbosa, Instituto Federal Minas Gerais, IFSULDEMINAS

Dr. Fabrício dos Santos Ritá, Instituto Federal Minas Gerais, IFSULDEMINAS

Dr. Claudiomir Silva Santos, Instituto Federal Minas Gerais, IFSULDEMINAS

Me. Guilherme de Andrade Ruela, Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF

Ma. Luana Ferreira dos Santos, Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC

Ma. Ana Paula Cota Moreira, Fundação Comunitária Educacional e Cultural de João Monlevade, FUNCEC

Me. Camilla Mariane Menezes Souza, Universidade Federal do Paraná, UFPR

Ma. Jocilene dos Santos Pereira, Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC

Ma. Tatiany Michelle Gonçalves da Silva, Secretaria de Estado do Distrito Federal, SEE-DF

Dra. Haiany Aparecida Ferreira, Universidade Federal de Lavras, UFLA

Me. Arthur Lima de Oliveira, Fundação Centro de Ciências e Educação Superior à Distância do Estado do RJ, CECIERJ

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S798g Geociências: Os Segredos do Planeta
/ Brandaly Staudt, Eduarda Gomes de Souza, Eliana Lima da Fonseca, et al. – Formiga (MG): Editora Ducere, 2023. 82 p. : il.

Outros autores:

Emanuélle Soares Cardozo, Jader Luís da Silveira, Johny Barrêto Alves, Jones Bittencourt Machado, Maele Costa dos Santos, Stéfany Silveira das Neves, Viter Magalhães Pinto, Willian César Nadaleti

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-998510-3-2

DOI: 10.5281/zenodo.8417272

1. Geociências. 2. Geologia. 3. Terra / Estrutura e propriedades da terra. I. Staudt, Brandaly. II. Souza, Eduarda Gomes de. III. Fonseca, Eliana Lima da.. IV. Título.

CDD: 551.1

CDU: 551.1

Os artigos, seus conteúdos, textos e contextos que participam da presente obra apresentam responsabilidade de seus autores.

Downloads podem ser feitos com créditos aos autores. São proibidas as modificações e os fins comerciais.

Proibido plágio e todas as formas de cópias.

Editora Ducere

CNPJ: 35.335.163/0001-00

Telefone: +55 (37) 99855-6001

www.ducere.com.br

editoraducere@gmail.com

Formiga - MG

Catálogo Geral: <https://editoras.grupomultiatual.com.br/>

Acesse a obra originalmente publicada em:

<https://www.ducere.com.br/2023/10/geociencias-os-segredos-do-planeta.html>



AUTORES

**BRANDALY STAUDT
EDUARDA GOMES DE SOUZA
ELIANA LIMA DA FONSECA
EMANUÉLLE SOARES CARDOZO
JADER LUÍS DA SILVEIRA
JOHNY BARRÊTO ALVES
JONES BITTENCOURT MACHADO
MAELE COSTA DOS SANTOS
STÉFANY SILVEIRA DAS NEVES
VITER MAGALHÃES PINTO
WILLIAN CÉZAR NADALETIA**

APRESENTAÇÃO

Nossa compreensão da Terra e de seu funcionamento intrincado tem evoluído ao longo dos séculos, mas nunca antes testemunhamos uma explosão tão extraordinária de conhecimento como a que estamos experimentando hoje. A geociência, que abrange uma variedade de subcampos, desde a geologia até a climatologia, passando pela oceanografia, meteorologia e muito mais, desempenha um papel vital em nossa busca contínua por respostas para algumas das questões mais prementes e fundamentais sobre nosso planeta.

À medida que exploramos as complexidades das geociências, somos lembrados da importância da pesquisa, da curiosidade humana e da colaboração global.

Convidamos todos os leitores, sejam estudantes em busca de conhecimento, profissionais comprometidos com a causa ambiental, ou simplesmente curiosos, a embarcarem nessa jornada pelo universo das Geociências. Que este livro inspire novas gerações de cientistas, acadêmicos e cidadãos do mundo a abraçar a responsabilidade de preservar e proteger nosso planeta, ao mesmo tempo em que celebramos as maravilhas da Terra e desvendamos seus segredos mais profundos.

"Geociências: Os Segredos do Planeta" é um convite para desvendar os mistérios que a Terra ainda guarda e para nos unirmos em um esforço coletivo para garantir um futuro sustentável para as gerações vindouras.

Boa Leitura!

SUMÁRIO

Capítulo 1 OCORRÊNCIA DE ESCARNITOS NO MUNICÍPIO DE ARROIO GRANDE, SUL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL <i>Emanuélle Soares Cardozo; Johny Barrêto Alves; Maele Costa dos Santos; Jones Bittencourt Machado; Eduarda Gomes de Souza; Stéfany Silveira das Neves; Viter Magalhães Pinto; Willian César Nadaleti</i>	8
<hr/> Capítulo 2 GRAU DE VULNERABILIDADE E RISCO DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM RELAÇÃO À OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO DE ASSIS (RS / BRASIL) <i>Brandaly Staudt; Eliana Lima da Fonseca</i>	22
<hr/> Capítulo 3 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL E GEOMORFOLÓGICA DO MEIO FÍSICO E DOS RECURSOS MINERAIS DO MUNICÍPIO DE FORMIGA – MG <i>Jader Luís da Silveira</i>	35
<hr/> Capítulo 4 DIFICULDADES NO ENSINO DE GEOLOGIA: A CONEXÃO ENTRE GEOLOGIA E A VIDA COTIDIANA <i>Jader Luís da Silveira</i>	61
<hr/> AUTORES	80

Capítulo 1
OCORRÊNCIA DE ESCARNITOS NO MUNICÍPIO DE
ARROIO GRANDE, SUL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO
SUL

Emanuélle Soares Cardozo
Johny Barrêto Alves
Maele Costa dos Santos
Jones Bittencourt Machado
Eduarda Gomes de Souza
Stéfany Silveira das Neves
Viter Magalhães Pinto
Willian César Nadaleti

OCORRÊNCIA DE ESCARNITOS NO MUNICÍPIO DE ARROIO GRANDE, SUL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Emanuélle Soares Cardozo

Engenheira Geóloga; Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel); emanuellesoarescardozo@gmail.com.

Johny Barrêto Alves

Engenheiro Geólogo; Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); johnybarreto@gmail.com.

Maele Costa dos Santos

Engenheira Química; Mestra em Ciências Ambientais; Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Pelotas (UFPel); maeledossantoseq@gmail.com.

Jones Bittencourt Machado

Engenheiro de Produção; Licenciado em Física; Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel); jones.bittencourt@gmail.com.

Eduarda Gomes de Souza

Engenheira Ambiental e Sanitarista; Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel); gseneduarda@gmail.com.

Stéfany Silveira das Neves

Graduanda em Engenharia Geológica pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel); st_silveira@outlook.com.

Viter Magalhães Pinto

Professor Adjunto da Universidade Federal de Pelotas (UFPeL); Mestre, Doutor e Pós-Doutor pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); viter.pinto@gmail.com.

Willian César Nadaleti

Professor Adjunto da Universidade Federal de Pelotas (UFPeL); Mestre em Engenharia de Energia, Doutor e Pós-Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); williancezarnadaleti@gmail.com.

RESUMO

Escarnitos são rochas cálcio-silicáticas de granulometria variável originadas em zonas metamórficas de contato/metassomáticas caracterizadas pelo magmatismo em corpos carbonáticos. Nas últimas décadas observou-se um crescente aumento pelo interesse na compreensão geológica dos escarnitos, considerando que são potenciais depósitos de ferro, cobre, ouro, prata, estanho, zinco, molibdênio, tungstênio, urânio, flúor, boro e elementos terras-raras. O presente estudo objetiva a elaboração de um perfil geológico representativo do setor nordeste da pedreira Brasileira, que propicie compreender o comportamento litológico dos escarnitos ocorrentes no município de Arroio Grande, região sul do estado do Rio Grande do Sul. Para esta finalidade, descreveu-se quatro testemunhos de sondagem (F1, F3, F5 e F7), enfatizando a litologia ocorrente, a profundidade e as amostras representativas coletadas. As descrições foram integradas, gerando o perfil A-A'. Este permitiu realizar de forma simplificada a análise dimensional das litologias que compõem o setor nordeste da pedreira Brasileira. Constatou-se uma concentração significativa de escarnitos, na profundidade de 17 e 55 metros, os quais possuem coloração variando de rosado a esverdeado, cristais euédricos e intensa sulfetação. Considerando que a comprovação de mineralizações com viabilidade de comercialização seria benéfica ao município de Arroio Grande, devido a agregar valor a um subproduto da mineração de mármore, os resultados deste trabalho revelaram um potencial promissor para a pedreira Brasileira.

Palavras-chave: Mármore Matarazzo; Depósito Mineral; Mineralização.

ABSTRACT

Scarns are calcium-silicate rocks with variable grain sizes originating in contact/metasomatic metamorphic zones characterized by magmatism in carbonate bodies. In recent decades, there has been a

growing interest in the geological understanding of scarns, considering their potential as deposits of iron, copper, gold, silver, tin, zinc, molybdenum, tungsten, uranium, fluorine, boron, and rare earth elements. The present study aims to develop a representative geological profile of the northeastern sector of the Brazilian quarry, which allows us to understand the lithological behavior of scarns occurring in the municipality of Arroio Grande in the southern region of Rio Grande do Sul state. For this purpose, four borehole samples (F1, F3, F5, and F7) have been described emphasizing the lithology encountered, the depth, and the representative samples collected. The descriptions integration enabled generating profile A-A'. This allowed for a simplified dimensional analysis of the lithologies comprising the northeastern sector of the Brazilian quarry. A significant concentration of scarns was found at depths of 17 to 55 meters, exhibiting colors ranging from pinkish to greenish, euhedral crystals, and intense sulfidation. Considering that the confirmation of commercially viable mineralizations would be beneficial to the municipality of Arroio Grande, as it would add value to a byproduct of marble mining. Thus, the results of this work revealed a promising potential for the Brazilian quarry.

Keywords: Matarazzo marble; Mineral Deposit; Mineralization.

INTRODUÇÃO

Escarnitos são rochas metamórficas essencialmente compostas por silicatos de cálcio, ferro, magnésio e manganês. Esta litologia é usualmente encontrada em ambientes geológicos como zonas de cisalhamento, sistemas geotermiais rasos, ao longo de falhas, adjacentes a plútons, no topo do assoalho oceânico ou em terrenos metamórficos na crosta inferior (ZENI, 2015). De acordo com Meinert (1992), o que define um escarnito é a mineralogia apresentada, a qual abrange uma ampla gama de minerais calciossilicáticos e minerais associados, sendo os mais recorrentes a granada e piroxênio.

Na grande maioria dos casos, a origem atribuída aos escarnitos está relacionada ao processo de substituição em rochas carbonáticas durante o metamorfismo de contato. Assim, observa-se uma maior ocorrência de escarnitos no contato entre rochas carbonáticas e rochas ígneas intrusivas, todavia os mesmos podem ocorrer associados a outras litologias (EVANGELISTA; VIANA, 2000).

Nas últimas décadas ocorreu um significativo aumento no interesse pelos escarnitos, devido ao fato de serem potenciais depósitos de ferro, cobre, ouro, prata, estanho, zinco, molibdênio, tungstênio, urânio, flúor, boro e elementos terras-raras.

Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo a elaboração de um perfil geológico representativo do setor nordeste da pedreira Brasileira, que propicie compreender o comportamento litológico dos escarnitos ocorrentes no município de Arroio Grande, região sul do estado do Rio Grande do Sul.

REFERENCIAL TEÓRICO

Escarnitos

De acordo com Mesquita (2016), as primeiras publicações referentes a esta litologia datam de meados do século XIX. O termo escarnito (*skarn*= lixo, sujeira) tem origem na Suécia e faz alusão ao rejeito calciosilicático proveniente da mineração de ferro. Existe uma pluralidade de definições para o termo escarnito, cada qual com uma conotação genética específica, entretanto todas fazem referência a rochas formadas devido ao processo de metamorfismo de contato ou regional por meio de processo metassomáticos associados a fluidos de proveniência magmática, metamórfica, meteórica ou de origem marinha.

A definição de escarnito elaborada por Vernon e Clarke (2008) refere-se à escarnito como se tratando de uma rocha silicática de granulação grossa, que possui zonação metassomática, que é desenvolvida entre rochas ricas em carbonatos e rochas ricas em Al e Si. Diversos critérios podem ser determinantes para subdividir os escarnitos e a classificação mais usual foi proposta por Einaudi, Meinert e Newberry (1981). A classificação dos autores considera que os escarnitos são subdivididos de acordo com seu protólito. Desta forma, para escarnitos que apresentam protólito ígneo, foi atribuído o termo endoescarnito e, os que possuem protólito sedimentar, o termo exoescarnito.

Em conformidade com Brurt (1977), endoescarnitos são escarnitos que se localizam em rochas não-carbonáticas envolvidas na reação. Um exemplo clássico de endoescarnitos são os localizados em granitoides, onde o volume de ocorrência dos endoescarnitos é limitado e observa-se um elevado índice dos minerais epidoto ou grossulária. Exoescarnitos ocorrem em maior volume e são escarnitos que substituem rochas carbonáticas. Os que são provenientes de mármore calcíticos ou calcário tendem a apresentar altos índices de Ca e Fe, da mesma forma os que provêm de mármore dolomíticos tem tendência a serem ricos em Mg. Em um contexto geral, a

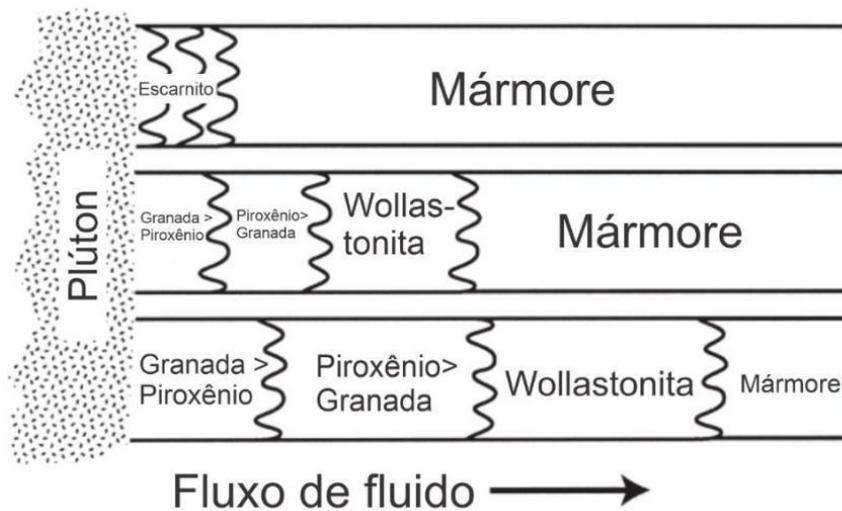
formação dos escarnitos está relacionada com processos metassomáticos, que consiste na infiltração de fluidos hidrotermais em rochas carbonáticas, entretanto podem ser originados por meio da recristalização de rochas carbonáticas impuras (EINAUDI; MEINERT; NEWBERRY, 1981).

A análise mineralógica dos escarnitos é primordial para classificar os diferentes tipos, apontar possíveis depósitos e ambientes de formação desta litologia. Einaudi, Meinert e Newberry (1981) classificam os escarnitos com base nas associações de minerais cálcico-silicáticos, cuja a nomenclatura dos depósitos está relacionada com o metal economicamente dominante, desta forma os escarnitos são subdivididos em escarnitos cálcicos, escarnitos magnesianos e diversos escarnitos de minério.

Minerais como quartzo e calcita se fazem presentes na grande maioria dos escarnitos. Porém, os minerais típicos de escarnitos cálcicos são grossulária, diopsídio (salita, ferrosalita ou johannsenita), wollastonita, vesuvianita, rodonita, bustamita, epidoto, escapolita e plagioclásio. E os escarnitos magnesianos têm predominância de forsterita, diopsídio, espinélio, periclásio, clinohumita, flogopita e pargasita. Granadas, anfibólios e piroxênios são minerais de extrema relevância para determinar o tipo de depósito, pois compõe a maioria dos escarnitos e apresentam uma ampla variedade composicional (MEINERT; DIPPLE; NICOLESCU, 2005).

Os depósitos escarníticos tendem a apresentar zonações e o reconhecimento destas feições de alteração é fundamental em estágios iniciais de exploração, visto que em alguns sistemas escarníticos os padrões de zonação podem servir de guia para a exploração mineral (MEINERT,1987). Zonações temporais e espaciais são recorrentes em escarnitos e o padrão encontrado na maioria dos depósitos consiste em granadas proximais, piroxênios distais e wollastonitas no contato entre o escarnito e o mármore (Figura 1):

Figura 1. Ilustração esquemática do padrão de zonação recorrente em depósitos escarníticos.

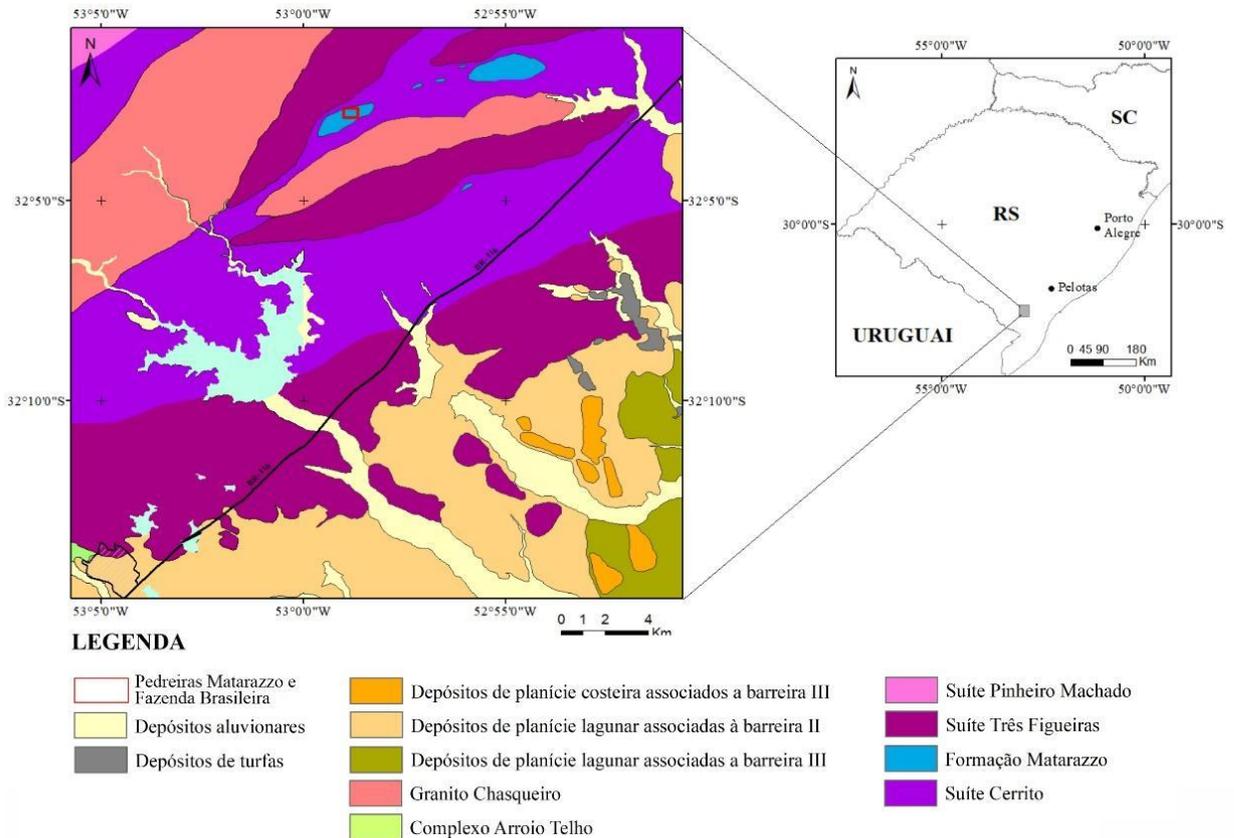


Fonte: Adaptado de Meinert, Dipple e Nicolescu (2005).

Formação Matarazzo

De acordo com Koester *et al.* (2021) o Escudo Sul-Rio-Grandense é subdividido em cinco terrenos (Nico Pérez, São Gabriel, Tijucas, Pelotas e Punta del Este) delimitados por grandes discontinuidades geofísicas. A Formação Matarazzo (Figura 2), está inserida no Terreno Punta del Este. Esta formação é essencialmente composta por rochas metamórficas de baixo a alto grau, como os mármore Matarazzo, xistos, gnaisses e rochas metamáficas associadas a xenólitos (PHILIPP; MACHADO, 2002, VIEIRA *et al.*, 2016, CRUZ, 2019):

Figura 2. Recorte das folhas SI.22-V-A-III Matarazzo e SI.22-V-A-II Arroio Grande.



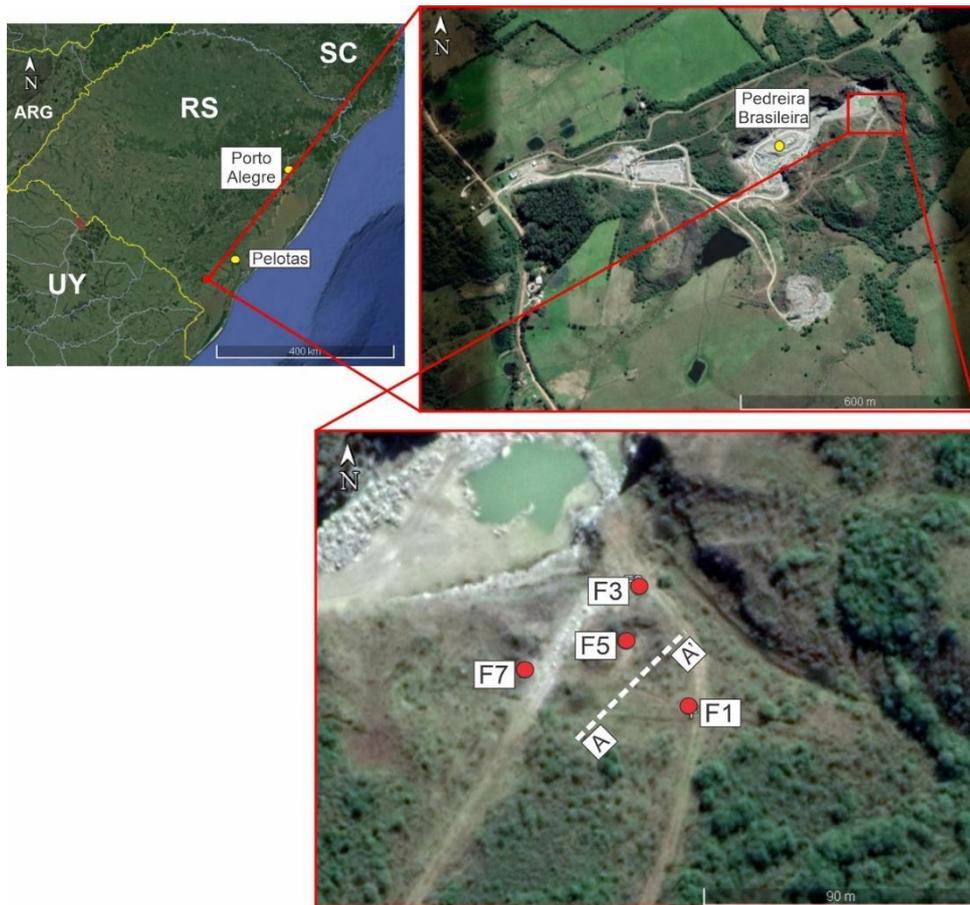
Fonte: Adaptado de CRUZ (2019).

MATERIAIS E MÉTODOS

A área foco deste estudo localiza-se nas imediações da Vila Matarazzo, interior do município de Arroio Grande, situada na região sul do Estado do Rio Grande do Sul, a 34,6 km de Arroio Grande e 341 km de Porto Alegre. Os principais pontos de afloramento dos mármores Matarazzo estão localizados nas pedreiras Matarazzo e Brasileira, que distam entre si, aproximadamente, 9,7 km. Elaborou-se o presente estudo na pedreira Brasileira, onde está sediada a mineradora Arroio Grande, na qual os mármores são explorados e comercializados como insumos agrícolas.

A metodologia empregada consiste em três visitas a pedreira Brasileira, realizadas nos dias 22 de março, 5 de abril e 22 de julho do ano de 2019, nas quais foram realizadas a descrição de quatro testemunhos de sondagem (F1, F3, F5 e F7) e a coleta sistemática de amostras de rochas de diferentes profundidades. Posteriormente os testemunhos de sondagem foram integrados para a elaboração do perfil geológico A-A' utilizando o *software AutoCAD* versão 2010 (Figura 3).

Figura 3. Localização dos furos de sondagem e do perfil A-A'.

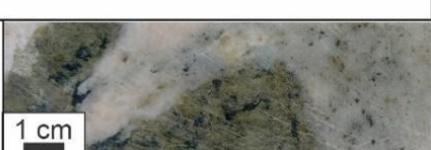
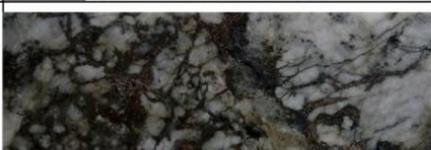
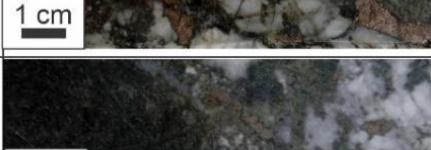


Fonte: Autores (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram descritos quatro testemunhos de sondagem: F1, F3, F5 e F7, dando ênfase à litologia ocorrente, à profundidade e às amostras representativas coletadas. A Figura 4 consiste em recortes da descrição do testemunho F1. Este testemunho de sondagem apresenta uma profundidade de 112,20 m, sendo composto por solo argiloso de coloração avermelhada, granitoide de coloração clara com elevado índice de intemperismo, diorito, rochas ultramáficas, escarnitos com diferentes tonalidades, intercalações de mármore calcítico com anfibolito, mármore calcítico com pureza variável, anfibolito e intercalações de rochas ultramáficas com lentes de mármore calcítico impuro.

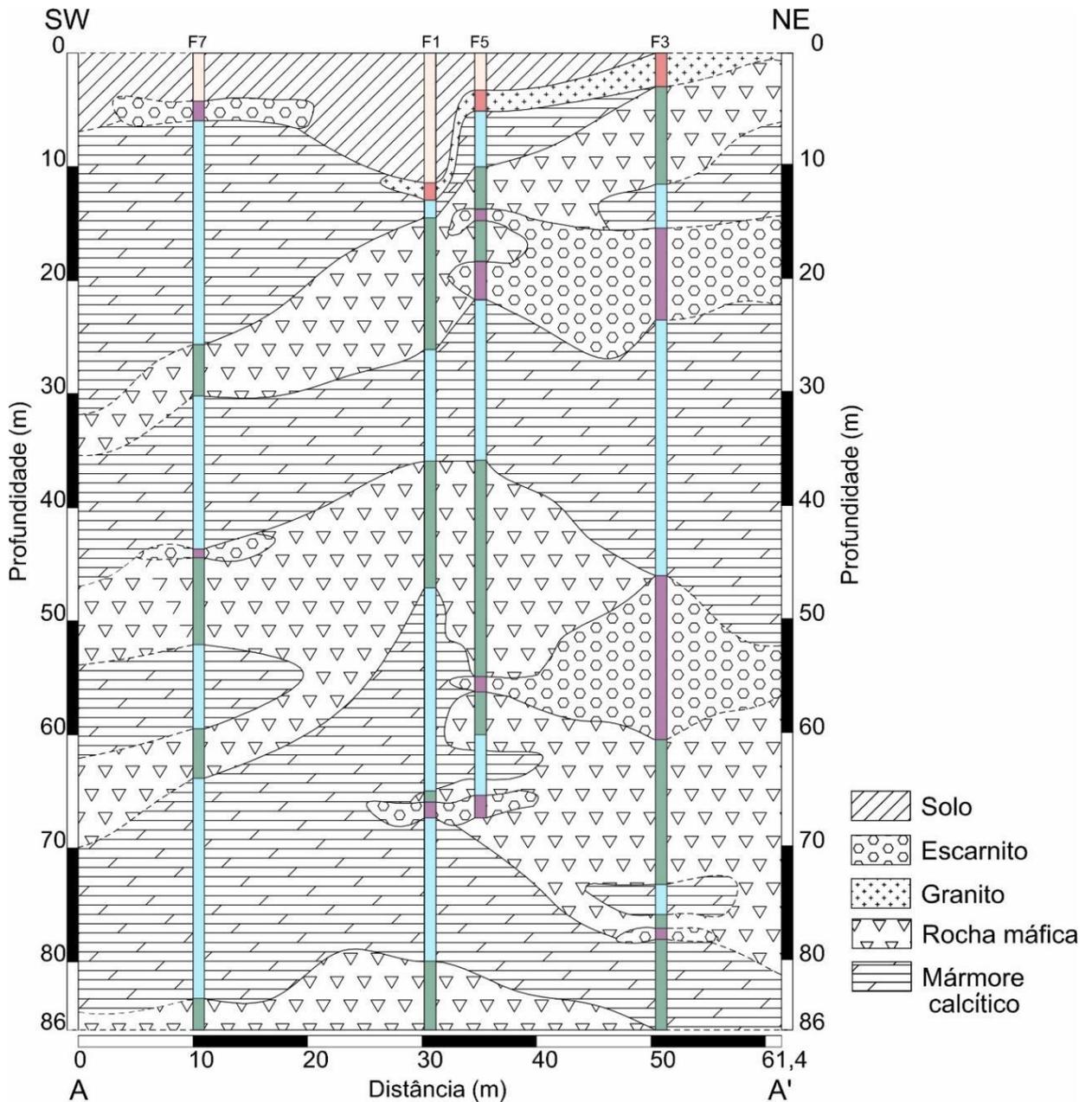
Figura 4. Recortes da descrição do testemunho F1.

Profundidade da camada	Litologia	Amostra
14,50 m	Mármore calcítico puro	
23,05 m	Intercalação de mármore calcítico com lentes de anfibolito	
26,10 m	Anfibolito	
28,50 m	Mármore calcítico impuro	
64,70 m	Mármore calcítico impuro	
65,95 m	Metagabro	
67,35 m	Escarnito	
79,10 m	Mármore calcítico	
102,00 m	Escarnito	
112,20 m	Intercalação de mármore calcítico com anfibolito	

Fonte: Autores (2023).

Com a finalidade de obter uma visão geral das litologias foram integradas a descrições dos testemunhos F1, F3, F5 e F7, para a obtenção do perfil A-A' (Figura 5). Foram consideradas somente camadas litológicas com espessura iguais ou superiores a 1,5 m, com exceção dos escarnitos e contatos.

Figura 5. Perfil A-A' do setor nordeste da pedreira Matarazzo.



Fonte: Autores (2023).

O perfil A-A' permitiu realizar de forma simplificada a análise dimensional das litologias que compõe o setor nordeste da pedreira Matarazzo. As profundidades dos furos de sondagem compreendem o intervalo de 67,35 a 137,75 metros. Com o intuito

de determinar a profundidade do perfil A-A' foi considerado um valor intermediário equivalente a 86 metros. Foi constatada uma concentração significativa de escarnitos na profundidade de 17 e 55 metros, ambas camadas apresentam espessura superior a 5 metros.

Os escarnitos ocorrentes na pedreira Brasileira são cálcio-silicáticos com granulometria variável. Estas litologias têm origem atrelada a zonas metamórficas de contato/metassomáticas, caracterizadas pelo magmatismo em corpos carbonáticos, no caso dos mármorees Matarazzo descritos por Ramos *et al.* (2021). Constatou-se que os escarnitos possuem coloração variando de rosado a esverdeado, cristais euédricos e intensa sulfetação. Esses resultados são interpretados como promissores, considerando que a comprovação de mineralizações com viabilidade de exploração é benéfica ao município de Arroio Grande, pois impulsiona a economia local e, conseqüentemente, aumento da oferta de empregos.

CONCLUSÃO

No setor nordeste da Pedreira Brasileira, localizada em Arroio Grande (RS), observou-se uma significativa ocorrência de escarnitos. Nas profundidades de 17 e 55 metros a espessura das camadas de escarnitos, adjacentes aos mármorees Matarazzo, ultrapassa 10 metros. Considerando que a litologia analisada apresenta intensa sulfetação, torna-se pertinente dar continuidade a este estudo, realizando análises petrográficas e químicas com o intuito de caracterizar a mineralogia e indicar o potencial metalogenético desta litologia.

Atualmente as litologias da Formação Matarazzo são comercializadas como insumos agrícolas, para a correção da acidez do solo. Contudo, a comprovação de mineralizações com viabilidade de comercialização seria benéfica em aspectos ambientais, devido ao fato de agregar valor a um subproduto da mineração de mármore. Além disso, também seria benéfica ao município de Arroio Grande, uma vez que a intensificação de atividades de mineração na área seria uma força motriz para a geração de empregos e conseqüentemente a injeção de investimentos e renda na economia local.

REFERÊNCIAS

BURT, D. Mineralogy and petrology of skarn deposits. **Mineralogy and petrology of skarn deposits.**, 1977.

CRUZ, R. F. **Levantamento geológico e do potencial mineral de novas fronteiras: Projeto Sudeste do Rio Grande do Sul.** Escala 1:250.000 e 1:100.000, estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CPRM, 2019, 173 p.

EINAUDI, M. T.; MEINERT, L.D.; NEWBERRY, R.J. Skarn Deposits. **Seventy-Fifth Anniversary Volume**, 1981.

EVANGELISTA, H.; VIANA, J. Mármore da região de Itaoca (ES) e escarnitos no contato com diques máficos e félsicos: mineralogia e petrogênese. **Geonomos**, dez. 2000.

KOESTER, E. et al. A geração dos granitoides Neoproterozoicos do Batólito Pelotas: evidências dos isótopos de Sr e Nd e implicações para o crescimento continental da porção sul do Brasil. *In*: JELINEK, Andréa; SOMMER, Carlos (org.). **Contribuições à geologia do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 1. ed. Porto Alegre- RS: Compasso Lugar-Cultura, 2021. p. 13-27. ISBN 978-65-89013-03-7. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/221967>. Acesso em: 14 jul. 2021.

MEINERT, L.D. Skarn zonation and fluid evolution in the Groundhog Mine, Central mining district, New Mexico. **Economic Geology**, v. 82, n. 3, p. 523–545, maio 1987.

MEINERT, L.D. Skarns and Skarn Deposits. **Geoscience Canada**, dez. 1992.

MEINERT, L.D.; DIPPLE, G. M.; NICOLESCU, S. World Skarn Deposits. **One Hundredth Anniversary Volume**, out. 2005.

MESQUITA, R.B. **Petrogênese, geoquímica, balanço de massa e idade de escarnitos associados a diques metamáficos e félsicos do complexo Paraíba do Sul, sul do Espírito Santo.** Dissertação de mestrado - DEGEO/Escola de Minas/Universidade Federal de Ouro Preto, 123p., 2016.

PHILIPP, R. P.; MACHADO, R. Ocorrência e Significado dos Septos do Embasamento Encontrados nas Suítes Graníticas do Batólito Pelotas, RS, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v. 29, n. 1, p. 43, 30 jun. 2002.

RAMOS, R. C. et al. Petrographic and geochemical constraints on the evolution of the Matarazzo Sequence, Arroio Grande Ophiolite, Brazil: Evidence from migmatites and marbles. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 112, p. 103535–103535, dez. 2021.

VERNON, R.; CLARKE, G. **Principles of metamorphic petrology**. 2008.

VIEIRA, D. T.; KOESTER, E.; BERTOTTI, A. L. Petrologia do Granito Chasqueiro, região de Arroio Grande, sudeste do Escudo Sul-Rio-Grandense. **Brazilian Journal of Geology**, v. 46, n. 1, p. 79–108, mar. 2016.

ZENI, M. A. Z. **Petrologia dos escarnitos hospedados nos mármores da Mina Ibaré, Vila Palma, RS.** 2015.

Capítulo 2
GRAU DE VULNERABILIDADE E RISCO DE
CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM
RELAÇÃO À OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE
SÃO FRANCISCO DE ASSIS (RS / BRASIL)
Brandaly Staudt
Eliana Lima da Fonseca

GRAU DE VULNERABILIDADE E RISCO DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM RELAÇÃO À OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO DE ASSIS (RS / BRASIL)

Brandaly Staudt

*Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia – Universidade Federal
do Rio Grande do Sul – UFRGS, brandaly.staudt@gmail.com*

Eliana Lima da Fonseca

*Departamento de Geografia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS /
Laboratório de Geotecnologias Aplicadas, Professora Titular, Doutora em
Sensoriamento Remoto, eliana.fonseca@ufrgs.br*

RESUMO

Foram relacionados os diferentes tipos de uso do solo com o índice de risco de contaminação de água subterrânea para o município de São Francisco de Assis. Foi escolhido este município pois ele possui uma vasta área, e, apesar de ser um município com grande atividade rural, ele possui variedade de tipos de empreendimentos e grande demanda de uso de água subterrânea. Para avaliar o uso e cobertura do solo foi utilizado o mapa ESA *World Cover* elaborado pela Agência Espacial Europeia (ESA), com resolução espacial de 10 metros. Dentre os diferentes tipos de índices que avaliam tanto o grau de vulnerabilidade quanto o risco de contaminação de águas subterrâneas, foi utilizado o índice POSH (*Pollutant Origin and its Surcharge Hydraulically*) pois ele foi gerado a partir de uma tabela que relaciona as principais atividades humanas, seu potencial poluidor e carga hidráulica. Para o cálculo do índice, os dados dos empreendimentos econômicos foram levantados em diferentes fontes. Foram identificados 266 empreendimentos passíveis de classificação pelo o índice POSH, sendo que 130 estão na classe 'reduzida', 77 na classe 'moderada' e 59 na classe 'elevada'. Se verificou que a maioria das atividades do município estão relacionadas com as atividades do setor primário, tais como armazenamento de grãos e fertilizantes, bem como com o transporte de grãos e animais. As áreas mais suscetíveis a contaminação da água subterrânea são o perímetro urbano e as principais rodovias, em especial a BR-377 e a RS-241.

Palavras-chave: POSH. Águas subterrâneas. Índice de vulnerabilidade.

ABSTRACT

The different types of land use were related to the groundwater contamination risk index for the São Francisco de Assis municipality. This municipality was chosen because it has a vast area, and, despite being a municipality with great rural activity, it has a variety of types of enterprises and a great demand for groundwater use. The ESA World Cover map from the European Space Agency (ESA) with a spatial resolution of 10 meters was used to evaluate land use and cover. Among the different types of indices that assess both the degree of vulnerability and the risk of contamination of groundwater, the POSH (Pollutant Origin and its Surcharge Hydraulically) index was used because it is generated from a table that lists the main human activities, their pollutant potential and hydraulic load. Data from economic enterprises were collected from different sources to calculate the POSH index. A total of 266 enterprises eligible for classification by the POSH index were identified, with 130 being in the 'low' class, 77 in the 'moderate' class and 59 in the 'high' class. It was found that most of the municipality's activities are related to primary sector activities, such as grain and fertilizer storage and grain and animal transport. The areas most susceptible to groundwater contamination are the urban perimeter and the main highways, especially the BR-377 and RS-241.

Keywords: POSH. Groundwater. vulnerability index.

INTRODUÇÃO

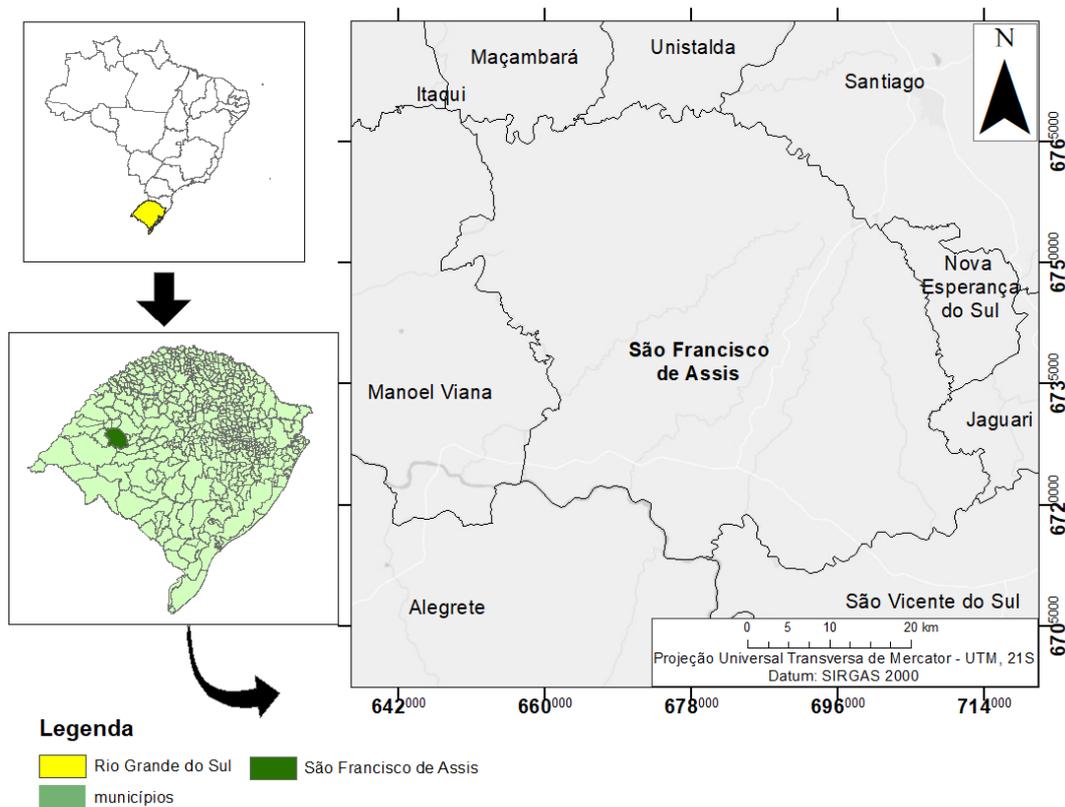
Cada diferente uso do solo impacta de distintas formas o ambiente. Além das mudanças na paisagem, outras questões estão relacionadas, dentre elas o risco de contaminação de solo e águas. O uso desordenado do solo pode acarretar em mudanças no ambiente, tanto em nível local e como regional, como por exemplo a poluição dos recursos hídricos e neste sentido, as águas superficiais são diretamente impactadas. A utilização das águas subterrâneas para uso humano tem aumentado, já que são mananciais com relativa facilidade de acesso, com boa quantidade e qualidade da água, além de custo baixo de instalação e manutenção de poços profundos. Todavia, o uso inadequado do solo pode vir a contaminar o lençol freático. Por conta disto a importância de se estudar o impacto do uso do solo nas águas subterrâneas, independente da atividade, seja a agropecuária, bem como, atividades urbanas e industriais. Destas atividades, algumas exercem maior pressão do que

outras, conforme definido pelos Conselhos Estaduais de Meio Ambiente. Além disso, estudos indicam que determinados tipos de empreendimentos são mais suscetíveis a impactar o solo do que outros, como a mineração, áreas industriais e estabelecimentos urbanos, como exemplo os postos de gasolina (BRITO & REGINATO, 2018).

O índice POSH (*Pollutant Origin and its Surcharge Hydraulically* – Origem do Poluente e sua Sobrecarga Hidráulica) indica se uma atividade possui potencial de geração de carga contaminante para o sistema aquífero. O índice identifica a classe de contaminação, podendo ser: reduzido, moderado ou elevado; bem como, identifica se a possível carga contaminante é oriunda de fonte pontual ou difusa. Para isto, é necessário saber o tipo de atividade empreendedora exercida, sua localização, para relacionar com o índice (FOSTER *ET AL*, 2002).

Nesse trabalho foram relacionadas as classes de uso do solo identificadas pelo mapeamento da Agência Espacial Europeia (ESA, 2023) com o índice POSH para fontes pontuais de contaminação, a fim de diagnosticar os locais com possibilidades de contaminação do solo no município de São Francisco de Assis (RS). O município se situa no centro-oeste no estado do Rio Grande do Sul, se encontra há cerca de 430 quilômetros da capital, Porto Alegre (Figura 1). Possui área de 2.506,975 km² e população de 17.618 pessoas, de acordo com o censo 2022. Com um PIB per capita de R\$ 26.750,31, o comércio de produtos e serviços gera grande parte da renda municipal, entretanto, a agropecuária é responsável pelo maior valor bruto. Quanto a indústria, o cadastro do IBGE identificaram 352 unidades locais, sendo 340 empresas ou organizações atuantes (IBGE Cidades, 2023).

Figura 1 – Localização do município de São Francisco de Assis - RS



METODOLOGIA

O índice POSH é uma classificação sobre o potencial poluidor de empreendimentos, ele possui três classes, sendo: reduzido, moderado e elevado. O POSH pontual considera o tipo de atividade, sua capacidade de geração de contaminação e a carga hidráulica associada, sendo elaborado a fim de ajudar na classificação da suscetibilidade de contaminação de águas subterrâneas por Foster *et al* (2002) e Foster *et al* (2006), onde os autores elaboraram uma tabela com os principais tipos de empreendimentos e o grau de contaminação (Tabela 1), este índice tem colaborado para a identificação dos tipos de fontes de contaminação.

Na Tabela 1, algumas informações referentes a descrição das atividades não precisam detalhamento, outras como as indústrias necessitam de maior descrição. As indústrias tipo 1 são aquelas de processamento de materiais não metálicos, madeiras, manufaturas de alimentos e bebidas e destilarias de álcool e açúcar. As indústrias tipo 2 são as relacionadas a fábrica de borracha, papel e celulose, indústrias têxteis, fertilizantes, usinas elétricas, fábricas de detergente e sabão. Por fim, as

indústrias tipo 3 são aquelas de oficinas de engenharia, refinaria de gás/ petróleo, fábrica de produtos químicos, farmacêuticos, plásticos, pesticidas, curtumes, indústrias de eletrônicos e processamento de metal. As oficinas de engenharia se enquadram como empreendimentos relacionados a construções e obras de imóveis. Foram identificados os empreendimentos municipais, estes dados foram organizados e diferenciados conforme a classificação do índice POSH. Esta classificação foi elaborada a partir da pesquisa dos tipos de empreendimentos com potencial poluidor no município. Esses dados foram obtidos em pesquisa no endereço eletrônico da Fundação Estadual De Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM) e de consulta na lista de empresas municipais – encontrado no banco de dados ECONODATA, onde se retirou o endereço dos empreendimentos.

Tabela 1 – Classes do índice POSH

Fontes de contaminação Pontual	Elevado	Moderado	Reduzido
Áreas industriais	Indústrias do tipo 3 ou qualquer atividade que manuseie > 100 kg/d de produtos perigosos tipo 2	Indústrias tipo 2	Indústrias tipo 1
Urbano	Oficinas mecânicas	Postos de gasolina, vias de transporte com tráfego regular de produtos químicos perigosos	Cemitérios
Mineração e exploração de petróleo	Operações em campos de petróleo, mineração de metais	Extração de materiais inertes	—

Fonte: Adaptado de Foster *et al* (2002).

Para a classificação do uso do solo, foi utilizado o mapeamento de uso e cobertura do solo mundial (ESA *World Cover*) elaborado pela ESA (ESA, 2023), com resolução espacial de 10 metros, gerados a partir de imagens de satélite *Sentinel-2* do ano de 2020. Os pontos de localização dos empreendimentos foram cruzados com o mapa de uso do solo, permitindo identificar a classe de uso do solo onde cada empreendimento está posicionado. Assim foi possível quantificar as atividades em relação ao seu potencial poluidor e em relação à sua classe de uso do solo

RESULTADOS

Em São Francisco de Assis foram identificados um total de 266 empreendimentos passíveis de classificação para o índice POSH. Para a classe

“reduzida” do POSH, foram relacionados 130 empreendimentos, com uma variedade de 16 tipos de empresas, sendo a armazenagem de grãos a que possui mais exemplares, seguido pelas indústrias alimentícias, a silvicultura e a extração de argila (Tabela 2). Foi nessa classe “reduzida” onde foram relacionados o maior número de empreendimentos no município.

Tabela 2 - Classe reduzida do índice POSH

Armazenagem de grãos	42
Indústria alimentícia	21
Silvicultura	14
Extração de argila	9
Cemitério	8
Fábrica de móveis	7
Madeireira	5
Recreação e lazer	5
Laboratórios de análises	4
Extração de basalto	4
Clínica veterinária	4
Serraria com desdobramento de madeira	3
Fabricação de embalagens de papel	1
Subestação	1
Piscicultura	1
Distribuição de cabos de telecomunicações	1

Na classe “moderada” foram identificados 77 empreendimentos, divididos em 19 tipos; sendo a avicultura a atividade com a maioria dos empreendimentos, seguido pela fabricação e/ou armazenamento de fertilizantes, transporte de produtos perigosos e confinamento bovino. Nessa classe “moderada” foi identificada a maior variedade de tipos de empreendimentos (Tabela 3).

Tabela 3 - Classe moderada do índice POSH

Avicultura	14
Fabricação e ou armazenamento de fertilizantes	12
Transporte de produtos perigosos	11
Confinamento bovino	11
Posto de combustível	7
Criação de bovinos para corte	4
Usina de reciclagem	3
Aterro controlado	2

Geociências: Os Segredos do Planeta

Industria têxtil	2
Fábrica de calçados	2
Armazenagem de químicos	1
Extração de materiais inertes	1
Captação, tratamento e distribuição de água	1
Aterro com triagem	1
Processamento de resíduo sólido urbano	1
Fabricação de fraldas descartáveis	1
Fabricação de desinfetantes	1
Fábrica de celulose	1
Ranicultura	1

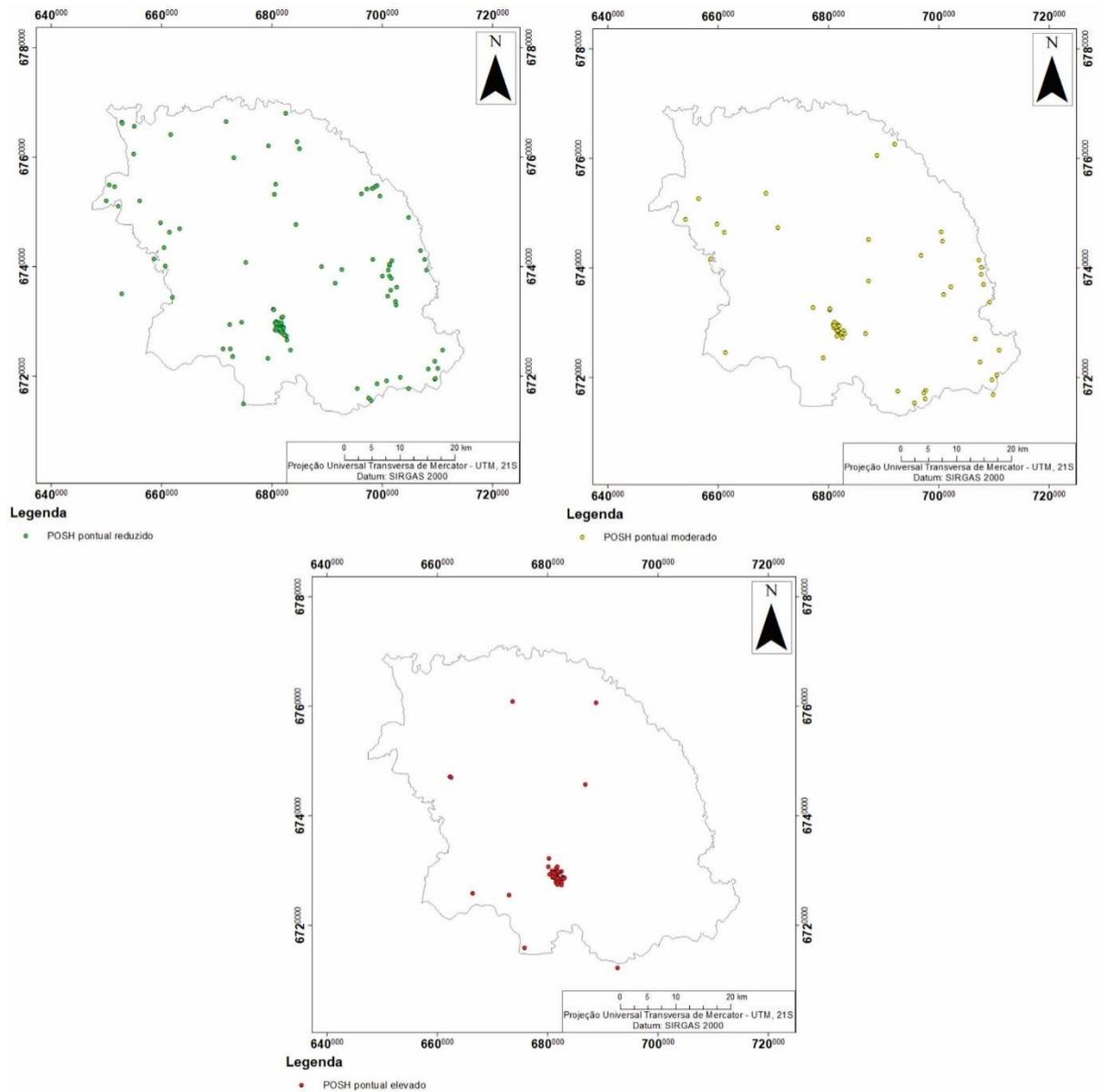
Na classe “elevada” foram identificados 59 empreendimentos, com uma variedade de 11 tipos; sendo as oficinas mecânicas os mais numerosos, seguido por oficinas de engenharia, armazenagem de agrotóxicos e abatedouros, sendo a classe “elevada” a que possui menos empreendimento (Tabela 4).

Tabela 4 - Classe elevada do índice POSH

Oficina mecânica	21
Oficina de engenharia	17
Armazenagem de agrotóxico	9
Abatedouro	4
Hospital	2
Distribuição de energia	1
Gasoduto Uruguaiana - Triunfo (projeto em andamento)	1
Extração de areias betuminosas	1
Fabricação de embalagens metálicas	1
ETE	1
Posto de recebimento de embalagens de agrotóxicos	1

As três classes se encontram, em maioria, na área urbana, sendo a classe “reduzida” a mais espaçada por todo perímetro municipal e a classe “elevada” a mais restrita ao perímetro urbano, as classes “reduzida” e “moderada” são encontradas, geralmente, relacionadas (Figura 3).

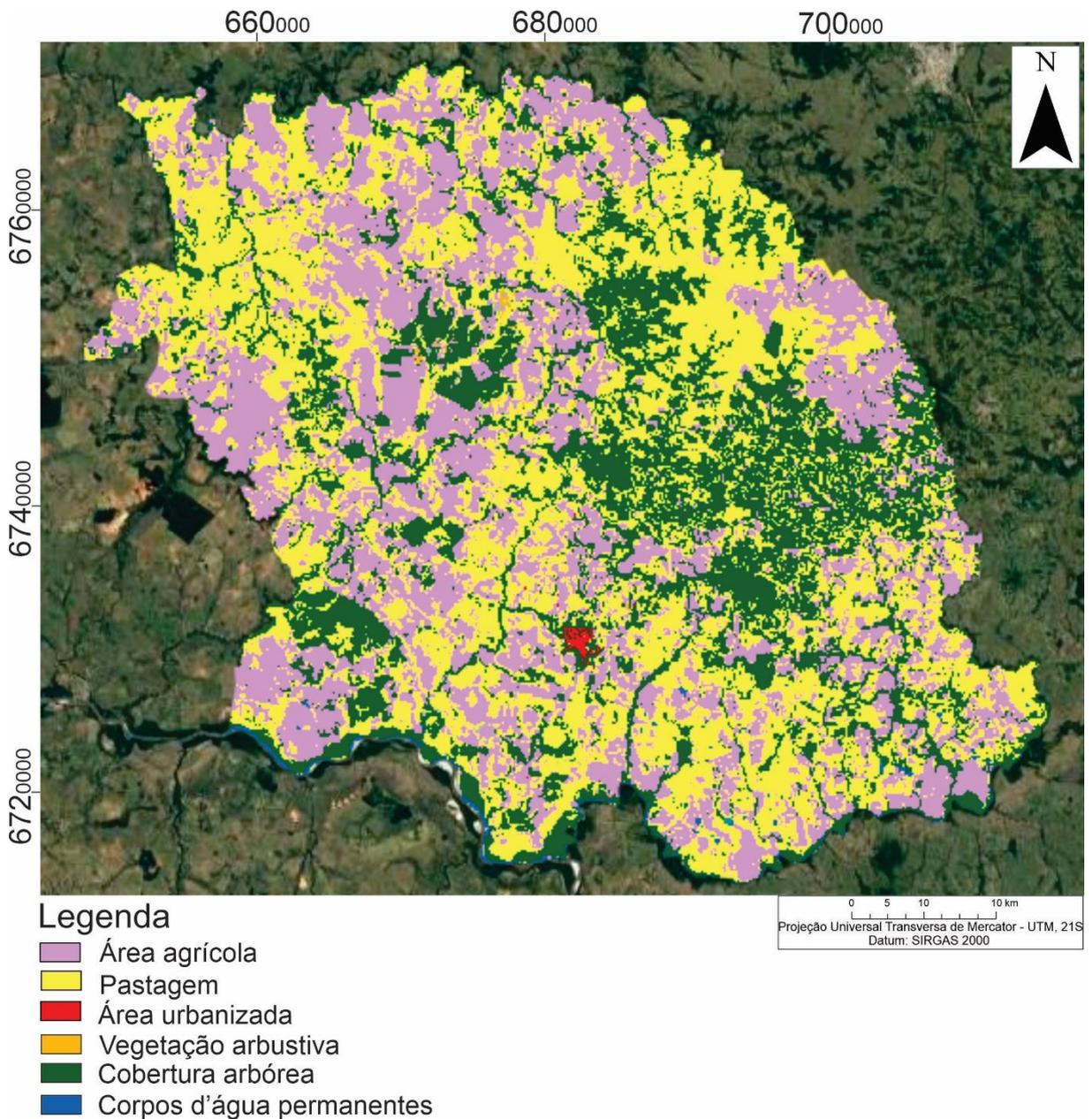
Figura 3 – Localização espacial dos empreendimentos identificados nas diferentes classes do índice POSH



Com base no mapa de uso, foram verificadas as seguintes classes: predominância da atividade pecuária com 34,7% da área, seguido pela agricultura com 18,0%, cobertura arbórea com 17,2%, vegetação nua / esparsa com 14,6%, vegetação arbustiva com 8,2%, área urbanizada com 4,6%, corpos d'água permanente com 1,8% e área herbácea úmida com 0,9% (Figura 4). As classes do mapeamento de uso e cobertura da terra elaborado pela ESA são assim descritas:

- Área agrícola (*cropland*), refere-se aos solos cobertos por área cultivável que é semeada, plantada e colhida pelo menos uma vez nos 12 meses após a data de semeadura. A terra cultivável anual produz uma cobertura herbácea e, às vezes, é combinada com alguma vegetação arbórea ou lenhosa.
- Pastagem (*grassland*) inclui plantas herbáceas naturais, podendo ser pastagens, pradarias, estepes, savanas e pastagens com cobertura do solo de 10% ou mais, independente dos diferentes tipos de atividades humanas e/ou naturais. Plantas lenhosas podem estar presentes, desde que seja cobertura inferior a 10%.
- Área urbanizada (*built-up*), onde se enquadram todas as estruturas feitas pelo homem, como edifícios, estradas, ferrovias, estufas, sendo tanto áreas residenciais como industriais.
- Vegetação arbustiva (*shrubland*) é dominada por arbustos naturais com cobertura de 10% ou mais, arbustos são definidos como plantas lenhosas perenes com caules persistentes e lenhosos e sem caule principal definido com menos de 5 metros de altura; árvores dispersas e plantas herbáceas podem estar presentes.
- Cobertura arbórea (*treecover*) possui cobertura dominada por árvores, com cobertura de 10% ou mais. Outras classes podem estar abaixo do dossel, árvores para fins de reflorestamento e plantações estão incluídas nesta classe; pode incluir áreas cobertas sazonalmente ou permanentemente inundadas com água doce.
- Vegetação esparsa / solo exposto (*bare / sparse vegetation*) solo exposto, areia ou rochas e que não tenham mais de 10% de cobertura vegetal durante qualquer época do ano.
- Corpos d'água permanentes (*permanent water bodies*) inclui qualquer área com cobertura de água durante a maior parte do ano, podem ser corpos da água doce ou salgados, lagos, reservatórios e rios.

Figura 4 – Mapa de uso do solo (ESA *land cover*) para o município de São Francisco de Assis



A análise conjunta da localização dos empreendimentos, classificação dos mesmos pelo índice POSH e do mapa de uso permitiu verificar que as áreas mais suscetíveis a contaminação da água subterrânea são o perímetro urbano e as principais rodovias, em especial a BR-377 e a RS-241. A classe “construções” é a classe de uso do solo que concentra a maioria dos empreendimentos em todas as classes de potencial poluidor (Tabela 5). Do índice POSH, as classes moderada e reduzida se encontram associadas, por vezes e, também, ocorre ao longo de toda a

área municipal, enquanto a classe elevada se encontra mais restrita ao perímetro urbano. O município possui a maioria das atividades voltadas ao setor agropecuário, com o POSH se observa esta tendência, mesmo na área urbana, muitas atividades se encontram relacionadas ao meio rural, como o armazenamento de fertilizantes e o transporte de produtos perigosos.

Tabela 5 – Relação entre as classes de uso do solo e o índice POSH

Reduzido	Total	130
	Área urbanizada	71
	Pastagem	21
	Cobertura arbórea	15
	Área agrícola	13
	Vegetação esparsa	10
Moderado	Total	77
	Área urbanizada	42
	Agricultura	13
	Pastagem	9
	Vegetação esparsa/ solo exposto	8
	Cobertura arbórea	5
Elevado	Total	59
	Área urbanizada	48
	Pastagem	6
	Cobertura arbórea	3
	Área agrícola	2

Referências

BRITO, D. O.; REGINATO, P. A. R. Zona de concentração de cargas contaminantes para avaliação do perigo de contaminação da água subterrânea em área urbana.

Águas subterrâneas, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 121-129, 2018.

ECONODATA. **Lista de empresas**. 2021. Disponível em:

<https://www.econodata.com.br/lista-empresas/RIO-GRANDE-DO-SUL/SAO-FRANCISCO-DE-ASSIS> Acesso em: 25 de julho de 2023.

ESA. **ESA WorldCover 2020**. 2023. Global land cover product at 10 m resolutions for 2020 based on Sentinel-1 and 2 data. Disponível em:

<https://worldcover2020.esa.int/> Acesso em: 14 de agosto de 2023.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agencias ambientais**. São Paulo: Sevmar - Serviços Técnicos Ambientais LTDA, 114p.,2002.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agencias ambientais. **Groundwater management advisory team e Global Water Partnership**. Washington, USA: World Bank Group. Edição Brasileira, São Paulo: Sevmar - Serviços Técnicos Ambientais LTDA, 114p.,2006.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIS ROESSLER - FEPAM. **Consultas genéricas**. Disponível em: <https://www.fepam.rs.gov.br/consultas-publicas> Acesso em: 14 de agosto de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA CIDADES – IBGE CIDADES. **Pesquisas de informações municipais**. 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/sao-francisco-de-assis/panorama> Acesso em: 25 de julho de 2023.

Capítulo 3
CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL E
GEOMORFOLÓGICA DO MEIO FÍSICO E DOS RECURSOS
MINERAIS DO MUNICÍPIO DE FORMIGA – MG
Jader Luís da Silveira

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-ESTRUTURAL E GEOMORFOLÓGICA DO MEIO FÍSICO E DOS RECURSOS MINERAIS DO MUNICÍPIO DE FORMIGA – MG

Jader Luís da Silveira

*Graduado em Ciências Biológicas pela UNIFAL-MG. Especialista em Microbiologia
pela UCAM*

RESUMO

São ricos os aspectos geológicos e geomorfológicos do Município de Formiga. O município possui minerais como: argila, areia, pedreira granito-gnaiss, calcário, mármore, ferro, quartzo, manganês, caulim, bauxita, pirolifita, pirita, mica, quartzo-topázio, ocre. Apesar do desmembramento do agora município de Córrego Fundo, ter diminuído as jazidas importantes de calcário da região. Formiga situa-se dividido, entre duas unidades geológicas importantes: a Bacia Sedimentar do Grupo Bambuí e o Complexo Maciço Cristalino Arqueano.

Palavras-chaves: Geologia. Geomorfológica. Caracterização geológico-estrutural.

ABSTRACT

The geological and geomorphological aspects of the Municipality of Formiga are rich. The municipality has minerals such as: clay, sand, granite-gneiss quarry, limestone, marble, iron, quartz, manganese, kaolin, bauxite, pyroliphite, pyrite, mica, quartz-topaz, ochre. Despite the dismemberment of the now municipality of Córrego Fundo, the important limestone deposits in the region have decreased. Formiga is located divided between two important geological units: the Bambuí Group Sedimentary Basin and the Archean Crystalline Massif Complex.

Keywords: Geology. Geomorphological. Geological-structural characterization.

INTRODUÇÃO

Localizado na região Centro-Oeste de Minas Gerais, o município de Formiga apresenta como limítrofes: Santo Antônio do Monte, Arcos, Córrego Fundo, Pains, Pimenta, Guapé, Cristais, Candeias, Itapeçerica, Pedra do Indaiá e Camacho.

O município situa-se dividido, entre duas unidades geológicas importantes: a Bacia Sedimentar do Grupo Bambuí e o Complexo Maciço Cristalino Arqueano.

A Bacia Sedimentar do Grupo Bambuí (Cambriano), onde o material rochoso mais conhecido e importante é o calcário em todas as suas graduações. Onde também ocorre: argilitos, margas, siltitos. Ocorrendo ainda, conglomerados, brechas, arcósios, que são membros do conglomerado samburá).

O Complexo Maciço Cristalino Arqueano correspondente aos terrenos constituídos de rochas granito-gnáissicas, cujo material mais conhecido é o que genericamente se chama de granito, embora ocorram outros tipos de rochas, consoante seus percentuais e proporções de feldspatos alcalinos e calcossódicos, máficos e o teor de sílica.

Como riquezas minerais, conta com: argila, areia, pedreira granito-gnaïsse, calcário, mármore, ferro, quartzo, manganês, caulín, bauxita, pirolifita, pirita, mica, quartzo-topázio, ocre.

O LOCAL

Situado na região Centro-Oeste de Minas Gerais, na Zona do Campo das Vertentes, segundo a divisão geográfica do Estado; o município de Formiga está situada a uma distância de 186 Km da capital do Estado, à qual se liga pela rodovia MG-050. Seus limites:

- Ao norte: Arcos e Pains
- Ao sul: Guapé e Cristais.
- Ao leste: Pedra do Indaiá e Itapeçerica.
- A oeste: Pimenta.

O município possui 1.404 quilômetros quadrados, com área da sede de 447 quilômetros quadrados. Com latitude: 20° 27' 45' 8; longitude: 45° 25' 40' w; e altitude: 841, 450 m.

Com relevo predominantemente ondulado com presença de montanhas e vegetação predominante típica do cerrado, Formiga possui clima tropical com duas estações definidas, apresentando uma temperatura média anual entre 21 a 23 graus. O índice pluviométrico anual é de 1.400 mm.

O Município de Formiga é banhado por rios permanentes, com rede hidrográfica principal: Rio Formiga, Rio Santana, Rio Mata Cavalo, Rio Pouso Alegre.

Os recursos naturais encontrados são: argila, areia, pedreira granito-gnaise, calcário, mármore, ferro, quartzo, manganês, caulín, bauxita, pirolifita, pirita, mica, quartzo-topázio, ocre.

Compartimentação geomorfológica

A Compartimentação Geomorfológica objetiva agrupar as diferentes famílias de formas do Relevo. Os compartimentos apresentam traços em comum: altitude, declividade, drenagem, rocha, solo, vegetação e mesmo de ocupação, conferindo ao compartimento uma dinâmica única.

No Município de Formiga, a Compartimentação Geomorfológica foi orientada e baseada principalmente sobre: a Geomorfologia, Geologia e Bacias Hidrográficas.

A caracterização dos diferentes compartimentos possibilita um ordenamento territorial em macro-zonas diferenciadas e funcionais. Permite um gerenciamento racional do território tendo em vista uma ocupação entrosada e funcional, em direção a um conviver harmonioso e sustentável.

a) **FORMIGA:** Abrange toda a bacia do Rio Formiga (Baixa bacia) formada pela confluência do Ribeirão Barra Mansa com o Rio Padre Trindade, na cota pouco acima de 880 m. Tanto o Ribeirão como o Rio, tem suas nascentes localizadas no sistema Serrano do Morro Cavado e Capão da Mata, entre as cotas de 1000 m e 1100 m (Alta Bacia). O Rio Formiga atravessa a cidade homônima, onde recebe o Rio Mata Cavalo vindo de leste e deságua na Represa de Furnas na cota pouco abaixo de 780 m.

b) **POUSO ALEGRE E SANTANA:** As bacias dos Rios Pouso Alegre e Santana drenam terrenos de características geológicas e hidrográficas semelhantes. O Rio Santana faz o limite sul do município, contribuindo apenas com os córregos de sua margem direita, separados dos da margem esquerda do Rio Pouso Alegre, pela Serra de Baiões e Morros Formoso, Raiz, do Facão, da Boa Vista e Grande. Os dois Rios após vencerem a passagem estreita, desembocam próximo à cota de 800 m, em ampla várzea de inundação estendendo-se até a desembocadura no lago da Represa de Furnas.

c) **FURNAS:** Situado na porção Sudoeste do Município, banhado pelas águas do Lago de Furnas em costa recortada por baías e “rias” antigas e várzeas inundadas pelo Reservatório. Estende-se entre a cota das águas (aproximadamente 780 m) em relevo suavizado de vertentes alongadas, numa altitude média de 840 m, alcançando sua cota máxima no Alto da Bandeira aos 924 m. O relevo é sustentado por rochas que apresentam lentes carbonáticas, que conferem aos solos e seus respectivos terrenos a vocação de uma agricultura mecanizada, irrigada e lucrativa. O trato de terrenos junto às margens é próprio ao lazer e turismo, com seus loteamentos ocupados por moradias de veraneio.

d) **PERIFÉRICOS:** Formado por três áreas distintas: Ribeirão das Moendas- Barras, situada a noroeste, São Domingos-Jatobá ao norte/nordeste e Cachoeira-Cerrado-Formoso-Raiz (Baiões) à sudeste do município. Não se identificam com as características físicas nem bióticas do Município de Formiga, principalmente em função de sua localização próxima ao limite municipal. No caso das duas pequenas áreas situadas ao norte/nordeste, ambas drenam a bacia do São Francisco (Arcos e Pains) e não a do Paraná (Furnas). A terceira área periférica (Baiões), localiza-se ao sudeste do município e apresenta características geomorfológicas da área das nascentes do Rio Santana, que estão no município vizinho.

A distribuição dos diversos usos e ocupação do solo está diretamente relacionada aos compartimentos geomorfológicos, onde a estrutura e forma do relevo orientam a evolução da ocupação do homem e suas atividades sobre o solo. Pode-se perceber, em Formiga, um ambiente bastante modificado pelas ações do homem.

Dentre os diversos usos do solo em Formiga, destacam-se:

- **REFLORESTAMENTO / SILVICULTURA:** Predominam plantações de eucalipto distribuídas em todo o território municipal. Geralmente ocupam topos de morro e vertentes e, muitas vezes, plantadas de forma inadequada para padrões de conservação do solo.
- **SUPERFÍCIE AGRO-PASTORIL:** É caracterizada por pequenas áreas de cultivos agrícolas, pastagens e solo exposto. São condicionadas pela presença de água. Intercalam-se, com os fragmentos de vegetação secundária e plantações de eucalipto avançado em direção das áreas com maiores declividades. A oeste do município (Compartimento de Furnas)

percebe-se uma extensa área ocupada por cultivos diversos, caracterizando uma agricultura mecanizada, irrigada e de alta lucratividade.

- **ÁREA INUNDÁVEL:** As áreas inundáveis dentro de Formiga estão localizadas nas baixas bacias dos Rios Formiga, Pouso Alegre e Santana. São áreas úmidas ocupadas por vegetação brejosa e pasto e dependem da sazonalidade.
- **VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA – CAPOEIRA:** Vegetação em fase de sucessão ecológica inicial ou avançada caracterizada por predominância da floresta estacional semidecidual e transição para o cerrado. Encontrase fragmentada no território, intercalando-se com extensas áreas de cultivo e silvicultura.
- **ÁREA URBANA:** Área urbana consolidada destacando-se a sede municipal e o distrito de Pontevila.

O município de Formiga situa-se dividido, entre duas unidades geológicas importantes: a Bacia Sedimentar do Grupo Bambuí e o Complexo Maciço Cristalino Arqueano.

A Bacia Sedimentar

A área sedimentar conhecida como Grupo Bambuí do município é muito importante devido à suas abundantes reservas de calcário. Esse calcário (em parte meta-calcário devido a processos de metamorfismo de baixo grau) representa uma riqueza e fonte de divisas muito importantes para o município de Formiga, dada a sua qualidade e facilidade de exploração, pois as pedreiras estão acima do nível do solo.

A composição mineralógica do calcário vai variando com a profundidade, pelo fato de certos minerais serem mais solúveis do que outros. Assim, um corte em uma pedreira vai exibir em seus extratos calcários com diferentes teores de cálcio, magnésio, sílica e outros. Associados a ele encontram-se outros tipos de rochas e minerais que pertencem a períodos geológicos distintos e aparecem em várias áreas com frequência e intimamente associados.

Os solos oriundos de calcários e margas (argilas calcárias) são normalmente muito férteis e procurados para exploração agrícola. Muitos deles são eutróficos (auto-suficientes) em vários sais minerais essenciais às diversas lavouras, além de

possuírem um bom percentual de matéria orgânica e boa retenção de água em seus poros e microporos. Obviamente há exceções.

O relevo cárstico é comum na região calcária devido à incrível dinâmica estrutural deste tipo de rocha. Sua solubilidade em ácidos presentes na água que percola o solo e os próprios maciços faz com que um relevo característico seja desenhado nessa área, sendo que as partes menos solúveis formem testemunhos temporários da ação erosiva das águas. A estrutura dos maciços rochosos é bem imponente e revela a erosão diferencial na rocha, devido a diferenças químico-físicas em sua estrutura. Locas e grutas são formadas devido à dissolução da rocha calcária pelas águas carregadas de ácido carbônico e mesmo ácidos húmicos provenientes da matéria orgânica do solo. O abatimento de tetos de cavernas origina dolinas que, em certos casos, contém água formando lagoas. Há também o relevo cárstico esculpido sob pressão, ou seja, puramente por forças gravitativas das águas, pelo seu impacto sobre as estruturas calcárias. É fácil notar-se o diaclasamento vertical dos calcários associado aos seus planos de acamamento, o que permite que lajotas sejam retiradas para fins diversos, principalmente calçamento em áreas onde eles abundam.

Quanto a erosão diferencial se observa essas rochas, particularmente as que sofrem ação de polimento das águas de rios. A água desgasta mais profundamente extratos mais moles e incoesos, ressaltando estruturas formadas por acúmulo de sílica e outros materiais.

As formações Sete Lagoas e Santa Helena são de origem marinha (argilitos, margas, brechas), resultantes de uma transgressão marinha (avanço do mar no continente devido à isostasia – levantamento ou abaixamento continental) que cobriu extensas áreas do Cráton (estrutura cristalina e estável do complexo arqueano) do São Francisco, durante o Proterozóico Superior. Essa sedimentação realizou-se em superfície peneplanizada, de águas rasas e ambiente de baixa energia, caracterizando uma bacia intracratônica. Os calcários correspondem às fácies químicas desta sedimentação e o restante dos materiais depositados é de origem clástica. A existência de superfície de erosão nas camadas de brechas intraformacionais (rochas sedimentares clásticas formadas com material in loco) e indícios de estruturas estromatolíticas (formas fósseis de organismos como algas unicelulares com disposição de crescimento e mineralização em camadas nas rochas) indicam que o ambiente apresentava-se ainda relativamente enérgico durante a deposição química dos calcários (in RADAMBRASIL, 1.983). A presença de

conglomerados também é comum, embora os agentes de arredondamento de material clástico em nossa região não sejam tão severos quanto em outras.

Nota-se a variedade de material clástico nos locais citados. A presença de limonita nos sedimentos é marcante e também a presença de óxidos de manganês, muito abundantes na região. A sua solubilidade faz com que se acumulem em quaisquer fissuras nas rochas, formando formas dendríticas de aspecto variado. Existem brechas, cujo agente cimentante é óxido de manganês e em alguns locais encontramos pequenas cavidades ou geodos com formas renimorfo-estalactíticas de aspecto aveludado constituídas provavelmente de pirolusita (MnO_2).

Do ponto de vista tectônico, o grupo Bambuí foi afetado de modo irregular, ocorrendo regiões onde as rochas quase não sofreram deformações e outras onde as rochas foram deformadas por dobramentos. Essas deformações, datadas do brasiliano, são relativamente suaves e aumentam de intensidade em direção à borda sul do cráton do São Francisco. São dobramentos concêntricos, que formam sinclinais e anticlinais com eixos de direção NNW a NW (Segundo dados do projeto RADAMBRASIL- 1983).

Alguns tipos de rochas sedimentares de nossa região

Basicamente os materiais que ocorrem são os citados abaixo, com suas variedades locais, com suas impurezas características. Diversas partes das jazidas calcárias do município ocorrem impregnações de diversos minerais que preenchem fraturas e diáclases no maciço calcário e que podem formar reservas em potencial de minérios estratégicos para o mundo moderno. Como exemplo, as mineralizações metassomáticas de galena (minério de chumbo de fórmula PbS), calcopirita (minério de cobre de fórmula $CuFeS_2$) e esfalerita (minério de zinco de fórmula ZnS) que, levando-se em conta o volume de rocha que os contém, podem se tornar muito importantes no futuro. Em muitas ocorrências a galena costuma ser argentífera e com isso um subproduto importante pode ser retirado-a prata. Estas soluções ascensionais provém de magmas ricos em água, metais e enxofre e, percolando entre as diáclases e fraturas das rochas as alteram e cristalizam seus minerais nestes locais. A natureza dos maciços calcários também é muito propícia à formação de minerais autigênicos.

O relevo da região calcária é um espetáculo a parte devido à imponência de suas formas. A erosão diferencial se faz sentir nas diversas camadas do calcário,

dependendo de sua composição mineralógica e de sua resistência física. Chama-se karst o resultado erosivo sobre ele, revelando formas como grutas, lapas, dolinas, funis, etc.

- Argilitos amarelos: muito suaves ao tato, pertencem à formação geológica chamada de Sete Lagoas. Umedecidos ou bafejados cheiram a barro. São chamados de GIZ no meio rural, provavelmente porque servem para escrever muito bem em uma lousa. Muitas vezes estão alternados com siltitos, formando belos contrastes de cor. Ocorrem no Morro das Balas, Luanda, entre outros. Na verdade ocorre uma enorme gradação de cores que varia do vermelho até o amarelo claro, dependendo do teor de ferro. A presença de impregnações e dendritos de MnO_2 é bem comum nestas rochas. Próximo a BR 354, sentido Formiga-Arcos é possível perceber no corte do barranco a presença destas rochas formando camadas onduladas (pequenas sinclinais e anticlinais). Sua ocorrência está relacionada a uma transgressão marinha. Pode-se ver também a área de contato entre estas rochas e as rochas do embasamento cristalino, podendo também ser observados alguns veios de quartzo que os cortam em muitos pontos. Este quartzo está associado à pirita (já alterada) e a minérios de ferro e manganês. Há espécimes de argilito com uma litificação mais desenvolvida, como é exemplo os da região da Taboca, próximo ao trevo de acesso para Pains. Estes espécimes são bem duros e resistentes, mostrando uma estratificação bem desenvolvida.
- Sílex – uma rocha biogênica do grupo dos acaustobiólitos (rochas de origem biológica não combustíveis), formada de carapaças silicosas de organismos marinhos. Muito usada para confecção de armas pelo homem neolítico devido a sua grande dureza e a seu corte incisivo. Na localidade da Vendinha ocorre nos barrancos das estradas vicinais filões de sílex cujos fragmentos alcançam 4 centímetros. Provavelmente há locais com fragmentos bem maiores. Eram muito usados para se produzir faíscas (pederneiras) em bingas e armas de fogo antigas. Seu corte é extremamente incisivo, mais fino que o de bisturis. É interessante notar que a ocorrência de sílex normalmente está associada à ocorrência de calcários, e o que se observou ali foi que o sílex se preservou por ser muito resistente ao intemperismo, ao passo que o calcário que o continha transformou-se em solo, já bem laterizado. Possivelmente haja sílex

em toda a região relacionada aos calcários, mas naquele local é a ocorrência mais importante.

- Siltitos – também chamados no meio rural de “giz” juntamente com os argilitos. Frequentemente coloridos por óxidos de ferro e matéria orgânica, sua cor varia consideravelmente. Apresentam-se em extratos ou camadas que se subdividem com facilidade. São mais ásperos que os argilitos porque sua granulação é maior. Bafejados também cheiram a barro. Ocorrem, por exemplo, na Luanda, Morro das Balas, na região da Taboca, etc. Alguns deles apresentam dendritos de óxido de manganês, o qual é endêmico na região.
- Brecha – rocha sedimentar composta de fragmentos de outras rochas unidos por um agente cimentante natural que pode ser de natureza silicosa, calcítica, limonítica ou outro. Seus clastos (fragmentos) são de natureza síltica e também quartzosa. Há exemplares apenas com quartzo, sendo que muitos dos cristais ali presentes são transparentes e euédricos, sem evidências significativas de transporte hídrico ou de outra espécie que os danificasse por abrasão ou polimento, o que as caracteriza como intraformacionais. Em muitos lugares as brechas e os conglomerados são portadores de ouro e diamantes, o que infelizmente não acontece por aqui.
- Conglomerado - como o anterior, só que os fragmentos são de quartzo e estão arredondados, revelando transporte fluvial. Ocorre, por exemplo, na região de Cunhas. Os fragmentos podem ser de outra natureza também, embora o quartzo seja o mais resistente e o mais frequente nesse tipo de rocha. sua compactidade, como no caso anterior, é variável de acordo com o agente cimentante e com a natureza dos clastos.
- Calcário magnesiano – maior percentual de magnésio (MgO) até 5%: tem boa aplicação como corretivo de solo e como fonte de magnésio para as plantas.
- Calcário dolomítico – é um calcário com maior percentual de magnésio, entre 5 a 21%, que varia com a profundidade ou nível onde foi coletada a amostra para quantificação, já que fenômenos de maior ou menor solubilidade de sais os concentram em regiões definidas. O mesmo acontece com o teor de sílica. Acima de 21% o material é chamado de dolomito, oriundo de um processo marinho chamado de dolomitização, onde o magnésio da água do mar

substitui em grande parte o cálcio da rocha. Nesse processo de natureza química, qualquer fóssil existente na rocha será destruído.

- Calcário calcítico – com pequena porcentagem de magnésio (MgO) – é o calcário mais comum na nossa região e o mais utilizado na agricultura e em atividades industriais, tais como a fabricação de cimento e de cal. O teor de magnésio no calcário o inviabiliza para alguns usos industriais, acontecendo o mesmo com a sílica.
- Espeleotemas (estalactites, estalagmites, helictites, colunas, cascatas, cortinas e outros) - são estruturas formadas em grutas e locas devido a dissolução do calcário pela água carregada em ácido carbônico e posterior deposição/recristalização dos sais dissolvidos em ambiente propício, num lento gotejar. Esta precipitação de carbonato é concêntrica e isto é facilmente notado quando se manuseia um exemplar de estalactite. Sua consistência é variável e depende de sua idade e do rigor do processo de formação. É um processo bem variável e depende da permeabilidade do solo, presença de fendas e diáclases no maciço calcário, teor de matéria orgânica no solo, porosidade, entre diversos outros. O clima é fator chave nesse processo. Em alguns casos, as capas concêntricas podem se destacar e formar estruturas ocas, o que revela além do próprio processo concêntrico de formação uma não homogeneidade em sua composição geral e na velocidade e constância do processo de deposição (período de seca/chuvas). A forma com que se apresentam empresta nomes característicos. Estalactites apontam para baixo, estalagmites apontam para cima, colunas são oriundas da união de estalactites e estalagmites. Helictites são estalactites que crescem para os lados e até para cima, contrariando as leis da gravidade. Isso se dá devido às forças de cristalização e crescimento dos cristais formados. Em alguns casos podem se formar eflorescências de calcita e, mais raramente, de aragonita.
- Nódulos de óxidos de ferro, manganês e outros- oriundos de precipitação química e ou biológica em meio aquoso e posteriormente englobadas pelos sedimentos, formando em certos casos um conglomerado rico em óxidos metálicos semelhantes àqueles que ocorrem no assoalho marinho. Na região calcária é notória a quantidade de glóbulos de óxidos de manganês e ferro no solo. Uma origem laterítica não é de forma alguma descartada, já que em

outros locais isto acontece. O fato de serem nódulos levanta a suspeita de origem em meio aquoso.

- Concreções argilo-limoníticas (lateritos): São abundantes em toda a região e variam sensivelmente de composição de um local para outro. Algumas apresentam uma pós-mineralização de quartzo em suas fraturas, formando um interessante mosaico de quartzo engrenado. Associações com óxidos de manganês são comuns e mesmo pequenos geodos (cavidades contendo cristais) de manganês são encontrados em cavidades dos filões de quartzo. Seus aspecto é aveludado porque os cristais de pirolusita são minúsculos. Recentemente foi descoberto por nós mais pequenos geodos em lateritos limoníticos bem próximo ao local dos geodos de pirolusita. Tais cavidades estão atapetadas de minúsculos e reluzentes cristais ainda não identificados com clareza, mas de grande beleza e aparentam ser de quartzo. Algumas destas cavidades possuem uma mineralização botrioidal de cor branca, ainda desconhecida por nos também, mas que pode ser de sílica amorfa
- Impregnações de diversos óxidos em rochas diversas- óxidos e hidróxidos trazidos em soluções aquosas formam formas dendríticas e outras em rochas diversas. Os óxidos não são rochas, já que sua deposição nas fraturas e diáclases das rochas é por um processo sedimentar. A água, ao evaporar, deposita os óxidos de forma dendríticas, mas sempre obedecendo às normas de disposição química dos cristais.
- Sílica amorfa- em parte provavelmente opalina, presente na localidade Vendinha. Costuma estar capeada por pirolusita botrioidal. É encontrado na região calcária também alguns fragmentos que parecem ser sílex alterado, muito branco.
- Lateritos placóides - refere-se ao material argiloso com elevada porcentagem de óxidos e hidróxidos de ferro que ocorre na região. Apresenta- se a uma profundidade média de 40 centímetros no local observado e forma um perfil característico de placas, paralelo ao horizonte de solo. Muito frequente na região de Cunhas, estas placas apresentam cores distintas, de acordo com o grau de hidratação em que se encontram, ou seja, relação göethita/hematita. Trata-se de um enriquecimento secundário do horizonte específico do solo devido à lixiviação e lavagem de sais e óxidos das camadas superiores.

Processo parecido se dá na formação dos bauxitos (rocha-minério de alumínio).

- Tapiocangas (ou couraças ferruginosas) – genericamente são conglomerados de concreções limoníticas, ou seja, concreções globulares unidas por um cimento também limonítico. Nota-se aí dois processos: o da formação das concreções e o de sua posterior cimentação e ocorrem em regiões de estação seca bem marcada. O aspecto deste material é vesicular, coriáceo e bem estável.
- Marga- um calcário com alto percentual de material argiloso e que faz transição para uma argila calcária. Pode-se considerar a definição de que é uma argila enriquecida em calcário. Existem todas as transições possíveis e nem sempre é possível situar a rocha com precisão. Em perfis de paredões calcários é possível notar várias gradações. Há vários afloramentos deste material na região da Taboca, próximo ao acesso para Pains. São bem estratificadas e sua coloração é variável de acordo com as impurezas, mas predominam o verde claro e o violeta-amarronzado. Provavelmente tais cores são devido à pirita autigênica finamente disseminada, matéria orgânica e óxidos de ferro.
- Arcósio- um arenito com elevada porcentagem de feldspatos, fato que lhe empresta a aparência grosso modo de um granito. É formado através da desagregação física dos granitos e posterior cimentação, sem que haja um processo intempérico que descaracterize os fragmentos da rocha.
- Arenito- composto predominantemente de grânulos de quartzo. Em Cunhas é possível encontrar arenitos altamente ricos em óxidos de ferro associados aos conglomerados com igual agente cimentante. Sua consistência é frágil e praticamente pode-se destruí-los com as próprias mãos. Em íntima associação com esse material encontramos abundantes lateritos placóides com formações mamelonares-globulares.
- Areia – pertencente ao grupo de rochas sedimentares não consolidadas ou clásticas, ela é oriunda da decomposição de rochas granito-gnáissicas da nossa região e, através da ação seletiva dos rios pela gravidade, tendem a se concentrar em perfis definidos. Sua exploração predatória tem sido muito prejudicial, causando assoreamento dos rios e conseqüentemente seu

comprometimento para com as arvores que o margeiam, bem como todo o resto. As areias são predominantemente quartzosas, com menor porcentagem de feldspatos meteorizados e diversos óxidos metálicos.

- Saibro – é o material granítico decomposto. Contém areia e caulim. Ocorre em toda a região granítica e é amplamente usado na construção civil. As áreas de litossolos contém muito saibro, como por exemplo, o Morro do Cristo.
- Argila – ocorre concentrada principalmente nas várzeas, no leito de rios, sendo amplamente utilizada para a confecção de telhas e tijolos. Normalmente é cinza devido à presença de ferro bivalente, mas ocorrem outras cores, inclusive branca, o que atesta um grau maior de pureza.
- Turfa – É encontrada, por exemplo, na região da Cachoeira do Areião e trata-se do primeiro estágio da carbonização da matéria orgânica. Como é característico neste tipo de rocha, encontramos abundantes raízes e folhas que ainda não se decompuseram no meio do material.
- Caulim – refere-se aqui a caulinita impura. É de coloração rósea a branca. É usado como material inerte em rações, medicamentos e também na fabricação da porcelana. Há várias ocorrências deste material onde diques de pegmatito alterado cortam nossos granitos. É um dos constituintes do saibro.

O Complexo Cristalino

O Complexo Maciço Cristalino Arqueano correspondente aos terrenos constituídos de rochas granito-gnáissicas, cujo material mais conhecido é o que genericamente se chama de granito, embora ocorram outros tipos de rochas, consoante seus percentuais e proporções de feldspatos alcalinos e calcossódicos, máficos e o teor de sílica. Este material é amplamente explorado na região e até exportado. Ocorre distintamente, hora em formas suaves, hora na forma de cristas apalacheanas, cuja característica é o relevo acidentado e escarpado no sul do município, oriundo de forças tectônicas de dobramento. Cita-se também grupo Canastra (pré-cambriano), com seus quartzitos e filitos micaxistos.

O complexo cristalino compreende as áreas não sedimentares da região, (rochas granito-gnáissicas), embora existam dentro delas diversas variações em termos de composição química e mineralógica e inclusive de grupos de rochas félsicas (claras e ácidas) e máficas (escuras e básicas). Na verdade, o pacote sedimentar

repousa sobre a área cristalina. O que chamamos de granito na verdade corresponde a uma grande família de rochas análogas que contém variações constantes em sua composição, principalmente no seu teor de sílica. Quanto menor o teor de sílica, geralmente mais escura será a rocha e, genericamente falando, mais férteis serão os solos por elas originados. Um exemplo disso é uma outra família de rochas – as rochas basálticas, que originaram as famosas terras roxas do sul do país, riquíssimas em nutrientes essenciais para as plantas.

Existem ocorrências desta rocha e, principalmente, de sua correspondente – o Dolerito (diabásio). Há ainda na região vários diques (formação geológica que mede centenas de metros e até quilômetros de comprimento por uma largura que varia de centimétrica até decamétrica) de dolerito. É como uma gigantesca lâmina rochosa que corta os terrenos e as rochas. Os diques de dolerito do município de Formiga têm uma composição totalmente diferente dos granitos que o cercam.

Excetuando a porção sul do município onde o relevo é acidentado, o embasamento cristalino gera formas de relevo de contornos suaves, tais como o Morro do Cristo, o Morro da Melancia e tantos outros. Outra exceção a fazer é a respeito da face do morro onde o Rio Formiga margeia. Devido a maneira abrupta com que ele se apresenta em termos de inclinação, nos idos de 1980 alguns matacões de granito tiveram que ser detonados para evitar possíveis desabamentos sobre a linha férrea e sobre as casas ali existentes.

Toda a área cristalina de Formiga é rica em material ornamental, que é muito utilizado no município como revestimento e pisos de casas. Rochas metamórficas como os micaxistos e quartzo-micaxistos são muito usados para acabamento em construções e são facilmente retiradas de suas jazidas porque se dividem com relativa facilidade graças à sua xistosidade e foliação. Sua aceitação é muito grande porque causam um belo efeito e também pelo preço atrativo. Sua impermeabilização com resinas ou vernizes é aconselhável porque é sensível ao ataque físico-químico pela água, o que diminui sua coesão e o leva a se desintegrar lentamente.

As muitas cachoeiras do município, se misturam com a história geológica do local. O uso de cachoeiras para lazer na região já faz parte do folclore local. Na maior parte delas a água corre sobre um substrato granítico. Uma famosa exceção é a cachoeira da cerâmica, cujo substrato é dolerítico. Obviamente, as praias de areias brancas só se formam onde as rochas são ácidas, ou seja, apresentam um elevado teor de sílica. Nestas rochas, o teor de sílica do magma que as formou era tão elevado

que, depois de formar todos os minerais possíveis, o restante da sílica cristalizou na forma de quartzo e é justamente este quartzo que é o principal constituinte de nossas areias. Isto se dá porque o quartzo é bem resistente ao intemperismo físico e químico.

As cachoeiras e outras quedas diversas ocorrem onde existem falhas, diques ou encaixes nas rochas, em calhas sinclinais e ou fraturas. Nelas vê-se o perfil da rocha perfeitamente polido pelas águas e na maioria das cachoeiras de origem granítica notamos uma mistura de partes claras com partes escuras. Olhando com atenção, percebemos que um magma de cor clara (ácido) envolveu uma rocha escura (dolerito, gabro, anfibolito, piroxenito) e começou a se misturar com ela, mas não totalmente. Vê-se então grandes massas de rocha escura amalgamados pela rocha clara e intimamente associados a ela. A esta rocha mista damos o nome de Migmatito e ela é típica do Cambriano brasileiro e muito comum na região. Nota-se macroscopicamente uma fase ígnea permeando as rochas e misturando-se a elas em proporções variáveis. A parte mais escura e mais antiga da rocha recebe o nome de paleossoma. A rocha mais nova é o neossoma. Chama-se anatexia ou anatexis o fenômeno de fusão de uma rocha preexistente por um magma qualquer e chamamos de xenólitos os blocos de rocha de composição diferente da rocha que os envolve. Isto tudo é facilmente constatado nos locais citados. É possível reparar também que a rocha escura é mais resistente à erosão pela água corrente do que a fase mais clara. Em época de chuvas é comum a formação dos sumidouros nos sopés das cachoeiras devido ao revolvimento da areia e deposição de argila em suspensão. Infelizmente tal evento já ceifou muitas vidas pois a água, encontrando uma passagem entre encaixes nas rochas submersas, age com tal força que um indivíduo não consegue se livrar e acaba sendo sugado.

Uma variedade de migmatito que ocorre por aqui é o agmatito, que se refere a um tipo de rocha que evidencia em sua estrutura um aspecto brechóide, formando um tipo de mosaico com o paleossoma. Devido a isto, a rocha fica um pouco semelhante às brechas sedimentares verdadeiras. Já foram presenciados imensos blocos de rochas graníticas claras destacando em seu interior um xenólito de rocha bem escura, destoante do conjunto. Outro fato a se considerar é o de que a zona de contato entre a fase escura e a fase clara é constituída de minerais biotíticos, formando uma nítida camada sobre os piroxênios/anfibólios do paleossoma. Isso se dá devido a metamorfização dos minerais preexistentes pelo efeito da alta temperatura da massa

ígnea. Isso faz com que a boa clivagem da biotita permita que se parta essas rochas bem nestas áreas limítrofes, onde sua coesão é muito menor.

Devido à boa clivagem dos abundantes feldspatos presentes na rocha, diria uma boa fissibilidade, os granitos se partem bem em certos planos. Este termo, que é mais empregado para rochas sedimentares e metamórficas, exprime a facilidade que a rocha tem de se partir em certos planos. Nossos granitos são muito trabalhados para se fazer paralelepípedos e meios-fios. Ao contrário do que muitos pensam, aquele material do calçamento de ruas não é serrado; é partido com marretinhas e se divide em três planos quase ortogonais muito bons. Só para ilustrar, a conhecida ardósia (rocha metamórfica regional de baixo grau) tem geralmente um ótimo plano de fissibilidade, ou seja, ela se divide em placas perfeitas. Esse fenômeno é chamado de clivagem ardosiana.

Alguns tipos de rochas magmáticas e metamórficas que ocorrem no município de Formiga:

1) ***Rochas Mágmatícas***

- Granito e suas variedades- genericamente chamamos de granito uma grande família de rochas com composição mineralógica parecida e que são abundantes em toda a nossa região. Saindo de Formiga para Campo Belo, transitamos entra as cristas apalacheanas da porção sul do município. São grandes afloramentos de rochas graníticas formando um relevo acidentado e nos cortes da estrada é possível constatar sua cor rosada. Fato digno de nota é que todos estão mais ou menos afetados pelo metamorfismo
- Pegmatitos – formam diques preenchendo fraturas e diáclases dos granitos. São riquíssimos em feldspatos e quartzo, formando grandes cristais de feldspato.
- Gabro – considera-se o verdadeiro gabro plutônico, de granulação grosseira e sua identificação é difícil porque tem a mesma composição mineralógica do dolerito. Ele é o equivalente de solidificação do magma a grandes profundidades, o que permitiu que sua granulometria fosse mais desenvolvida. Em muitos casos, para a correta diferenciação entre

um e outro, tem que ser através de sua formação no terreno, se em formas injetadas ou não.

- Basalto – ocorre muito limitadamente em certas regiões do município e alguns contém fenocristais de plagioclase cálcica. Esta classificação teve como base apenas a sua granulometria, invisível a olho nu e sua associação com os corpos diabásicos da região.
- Metadiabásio porfiróide – belíssima rocha apresentando grandes fenocristais de plagioclase cálcica com um tom esverdeado, devido à damouritização. A piroxena presente na rocha é uma augita que está anfibolitizada e, com isto, apresenta uma coloração esverdeada também. Essa rocha é fortemente magnética devido a concentração elevada de óxidos metálicos magnéticos. Ainda não foram localizados muitos afloramentos da rocha, mas a Cachoeira da Cerâmica é um corpo rochoso de metadiabásio. Ocorre no Morro do Peão, na Mina Santa, etc...porque seu dique atravessa uma grande extensão de terras.
- Anatexito – considera-se aí o máximo da refusão de rochas pré-existentes onde dificilmente se reconhece algum vestígio da rocha mais antiga (paleossoma).
- Dolerito (diabásio) comum – de aspecto bem mais modesto, mas ainda apresentando alguns fenocristais esparsos, sem muito atrativos. Parece não estar anfibolitizado e sua cor é cinza-escura. Seus diques parecem estar interagidos com os diques do Metadiabásio porfiróide em pelo menos dois locais estudados. É possível também que se trate do protólito, ou seja, a rocha cujo metamorfismo originou o metadiabásio. Possivelmente há locais onde este protólito tenha mais fenocristais. Como foi um metamorfismo de baixo grau, é possível que existam todas as gradações possíveis de acordo com a influência sofrida por temperatura e pressão.

2) ***Rochas Metamórficas***

- Migmatito – como já foi citado, esta rocha é muito abundante em toda a área cristalina e forma mosaicos muito interessantes. Existem

variedades e transições quanto ao grau de migmatização ou anatexia do protolito. Neles destacam-se cristais de magnetita e muitas fraturas preenchidas por quartzo filonar e pegmatitos.

- Agmatito – conforme exposto anteriormente, na cachoeira do areão podemos verificar esse tipo de rocha em uma escala maior, ou seja, com grandes porções de rocha escura envoltas por rocha clara.
- Gnaiss, mica-gnaiss, anfibólio gnaiss, etc...- muitos são explorados e vendidos como material ornamental. Apresentam foliação mais ou menos desenvolvida de acordo com sua composição mineralógica e são comuns por aqui. Cabe citar que existem basicamente dois tipos de gnaiss – os ortognaisses, oriundos de rochas graníticas e os metagnaisses, oriundos de rochas sedimentares e ou metamórficas tais como filitos e micaxistos.
- Anfibolito e piroxenito- provavelmente o paleossoma dos migmatitos daqui é de natureza anfibolítica ou piroxenítica. Os anfibolitos são rochas metamórficas constituídas principalmente de hornblenda, que é um anfibólio escuro. Já os piroxenitos constituem-se basicamente de piroxênios, mormente a augita.
- Quartzito, quartzito sericítico, entre outros – com variados graus de metamorfismo.
- Sericita-xisto – também incluído no grupo dos micaxistos ou genericamente falando- xistos. É uma rocha metamórfica de mesozona e apresenta um aspecto sedoso e um brilho parecido com o metálico, de acordo com sua pureza.
- Micaxisto muscovítico, biotítico c/ minerais acessórios – na localidade da Luanda há uma jazida desta rocha e a mesma é explorada. Parte-se facilmente e é fácil de se trabalhar, sendo retirada com fins ornamentais.
- Metacalcários calcíticos, dolomíticos, etc - muitos deles exibem veios abundantes de calcita branca e acinzentada preenchendo fraturas.
- Xistos diversos- entende-se aí qualquer rocha xistosa, inclusive os micaxistos já citados.
- Epidosito – rocha encontrada por aqui e que é constituída de epidoto, clorita, anfibólitos. Sua crosta de intemperização é tão suave que se pode

enfiar os dedos nela com facilidade. Sua provável origem é a de uma alteração metamórfica em rochas máficas, principalmente algum diabásio de nossa cidade.

As várias ocorrências minerais do município de Formiga:

Como o município engloba dois grandes grupos petrológicos, a variedade de minerais é bem razoável.

- Quartzo hialino (cristal de rocha) e quartzo enfumaçado (SiO_2)- ocorre principalmente em Sobradinho onde foram muito explorados no passado, mas o primeiro deles é muito comum em todo o município. O quartzo também ocorre rolado por ação das águas em nossos rios e em meandros, formando depósitos nos barrancos próximos aos rios.
- Quartzo com inclusões diversas (SiO_2)- ocorrem em toda a região contendo inclusões de clorita, rutilo, material argiloso, etc...Possivelmente alguns deles possam ser lapidados para confecção de gemas, em função de seu tamanho e pureza.
- Quartzo com caneluras (SiO_2)- este interessante tipo de quartzo ocorre na localidade de Cunhas e apresenta características interessantes. Ele possui várias caneluras oriundas da alteração química de feldspatos e outros minerais da rocha matriz que o mesmo preenchia. Como o quartzo é indecomponível quimicamente (na natureza), ele se mantém com um aspecto bem bizarro e muito ornamental.
- Quartzo cinza e quartzo leitoso (SiO_2)- muito comuns por aqui, mas certos espécimes de quartzo leitoso apresentam um interessante mosaico entrelaçado em suas inclusões gasosas. A variedade cinza é pegmatítica e ocorre associada aos granitos e similares.
- Barita (BaSO_4)- ocorre no médio curso do ribeirão Barra Mansa- divisa com Pedra do Indaiá: esse material forma um filão em terreno de origem granítica e seu aspecto é maciço- tabular, ocorrendo em grandes massas. Sua coloração é rosada e foi explorada no passado. No local em questão ocorrem grandes matacões deste mineral, mas até então não foram identificados cristais individuais.

- Grafita (C)- ocorre no trecho entre Formiga-Arcos, no Córrego da Areia. Na verdade é um xisto grafitoso.
- Magnetita (Fe_3O_4) – ocorre abundantemente em nossas areias, em depósitos tipo placer de ampla distribuição no leito dos rios. É a maior parte daquele pó preto presente nas areias. Em massas maiores de rochas graníticas é possível detectar cristais com mais de 2cm, fato este observado na Cachoeira do Areão, onde a água poliu a rocha. A magnetita oriunda da decomposição das rochas máficas do município é bem mais homogênea que a magnetita oriunda de rochas graníticas
- Pirita limonitizada– são mineralizações importantes por sua curiosidade e ampla distribuição em nossa região. Associa-se a veios de quartzo expostos pela erosão, embora já se tenha visto perfis que não estão diretamente expostos, mas um pouco abaixo da superfície. Até o momento só foram encontrados espécimes limonitizados, ou seja, pseudomórficos, não apresentando mais sua cor dourada original. Não foi localizado ainda algum local de erosão mais recente que exponha espécimes menos alterados ou então que a mineralização esteja mergulhando na rocha fresca. Elas formam cubos perfeitos e geminados de penetração. Em Cunhas ela se apresenta menos hidratada e com formas algo diferentes das outras ocorrências, formando agregados de ordem crescente, ao que parece. Há uma variedade desse material que apresenta um tipo de clivagem escalonada no cristal, formando escadas. Outros formam sólidos com figuras de deslocamento e um último tipo forma um sólido semi-esférico, clivado e que apresenta figura sólida cruciforme sob alguns ângulos de visada. Isto é bem interessante e só foi visto na Luanda. O restante ocorre no Morro das Balas, Luanda, etc.
- Marcassita limonitizada – A marcassita é um polimorfo da pirita, ou seja, tem a mesma composição química, mas seu sistema cristalino é outro. Sua ocorrência se dá juntamente com a pirita e os agregados globulares que são endêmicos na região, mas não é nem de longe abundante como eles. A marcassita forma agregados conhecidos como crista de galo ou ponta de flecha, de aspecto bem curioso e atraente. Formam maclas complexas em agregados bipiramidais quadrangulares com faces

curvas e diversas figuras geométricas. Alguns formam agregados estrelados, tipo uma estrela tridimensional com várias pontas. É um material muito bonito e interessante e que felizmente já conseguimos exportar para várias coleções mineralógicas mundo a fora. O processo de substituição que ocorre na marcassita é análogo ao da pirita, sendo que o mineral que substitui o sulfeto de ferro é predominantemente de natureza limonítica.

- Martita ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) – sob essa nomenclatura designamos os agregados esféricos de pirita e marcassita. Seu aspecto lembra um araticum e seu tamanho varia de alguns milímetros até uns 5cm. É formada em camadas concêntricas, sendo que os cristais bem conformados se destacam na última delas. Alguns espécimes são elipsoidais e mostram nitidamente um capeamento de cristais bem formados sobre um substrato do mesmo mineral, estruturado radialmente. Sua coesão não é a mesma entre as camadas. Muitas estão bem hidratadas e alteradas, mas outras conservam um brilho submetálico. Há espécimes interessantíssimos que formam pseudo-geminados de duas, três ou mais esferas. Seus núcleos são amarelados e em espécimes recebidos de outras regiões os núcleos são vermelhos. Esse núcleo é condutor de eletricidade, mas seu invólucro não é. Esse material foi muito bem recebido no meio especializado e, a exemplo da marcassita, levou o nome de Formiga para coleções mineralógicas e museus.
- Calcita e dolomita [CaCO_3 e $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]- ocorrem na região calcária. Pode formar belos veios com cristais romboédricos brancos ou cinzas em calcários diaclasados e fraturados. A calcita cristalizada ainda pode ser autigênica e formar belas massas cristalinas em espeleotemas e outros.
- Fluorita (CaF_2)- ocorre associada à calcita em veios nos calcários alterados por processos metassomáticos de enriquecimento e alteração mineral. Cabe citar que a galena, a esfalerita e a calcopirita ocorrem assim também por aqui, na forma de impregnações hidrotermais.
- Pirolusita (MnO_2)- ocorrem na área sedimentar e é normalmente botrioidal (glóbulos de tamanhos variados). Há interessantes

associações desse material com material limonítico, formando estruturas concêntricas ou então na forma de veios dentro de um invólucro limonítico. Ocorre também colorindo rochas diversas, em cavidades de filões de quartzo que cortam formações limoníticas e outros. Sua origem é de precipitação química e ou biológica, por processos já conhecidos de enriquecimento secundário por laterização. Recentemente foi descoberta por nós o que parece ser uma variedade de pirolusita de cristalização tetragonal que se chama Polianita. Tal achado se deu no Morro das Balas, dentro de lateritos extremamente compactos. Ali ela forma drusas de aspecto atraente e bem brilhantes, exibindo um nítido brilho metálico. Sua análise em uma lupa binocular a 100 aumentos revelou que seus veios são constituídos de meias-esferas de aspecto muito atraente e com intenso brilho metálico. Seu quimismo ainda não foi determinado porque as amostras são muito pequenas e levará algum tempo para juntarmos uma quantidade suficiente para análise.

- Ilmenita (FeTiO_3)- ocorre junto com a magnetita em nossas areias e é mineral acessório em diversos tipos de rochas, particularmente as máficas como os gabros e doleritos. A ilmenita reage ao campo magnético de um ímã comum, mas não é atraída por ele e essa é uma técnica rústica para detecta-la em uma mistura de minerais pesados no solo.
- Pirofilita maciça – ocorre na região da Luanda, próximo a divisa com a cidade de Arcos. É bem semelhante à conhecida pedra-sabão (esteatito), sendo que a diferença está no metal da molécula. No caso da pirofilita é o alumínio e não o magnésio. Ela pode ser usada na confecção de tijolos refratários para fornos de cal e similares. É bem mole e pode ser facilmente trabalhada com qualquer instrumento perfuro-cortante. Quando na forma bem cristalizada, forma interessantes agregados radiais.
- Muscovita – é a popular mica chamada popularmente de malacacheta e ocorre, por exemplo, no Morro das Balas. Sem aplicação comercial por aqui já que suas dimensões e frequência não tornam possível sua comercialização.

- Biotita – é uma mica negra, comum e que entra na composição de diversas rochas ígneas e metamórficas. Esta mica ocorre em toda a região do complexo cristalino e é bem frequente em micaxistos de nosso município. Sua alteração química origina vermiculitas, que tem uma coloração bronzeada.
- Caulim- originário da decomposição química dos feldspatos das rochas graníticas, ocorre amplamente por exemplo no morro do Cristo e em todas as localidades graníticas. Sua associação com os outros produtos da meteorização dos granitos recebe o nome de saibro.
- Limonita- na verdade não é um mineral simples, mas uma mistura de óxidos hidratados de ferro, sendo o mais frequente a Göethita. A limonita é muito encontrada na região da Luanda e vários outros locais no nosso município. Muitas delas são bem compactas e apresentam bordos cortantes. Antigamente era usada para obter o pigmento para a tinta xadrez, assim como o ocre. Seu pó é amarelo, mas se aquecido perde água e fica vermelho escuro. Pode ser usado como pigmento para pinturas em tela também.
- Feldspato- nas fraturas graníticas é onde os tipos de feldspatos se destacam em cristais maiores, em diques pegmatíticos preenchendo fraturas. São comuns e alguns, bem bonitos. Representam os principais minerais de nossas rochas ígneas e são eles que determinam a coloração das mesmas. Podem ser potássicos (ortoclásio e microclina) ou calcossódicos (albita-anortita). Quanto mais próximos da anortita, mais máficas são as rochas que os contém.
- Vermiculita- produto da alteração de micas escuras. Não tem importância econômica. Ocorre em perfis de solos bem jovens como produto de intemperismo.

O quartzo, a barita e a grafita já foram muito explorados no passado e alguns antigos garimpeiros ainda possuem em suas casas caixas cheias de cristais de quartzo, conforme já constatamos. O quartzo era muito utilizado na indústria eletrônica, devido a sua piezoelectricidade e outras propriedades elétricas que eram utilizadas em equipamentos eletrônicos, principalmente rádios.

Existem outras ocorrências minerais que foram relatadas por pessoas mais vividas e também por ex-garimpeiros, mas ainda não Existem várias possibilidades de novas ocorrências ainda não conhecidas e que podem trazer surpresas agradáveis.

CONCLUSÃO

As características dos Compartimentos Geomorfológicos faz-se a divisão/ordenamento territorial em quatro macro-zonas, visando a ocupação e convivência sustentável. O Compartimento de nome Formiga agrupa o Rio Formiga, o Ribeirão Barra-Mansa e o Rio Padre Trindade. Pouso Alegre e Santana agrupam os Rios homônimos. Já Furnas abrange o Lago e o Reservatório. E, por fim, os Periféricos são formados pelo Ribeirão das Moendas-Barras, São Domingos-Jatobá e Cachoeira-Cerrado-Formoso-Raiz (em Baiões).

A distribuição dos diversos usos e ocupação do solo está diretamente relacionada aos compartimentos geomorfológicos, onde a estrutura e forma do relevo orientam a evolução da ocupação do homem e suas atividades sobre o solo.

Com o desmembramento do agora município de Córrego Fundo, as jazidas importantes de calcário no município de Formiga diminuíram muito, mas ainda pode ser encontrados minerais como: argila, areia, pedra granito-gnaiss, calcário, mármore, ferro, quartzo, manganês, caulim, bauxita, pirolifita, pirita, mica, quartzo-topázio, ocre.

REFERÊNCIAS

BRANCO, P.M. Dicionário de mineralogia. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1982. 264p.

DANA, J.D. Manual de mineralogia. Rio de Janeiro: Livros técnicos e Científicos, 1978. 42p.

FONSECA, Anísio Cláudio Rios. Morfologia de rochas lateríticas de Morro das Balas, município de Formiga-MG. 2005. 30p. (Monografia- Curso de especialização em solos e meio-ambiente). Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.

GEOMINAS, Engenharia e consultoria Ltda; MINISTÉRIO DO INTERIOR; PREFEITURA MUNICIPAL DE FORMIGA. Plano de Ação Imediata. Belo Horizonte, 1972. 2 vol.

LEINZ Victor & AMARAL, Sérgio E. Geologia geral. 11. ed. São Paulo: Nacional, 1989. 397 p.

MACHADO F. L. et al. Projeto RADAMBRASIL. Folha SF 23/24. Rio de Janeiro/Vitória, 1983. vol. 32, p. 27- 324.

PLANO DIRETOR DE FORMIGA. 2007. Formiga - MG.

REVISTA MAIS. Ano 0. Belo Horizonte. 2008.

Capítulo 4
DIFICULDADES NO ENSINO DE GEOLOGIA: A CONEXÃO
ENTRE GEOLOGIA E A VIDA COTIDIANA
Jader Luís da Silveira

DIFICULDADES NO ENSINO DE GEOLOGIA: A CONEXÃO ENTRE GEOLOGIA E A VIDA COTIDIANA

Jader Luís da Silveira

Graduado em Ciências Biológicas pela UNIFAL-MG. Especialista em Microbiologia pela UCAM

RESUMO

O ensino de Geologia é uma disciplina fundamental para a compreensão da história da Terra e dos processos geológicos que moldaram seu ambiente. No entanto, muitos estudantes enfrentam dificuldades ao aprender geologia, o que pode ser atribuído a uma série de fatores, incluindo a complexidade dos conceitos geológicos, a falta de recursos educacionais adequados e a abordagem tradicional de ensino. Este artigo examina as principais dificuldades no ensino de geologia, destacando os desafios enfrentados por alunos e educadores, e propõe estratégias para superar essas barreiras.

Palavras-chaves: Geologia. Ensino e aprendizagem. Disciplina científica.

ABSTRACT

The teaching of Geology is a fundamental discipline for understanding the history of the Earth and the geological processes that have shaped its environment. However, many students face difficulties in learning geology, which can be attributed to a series of factors, including the complexity of geological concepts, the lack of adequate educational resources, and the traditional teaching approach. This article examines the main challenges in the teaching of geology, highlighting the challenges faced by students and educators, and proposes strategies to overcome these barriers.

Keywords: Geology. Teaching and learning. Scientific discipline.

Introdução

A Geologia é uma disciplina que estuda a Terra, suas rochas, minerais, processos geológicos e a história da evolução do nosso planeta. Embora seja uma ciência fascinante, o ensino de geologia pode ser um desafio para muitos estudantes. As dificuldades no ensino de geologia podem ser atribuídas a vários fatores, que

incluem a complexidade dos conceitos geológicos, a falta de recursos educacionais adequados e a metodologia de ensino tradicional, que muitas vezes não consegue envolver os alunos de maneira eficaz.

A Geologia, como disciplina científica, se dedica ao estudo profundo da Terra e de todos os elementos que a constituem. Isso inclui a análise minuciosa das rochas que formam a crosta terrestre, a identificação e classificação dos minerais que as compõem, a investigação dos complexos processos geológicos que moldaram e continuam a moldar nosso planeta, bem como a reconstrução da fascinante história da evolução da Terra ao longo de bilhões de anos. No entanto, apesar de sua riqueza e relevância, o ensino de geologia muitas vezes se revela um desafio considerável para uma parcela significativa de estudantes.

Uma das principais razões para essa dificuldade é a complexidade intrínseca dos conceitos geológicos. A Geologia aborda questões que se estendem por escalas temporais e espaciais vastas, envolvendo fenômenos que ocorreram ao longo de milhões de anos e em profundidades que os seres humanos raramente podem testemunhar diretamente. Esses conceitos abstratos, como a deriva continental, a tectônica de placas e a erosão, frequentemente desafiam a imaginação dos alunos e exigem uma capacidade de pensamento tridimensional para serem adequadamente compreendidos.

Além disso, a falta de recursos educacionais adequados é outra barreira significativa. A Geologia é uma disciplina que se beneficia enormemente da experimentação prática e da observação direta de amostras de rochas e minerais. No entanto, muitas instituições educacionais não possuem laboratórios geológicos bem equipados, e a aquisição de materiais geológicos pode ser dispendiosa e difícil. Isso limita a capacidade dos professores de oferecer experiências práticas enriquecedoras aos alunos, prejudicando assim a compreensão e o entusiasmo pela matéria.

A metodologia de ensino tradicional também desempenha um papel crucial nas dificuldades enfrentadas no ensino de geologia. Palestras expositivas, que são comuns em muitos programas educacionais, nem sempre são eficazes na transmissão dos conceitos geológicos, pois a Geologia é uma disciplina que se beneficia muito da aprendizagem prática e da observação direta. Essa abordagem pode resultar em desinteresse e falta de envolvimento dos alunos, uma vez que eles não têm a oportunidade de explorar e interagir ativamente com os princípios geológicos.

Portanto, é crucial reconhecer essas barreiras e adotar estratégias pedagógicas que tornem o ensino de geologia mais acessível e envolvente. Isso pode incluir a incorporação de atividades práticas, a utilização de recursos educacionais digitais interativos, a exploração de aplicações práticas da geologia na vida cotidiana e a promoção de um ambiente de aprendizado colaborativo. Ao fazê-lo, podemos ajudar os estudantes a superar as dificuldades e a descobrir a fascinante e vital ciência que é a Geologia.

Dificuldades no Ensino de Geologia

Observa-se que as principais dificuldades no processo de ensino-aprendizagem de Geologia são:

- **Complexidade dos Conceitos Geológicos:** A Geologia envolve a compreensão de conceitos abstratos e processos que ocorrem ao longo de milhões de anos. A escala de tempo geológico pode ser difícil para os alunos conceberem, e a natureza complexa dos processos geológicos, como a tectônica de placas, pode ser desafiadora de entender.
- **Falta de Recursos Educativos Adequados:** Muitas instituições educacionais enfrentam a escassez de materiais e recursos adequados para o ensino de geologia. Laboratórios bem equipados e amostras de rochas e minerais são essenciais para uma educação prática eficaz em geologia, mas nem todas as escolas têm acesso a esses recursos.
- **Abordagem Tradicional de Ensino:** O ensino tradicional de geologia frequentemente se baseia em palestras expositivas, o que pode não ser envolvente o suficiente para os alunos. A falta de experimentação prática e aprendizado ativo pode resultar em desinteresse e dificuldades de compreensão.
- **Falta de Aplicação Prática:** Os alunos podem lutar para ver a relevância da geologia em suas vidas cotidianas. É crucial destacar a aplicação prática da geologia em áreas como a exploração mineral, a geologia ambiental e a prevenção de desastres naturais para motivar os estudantes.

- **Linguagem Específica da Geologia:** A geologia possui um vocabulário técnico e uma linguagem específica que podem ser intimidantes para os alunos iniciantes. Isso pode dificultar a compreensão dos conceitos geológicos.

Complexidade dos Conceitos Geológicos

A complexidade dos conceitos geológicos é uma das principais barreiras que os estudantes enfrentam no processo de aprendizado da Geologia. Essa complexidade advém do fato de que a Geologia lida com processos e fenômenos que ocorrem em escalas de tempo e espaço impressionantemente vastas, o que pode ser extremamente desafiador para a mente humana compreender plenamente.

Um dos aspectos mais notáveis da Geologia é a escala de tempo geológico. Ao contrário de muitas outras disciplinas científicas, que lidam com fenômenos que podem ser observados e mensurados em intervalos de tempo relativamente curtos, a Geologia trata de eventos que ocorreram ao longo de milhões, bilhões e até mesmo trilhões de anos. Essa escala temporal é tão grandiosa que muitas vezes é difícil para os alunos conceberem. A ideia de que as montanhas que vemos hoje, por exemplo, foram formadas ao longo de centenas de milhões de anos de movimentos tectônicos é algo que desafia a intuição e exige um esforço cognitivo significativo para ser internalizado.

Além da escala de tempo, a Geologia também lida com processos e conceitos intrinsecamente complexos. Um exemplo notório é a tectônica de placas, que descreve o movimento das placas litosféricas da Terra e é fundamental para a compreensão de terremotos, vulcões e a formação de cadeias montanhosas. No entanto, compreender as forças complexas que impulsionam esses movimentos e os efeitos que eles têm na crosta terrestre requer um entendimento avançado de física, química e matemática, o que pode ser um obstáculo para muitos estudantes.

Além disso, os processos geológicos frequentemente ocorrem a profundidades inacessíveis e envolvem fenômenos que não podem ser observados diretamente. Isso torna ainda mais difícil para os alunos visualizarem e compreenderem esses processos abstratos.

Para superar essa dificuldade, é importante adotar abordagens de ensino que tornem esses conceitos geológicos complexos mais tangíveis e acessíveis. Isso pode

envolver o uso de modelos tridimensionais, simulações computacionais, visualizações gráficas e analogias que ajudem os alunos a relacionar esses conceitos abstratos com experiências e fenômenos mais familiares. Além disso, a repetição e a revisão frequente dos conceitos geológicos, juntamente com a oportunidade de aplicá-los em situações do mundo real, podem ajudar os estudantes a superar o desafio da complexidade e a desenvolver uma compreensão mais sólida da Geologia.

Falta de Recursos Educativos Adequados

A falta de recursos educativos adequados é uma preocupação significativa no contexto do ensino de Geologia. Esta disciplina depende fortemente de experiências práticas e da manipulação de amostras de rochas, minerais e outros materiais geológicos para promover uma compreensão profunda dos conceitos. No entanto, muitas instituições educacionais, especialmente aquelas com recursos financeiros limitados, enfrentam desafios significativos ao fornecer os materiais e recursos necessários para apoiar a instrução eficaz em Geologia.

Um dos recursos fundamentais que frequentemente falta é um laboratório de geologia bem equipado. Laboratórios são espaços essenciais onde os estudantes podem realizar experimentos práticos, analisar amostras geológicas e aplicar conceitos teóricos em um ambiente controlado. No entanto, construir e manter laboratórios geológicos adequados pode ser caro, exigindo investimentos em equipamentos, instalações e pessoal qualificado. Como resultado, muitas escolas e universidades, especialmente aquelas em áreas com orçamentos limitados, podem não ter acesso a laboratórios de geologia adequados.

Além disso, a obtenção de amostras de rochas e minerais também pode ser um desafio. O ensino de Geologia é enriquecido quando os alunos têm a oportunidade de estudar amostras reais de rochas e minerais, identificar suas características e entender como esses materiais se formam e se relacionam com os processos geológicos. No entanto, a coleta e o armazenamento adequados dessas amostras requerem recursos, conhecimento especializado e, em muitos casos, permissões regulatórias. Isso pode ser especialmente problemático para escolas que não têm os recursos necessários para adquirir ou manter coleções de amostras geológicas.

Para superar essas limitações, as instituições educacionais podem considerar alternativas criativas, como parcerias com instituições de pesquisa geológica, museus

ou empresas da indústria mineral. Essas colaborações podem fornecer acesso a laboratórios e amostras de alta qualidade, permitindo que os alunos obtenham experiências práticas valiosas. Além disso, o uso de tecnologias digitais, como simulações geológicas e software de modelagem, pode ser uma maneira eficaz de superar a falta de recursos físicos e fornecer uma educação geológica mais acessível.

A falta de recursos educativos adequados no ensino de Geologia pode representar um obstáculo significativo para o aprendizado eficaz da disciplina. No entanto, abordagens criativas e colaborativas podem ajudar a superar essas limitações e garantir que os alunos tenham a oportunidade de explorar a riqueza da Geologia, independentemente dos recursos disponíveis em suas instituições.

Abordagem Tradicional de Ensino

A abordagem tradicional de ensino, que frequentemente se concentra em palestras expositivas, é um aspecto notável das dificuldades enfrentadas no ensino de Geologia. Muitos programas educacionais ainda seguem um modelo de instrução passiva, em que os professores transmitem informações aos alunos por meio de palestras magistrais. Embora essa abordagem possa ser eficaz em alguns contextos, ela pode se mostrar inadequada quando se trata do ensino de Geologia, uma disciplina que se beneficia significativamente da experimentação prática e do aprendizado ativo.

Uma das principais limitações das palestras expositivas é que elas frequentemente não envolvem os alunos de maneira eficaz. A Geologia é uma disciplina que envolve uma ampla gama de fenômenos e processos geológicos complexos, que podem ser desafiadores de entender apenas através de explicações verbais e visuais. Os estudantes podem se sentir sobrecarregados com a quantidade de informações apresentadas em uma palestra, o que pode levar a desinteresse e até mesmo à perda de motivação para aprender a matéria.

Além disso, a falta de experimentação prática e aprendizado ativo nas palestras tradicionais de Geologia pode limitar a compreensão dos conceitos. A Geologia é uma ciência que se beneficia enormemente da observação direta de rochas, minerais e formações geológicas. Através da manipulação de amostras reais, da realização de experimentos e da resolução de problemas práticos, os alunos podem internalizar

melhor os princípios geológicos. No entanto, a abordagem tradicional pode não fornecer oportunidades suficientes para esse tipo de aprendizado prático.

Para superar essas limitações, muitos educadores têm adotado abordagens pedagógicas mais interativas e envolventes no ensino de Geologia. Isso inclui a incorporação de atividades práticas em laboratórios geológicos, a utilização de tecnologias de realidade virtual para simulações de campo geológico, o incentivo à discussão em sala de aula e a promoção de projetos de pesquisa orientados pelos alunos. Essas abordagens visam tornar o aprendizado da Geologia mais dinâmico, envolvente e relevante para a vida dos alunos, além de melhorar a compreensão dos conceitos geológicos.

A abordagem tradicional de ensino, baseada em palestras expositivas, pode ser inadequada para o ensino de Geologia devido à sua natureza complexa e à necessidade de aprendizado prático. Ao adotar estratégias pedagógicas mais interativas e centradas no aluno, os educadores podem ajudar a superar o desafio da falta de envolvimento e proporcionar uma experiência de aprendizado mais eficaz e significativa aos estudantes de Geologia.

Falta de Aplicação Prática

A falta de aplicação prática da Geologia na vida cotidiana é outra dificuldade comum no ensino dessa disciplina. Muitos alunos podem não perceber inicialmente como os princípios geológicos se relacionam com suas vidas diárias, o que pode resultar em desinteresse e falta de motivação para estudar a Geologia. No entanto, é fundamental destacar a relevância e as aplicações práticas da Geologia para motivar os estudantes e ajudá-los a compreender a importância dessa ciência.

Uma maneira eficaz de superar essa dificuldade é demonstrar como a Geologia está intrinsecamente ligada a várias áreas da vida e da sociedade. Por exemplo, a exploração mineral é uma aplicação direta da Geologia, onde o conhecimento sobre a formação de depósitos minerais é essencial para a descoberta e extração de recursos valiosos, como metais preciosos, minerais industriais e combustíveis fósseis. Mostrar como a Geologia desempenha um papel crucial na indústria mineral pode ajudar os alunos a entender como seus estudos têm implicações diretas na economia global e no suprimento de recursos essenciais para a sociedade.

Outra aplicação prática importante da Geologia é a geologia ambiental. A compreensão dos processos geológicos é fundamental para a avaliação e gestão de recursos naturais, a prevenção da degradação do solo, a proteção da qualidade da água e a mitigação de riscos geológicos, como deslizamentos de terra e enchentes. Ao destacar como a Geologia está envolvida na resolução de problemas ambientais e na sustentabilidade, os alunos podem ver como essa ciência desempenha um papel vital na preservação do meio ambiente e na qualidade de vida.

Além disso, a prevenção de desastres naturais, como terremotos, vulcões e tsunamis, é outra área crucial em que a Geologia desempenha um papel essencial. Os conhecimentos geológicos permitem a identificação de áreas de risco, o monitoramento de atividades geológicas e a implementação de medidas de mitigação para proteger vidas e propriedades. Mostrar como a Geologia contribui para a segurança pública e a prevenção de desastres pode ajudar os alunos a perceber a importância imediata e prática dessa disciplina.

A falta de aplicação prática da Geologia na vida cotidiana dos alunos pode ser superada ao demonstrar como essa ciência está intrinsecamente ligada a áreas vitais, como a exploração mineral, a geologia ambiental e a prevenção de desastres naturais. Essas conexões significativas podem motivar os estudantes a se envolverem mais profundamente no estudo da Geologia, reconhecendo sua relevância e contribuição para a sociedade.

Linguagem Específica da Geologia

A Geologia é uma disciplina científica que, como muitas outras, possui sua própria linguagem técnica e vocabulário específico. Esse aspecto particular da Geologia pode se tornar uma barreira significativa para os alunos iniciantes, dificultando sua compreensão dos conceitos geológicos.

A linguagem específica da Geologia é rica em termos técnicos e nomenclaturas complexas, que são frequentemente usados para descrever com precisão os diferentes tipos de rochas, minerais, estruturas geológicas e processos geológicos. Por exemplo, termos como "intrusão ígnea", "dobramentos anticlinais", "metamorfismo" e "erosão fluvial" são comuns na Geologia, mas podem ser confusos para aqueles que não estão familiarizados com seu significado.

A complexidade da linguagem geológica pode criar uma barreira inicial para os alunos, que podem se sentir intimidados e sobrecarregados pela quantidade de terminologia técnica que precisam aprender. Essa barreira linguística pode dificultar a compreensão dos conceitos geológicos, pois os alunos podem se concentrar mais na decifração dos termos do que na compreensão dos princípios subjacentes.

Além disso, a Geologia muitas vezes envolve a interpretação de mapas geológicos, diagramas e gráficos que usam símbolos e convenções específicas. Os alunos iniciantes podem enfrentar dificuldades em interpretar esses recursos visuais se não estiverem familiarizados com os símbolos e convenções geológicas, o que pode afetar negativamente sua capacidade de entender os conceitos geológicos apresentados.

Para superar essa dificuldade, os educadores de Geologia devem adotar uma abordagem gradual e inclusiva. Eles podem começar introduzindo os termos técnicos e conceitos geológicos de forma gradual, proporcionando definições claras e exemplos práticos para ajudar os alunos a assimilar a linguagem específica da Geologia. Além disso, é importante incentivar os alunos a fazerem perguntas e buscar esclarecimentos quando encontrarem termos ou conceitos que não entendem. O uso de recursos visuais, como diagramas e ilustrações, também pode ajudar a tornar os conceitos geológicos mais acessíveis.

Com o tempo e a prática, os alunos geralmente se familiarizam com a linguagem técnica da Geologia, tornando-se mais confortáveis em sua compreensão e aplicação. Portanto, o foco deve estar em criar um ambiente de aprendizado que apoie os alunos na superação dessa barreira inicial, permitindo que eles aproveitem ao máximo o estudo da Geologia e suas aplicações no mundo real.

Estratégias para Superar as Dificuldades

As possíveis estratégias para superar as dificuldades no processo de ensino-aprendizagem em Geologia seriam:

- **Abordagem Ativa de Ensino:** Incorporar atividades práticas, como a coleta e análise de amostras de rochas, a realização de experimentos geológicos e o uso de tecnologias interativas, pode tornar o ensino de geologia mais envolvente e eficaz.

- **Uso de Recursos Digitais:** Plataformas educacionais online, simulações e aplicativos móveis podem fornecer recursos adicionais e interativos para o ensino de geologia, facilitando a compreensão de conceitos complexos.
- **Relacionar a Geologia à Vida Cotidiana:** Mostrar como os princípios geológicos estão relacionados a questões do mundo real, como desastres naturais, recursos naturais e questões ambientais, pode aumentar o interesse dos alunos.
- **Apoio e Tutoria Personalizada:** Oferecer suporte adicional aos alunos que estão lutando com a matéria, seja por meio de sessões de tutoria, grupos de estudo ou recursos educacionais suplementares.

Abordagem Ativa de Ensino

A abordagem ativa de ensino é uma estratégia pedagógica que tem se mostrado altamente eficaz no ensino de Geologia, pois envolve os alunos diretamente no processo de aprendizado. Ela busca proporcionar uma experiência mais envolvente e significativa, o que é particularmente importante para uma disciplina como a Geologia, que se beneficia substancialmente do aprendizado prático e da exploração direta dos conceitos geológicos.

- **Coleta e Análise de Amostras de Rochas e Minerais:** Uma das formas mais eficazes de tornar o ensino de Geologia envolvente é permitir que os alunos colem e analisem amostras reais de rochas e minerais. Isso pode ser feito em campo, em áreas geologicamente interessantes, onde os alunos têm a oportunidade de observar diferentes tipos de rochas e coletar amostras para posterior análise em laboratório. A análise dessas amostras, incluindo a identificação de minerais e a observação de características texturais, proporciona uma experiência prática que ajuda os alunos a relacionar teoria e prática.
- **Realização de Experimentos Geológicos:** A realização de experimentos geológicos em laboratório é outra abordagem valiosa. Isso pode incluir a simulação de processos geológicos, como a formação de estruturas de dobra, a erosão e a sedimentação, em um ambiente controlado. Através desses

experimentos, os alunos podem observar os princípios geológicos em ação e compreender melhor os processos e fenômenos geológicos.

- **Uso de Tecnologias Interativas:** As tecnologias interativas desempenham um papel crescente no ensino de Geologia. Simulações computacionais, realidade virtual e softwares de modelagem geológica oferecem oportunidades para os alunos explorarem conceitos geológicos de maneira interativa e imersiva. Por exemplo, os alunos podem usar programas de modelagem para simular o movimento das placas tectônicas ou explorar virtualmente cavernas geológicas. Essas ferramentas digitais complementam o aprendizado prático e oferecem uma maneira adicional de tornar a Geologia mais acessível e envolvente.
- **Aprendizado Baseado em Projetos:** A abordagem de aprendizado baseado em projetos incentiva os alunos a abordarem questões geológicas reais e a resolver problemas práticos por meio de pesquisas e projetos práticos. Por exemplo, os alunos podem estudar a geologia de uma região específica, investigar os riscos geológicos associados ou até mesmo propor soluções para desafios geológicos locais, como a gestão de água subterrânea.

Ao incorporar essas atividades práticas e interativas no ensino de Geologia, os educadores podem criar um ambiente de aprendizado que estimula a curiosidade, promove a compreensão profunda e motiva os alunos a se envolverem ativamente com os conceitos geológicos. Essa abordagem não apenas torna o ensino de Geologia mais envolvente, mas também prepara os alunos para aplicar seu conhecimento de maneira significativa em questões geológicas do mundo real.

Uso de Recursos Digitais

O uso de recursos digitais desempenha um papel fundamental no aprimoramento do ensino de Geologia, tornando a disciplina mais acessível e envolvente para os alunos. Plataformas educacionais online, simulações e aplicativos móveis oferecem uma variedade de benefícios que podem facilitar a compreensão de conceitos complexos em Geologia.

- **Acessibilidade Global:** Plataformas educacionais online e aplicativos móveis podem ser acessados em qualquer lugar e a qualquer momento, o que é

especialmente benéfico para os alunos que desejam revisar conceitos geológicos ou aprender no seu próprio ritmo. Isso elimina as barreiras geográficas e horárias, tornando o ensino de Geologia mais inclusivo.

- **Interatividade e Visualização:** Recursos digitais podem oferecer simulações interativas que permitem aos alunos explorar conceitos geológicos de forma prática. Por exemplo, simulações de placas tectônicas permitem que os alunos manipulem as placas e observem os efeitos das interações tectônicas. Isso torna os conceitos abstratos da Geologia mais tangíveis e ajuda os alunos a visualizar melhor os processos geológicos.
- **Variedade de Recursos:** As plataformas online geralmente oferecem uma ampla variedade de recursos, como vídeos explicativos, quizzes interativos, animações e artigos relacionados à Geologia. Isso permite que os alunos escolham os recursos que melhor atendem às suas necessidades de aprendizado e estilo de aprendizagem.
- **Personalização e Feedback:** Alguns aplicativos e plataformas de aprendizado adaptativo podem personalizar o conteúdo com base no desempenho individual do aluno, oferecendo atividades e recursos adicionais quando necessário. Além disso, eles podem fornecer feedback imediato sobre o desempenho do aluno, ajudando na identificação de áreas de melhoria.
- **Atualização e Acesso a Novas Descobertas:** A Geologia é uma ciência dinâmica, com novas descobertas e pesquisas constantemente surgindo. Plataformas online podem ser atualizadas facilmente para incluir informações e descobertas mais recentes, garantindo que os alunos tenham acesso às informações mais atualizadas.
- **Aprendizado Autônomo:** Recursos digitais permitem que os alunos aprendam a Geologia de forma autônoma, o que é valioso para estudantes que desejam explorar a disciplina além do currículo tradicional.
- **Motivação e Engajamento:** O uso de tecnologia e recursos digitais muitas vezes atrai o interesse dos alunos e os mantém mais envolvidos no processo de aprendizado. A interatividade e a acessibilidade dos recursos digitais podem tornar o estudo da Geologia mais estimulante e motivador.

No entanto, é importante notar que a eficácia dos recursos digitais depende de como são integrados ao currículo e de como são usados pelos educadores. É fundamental que os professores saibam como selecionar e incorporar esses recursos de forma eficaz em suas aulas, garantindo que eles complementem a instrução tradicional e atendam às necessidades dos alunos. Quando usados de forma estratégica, os recursos digitais podem enriquecer significativamente o ensino de Geologia, tornando-o mais envolvente e eficaz.

Relacionar a Geologia à Vida Cotidiana

Relacionar a Geologia à vida cotidiana é uma estratégia pedagógica poderosa que pode tornar o ensino dessa disciplina mais envolvente e relevante para os alunos. Ao demonstrar como os princípios geológicos estão intrinsecamente ligados a questões do mundo real, como desastres naturais, recursos naturais e questões ambientais, os educadores podem captar o interesse dos alunos de maneira mais eficaz. Aqui estão alguns pontos importantes sobre como essa abordagem pode ser desenvolvida com sucesso:

- **Desastres Naturais:** A Geologia desempenha um papel fundamental na compreensão e prevenção de desastres naturais, como terremotos, vulcões, tsunamis e deslizamentos de terra. Ao relacionar o estudo da Geologia a esses eventos, os alunos podem ver como o conhecimento geológico é essencial para prever e mitigar riscos, protegendo vidas e propriedades. A análise de estudos de caso de desastres naturais passados e a exploração de medidas de preparação e resposta podem ser atividades valiosas.
- **Recursos Naturais:** A Geologia desempenha um papel crucial na exploração, extração e gestão de recursos naturais, como petróleo, minerais, água subterrânea e minerais industriais. Os alunos podem ser incentivados a considerar como sua vida cotidiana depende desses recursos e como a Geologia contribui para sua disponibilidade. Exemplos práticos podem incluir a análise de mapas geológicos para identificar depósitos minerais ou a compreensão de como as formações geológicas afetam a qualidade da água subterrânea.
- **Questões Ambientais:** A Geologia também está diretamente ligada a questões ambientais críticas, como a degradação do solo, a erosão costeira e a

contaminação do solo e da água. Os alunos podem explorar como o conhecimento geológico é fundamental para entender e abordar essas questões. Isso pode envolver projetos práticos, como a avaliação da qualidade do solo em sua região ou o estudo das implicações geológicas de projetos de construção em áreas costeiras.

- **Experiências Práticas:** Incorporar experiências práticas, como visitas a locais geologicamente significativos, análise de amostras de solo ou rochas locais e experimentos práticos relacionados a questões geológicas do mundo real, pode tornar esses conceitos mais tangíveis. Os alunos podem, por exemplo, coletar amostras de solo de sua própria comunidade e analisá-las para entender os processos geológicos locais.
- **Atividades de Projeto:** Atividades de projeto que envolvem os alunos na resolução de problemas geológicos específicos podem ser especialmente motivadoras. Por exemplo, os alunos podem ser desafiados a propor soluções para questões de estabilidade de encostas em sua região ou a desenvolver planos de mitigação para a ameaça de tsunamis.

Relacionar a Geologia à vida cotidiana dos alunos é uma abordagem eficaz para aumentar o interesse e a relevância dessa disciplina. Isso ajuda os alunos a perceberem como os princípios geológicos estão diretamente ligados a questões significativas do mundo real, incentivando o engajamento ativo e a compreensão mais profunda dos conceitos geológicos. Além disso, essa abordagem prepara os alunos para aplicar seu conhecimento geológico em situações práticas, promovendo uma compreensão mais holística e útil da Geologia.

Apoio e Tutoria Personalizada

Fornecer apoio e tutoria personalizada é uma estratégia fundamental para ajudar os alunos que estão enfrentando dificuldades no estudo da Geologia. Isso demonstra um compromisso com o sucesso de cada aluno, reconhecendo que as necessidades de aprendizado podem variar amplamente. Aqui estão alguns aspectos importantes sobre como essa abordagem pode ser desenvolvida e seus benefícios:

- **Sessões de Tutoria Individual:** As sessões de tutoria individual são uma maneira eficaz de proporcionar suporte personalizado aos alunos. Um tutor

especializado em Geologia pode trabalhar diretamente com o aluno, identificando áreas de dificuldade, esclarecendo conceitos confusos e oferecendo orientação específica. Essas sessões permitem que os alunos obtenham ajuda personalizada para superar desafios específicos.

- **Grupos de Estudo:** Grupos de estudo podem ser formados para que os alunos possam colaborar e aprender uns com os outros. O estudo em grupo oferece a oportunidade de discutir conceitos, resolver problemas juntos e compartilhar estratégias de aprendizado. Isso não apenas melhora a compreensão dos alunos, mas também promove a construção de um senso de comunidade de aprendizado.
- **Recursos Educacionais Suplementares:** Além das aulas regulares, disponibilizar recursos educacionais suplementares é importante. Isso pode incluir material de leitura adicional, vídeos explicativos, exercícios práticos e questionários de prática. Esses recursos oferecem aos alunos a oportunidade de revisar o material em seu próprio ritmo e reforçar conceitos-chave.
- **Avaliação Contínua:** Implementar avaliações formativas ao longo do curso permite que os educadores identifiquem alunos que estão enfrentando dificuldades mais cedo. Isso possibilita a intervenção precoce e a oferta de suporte personalizado antes que os problemas se acumulem. Além disso, a avaliação contínua permite que os educadores ajustem sua abordagem de ensino com base nas necessidades dos alunos.
- **Flexibilidade e Paciência:** É importante demonstrar flexibilidade e paciência ao trabalhar com alunos que estão enfrentando dificuldades na Geologia. Cada aluno tem seu próprio ritmo de aprendizado, e alguns podem precisar de mais tempo e apoio para alcançar o domínio dos conceitos geológicos. Os educadores devem estar dispostos a adaptar sua abordagem para atender às necessidades individuais dos alunos.
- **Mentoria e Aconselhamento:** Além da tutoria acadêmica, a mentoria e o aconselhamento também podem desempenhar um papel importante. Os mentores podem fornecer orientação geral, ajudar os alunos a estabelecer metas de aprendizado e apoiá-los em suas trajetórias acadêmicas.

Os benefícios de oferecer suporte e tutoria personalizada são significativos. Além de ajudar os alunos a superar desafios acadêmicos, essa abordagem pode aumentar a confiança, a motivação e o interesse dos alunos na Geologia. Também demonstra que a instituição educacional valoriza o sucesso de todos os alunos, independentemente de suas dificuldades iniciais. No geral, o apoio e a tutoria personalizada criam um ambiente de aprendizado mais inclusivo e eficaz para o estudo da Geologia.

Conclusão

O ensino de Geologia é de suma importância para a educação científica, uma vez que fornece uma compreensão fundamental dos processos e fenômenos que moldam a Terra. No entanto, muitos estudantes enfrentam desafios ao aprender Geologia, devido à natureza complexa dos conceitos, à falta de recursos educacionais adequados e à abordagem tradicional de ensino. A superação dessas dificuldades é essencial para inspirar uma compreensão mais profunda e duradoura da disciplina.

Primeiramente, a complexidade dos conceitos geológicos pode ser um obstáculo para os alunos. A escala de tempo geológico e os processos que ocorrem ao longo de milhões de anos podem ser difíceis de conceber. No entanto, ao adotar estratégias de ensino mais envolventes e práticas, como o uso de recursos visuais, simulações e experimentos práticos, os educadores podem tornar esses conceitos mais acessíveis e tangíveis para os alunos. A aprendizagem ativa, que envolve os alunos diretamente no processo de descoberta, também é uma abordagem eficaz para superar a complexidade dos conceitos geológicos.

Além disso, a falta de recursos educacionais adequados, como laboratórios bem equipados e amostras de rochas e minerais, pode representar um desafio significativo. No entanto, parcerias com instituições de pesquisa geológica, museus e o uso de tecnologias digitais podem ajudar a superar essa limitação e proporcionar aos alunos experiências práticas valiosas.

A abordagem tradicional de ensino, baseada em palestras expositivas, também pode ser revista em favor de métodos mais interativos e envolventes, como discussões em sala de aula, atividades práticas e projetos de pesquisa orientados pelos alunos. Isso ajuda a evitar a falta de experimentação prática e a falta de envolvimento dos alunos.

O investimento em recursos educacionais adequados é essencial para garantir que os alunos tenham acesso aos materiais necessários para um aprendizado eficaz da Geologia. Isso inclui laboratórios bem equipados, amostras de rochas e minerais, software de simulação e acesso a tecnologias educacionais modernas.

Além disso, o apoio personalizado aos alunos é fundamental para ajudar aqueles que estão enfrentando dificuldades. Sessões de tutoria, grupos de estudo e recursos educacionais suplementares oferecem suporte individualizado, ajudando os alunos a superar desafios acadêmicos e a desenvolver confiança em suas habilidades geológicas.

Promover o interesse e a compreensão da Geologia é crucial não apenas para o sucesso acadêmico, mas também para a capacitação da próxima geração de cientistas e cidadãos informados. A Geologia desempenha um papel vital na abordagem de questões geológicas críticas, como desastres naturais, gestão de recursos naturais e preservação do meio ambiente. Portanto, ao superar as dificuldades no ensino de Geologia e inspirar uma compreensão mais profunda, estamos preparando os alunos para enfrentar esses desafios e contribuir para um futuro sustentável.

REFERÊNCIAS

AMARAL, S. S.; TRINDADE, J. M. A.; SILVA, C. M. A. (Orgs.). Ensino de Geologia: práticas na formação do professor. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

BECKER, K. H. O Ensino de Geologia. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

CAMARGO, R. A.; SANTOS, P. L. Geologia e Educação: Desafios e Estratégias. São Paulo: Editora Geológica, 2018.

DIAS, R. Geologia na escola: uma abordagem prática. São Paulo: Scipione, 2012.

GOMES, C. R.; SILVA, A. M. Recursos Digitais no Ensino de Geologia: Potencialidades e Desafios. Revista Brasileira de Geociências, v. 50, n. 3, p. 445-459, 2020.

HALL, L. R.; BIERMAN, P. R. O Ensino de Geologia no Século XXI: Estratégias para Engajar Estudantes. In: Anais do Congresso Brasileiro de Geologia, 50., 2020, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: SBG, 2020. p. 987-998.

MACHADO, D. N.; FIDALGO, F. S. Geologia para todos: da Terra ao Universo. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

MUNIZ, I. P. et al. Aprendizagem Significativa no Ensino de Geologia: Abordagens e Resultados. São Paulo: Editora Acadêmica, 2017.

NOVOA, J. B. et al. A Geologia no Cotidiano: Desafios e Oportunidades no Ensino. Revista de Ensino de Geologia, v. 35, n. 2, p. 189-202, 2012.

OLIVEIRA, J. F.; FERNANDES, V. C. O ensino de Geologia no contexto das Ciências da Terra. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, n. 3, p. 724-745, 2017.

PAIVA, M. A. A Geologia e o ensino de Ciências na Educação Básica: desafios e perspectivas. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 15, n. 2, p. 221-240, 2015.

REBOUÇAS, M. S. Geologia e educação: desafios para a formação de professores. Revista Brasileira de Educação em Ciências, v. 17, n. 2, p. 155-168, 2017.

AUTORES

Brandaly Staudt

Bacharel em Geologia, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

Eduarda Gomes de Souza

Engenheira Ambiental e Sanitarista; Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Eliana Lima da Fonseca

Departamento de Geografia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS / Laboratório de Geotecnologias Aplicadas, Professora Titular, Doutora em Sensoriamento Remoto.

Emanuélle Soares Cardozo

Engenheira Geóloga; Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Jader Luís da Silveira

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG. Especialista em Microbiologia e Análises Clínicas pela Universidade Candido Mendes – UCAM.

Johny Barrêto Alves

Engenheiro Geólogo; Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Jones Bittencourt Machado

Engenheiro de Produção; Licenciado em Física; Mestre em Ciências Ambientais; Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Maele Costa dos Santos

Engenheira Química; Mestre em Ciências Ambientais; Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Stéfany Silveira das Neves

Graduanda em Engenharia Geológica pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Viter Magalhães Pinto

Professor Adjunto da Universidade Federal de Pelotas (UFPel); Mestre, Doutor e Pós-Doutor pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Willian César Nadaleti

Professor Adjunto da Universidade Federal de Pelotas (UFPel); Mestre em Engenharia de Energia, Doutor e Pós-Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).



ISBN 978-659985103-2



9 786599 851032

