



ANAIS do 37º Congresso Brasileiro de Espeleologia

Curitiba - Paraná, 26 a 29 de julho de 2023



O artigo a seguir é parte integrante dos Anais do 37º Congresso Brasileiro de Espeleologia, disponível gratuitamente em www.cavernas.org.br.

Sugerimos a seguinte citação para este artigo:

NASCIMENTO, E. R.; SESSEGOLO, G. C.; BERRA, E. F.; SILVEIRA, C. T.. A mineração de rochas carbonáticas na Região Metropolitana de Curitiba (RMC): dados oficiais e de sensoriamento remoto na identificação do avanço da mineração sobre o patrimônio espeleológico regional (1980-2022). In: MISE, K. M.; GUIMARÃES, G. B.. (orgs.) CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 37, 2023. Curitiba. *Anais...* Campinas: SBE, 2023. p.109-115. Disponível em: <http://www.cavernas.org.br/anais37cbe/37cbe_109-115.pdf>. Acesso em: *data do acesso*.

Esta é uma publicação da Sociedade Brasileira de Espeleologia.
Consulte outras obras disponíveis em www.cavernas.org.br

A MINERAÇÃO DE ROCHAS CARBONÁTICAS NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA (RMC): DADOS OFICIAIS E DE SENSORIAMENTO REMOTO NA IDENTIFICAÇÃO DO AVANÇO DA MINERAÇÃO SOBRE O PATRIMÔNIO ESPELEOLÓGICO REGIONAL (1980 - 2022)

MINING OF CARBONATE ROCKS IN THE METROPOLITAN AREA OF CURITIBA (RMC): OFFICIAL AND REMOTE SENSING DATA IN IDENTIFYING THE ADVANCE OF MINING ON THE REGIONAL SPELEOLOGICAL HERITAGE (1980 - 2022)

Edenilson Roberto do NASCIMENTO^{1,2}; Gisele Cristina SESSEGOLO^{2,3}; Elias Fernando BERRA^{1,2}; Claudinei Tabora da SILVEIRA¹

(1) Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geografia

(2) GEEP-AÇUNGUI

(3) Ecossistema Consultoria Ambiental.

Contatos: deni_ern@ufpr.br; gisele.sessegolo@ecossistema.bio.br; eliasberra@ufpr.br; claudineits@ufpr.br.

Resumo

A exploração de rochas carbonáticas é a atividade mineral de maior rentabilidade financeira e volume de exploração na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), sendo uma importante fonte de insumos para a agricultura, para a construção civil e a indústria de transformação paranaense. A presença de mais de duzentas cavernas, que constituem um importante patrimônio espeleológico e biológico paranaense, motivou o presente trabalho a analisar o avanço da atividade minerária regional entre a década de 1980 e o ano de 2022. Foram considerados os dados oficiais disponibilizados pela Agência Nacional de Mineração (ANM), os dados históricos do Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná (GEEP-Açungui) e de mapeamento do uso da terra realizado a partir das imagens das séries Landsat 5, 7 e 8. O crescimento acumulado de mais de 360% na área minerada na série temporal considerada, o aumento anual do recolhimento da Compensação Financeira pela Exploração Mineral nas últimas décadas e a presença de dezenas de cavernas em áreas com processos minerários ativos permitiram concluir que a atividade mineral é o maior desafio à preservação das cavernas da RMC.

Palavras-Chave: Mineração; Cavernas; Sensoriamento remoto; Exploração Mineral; *Google Earth Engine*.

Abstract

The exploitation of carbonate rocks is the most profitable and exploration volume in the Metropolitan Region of Curitiba – Paraná State (MRC), supplying essential commodities for agriculture, civil construction, and industries in Paraná State – Brazil. However, this karst region is also home to more than two hundred caves, representing a significant speleological and biological heritage. This research seeks to analyze the development of mining activity between the 1980s and 2022. Official data from the National Mining Agency, historical data from the Paraná Speleological Research Group (GEEP-Açungui), and land use maps generated using satellite images (Landsat 5, 7 and 8) were utilized. The accumulated growth, greater than 360% in the mined area between the years under consideration, the persistent rise in the collection of Financial Compensation for the Exploitation of Mineral Resources in recent decades, and the presence of numerous caves in areas with active mining operations suggest that mineral activity is the greatest menace to the preservation of the MRC caves.

Keywords: *Mining; Caves; Remote sensing; Mineral Exploitation; Google Earth Engine.*

1. INTRODUÇÃO

A exploração mineral na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), em especial de rochas carbonáticas, é a atividade mineral de maior importância econômica no estado do Paraná, e ao mesmo tempo, de maior impacto sobre a paisagem cárstica e o patri-

mônio espeleológico regional. Dados da Agência Nacional de Mineração demonstram que, entre os anos de 2002 e 2022, um total de 27,5% da arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM) no estado do Paraná derivou da exploração de calcário, cujo percentual de compensação devido é

de 2% (dois por cento), sendo que 58,4% deste montante resultaram da mineração de calcário nos municípios abrangidos no presente trabalho (ANM, 2023).

Os dados oficiais da Agência Nacional de Mineração (ANM) registram a existência de 726 processos minerários ativos cadastrados na área de estudo (Figura 1), acessíveis no Sistema de Informação Geográfica da Mineração (SIGMINE). Dos 697 processos minerários que declaram a substância de interesse, 480 fazem referência a substâncias sólidas e água mineral explotadas em áreas com ocorrência de rochas carbonáticas. Cerca de 65,5% dos 195,6 mil hectares da área estudada estão, atualmente, em alguma fase de pesquisa ou exploração de substâncias sólidas ou de recursos hídricos, sendo 74,5 mil hectares em áreas de ocorrência de rochas carbonáticas (CPRM, 2021)

Por outro lado, das mais de 200 cavidades presentes na RMC (CANIE, 2022), pelo menos 94 ocorrem na área estudada, todas hospedadas em rochas carbonáticas pertencentes a diferentes formações geológicas do Grupo Açungui – Neoproterozoico (FIORI e GASPAS, 1993). Embora a região apresente uma vocação mineral que atende uma considerável parcela das demandas econômicas e sociais do estado do Paraná, a atividade é responsável por vários impactos ambientais e a supressão parcial e, em alguns casos, total do patrimônio espeleológico, biológico e paleontológico associados às cavidades cársticas da RMC.

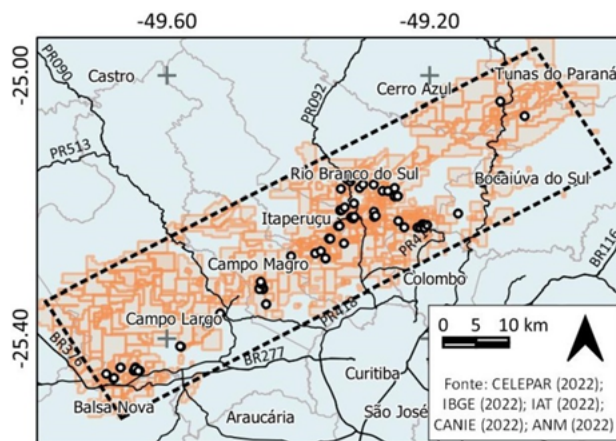
O registro de impactos ambientais é um fato observado e parcialmente documentado pelo Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná (GEEP-AÇUNGUI, 1992; 1995; 1997) e pesquisadores associados (SESSEGOLO et al. 1993; 2001). Autores já na década de 1980 registravam que a destruição de cavernas remontava há várias décadas (LINO e ALIEVI, 1980).

Inúmeras grutas foram destruídas e transformadas em cal ou corretivo agrícola sem nenhum registro ou estudo prévio, sendo muitas ao longo das décadas que antecederam a criação de instrumentos de proteção ambiental de cavernas (GEEP-AÇUNGUI – dados históricos).

Sessegolo et al. (2001) destacaram como principais conflitos ambientais no carste: poluição hídrica, desmatamento, uso público inadequado, turismo em massa, exploração mineral, obras de interesse civil, expansão urbana, entre outros. Além disso, citam a conversão das cavernas em templos religiosos, depósitos de lixo e esgoto, reservatórios de água, entre outros. Agravando essa situação, verificou-se a

existência de moradias de baixa renda em áreas de risco, como terrenos de alta declividade, sobre frentes de lavra abandonadas, entre outros.

Conforme aponta Rebelo et al. (2003), há uma carência de conhecimento geocientífico que desafia a sustentabilidade da indústria mineral da RMC, frente aos desafios ambientais, ocupacionais e tecnológicos.



Legenda:

- Feições cársticas
- ▭ Área de estudo
- Vias de acesso
- ▭ Limites municipais
- ▭ Requerimentos minerários



Figura 1: localização e acessos.

Guimarães (2005) afirma que o desenvolvimento da atividade mineral na RMC se consolidou nos anos 1960, sem o planejamento ambiental devido e sem uma “consciência coletiva” dos produtores. Nascimento (2012) aponta, com base em características do relevo regional, os tipos de exploração mais adequados em função do nível de exposição dos sistemas cársticos em diferentes bacias hidrográficas dos rios Iguaçu e Ribeira.

É importante destacar que os instrumentos legais de preservação, que passaram a considerar as cavernas como bens da União são recentes no Brasil. A Portaria nº 887/1990, o Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico criado 2004 e o Decreto Federal nº 6.640 de 2008 e suas alterações, entraram em vigor somente cinquenta anos após os primeiros registros oficiais de requerimentos de exploração mineral na área estudada. Dentre outros importantes marcos na preservação do patrimônio espeleológico brasileiro, duas medidas de preservação foram essenciais nas últimas décadas: I) a área

de proteção mínima de 250 metros no entorno das cavidades; II) a classificação das cavidades naturais subterrâneas de acordo com seu grau de relevância (máximo, alto, médio ou baixo), de acordo com os atributos ecológicos, biológicos, geológicos, hidrológicos, paleontológicos, cênicos, histórico-culturais e socioeconômicos.

Embora a mineração não seja a única atividade conflitante com a preservação do patrimônio espeleológico e a perda de biodiversidade regional, o presente trabalho tem como objetivo realizar a análise desta atividade na região norte de Curitiba, desde a década de 1980 até o ano de 2022. Para mensurar o avanço da mineração sobre as rochas carbonáticas da área de interesse foram analisadas imagens dos sensores Landsat 5 ETM, Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI, entre os anos de 1984 e 2022, as quais permitiram identificar as mudanças no uso e cobertura e os dados oficiais da ANM entre 2002 e 2022.

2. METODOLOGIA

Para identificar os registros históricos oficiais dos requerimentos minerários na área de estudo foram utilizados os dados geoespaciais disponibilizados no SIGMINE (2021), os quais possuem registros de requerimentos minerários do estado do Paraná, desde a década de 1930. Os dados foram filtrados espacialmente para identificar os processos minerários: (a) de toda a área de estudo; (b) das áreas de ocorrência de litotipos carbonáticos no mapa geológico e de recursos minerais do estado do Paraná (CPRM, 2021), e (c) para as áreas de ocorrência das 94 cavidades naturais subterrâneas registradas no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE, 2022).

Os dados referentes à arrecadação da CFEM, disponíveis entre os anos de 2002 e 2022, foram filtrados para as seguintes substâncias: calcário, calcita, dolomito e mármore e água mineral. Tais dados foram consultados no Painel do Anuário Mineral Brasileiro Interativo (2023) da ANM e serviram de parâmetro de mensuração do crescimento da atividade minerária nos 11 municípios abrangidos pela área de estudo.

O mapeamento das mudanças no uso e cobertura da terra foram realizadas na plataforma *Google Earth Engine* (GEE), por meio de desenvolvimento de *scripts* na linguagem de programação *JavaScript*. A partir da separação das respostas espectrais dos seguintes alvos de interesse: 1) “minas” (em rochas carbonáticas); 2) “corpos d’água”; 3) “vegetação” e 4) “áreas urbanizadas”.

As imagens utilizadas, pertencentes a série

LandSat 5, 7 e 8, foram filtradas por: a) período de interesse (amostragem temporal das melhores imagens em cada década considerada); b) cobertura de nuvens menor ou igual a 5%; c) exclusão de dados com erros sistemáticos, e d) qualidade do pixel da coleção de imagens (pixel com valor máximo para a banda especificada). A validação da classificação supervisionada das classes foi realizada a partir do cálculo da matriz de confusão para cada período analisado, com o qual se obteve a acurácia global. As informações básicas dos períodos e do resultado da análise supervisionadas estão sintetizadas no Quadro 1.

Quadro 1: Síntese das imagens analisadas no Google Earth Engine e acurácia global por período.

Década de interesse	Período de aquisição das imagens analisadas	Sensor Landsat utilizado	Bandas analisadas	Acurácia global
1980	01/01/1987 - 31/01/1989	5/TM	4,3,2	96%
1990	01/01/1997 - 30/12/1999	7 ETM+	4,3,2	95%
2000	01/01/2005 - 31/12/2008	7 ETM+	4,3,2	74%
2010	01/01/2016 - 31/12/2018	OLI-TIRS	5,4,3	98%
Início 2020	01/01/2020 - 31/12/2022	OLI-TIRS	5,4,3	97%

A análise dos dados geoespaciais obtidos no banco de dados da ANM, CPRM, ITCG e derivados de análises no *Google Earth Engine*, foram realizadas com a utilização do *software* Qgis 3.16.10-Hannover.

Os impactos ambientais identificados nas últimas décadas, mais precisamente a partir da segunda metade da década de 1980, têm se baseado na existência prévia de cadastro das cavidades, ou algum outro tipo de documentação ou publicação, em especial nas memórias e documentos do GEEP-Açungui. Porém, com tantas mudanças de gestão do grupo e conversão de dados, há algumas imprecisões pontuais em se confirmar a localização de algumas cavernas.

3. RESULTADO E DISCUSSÕES

Nas classificações do uso da terra, entre a década de 1980 até 2022, apresentadas na Figura 2, é possível identificar um crescimento acumulado de 363% na área de mineração de calcários nos últimos quarenta anos. Os dados da década de 1980 permitiram classificar 641 ha como “área de mineração”, com incremento de 11% na década de 1990, chegando a 709 ha; na década de 2000 o crescimento em relação à década anterior foi de 68%, chegando em 1196 ha, na década de 2010 houve um crescimento menos expressivo, de apenas 10%, chegando a 1326 ha e, por último, nos anos 2010 até 2022, verificou-se um expressivo aumento de 75% em relação à década anterior, alcançando 2330 ha (Gráfico 1). Vale ressaltar que o crescimen-

to identificado entre 1980 e 2022, baseado em imagens da série Landsat, não mensura o volume explotado em lavras por bancadas, representando somente a expansão da área minerada.

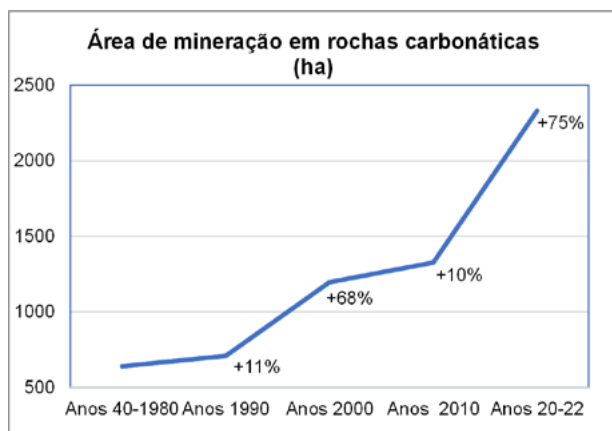
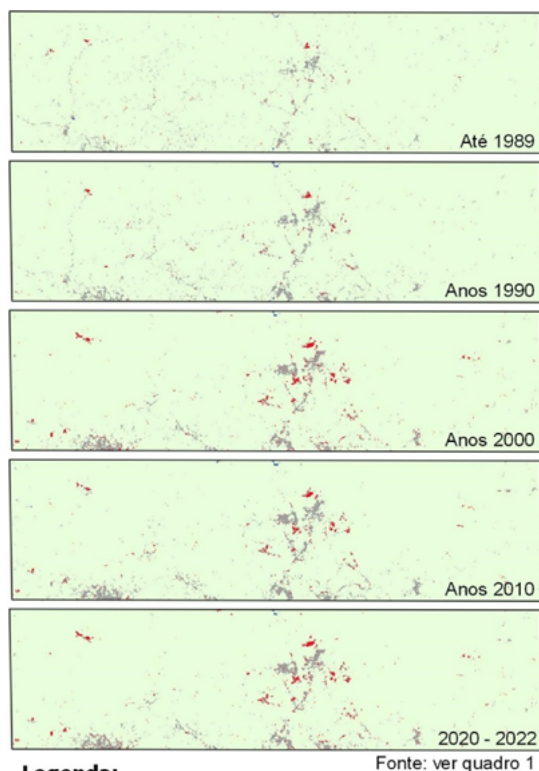


Gráfico 1: crescimento da área de mineração de calcário na série temporal estudada (ANM, 2023).

Nos estudos efetuados pelo GEEP-Açungui (1995a) verificou-se que das 76 cavernas cadastradas na então RMC, 39 encontravam-se destruídas, 15 parcialmente destruídas, 18 ameaçadas, 3 com uso inadequado e apenas 1 conservada. Essa análise indicava que aproximadamente 50% das cavernas cadastradas haviam sido destruídas.



Legenda:

- Limite da área de estudo
- Área urbana
- Vegetação
- Corpos d'água
- Área de mineração



Guimarães (2005), ao descrever o cenário da exploração mineral na Formação Capiru no início dos anos 2000, identificou que havia 198 minas mapeáveis, sendo que 107 estavam ativas, 43 estavam desativadas e 24 em situação de abandono, dados que corroboram a desaceleração no crescimento verificada na década de 2010.

Em relação ao avanço da mineração sobre a área de ocorrência de cavernas, verifica-se, no presente trabalho, que na década de 1980 havia 31 cavidades com distância menor que 250 m de uma ou mais minas ativas; na década de 1990 havia 37; na década de 2000 havia 38; na década de 2010 havia 32; e entre 2020 e 2022 foram identificadas 33 cavidades que distavam menos de 250 m de uma ou mais minas em atividade. Na década de 2010, verifica-se a diminuição da quantidade de cavernas a distâncias de até 250 m de atividades minerárias.

A Figura 3 apresenta as áreas de amortecimento nas décadas de 1980, 1990 e 2000 da região de ocorrência de quatro cavernas no município de Rio Branco do Sul-PR. Nota-se que nas duas primeiras décadas a Gruta do Bento e as Grutas Rio Branco I e II estavam a menos de 250 m de um alvo com resposta espectral de mina ativa, fato não verificado na década de 2000, quando a desativação da mina permitiu o crescimento da vegetação e mudança da resposta espectral do alvo. A adequação às leis ambientais possivelmente motivou a diminuição do número de cavernas com atividade mineral em suas áreas de influência sobre o patrimônio espeleológico.

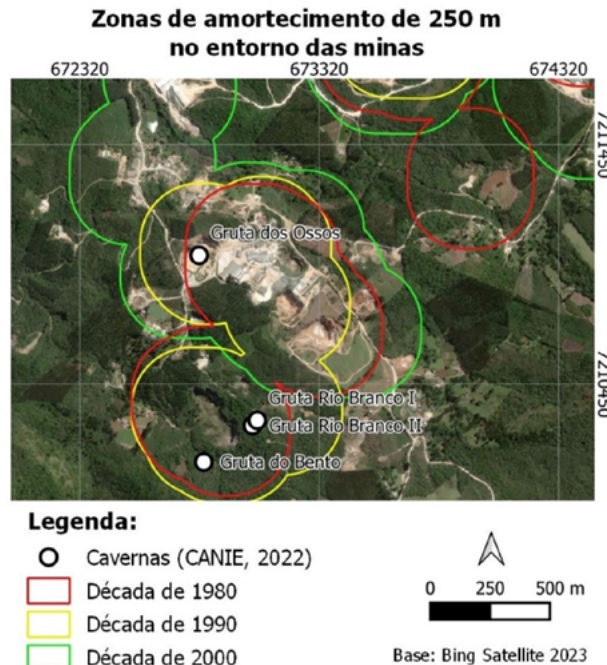


Figura 3: observar que a mina próxima às grutas Rio Branco I e II e Gruta do Bento possuem vegetação, denotando a desativação da exploração no local.

Das 93 cavidades cársticas presentes na área de estudo, 85 estão em áreas com requerimentos ativos na ANM (CANIE, 2022; ANM, 2023). Existem, atualmente,

22 processos minerários com presença de cavernas, sendo 21 em fase de concessão de lavra e uma em fase de requerimento de lavra (ANM, 2023), ou seja, a grande maioria das cavernas está em áreas com exploração mineral ou apta à mesma.

A evolução da arrecadação da CFEM nos últimos vinte anos, oriunda da exploração das substâncias sólidas “calcário”, “dolomito” e “mármore”, nos municípios parcialmente abrangidos pela área estudada, pode ser observada na Figura 4. A tendência de crescimento nos valores recolhidos da CFEM, que totalizou mais de R\$ 61,3 milhões no período considerado, denota a necessidade crescente de bens minerais nos últimos anos e o consequente aumento da exploração mineral na região.

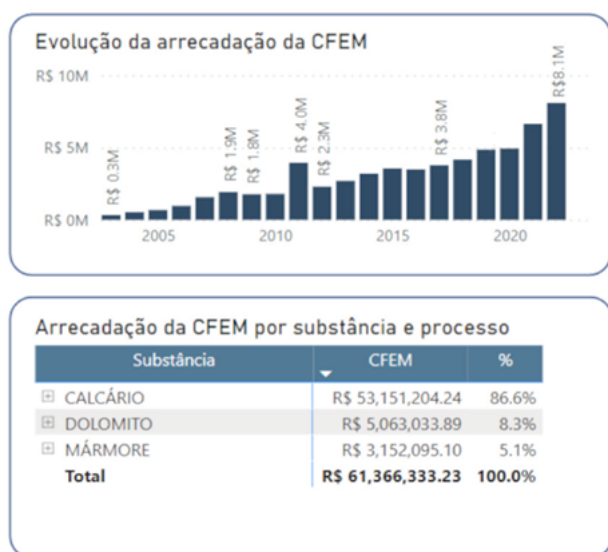


Figura 4: evolução da CFEM entre 2000 e 2022 para as substâncias sólidas “calcário”, “dolomito” e “mármore” (ANM, 2023).

Para Sessegolo et al. (1995), considerando-se a potencialidade de cavernas não cadastradas e que não possuíam nenhum registro histórico, além da atividade mineral remontar desde o final do século XVIII, estimou-se que no mínimo 50% do patrimônio espeleológico havia sido destruído até 1995. Sessegolo et al. (2001), destacam, também, que a expansão urbana na RMC tem ampliado os conflitos e que estes tendem a se agravar, inclusive devido a exploração do aquífero cárstico, atividade estratégica para a RMC.

É importante destacar que o mapeamento sistemático das cavidades cársticas da RMC teve início na segunda metade da década de 1980, mais de cinquenta anos após o início da exploração mineral dos calcários da região. Muito embora tenham sido mapeadas centenas de cavidades nos últimos anos, o mapeamento atual não contempla a totalidade de cavernas existentes na região e, certamente, uma expressiva parcela do patrimônio espeleológico regional foi destruído antes de seu mapeamento. Não há nenhuma dúvida em se afirmar que existem muitas cavernas a serem descobertas e muitas descobertas a se fa-

zer nas cavernas já mapeadas.

Outro aspecto relevante que deve ser considerado para entender a relação entre o avanço da mineração e a presença de cavernas, é que muitas cavidades foram descobertas posteriormente ao início da atividade minerária e das restrições ambientais impostas a partir de 1990. Assim, algumas incongruências entre a mineração e a preservação do patrimônio espeleológico, identificadas no presente estudo, eram desconhecidas durante parte do tempo da atividade de algumas mineradoras e, em alguns casos, as cavidades foram descobertas/expostas por conta do avanço das frentes de lavra.

Os moradores mais antigos da região estudada, segundo os registros históricos do GEEP-Açungui dos anos 1980 e 1990, relatam que as explorações de calcários entre o início do século XIX e grande parte do século XX utilizavam a entrada de cavernas como local inicial do avanço de frente de lavra. As características do relevo, da cobertura vegetal, os métodos rudimentares de mineração, a falta de consciência ambiental e a inexistência de normativas legais de preservação foram responsáveis pela supressão de diversas cavernas na RMC.

O processamento do material litológico, em especial para a fabricação da cal, cimento e agregados para a construção civil, também é uma etapa com potencial impacto ambiental, sendo o material particulado transportado pelo vento que, em alguns casos, cobre a vegetação e a infraestrutura nas áreas próximas às minas e locais de beneficiamento, o mais perceptível. Além da poluição atmosférica, a poluição hídrica e sonora é comum, dependendo em função do tipo de processamento posterior à extração mineral.

No caso específico do material particulado carregado pelo vento, há também uma influência na resposta espectral dos alvos, que podem superdimensionar as áreas de minas ativas na classificação do uso da terra. Todavia, o espalhamento da poluição pode também servir de parâmetro para mensurar a expansão ou retração da atividade mineral ou, até mesmo, do cumprimento das normativas legais de mitigação da poluição atmosférica (Figura 5).



Figura 5: poluição resultante do processamento de rochas carbonáticas para a fabricação de cal cobrindo a vegetação e as infraestruturas adjacentes - Almirante Tamandaré-PR. Fonte: autores.

4. CONCLUSÕES

O aumento da exploração mineral ao longo das últimas quatro décadas, especialmente por conta da exploração de rochas calcárias, é a atividade de maior impacto sobre o patrimônio espeleológico da Região Metropolitana de Curitiba, sendo que, possivelmente, muitas cavidades foram suprimidas antes de serem cadastradas. Além disso, as atividades minerárias também provocam outros impactos ambientais, tais como a poluição hídrica, sonora e atmosférica. Essa última pode, até mesmo, superdimensionar a área de “minas ativas” identificada na classificação do uso da terra por sensoriamento remoto.

É urgente a necessidade de um monitoramento contínuo do uso da terra para que sejam tomadas medidas eficazes na preservação do patrimônio espeleológico da região e mitigação dos impactos causados pela mineração.

O sensoriamento remoto, especialmente por meio da análise massiva de imagens de satélites na plataforma *Google Earth Engine*, é uma ferramenta útil para monitorar esses impactos, pois permitiu a identificação das mudanças temporais no uso da terra e o avanço da mineração nas áreas cársticas.

É essencial a ampliação do conhecimento,

e a gestão ambiental por parte das diversas esferas do governo, especialmente estadual, que conduz os processos de licenciamento ambiental das atividades econômicas, para que o patrimônio espeleológico seja de fato levantado e estudado conforme os preceitos técnicos e legais.

A indisponibilidade de imagens de boa qualidade em períodos específicos, a dificuldade na separação de alvos com respostas espectrais semelhantes e a falta de registros históricos oficiais dos impactos ambientais sobre as cavidades da RMC, podem ser apontadas como os principais limitadores no presente estudo, todavia o uso dos dados da ANM e os relatos históricos do GEEP-Açungui permitiram fundamentar a pesquisa.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento de Geografia da Universidade Federal do Paraná (UFPR) pela infraestrutura para ao desenvolvimento do trabalho; Grupo de Estudos Espeleológicos do Paraná (GEEP-AÇUNGUI) pelo fornecimento de registros históricos; plataforma *Google Earth Engine* pelo fornecimento de imagens e condições de processamento.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO – ANM. **Anuário Mineral Brasileiro**, 2022. Ano base 2022. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZDA5NGMyYmYtOWQyMi00NzA1LWZhO-TQtNmU5NjEyMTI3ZDMxIiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzM-Tg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection7a43f884dc43352e5953>. Acesso em: 25 jan. 2023.
- BESSER, M. L.; BRUMATTI, M.; SPISILA, A. L. **Mapa geológico e de recursos minerais do estado do Paraná**. Curitiba: CPRM, 2021.
- CADASTRO NACIONAL DE INFORMAÇÕES ESPELEOLÓGICAS (CANIE). Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio). Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV). Base de dados Brasil. Brasília. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>. Acesso em: 22 fevereiro de 2022.
- FIORIA, P.; GASPAR, L. A. 1993 Considerações sobre a estratigrafia do Grupo Açungui (Proterozóico Superior), Paraná, sul do Brasil. **Bol. IG-USP, Série Científica**, 24:1-19
- GEEP-AÇUNGUI. Diagnóstico da degradação ambiental de cavidades naturais subterrâneas no Estado do Paraná. Avaliação preliminar 1. Região Metropolitana de Curitiba. Curitiba, 1992. (Relatório interno não publicado). 49 p.
- GEEP-AÇUNGUI. Diagnóstico da degradação ambiental de cavidades naturais subterrâneas da Região Metropolitana de Curitiba. Convênio FNMA/MMA 037/94. Curitiba, 1995. (Relatório interno não publicado).
- GEEP-AÇUNGUI. Diagnóstico da degradação ambiental de cavidades naturais subterrâneas na Região Metropolitana de Curitiba – Relatório técnico complementar, 1997. Convênio FNMA/MMA 055/97. Curitiba, 1995b. Relatório Interno [S.p.]

- GUIMARÃES, S. B. O. **Calcário como minério na Formação Capiru do Grupo Açungui**: estudo analítico para a Região Metropolitana de Curitiba-PR. 2005. Doutorado em Geologia Exploratória, Programa de Pós-Graduação em Geologia, UFPR, Curitiba-PR, 2005.
- LINO, C. F.; ALLIEVI, J. **Cavernas Brasileiras**. São Paulo: Melhoramentos, 1995.
- NASCIMENTO, E. R.; REIS NETO, J. M.; REBELO, A. M. A.; SAMPAIO, T. V. M.; SILVEIRA, C. T. Parâmetros geomorfológicos do relevo no entendimento do nível de exposição dos sistemas cársticos na região limítrofe das bacias hidrográficas do Alto Iguaçu e do Alto Ribeira - Região norte de Curitiba - PR. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42, p. 81-90, 2012.
- REBELO, A.; GUIMARÃES, S. B.; REIS NETO, J. M. A Exploração Mineral e o Desenvolvimento Paranaense: o setor de calcário na Região Metropolitana de Curitiba. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba-PR, v. 1, n.53, p. 13-26, 2002.
- SESSEGOLO, G.C.; ZAKRZEWSKI, D.P.; NAGAI, S.; SUZUKI, F.Y. Diagnóstico da degradação ambiental de cavidades naturais subterrâneas no Estado do Paraná. Região Metropolitana de Curitiba. Curitiba, 1993. (Relatório interno, não publicado).
- SESSEGOLO, G.C.; SILVA-DA-ROCHA, L.F.; ZAKRZEWSKI, D.P. Degradação Ambiental de Cavernas na Região Metropolitana de Curitiba - PR. In: SESSEGOLO, G.C.; SILVA-DA-ROCHA, L.F.; THEULEN, V. (Orgs). **Cavernas do Paraná – Dez Anos de Espeleologia**. Curitiba: GEEP-Açungui, 1996. p. 5-8.
- SESSEGOLO, G.C.; OLIVEIRA, K.L.; SILVA-DA-ROCHA, L.F.; Contexto Atual da Conservação de Cavernas no Estado do Paraná, Brasil. In: SILVA-DA-ROCHA, L.F.; OLIVEIRA, K.L.; SESSEGOLO, G.C. (Orgs). **Conservando Cavernas – 15 Anos de Espeleologia**. Curitiba: GEEP-Açungui, 2001. p. 5-8.
- SESSEGOLO, G. C. e THEULEN, V. Alternativas para a proteção do patrimônio espeleológico brasileiro. In: SILVA-DA-ROCHA, L.F.; OLIVEIRA, L.K. de; SESSEGOLO, G.C. (Orgs.) **Conservando cavernas – 15 Anos de Espeleologia** GEEP-Açungui. Curitiba: GEEP-Açungui, 2001 a.