

18º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental

CONFLITOS ENTRE MINERAÇÃO E GEODIVERSIDADE: CAMINHOS PARA O PLANEJAMENTO TERRITORIAL EM ITIRAPINA - SP

Renata Lucon XAVIER ¹; Denise Balestrero MENEZES ²; Paulo Henrique Peira RUFFINO ³; Maria Vitoria BAPTISTA ⁴

Resumo – A mineração, embora essencial à economia, gera conflitos de uso do solo, especialmente em áreas ambientalmente sensíveis, como Itirapina (SP), onde há sobreposição entre atividades minerárias, unidades de conservação e zonas de recarga do Sistema Aquífero Guarani (SAG). Diante destas questões, este estudo analisou a distribuição dos processos minerários no município, com foco nas sobreposições com áreas protegidas e zonas de recarga do SAG, de modo a subsidiar o planejamento territorial. A metodologia combinou análises qualitativas e quantitativas para avaliar a distribuição dos processos minerários, relacionando-os às restrições da área e aos percentuais de ocupação em relação à zona de recarga. Os resultados indicaram que 38,25% da zona de recarga está afetada por processos minerários, com destaque para a areia (20,94%), argila (8,15%) e água subterrânea (5,63%), gerando alterações no relevo, riscos à recarga e à qualidade da água. A expansão dessas atividades agrava os conflitos com áreas protegidas, como a APA Cuesta de Corumbataí, e evidencia a ausência de um zoneamento mineral que oriente a compatibilização entre uso do solo, conservação e exploração de recursos. Conclui-se que a incorporação da geodiversidade no planejamento territorial é essencial para mitigar esses impactos, sendo recomendada a elaboração de uma carta municipal e o fortalecimento das políticas públicas voltadas à gestão integrada do território.

Abstract – Mining, although essential to the economy, generates land-use conflicts, especially in environmentally sensitive areas such as Itirapina (São Paulo), where mining activities overlap with conservation units and recharge zones of the Guarani Aquifer System (SAG). This study analyzed the distribution of mining processes in the municipality, focusing on their overlap with protected areas and SAG recharge zones to support territorial planning. The methodology combined qualitative and quantitative analyses to assess the spatial distribution of mining processes, relating them to environmental constraints and the percentage of occupation in relation to the recharge zone. Results showed that 38.25% of the recharge zone is affected by mining activities, with sand (20.94%), clay (8.15%), and groundwater extraction (5.63%) being the most significant, leading to changes in landforms and posing risks to aquifer recharge and water quality. The expansion of these activities intensifies conflicts with protected areas such as the Cuesta de Corumbataí Environmental Protection Area and highlights the absence of a mineral zoning policy to guide the compatibility between land use, conservation, and resource extraction. The study concludes that incorporating geodiversity into territorial planning is essential to mitigate these impacts, recommending the development of a municipal geodiversity map and the strengthening of public policies aimed at integrated land management.

Palavras-Chave – Geodiversidade, mineração, Sistema Aquífero Guarani.

¹ Engenheira Civil, Ma., Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos, SP, CEP 13565-905, Tel. (16) 3351-8262, renataluconxavier@gmail.com.

² Geóloga, Dra., Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, Rod. Washington Luís, s/n, Monjolinho, São Carlos, SP, CEP 13565-905, Tel. (16) 3351-8262, denisebm@ufscar.br

³ Ecólogo, Me., Instituto de Pesquisas Ambientais do Estado de São Paulo - IPA, R. Bernardino Fernandes Nunes, 555, Cidade Jardim, São Carlos, SP, CEP, 13566-490, phruffino@gmail.com.

⁴ Gestora Ambiental, Ma., Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Unesp, Avenida 24 A, 1515, Rio Claro, SP, CEP 13506-900, mariavitoriabapt@gmail.com.

1. INTRODUÇÃO

A mineração desempenha um papel relevante na economia global, fornecendo matérias-primas essenciais para os setores industrial, tecnológico e urbano (Worlanyo; Jiangfeng, 2021). No entanto, quando realizada em áreas de elevada sensibilidade ambiental representa um desafio para o ordenamento territorial (Costa *et al.*, 2019). A presença de atividades extrativas sobre formações geológicas de relevância hidrogeológica e em unidades de conservação tende a gerar conflitos de uso do solo e impactos duradouros na geodiversidade local. Dentre os impactos mais observados estão a alteração da geomorfologia, aumento da vulnerabilidade à erosão (Tarolli e Sofia, 2016) e prejuízo para qualidade e quantidade dos recursos hídricos subterrâneos (Costa *et al.*, 2019; Guerrero *et al.*, 2024).

A noção de geodiversidade, definida como a variedade de elementos abióticos da Terra, incluindo rochas, minerais, fósseis, solos, formas de relevo e sistemas hídricos (Brilha, 2005; Gray, 2004), tem sido adotada como ferramenta para o ordenamento territorial e a gestão sustentável dos recursos naturais (Ramos *et al.*, 2006). Entretanto, sua aplicação prática na formulação de políticas públicas ainda é limitada (Gray *et al.*, 2013; Boothroyd e McHenry, 2019; Lima e Pereira, 2022), o que compromete a efetividade das estratégias de conservação e planejamento do uso do solo.

Em Itirapina, São Paulo, a relação entre a diversidade geológica (componente da geodiversidade) e a dinâmica territorial ganha relevância devido à presença de áreas de recarga do Sistema Aquífero Guarani (SAG), um dos principais reservatórios subterrâneos de água doce da América do Sul (SGB, 2008; Rocha *et al.* 2005, Costa *et al.* 2019). Os afloramentos de arenitos sustentam esse manancial subterrâneo ao passo que são pressionados por atividades minerárias.

Além das áreas de recarga do SAG, a extração mineral em Itirapina ocorre diretamente em outras unidades geopolíticas. O território integra o Projeto Geoparque Corumbataí (Kolya, 2019), atualmente o único projeto de geoparque paulista, e, em âmbito estadual, todo o território municipal é abrangido pela Unidade de Conservação de Uso Sustentável - Área de Proteção Ambiental (APA) Cuesta Corumbataí (São Paulo, 2024). Também estão presentes no município uma Unidade de Conservação de Proteção Integral (Estação Ecológica de Itirapina) e uma Área Protegida [Estação Experimental de Itirapina (Zanchetta, 2006)]. Todas essas unidades de paisagem evidenciam o potencial geodiverso, sem, no entanto, haver a devida integração entre projetos de mineração e proteção da geodiversidade, o que dificulta a implementação de políticas de planejamento territorial eficazes.

Embora o Serviço Geológico do Brasil (SGB) tenha integrado o conhecimento geológico ao planejamento territorial por meio de cartas de geodiversidade em diferentes escalas (Ramos *et al.*, 2006), incluindo iniciativas mais detalhadas, como para áreas de aquífero (i.g. SGB, 2013) e alguns municípios com maior potencial turístico ou demanda específica (i. g. Adamy *et al.*, 2022), esses produtos ainda não abrangem de forma sistemática localidades menores, como Itirapina. Essa limitação compromete a identificação de conflitos locais e dificulta o planejamento em territórios com múltiplas restrições de uso.

Diante desse cenário, este estudo teve como objetivo analisar a distribuição dos processos minerários em Itirapina, com foco na sobreposição dessas atividades com as áreas de recarga do SAG e unidades de conservação, a fim de identificar conflitos e fornecer subsídios ao planejamento territorial sustentável e integrado com a geodiversidade.

2. ÁREA DE ESTUDO

O município de Itirapina, localizado no centro-oeste do estado de São Paulo, possui uma área de 564,6 km² (IBGE, 2023) e está inserido na Bacia Sedimentar do Paraná, predominantemente na província geomorfológica das Cuestas Basálticas (Ab'Saber, 1956; Almeida, 1964). Sua geologia, representada na Figura 1, é composta pelas litologias dos Grupos São Bento e Bauru (SGB, 2008). No Grupo São Bento, afloram as rochas das Formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral, enquanto no Grupo Bauru afloram rochas da Formação Itaqueri (SGB, 2008).

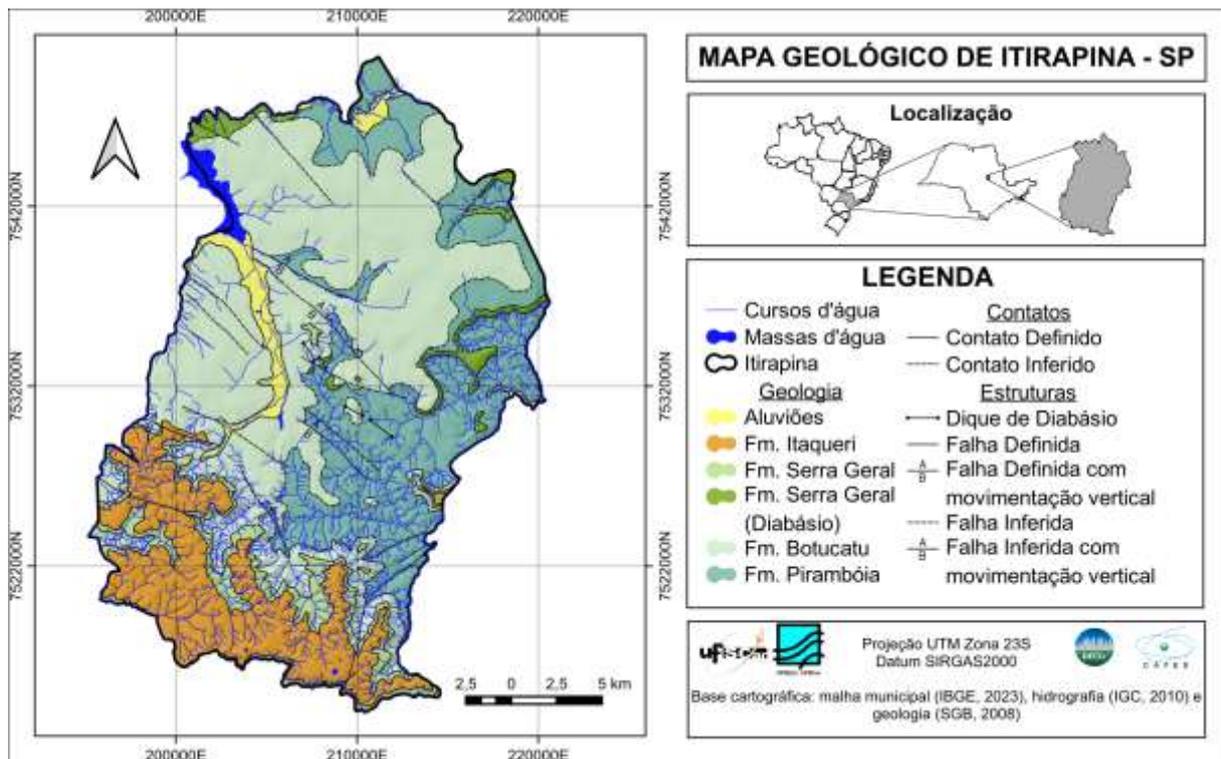


Figura 1. Mapa geológico da área de estudo. Fonte: Org. própria.

A Formação Pirambóia, composta por arenitos, aflora ao longo do contorno da cuesta (Nishiyama, 1991). A Formação Botucatu, predominante na área, também é arenítica e ocorre nas regiões de planalto, sendo intercalada por derrames basálticos da Formação Serra Geral, intrusões de diabásio e depósitos sedimentares da Formação Itaqueri (Nishiyama, 1991; SGB, 2008). A Formação Serra Geral, composta por basaltos, ocorre em áreas íngremes como nas escarpas da Serra do Itaqueri (Nishiyama, 1991; SGB, 2008). Já a Formação Itaqueri, que ocupa as maiores altitudes, sobrepõe-se às formações Serra Geral e Botucatu, marcando uma descontinuidade estratigráfica regional (Nishiyama, 1991; SGB, 2008). Pelas propriedades hidráulicas semelhantes dos arenitos das formações Pirambóia e Botucatu, Rocha (2005) cita que ambas as unidades compõem o Sistema Aquífero Guarani (SAG).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, foram levantados dados de mineração na plataforma SIGMINE (ANM, 2025), além de informações complementares como o mapa geológico (SGB, 2008), o mapa de geodiversidade do SAG (SGB, 2013) e imagens temporais do Google Earth Pro.

Esses dados foram processados nos softwares QGIS e Google Colab. No QGIS, realizou-se a sobreposição das camadas temáticas e a classificação dos processos minerários conforme o tipo (licenciamento, concessão de lavra etc.) e a substância explorada (água mineral, areia etc.). Também foi feita a fusão dos polígonos das formações Botucatu e Pirambóia, permitindo simular a área de afloramento do SAG. O Google Colab foi utilizado para gerar gráficos de distribuição temporal dos processos minerários e sua quantidade por fase administrativa, facilitando a identificação de padrões ao longo do tempo.

A partir disso, foi conduzida uma análise combinada, com abordagens qualitativas e quantitativas. A avaliação qualitativa focou na localização das atividades minerárias em relação aos afloramentos e nos conflitos de uso identificados. Já na análise quantitativa, foi calculada a área total dos processos minerários ativos e sua sobreposição com a área de afloramento do SAG, utilizando planilhas do Excel.

Por fim, os resultados foram confrontados com os objetivos da APA e o mapa de geodiversidade do SAG (SGB, 2013), considerando as potencialidades e restrições da área. A discussão abordou a importância da aplicação do conhecimento geocientífico ao planejamento territorial, evidenciando como a geodiversidade pode subsidiar decisões mais sustentáveis e contribuir para a mitigação de conflitos de uso do solo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A sobreposição dos dados do SIGMINE (ANM, 2025) com o mapa geológico (SGB, 2008) mostrou que grande parte das áreas com processos minerários em Itirapina está situada em regiões de afloramento do SAG, que ocorre nas formações Pirambóia e Botucatu (Figura 2).

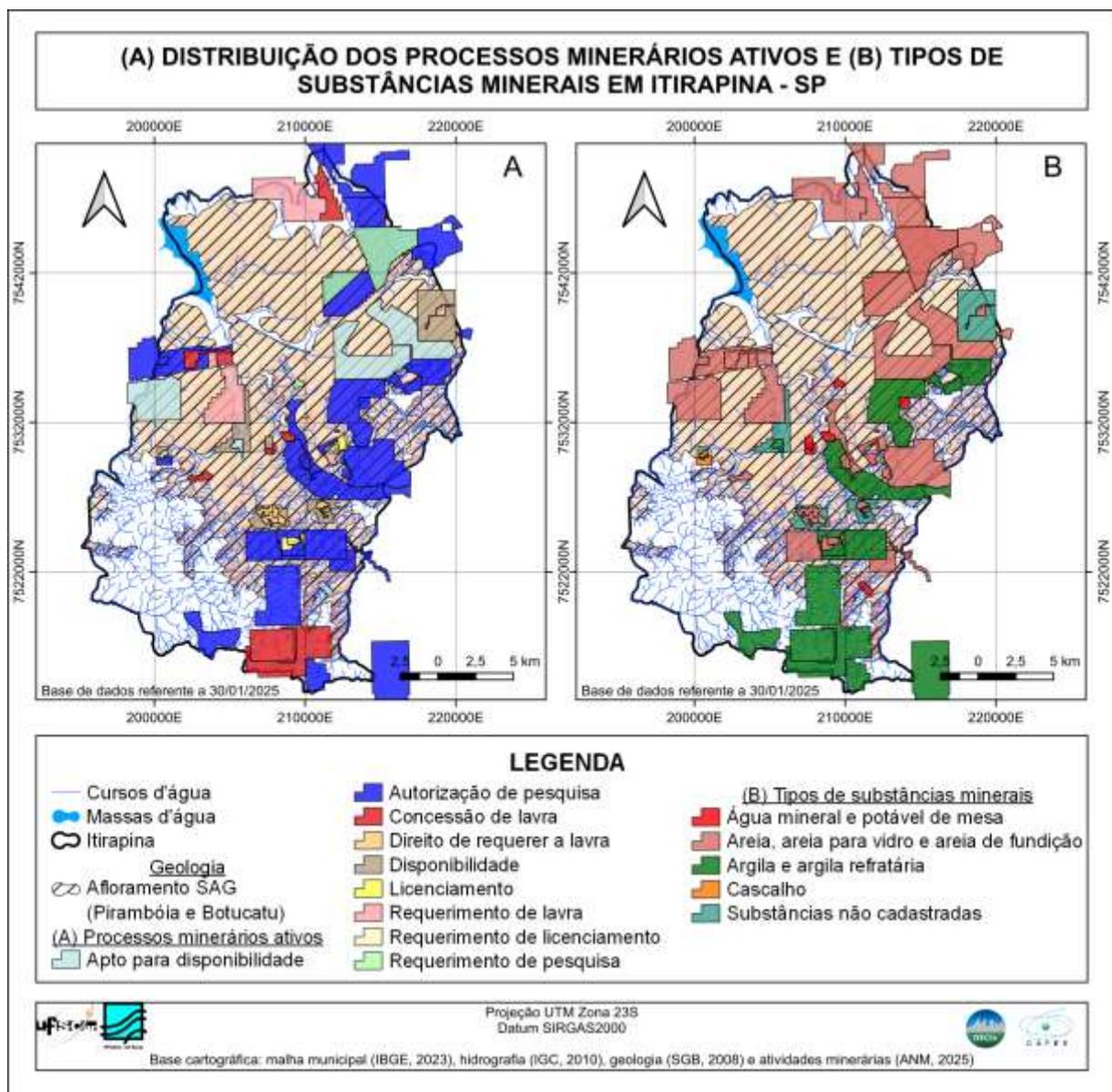


Figura 2. Mapa de processos minerários ativos em Itirapina e a relação com a área de afloramento do SAG. Fonte: Org. própria.

Qualitativamente, observa-se que a maioria dos processos minerários ativos na área de afloramento do SAG está na fase de "autorização de pesquisa" (Figura 2A). Embora essa fase não represente, de imediato, a exploração mineral, ela sinaliza o crescente interesse pelo

aproveitamento dos recursos geológicos locais. Esse cenário pode antecipar uma possível intensificação das atividades extrativas, com a transição para concessões de lavra e a consequente ampliação dos impactos na geodiversidade.

Além disso, a Figura 2B mostra uma maior concentração de processos ativos registrados para extração de areia e argila industrial, especialmente sobre a Formação Pirambóia. Segundo relatos de profissionais envolvidos com o plano de manejo da APA Cuesta Corumbataí, muitos processos registrados como requerimento de pesquisa para argila em áreas maiores, estariam, na prática, pesquisando a areia presente nos arenitos dessa formação e se beneficiando dos distintos limites máximos previstos na legislação minerária. A Portaria 155/2016 permite requerimentos de até 1.000 ha para argila industrial e 50 ha para areia de uso na construção civil. Essa estratégia pode gerar uma amplificação de áreas requeridas que não se reflita em áreas mineradas futuras. Mas indica que há uma concorrência entre empresas da região e consequente valorização dessas áreas para a extração mineral.

A intensificação das atividades minerárias e seus impactos podem ser observados por meio da análise de imagens temporais do Google Earth Pro (Figura 3), que evidenciam a rápida evolução de uma área de extração de areia sobre a Formação Pirambóia. Em 2018, o local ainda não apresentava sinais visíveis de atividade extrativa recente; já em 2019, a imagem revela a presença de uma cava de grandes dimensões, indicando o início de uma operação de porte significativo. Até 2023, observa-se a continuidade da expansão da área minerada. A identificação dessa dinâmica tem gerado preocupação da gestão municipal com o avanço dos processos minerários no município e afirmou a existência de relatos de pressão sobre proprietários rurais para a venda de terras, visando à ampliação da capacidade de exploração, além da intenção de abertura de novas vias para facilitar o transporte do material extraído para outras localidades.



Figura 3. Evolução de uma área de extração de areia na Fm. Pirambóia. Fonte: Google Earth Pro. Org. própria.

O crescimento acelerado das áreas mineradas pode estar associado a diversos fatores, desde uma demanda regional nova até interesses imobiliários na mudança do uso da terra agrícola para outros usos. Santos *et al.* (2024) destacam que empresas do setor minerário podem influenciar o ambiente regulatório em benefício próprio, promovendo flexibilizações normativas que facilitam a expansão da atividade sem o devido controle ambiental.

A análise dos dados no Google Colab permitiu visualizar tanto o número de processos ativos por ano de início (Figura 3A) quanto por fase (Figura 3B).

O número de processos ativos permaneceu estável entre 1959 e 2008, com um pico nos anos 2000. A partir de 2008, houve um crescimento acentuado, seguido por uma queda em 2014 e um pico máximo em 2015. Em 2016, ocorreu uma nova redução, dando início a um período de oscilações que perdurou até 2023. Em 2024, o total de processos ativos chegou a seis. A Figura 3B reforça a análise espacial, evidenciando que a fase de “autorização de pesquisa” predominou ao longo de todo o período e a “concessão de lavra” manteve-se em segundo plano.

A Tabela 1 apresenta a extensão e o percentual de sobreposição dos processos minerários com a área de recarga do SAG (afloramento Botucatu e Pirambóia), considerando todas as fases do processo minerário.

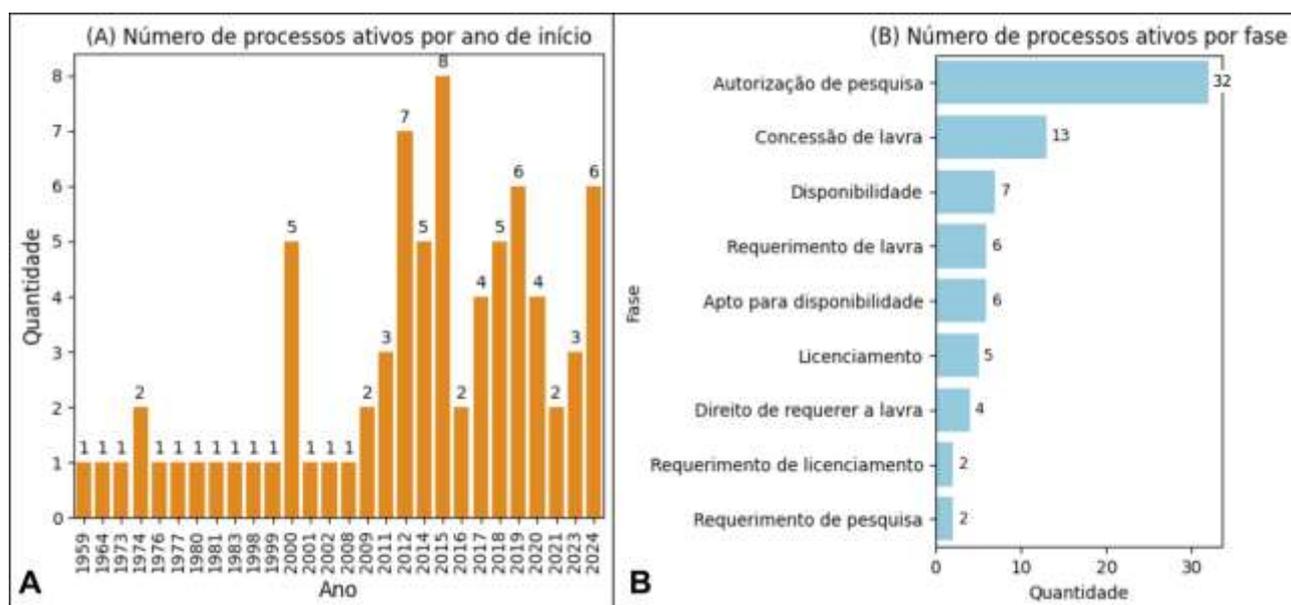


Figura 3. Distribuição do (A) Número de processos ativos por ano de início e (B) Número de processos ativos por fase. Fonte: Elaboração própria.

Tabela 1. Área ocupada por atividades minerárias e percentual de interferência na área de recarga aquífera em Itirapina.

Substância	Área total do processo (ha)	Área ocupada em zona de recarga SAG (ha)	% de ocupação em relação à zona de recarga do SAG
Água mineral e potável de mesa	271,59	2.158,30	5,63
Areia, areia para vidro e areia de fundição	12.764,10	8.020,86	20,94
Argila e argila refratária	7.654,29	3.123,09	8,15
Cascalho	75,35	44,81	0,12
Substâncias não cadastradas	1.546,21	1.304,37	3,40

Fonte: Elaboração própria.

A análise dos percentuais mostrou que a mineração ocupa um total de 38,25% da zona de recarga do SAG, sendo a areia o destaque como atividade mais impactante, representando 20,94% da área afetada na zona de recarga. Todavia, destaca-se que a Tabela 1 inclui tanto as áreas em concessão de lavra quanto áreas em fase de autorização de pesquisa. Essa diferenciação é importante, uma vez que o impacto efetivo sobre o território ocorre nas áreas com lavra concedida, enquanto os processos em fase de pesquisa indicam apenas o interesse exploratório. Ainda assim, a concentração de autorizações pode sinalizar um potencial para futura atividade extrativa, caso esses processos avancem para as fases seguintes.

No total, são 77 processos minerários registrados em Itirapina, conforme a distribuição apresentada anteriormente, sendo mais expressivos os de autorização de pesquisa e concessão de lavra. Entre os 32 processos de autorização de pesquisa, 24 estão localizados na área de afloramento do SAG, concentrando-se na porção Leste do município. As substâncias envolvidas nesses processos são areia (16), argila (6), água (1) e cascalho (1). Já entre os 13 processos com concessão de lavra, 7 incidem sobre a área de recarga do aquífero, localizando-se principalmente na região central. Esses 7 processos referem-se à extração de areia (3) e água (4). Por se tratarem de áreas com autorização efetiva para exploração mineral, os processos de lavra representam maior potencial de impacto direto sobre a geodiversidade e sobre a recarga aquífera.

Os demais 8 processos de autorização de pesquisa estão fora da área de recarga, com concentração nas regiões Norte e Sul, e envolvem areia (2) e argila (6). Quanto aos 6 processos de

lavra restantes, também localizados ao Norte e Sul, fora da zona de recarga, 2 são de areia e 4 de argila.

Apesar dos processos de captação de água possuírem baixo percentual de ocupação na zona de recarga do SAG (Tabela 1), essa substância possui relevância econômica para o município. O primeiro processo ativo, iniciado em 1959 (Figura 2A), corresponde à Água Ubá, que está localizada no núcleo urbano da Estância Ubá (ANM, 2025). A empresa de mineração tem concessão de lavra desde 1964 por meio de uma fonte natural de vazão espontânea (Ubá, 2025). Em 2008, a Água Ubá ampliou suas operações com a perfuração de um poço (SGB, 2025), cujo perfil geológico revela 100 m de profundidade, alcançando os arenitos da Formação Pirambóia (SGB, 2025). A camada superficial do solo possui 6 m de profundidade e textura arenosa (SGB, 2025), o que favorece a recarga do SAG. Além disso, o município conta com outros 11 processos ativos (em diversas fases) para a extração de água mineral e potável de mesa (ANM, 2025), reforçando seu potencial de exploração hídrica.

É importante ressaltar que a extração de água subterrânea tende a gerar impactos que vão além da área diretamente associada ao processo de captação. A retirada excessiva pode alterar o nível do lençol freático, influenciar a vazão de nascentes e cursos d'água superficiais e comprometer a recarga natural do aquífero (Perroni e Wendland, 2008).

Em paralelo, cabe destacar que Itirapina está inserida na APA Cuesta Corumbataí, que foi criada com a finalidade de proteger os ecossistemas nativos do Cerrado e da Mata Atlântica, os recursos hídricos superficiais e subterrâneos (com destaque para o SAG), a geodiversidade e as paisagens vinculadas às cuevas arenito-basálticas, por meio do controle de atividades potencialmente degradantes (Victor; Manzatti, 2023; São Paulo, 2024). Dentre as diretrizes estabelecidas na sua criação, destaca-se a necessidade de evitar a implantação de atividades poluidoras, alterações significativas no relevo e na dinâmica hídrica local, ações que provoquem erosão ou assoreamento, e qualquer empreendimento que represente risco à fauna e flora nativas (São Paulo, 2024). No entanto, o avanço das frentes de lavra aponta para uma possível incompatibilidade com essas diretrizes, como constatado em um relatório técnico da área, o qual já identificava pressões associadas à expansão agropecuária, urbana, industrial e mineral (Victor; Manzatti, 2023). Além disso, existem outros usos conflitantes, como a proximidade de zonas de extração de areia com a Estação Ecológica e a Estação Experimental, que gera tensões entre as atividades minerárias e a proteção do cerrado de campos úmidos e demais fitofisionomias, uma vez que o rebaixamento de Nível de Água influi secando o solo das áreas úmidas.

A Tabela 2 relaciona a análise feita a partir dos objetivos estabelecidos na criação da APA com os potenciais impactos da mineração sobre cada um deles.

Tabela 2. Compatibilidade entre os objetivos da APA Cuesta Corumbataí e os impactos potenciais da atividade minerária

Objetivos	Potenciais impactos da atividade minerária
Proteger as Cuestas Arenito-Basálticas da Borda Leste da Bacia Sedimentar do Paraná	Alteração da morfologia original das cuevas e desfiguração da paisagem
Proteger as águas superficiais e subterrâneas (áreas de recarga do Aquífero Guarani)	Redução da capacidade de recarga do manancial subterrâneo, risco de rebaixamento do nível freático e risco de contaminação da água subterrânea e superficial
Proteger os patrimônios históricos e arqueológicos	Risco de danos por vibrações, escavações ou ocupação da área e descaracterização do contexto paisagístico-cultural
Proteger a flora e a fauna do Cerrado e da Mata Atlântica	Supressão de vegetação nativa, fragmentação de habitats, perturbação da fauna e distúrbio em áreas como a Estação Ecológica e Estação Experimental

Fonte: Elaboração própria.

Embora existam critérios geocientíficos e de engenharia utilizados na mineração, como os voltados à avaliação do potencial econômico da jazida, à estabilidade geotécnica e à viabilidade técnica de extração, ainda falta um zoneamento mineral que articule esses critérios às exigências

de proteção ambiental. Essa lacuna tem favorecido uma ocupação conflituosa e contribui para impactos ambientais permanentes, sobretudo em áreas onde o meio físico desempenha um papel importante na manutenção dos recursos hídricos subterrâneos. Por isso, a análise da geodiversidade permite compreender como os diferentes aspectos do meio físico interferem no funcionamento do próprio ecossistema, identificando as potencialidades e fragilidades da região.

O mapa de geodiversidade do SAG (SGB, 2013) revela que todas as formações, mesmo aquelas que não o compõem, são importantes para a hidrogeologia local. O mapa também explora os potenciais minerários de toda a região aquífera, além de salientar as vulnerabilidades associadas. As planícies aluviais oferecem extração de areia, argila e turfa, com boa capacidade hídrica, porém alta vulnerabilidade à contaminação (SGB, 2013). A Formação Itaqueri, propícia para areia e cascalho, possui excelente capacidade de armazenamento de água, mas enfrenta riscos de contaminação devido ao aquífero livre e agricultura intensiva (SGB, 2013). A Formação Serra Geral, fundamental para exploração de basalto na construção civil, apresenta bom armazenamento hídrico em fraturas, mas vazões irregulares (SGB, 2013; ANM, 2025). As Formações Botucatu e Pirambóia destacam-se pelos arenitos para areia industrial e boas características hidrodinâmicas, entretanto a silicificação pode reduzir seu potencial, enquanto a alta permeabilidade e suscetibilidade a voçorocas exigem cautela quanto à contaminação e estabilidade do solo (SGB, 2013; ANM, 2025). Os relevos locais favorecem tanto a recarga quanto o afloramento do SAG, aumentando o risco de voçorocas (SGB, 2013).

Diante disso, torna-se evidente a necessidade de incorporar a geodiversidade para a gestão sustentável dos recursos naturais e o planejamento territorial e mineral (Gray *et al.*, 2013; Boothroyd e McHenry, 2019; Lima e Pereira, 2022).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo revelou que a mineração em Itirapina tem crescido expressivamente na área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG), com predominância da extração de areia. Essa expansão representa ameaças à geodiversidade local e aos recursos hídricos subterrâneos, comprometendo a capacidade de recarga do aquífero e provocando alterações topográficas, erosão acelerada e risco de contaminação devido às fragilidades naturais da região. Ademais, embora a extração de água mineral ocupe uma parcela menor da área de recarga do SAG, a atividade pode causar rebaixamento do nível freático, afetando o afloramento do aquífero e os ecossistemas associados, como os campos úmidos da Estação Ecológica de Itirapina.

Além dos recursos hídricos, a mineração ameaça outros atributos protegidos pela APA, demonstrando incompatibilidade com seus objetivos e diretrizes. O município participa de colegiados consultivos vinculados aos órgãos gestores das Unidades de Conservação (UCs) e APAs em nível estadual, além do Projeto Geoparque Corumbataí e do SAG. Por isso, deve manter seus planos de desenvolvimento atualizados e integrados aos planos de gestão dessas unidades. No entanto, a heterogeneidade de escalas e abordagens entre esses instrumentos dificulta a integração das políticas públicas. A rápida expansão das áreas mineradas, evidenciada por análises de imagens temporais, reforça a necessidade de planos integrados que garantam o uso sustentável e planejado do solo, incluindo o setor mineral.

Dessa forma, a incorporação da geodiversidade ao planejamento ambiental e territorial torna-se fundamental para orientar ações voltadas à proteção do SAG e ao cumprimento dos objetivos da APA. Como desdobramento deste estudo, será elaborada uma carta de geodiversidade para o município de Itirapina, de modo a subsidiar decisões mais integradas e sustentáveis.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. A terra paulista. **Boletim Paulista de Geografia**, [s. l.], n. 23, p. 5–37, 1956.
- ADAMY, A.; DE OLIVEIRA, C. E. S.; VIGLIO, E. P.; REMPEL, K.; MIYAGAWA, L. de J. P. P.; DANTAS, M. E.; MALVERDI, V. E.; JOÃO, X. J. **Projeto Contribuição da CPRM ao desenvolvimento sustentável dos municípios de Rondônia: município de São Francisco do Guaporé, RO**. Brasil: SGB, 2022. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/21558>. Acesso em: 10 fev. 2025.
- ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Revista do Instituto Geológico**, [s. l.], v. 39, n. 3, 1964. Disponível em: <https://doi.org/10.33958/revig.v39i3.600>. Acesso em: 1 nov. 2024.
- ANM - AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (Brasil). **SIGMINE - Sistema de Informação Geográfica da Mineração**. 2025. Disponível em: <https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6a8f5ccc4b6a4c2bba79759aa952d908>. Acesso em: 27 jan. 2025.
- BOOTHROYD, A.; MCHENRY, M. Old Processes, New Movements: the Inclusion of Geodiversity in Biological and Ecological Discourse. **Diversity**, [s. l.], v. 11, n. 11, p. 1-17, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/d11110216>.
- BRASIL. **Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978**. Dispõe sobre regime especial para exploração e o aproveitamento das substâncias minerais que especifica e dá outras providências. Brasília, DF: República Federativa do Brasil, 1978.
- BRILHA, J. **Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. Braga, PT: Palimage Editora, 2005. 190 p.
- COSTA, C. W.; LORANDI, R.; LOLLO, J. A.; SANTOS, V. S. Potential for aquifer contamination of anthropogenic activity in the recharge area of the Guarani Aquifer System, southeast of Brazil. **Groundwater for Sustainable Development**, [s. l.], v. 8, p. 10–23, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2018.08.007>. Acesso em: 6 fev. 2025.
- DNPM - DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (Brasil). **Portaria nº 155, de 12 de maio de 2016**. Aprova a Consolidação Normativa do DNPM e revoga os atos normativos consolidados. Brasília, DF: República Federativa do Brasil, 2016.
- GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. 1 ed. Chichester: John Wiley and Sons, 2004. 434 p.
- GRAY, M.; GORDON, J. E.; BROWN, E. J. Geodiversity and the ecosystem approach: the contribution of geoscience in delivering integrated environmental management. **Proceedings of the Geologists' Association**, [s. l.], v. 124, n. 4, p. 659–673, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2013.01.003>.
- GUERRERO, J. V.; GOMES, A.; LORANDI, R.; DI LOLLO, J. A.; MATAVELI, G.; MOSCHINI, L. E. Vulnerability Assessment of Guarani Aquifer Using PESTICIDE-DRASTIC-LU Model: Insights from Brotas Municipality, Brazil. **Water**, v. 16, n. 12, p. 1748, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w16121748>. Acesso em: 20 fev. 2025.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Malha municipal. Brasil: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 13 fev. 2025.
- IGC - INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (São Paulo). **Hidrografia preliminar na escala 1:25.000 da região Leste do estado de São Paulo**. São Paulo: IGC, 2010. Escala 1:25.000. Não publicado.
- KOLYA, A. A. **Inventário, quantificação e valorização do geopatrimônio na Bacia do Rio Corumbataí (SP): subsídios ao Projeto Geoparque Corumbataí**. 2019. 134 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista Júlio De Mesquita Filho, Rio Claro, 2019.

- LIMA, N. P.; PEREIRA, D. I. Living and dying on Planet Earth: an approach to the values of geodiversity. **Geoheritage**, [s. l.], v. 15, n. 4, p. 1-11, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00776-8>.
- PERRONI, J. C. A.; WENDLAND, E. C. Avaliação das condições de ocorrência e exploração do Sistema Aquífero Guarani em São Carlos - SP. **Águas Subterrâneas**, v. 22, n. 1, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/ras.v22i1.8571>. Acesso em: 20 fev. 2025.
- RAMOS, M. A. B.; THEODOROVICZ, A.; MARQUES, V. J.; ORLANDI, V.; PFALTZGRAFF, P. A. S.; DANTAS, M. E.; SILVA, C. R. **Metodologia, estruturação da base de dados e organização das informações em SIG do Projeto Geodiversidade do Brasil**. Brasil: SGB, 2006. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/16855>. Acesso em: 27 jan. 2025.
- ROCHA, G. (coord.). **Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. Escala 1:1.000.000. São Paulo: DAEE, IG, IPT, SGB, 2005. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutogeologico/2012/03/mapa-de-aguas-subterraneas-do-estado-de-sao-paulo-escala-11-000-000/>. Acesso em: 11 dez. 2024.
- TAROLLI, P.; SOFIA, G. Human topographic signatures and derived geomorphic processes across landscapes. **Geomorphology**, [s. l.], v. 255, p. 140–161, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.12.007>. Acesso em: 10 fev. 2025.
- SANTOS, M. D.; DE AZEVEDO RUCHKYS, Ú.; PEREIRA, E. O. Quantification of Geodiversity Services in the São Francisco River Basin, Brazil (Minas Gerais portion), and Their Importance for the Management of Water Resources. **Geoheritage**, v. 15, n. 4, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12371-023-00874-1>. Acesso em: 13 fev. 2025.
- SGB - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (Brasil). Mapa Geodiversidade: Subsídios ao plano de desenvolvimento e proteção ambiental da área de afloramento do Aquífero Guarani no estado de São Paulo (versão preliminar). São Paulo: SGB, IPT, 2013. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/17366>. Acesso em: 21 fev. 2025.
- SGB - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (Brasil). **Mapa Geológico: Folha São Carlos do Pinhal SF-23-Y-A-I**. São Carlos: SGB, UNESP Rio Claro, 2008. Escala 1:100.000. Não publicado.
- SGB - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (Brasil). **SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas**. 2025. Disponível em: <https://siagasweb.sgb.gov.br/layout/index.php>. Acesso em: 27 fev. 2025.
- SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 68.942, de 3 de outubro de 2024. Cria as Áreas de Proteção Ambiental Cuesta Corumbataí, Cuesta Paranapanema e Cuesta Guarani e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**: Caderno Executivo, Seção Atos Normativos, p. 2, 2024. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/norma/210082>. Acesso em: 11 fev. 2025.
- UBÁ. **Água Ubá**. 2025. Disponível em: <https://aguauba.com.br/>. Acesso em: 27 fev. 2025.
- VICTOR, R. A. B. M.; MANZATTI, L (coord). **Área de Proteção Ambiental Cuesta Corumbataí**. Relatório técnico versão 2.0. São Paulo: Instituto Florestal, 2023. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/fundacaoflorestal/sites/243/2023/01/apa-cuesta-corumbatai-relatorio-tecnico_versao-2.0.pdf. Acesso em: 10 fev. 2025.
- WORLANYO, A. S.; JIANGFENG, L. Evaluating the environmental and economic impact of mining for post-mined land restoration and land-use: A review. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 279, p. 111623, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111623>. Acesso em: 6 fev. 2025.
- ZANCHETTA, D. (coord.). **Plano de manejo integrado: Estações Ecológica e Experimental de Itirapina/SP**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal, 2006. 318 p.