

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Geologia

ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA DA
EXPLORAÇÃO DE ARGILA EM RIO CLARO (SP)

Cynthia Camargo da Silva

Profa. Dra. Vânia Silvia Rosolen

Rio Claro (SP)

2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

CYNTHIA CAMARGO DA SILVA

ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DAS ÁREAS DE
INFLUÊNCIA DA EXPLORAÇÃO DE ARGILA NA REGIÃO
DE RIO CLARO (SP)

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Geociências e
Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro,
da Universidade Estadual Paulista Júlio
de Mesquita Filho, para obtenção do grau
de Geólogo.

Rio Claro - SP

2021

S586z Silva, Cynthia Camargo da
Zoneamento Geoambiental das Áreas De Influência da Exploração de Argila Na Região de Rio Claro (SP) / Cynthia Camargo da Silva. -- Rio Claro, 2021
75 f.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geologia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientadora: Vânia Silvia Rosolen

1. Geologia. 2. Mineração. 3. Argila. 4. Sensoriamento remoto. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CYNTHIA CAMARGO DA SILVA

ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DAS ÁREAS DE
INFLUÊNCIA DA EXPLORAÇÃO DE ARGILA NA REGIÃO
DE RIO CLARO (SP)

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Geociências e
Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro,
da Universidade Estadual Paulista Júlio
de Mesquita Filho, para obtenção do grau
de Geólogo.

Comissão Examinadora

Profa. Dra. Vania Silvia Rosolen (orientadora)

Me. André de Andrade Kolya

Me. Lucas Moreira Furlan

Rio Claro, 15 de março de 2021.

Cynthia Camargo da Silva
Assinatura do(a) aluno(a)

Vania Silvia Rosolen
assinatura do(a) orientador(a)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre me dar forças para vencer os meus desafios.

Aos meus pais Celi e Carlos por todo apoio, incentivo e amor que me dão e ao meu irmão Lucas por acreditar em mim e me fazer acreditar também. Obrigada por realizarem esse sonho comigo, amo vocês.

Ao Roberto por toda ajuda, amor e suporte emocional. Obrigada por ser tão incrível.

Aos meus amigos Isabella, Bruno, Davi e Pietro por terem me ajudado a trilhar essa jornada com mais leveza e felicidade, foi uma honra ganhar vocês como amigos para a vida toda.

À minha orientadora Profa. Dra. Vânia Rosolen pela paciência, pelos ensinamentos e por ter me mostrado que existe um lado mais humano nessa graduação. Muito obrigada professora!

Aos demais professores, funcionários, técnicos, colegas de curso e todos que direta ou indiretamente me ajudaram a chegar até aqui.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP por ser o caminho, a construção e a realização desse sonho.

RESUMO

Rio Claro é um dos municípios que constituem o Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes, principal produtor de revestimento cerâmico do país e da América Latina e apresenta uma consistente cadeia de produção que parte desde a extração da matéria prima, argilas e siltitos da Formação Corumbataí explorados através de cavas a céu aberto, até o beneficiamento e comércio do produto final. A atividade é uma das principais fontes de renda da região e gera centenas de empregos, assim, tendo em vista a sua importância, é imprescindível que sejam discutidos métodos e ferramentas que permitam o desenvolvimento sustentável da atividade minerária, base da cadeia produtiva do PCSG. O presente trabalho utilizou técnicas de sensoriamento remoto e zoneamento geoambiental para mapear as cavas de mineração de argila em uma distância de até 2km do Rio Corumbataí, principal curso d'água de Rio Claro, e as áreas de influência dessas cavas, visando caracterizar os impactos ambientais decorrentes da região e relacioná-los com a legislação vigente e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU. Como resultado foram mapeadas 12 cavas de mineração de argila, cujo local que se encontram foi caracterizado como Área das Cavas, que apresenta 50% dos empreendimentos alocados em uma distância menor que 500 metros da margem do Rio Corumbataí, além das zonas geoambientais caracterizadas como Área de Operações: locais onde ocorrem as demais fases relacionadas ao pré beneficiamento e beneficiamento do minério, Área de Agropecuária, Áreas úmidas: composta pelo Rio Corumbataí, seus afluentes diretos, nascentes e Áreas de Preservação Permanentes e a Área urbana/edificada. Identificou-se que as zonas se encontram relacionadas pela proximidade e pelos impactos ambientais que lhe são inerentes e que a zona Área úmida/alagável é a que apresenta maior fragilidade por estar suscetível aos impactos ambientais das outras zonas. No trabalho também se observou a inconformidade de algumas situações na área de estudo, conforme o Novo Código Florestal, a sustentabilidade da atividade minerária com base no Novo Código de Mineração e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, com propostas de medidas mitigadoras para tornar a atividade minerária no município de Rio Claro mais sustentável.

Palavras-chave: Zoneamento geoambiental; Sensoriamento remoto; Argila.

ABSTRACT

Rio Claro is one of the municipalities that make up the Santa Gertrudes Ceramic Pole, the main producer of ceramic tiles in the country and in Latin America and has a consistent production chain that starts from the extraction of raw material, clays and silts from the Corumbataí Formation exploited through from open pit pits to processing and trade in the final product. The activity is one of the main sources of income in the region and generates hundreds of jobs, therefore, in view of its importance, it is essential that methods and tools that allow the sustainable development of the mining activity, base of the productive chain of the PCSG, are discussed. The present work used remote sensing techniques and geoenvironmental zoning to map the clay mining pits at a distance of up to 2km from the Corumbataí River, the main water course of Rio Claro, and the areas of influence of these pits, aiming to characterize the impacts resulting from the region and relate them to the current legislation and the UN Sustainable Development Goals. As a result, 12 clay mining pits were mapped, the location of which was found to be an area of the pits, which presents 50% of the projects located less than 500 meters from the Corumbataí River bank, in addition to the geo-environmental zones characterized as Operations: places where the other phases related to the pre-processing and processing of the ore occur, the Agricultural Area, Wetlands: composed of the Corumbataí River, its direct tributaries, springs and Permanent Preservation Areas and the Urban / Built area. It was identified that the zones are related by the proximity and by the environmental impacts that are inherent to it and that the Wet / wetland area is the one that presents the greatest fragility because it is susceptible to the environmental impacts of the other zones. The work also noted the non-conformity of some situations in the study area, according to the New Forest Code, the sustainability of mining activity based on the New Mining Code and the UN Sustainable Development Goals, with proposals for mitigating measures to make the mining activity in the municipality of Rio Claro more sustainable.

Keywords: Geoenvironmental zoning; Remote sensing; Clay.

SÚMÁRIO

1. Introdução e justificativa	9
2. Localização da área de estudo	11
3. Revisão bibliográfica	12
3.1. Aspectos socioeconômicos	12
3.2. Polo Cerâmico de Santa Gertrudes: Processo de exploração e produção e impactos ambientais.....	13
3.3. Aspectos do meio físico e vegetação	17
3.3.1. Geologia.....	17
3.3.1.1. Grupo Itararé	18
3.3.1.2. Fm. Tatuí	18
3.3.1.3. Fm. Irati	19
3.3.1.4. Fm. Corumbataí	19
3.3.1.5. Fm. Piramboia	20
3.3.1.6. Fm. Serra Geral.....	21
3.3.1.7. Fm. Rio Claro	21
3.3.1.8. Depósitos Cenozoicos.....	22
3.3.2. Geomorfologia	22
3.3.3. Clima.....	23
3.3.4. Vegetação.....	23
3.3.5. Pedologia	24
3.3.6. Hidrografia	25
3.3.7. Hidrogeologia.....	26
4. Materiais e Métodos	27
4.1. Definição da área de estudo	27
4.2. Zoneamento geoambiental.....	28
4.3. Novo Código Florestal.....	30
4.4. Código de Mineração	31
4.5. Sensoriamento remoto e SIG.....	32
4.6. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (ODS)	33
5. Resultados e discussão	35
5.1. Definição e descrição das zonas geoambientais	35
5.1.1. Área das Cavas	35
5.1.2. Área de Operações	38
5.1.3. Área Úmida/Alagável	40

5.1.4. Área Agropecuária	43
5.1.5. Área Urbana/Edificada.....	44
5.2. Avaliação dos Impactos ambientais negativos diagnosticados ...	46
5.3. Potenciais impactos ambientais negativos diagnosticados com base na legislação e ODS.....	55
6. Conclusão	59
Referências bibliográficas	62
Anexos.....	71
Anexo A – Mapa das Zonas Geoambientais.....	72
Anexo B – Tabela de coordenadas das imagens.....	74

1. Introdução e justificativa

A mineração é uma atividade de extrema relevância para a sociedade e, portanto, está presente em todas as cadeias produtivas. Em razão da crescente demanda e ampliação dessa atividade é fundamental o desenvolvimento e aplicação de técnicas e métodos que minimizem o impacto ambiental, em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Os ODS propostos pela ONU, dos quais o Brasil é signatário, abrangem um conjunto de metas e instrumentos que visam o processo continuado e interativo de tomadas de decisão que possam estar relacionadas com os problemas ambientais, incluindo Instituições e Organizações, acordos mútuos, instrumentos e procedimentos políticos que regulam a proteção ambiental e o desenvolvimento econômico e social (UN, 2015). Otimizar a atividade minerária é necessário tanto do ponto de vista ambiental por buscar a mitigação de impactos, recuperação de áreas utilizadas, prevenção de desastres, quanto do ponto de vista econômico através de maior aproveitamento do minério, diminuição de custos e de rejeitos. Além de um planejamento adequado para o início da atividade minerária, é imprescindível a caracterização de possíveis impactos que já foram gerados em regiões que apresentam um histórico dessa atividade, tendo como objetivo remediá-los e evitar que novos ocorram com o avanço da exploração.

O Zoneamento Geoambiental pode ser definido como a análise sistemática de uma região com o objetivo de se obter informações sobre variáveis litológicas, morfoestruturais, microclimáticas, características fisiográficas etc., podendo defini-las como zonas geoambientais e relacionando o meio físico com modificadores socioeconômicos. Portanto, o zoneamento geoambiental é uma importante ferramenta para se obter subsídios técnicos que orientam a tomada de decisões na implementação de alternativas de desenvolvimentos regionais, compatíveis com a sustentabilidade e vulnerabilidade dos sistemas ambientais locais (JIMÉNEZ et al, 1995).

Uma das técnicas que constitui a elaboração de um zoneamento geoambiental é o sensoriamento remoto, que permite, através de imagens de satélite, a identificação, delimitação e a organização espacial do meio físico e sua caracterização (VEDOVELLO, 2008). Esse instrumento pode ser aliado ao geoprocessamento e dados SIG permitindo a integração e organização de diversos tipos de dados espaciais e georreferenciados, objetivando o a elaboração de mapas temáticos, suas interações e melhor compreensão do meio físico analisado (BURROGH et al., 2015)

O polo cerâmico da região de Santa Gertrudes e Rio Claro é um dos maiores do Brasil e tem a sua produção voltada predominantemente para a fabricação de revestimento cerâmico utilizando o processo de moagem a seco, produção de revestimento tipo grés e porcelanato pelo processo via úmida e telhas por processo de prensagem (CHRISTOFOLETTI E MORENO, 2011). A principal matéria prima explorada nas mineradoras do polo cerâmico de Santa Gertrudes são os siltitos maciços e laminados e argilitos da Formação Corumbataí (CHRISTOFOLETTI E MORENO, 2011). Além do fornecimento de materiais cerâmicos para diversas regiões do Brasil, o polo cerâmico de Santa Gertrudes e região também é responsável pela geração de uma importante cadeia de empregos diretos e indiretos na área (CHRISTOFOLETTI E MORENO, 2011), sendo relevante a aplicação de métodos que visem a sua otimização e diminuição dos impactos ambientais causados pela atividade.

Os siltitos e argilitos da formação Corumbataí são explorados há aproximadamente 100 anos na região de Rio Claro (ASPACER, 2020). Por compreender municípios de grande dinamismo econômico, a intensiva ocupação desprovida de ordenamento territorial adequado gera pressões e conflitos entre diferentes usos da terra que devem ser considerados e, principalmente mitigados ou resolvidos. No caso da extração de argilas, áreas úmidas ao redor de rios e em posições de interflúvio são áreas que concentram minério ao mesmo tempo que se caracterizam como ambientes de grande importância ecológica e fornecedoras de serviços ambientais fundamentais para o bem estar humano. O objetivo desta monografia é elaborar um zoneamento geoambiental no entorno das áreas de mineração de argilas no município de Rio Claro mais precisamente na região compreendida pela bacia do rio Corumbataí, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e SIG com o intuito de contribuir para o fortalecimento da gestão territorial e ambiental com vistas a ODS servindo como um subsídio para o desenvolvimento minerário sustentável da região.

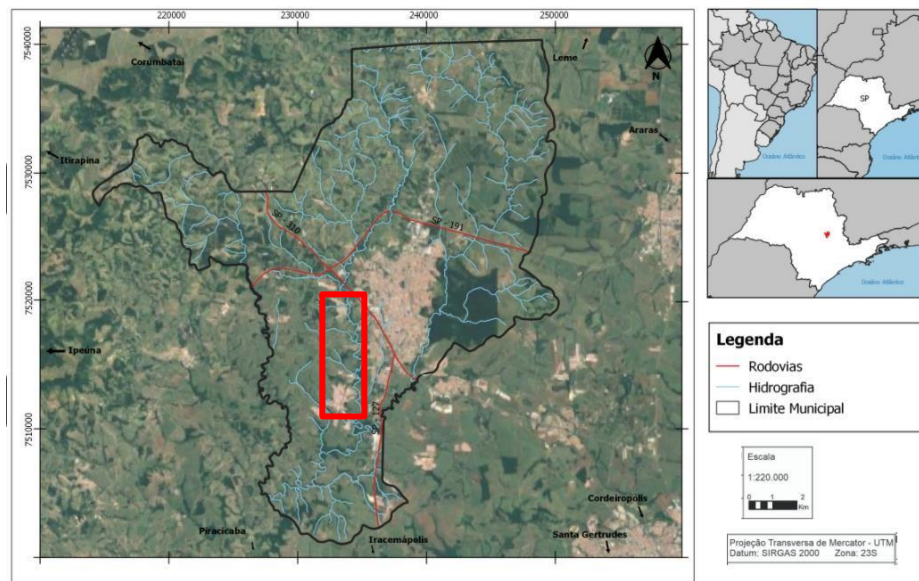
Apesar de pertencer ao maior polo cerâmico do país, os estudos sobre zoneamento geoambiental e as minerações de argila no município de Rio Claro não são expressivos. É imprescindível que trabalhos sobre sustentabilidade nos municípios pertencentes ao Polo Cerâmico de Santa Gertrudes sejam desenvolvidos, tendo em vista o tamanho de sua importância para as populações da região e para a economia do país, além do levantamento e discussões sobre os impactos ambientais que lhe são inerentes. Com base nesse exposto, o presente trabalho é relevante por apresentar através de imagens de satélite, SIG e sensoriamento remoto, o zoneamento geoambiental das áreas

de influência das minerações de argila no município de Rio Claro, mais precisamente as que estão localizadas na bacia hidrográfica do Rio Corumbataí, seus possíveis impactos ambientais com base nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (ODS) e a discussão sobre sustentabilidade no município inserido no maior Polo Cerâmico da América Latina (ASPACER, 2020) .

2. Localização da área de estudo

O município de Rio Claro localiza-se no centro-leste do Estado de São Paulo, entre as coordenadas 22°14' e 22°33' S; e 47°27' e 47°46' O e apresenta uma área territorial de aproximadamente 498,422km², incluindo os distritos Assistência, Ajapi e Ferraz (ECOSBIO, 2014). O principal acesso para o município, partindo da cidade de São Paulo, é pela Rodovia SP- 310 Rodovia Washington Luiz. Seus municípios limítrofes são oito: Leme, Araras, Santa Gertrudes, Iracemápolis, Piracicaba, Ipeúna, Itirapina e Corumbataí (ECOSBIO, 2014) (Figura 01).

Figura 1: Mapa com a localização do município de Rio Claro e seus municípios limítrofes com destaque para a área de estudo, retângulo vermelho.



Fonte: Elaborado pela autora. Imagem obtida por Maxar Technologies (2021)

3. Revisão bibliográfica

3.1. Aspectos socioeconômicos

Em 2010, a população do município de Rio Claro era composta por um total de 186.253 habitantes, sendo 181.270 residentes na área urbana e 4.533 na zona rural, apresentando densidade demográfica de 373,69 hab/km² (IBGE, 2010). A estimativa para o ano de 2020 é que o município apresente cerca de 208.008 de habitantes (IBGE, 2020).

No ano de 2010, a quantidade de indivíduos do sexo feminino era maior do que a do sexo masculino, 95.566 e 90.687, respectivamente. A faixa etária predominante da população do município era de 25 a 29 anos, considerada jovem. A taxa de escolarização na faixa etária de 6 a 14 anos é de cerca de 98,2% (IBGE, 2010).

No cenário socioeconômico de Rio Claro, o Produto Interno Bruto (PIB) do município no ano de 2017 foi de R\$ 9.418.390.654, com contribuição maior do setor de serviços, cerca de 51,2%, o setor industrial contribuiu 34,0%, 12% proveniente de arrecadação de impostos e 0,8% do setor agropecuário. O PIB per capita foi de R\$46.406,99, em 2017 (SEADE, 2017).

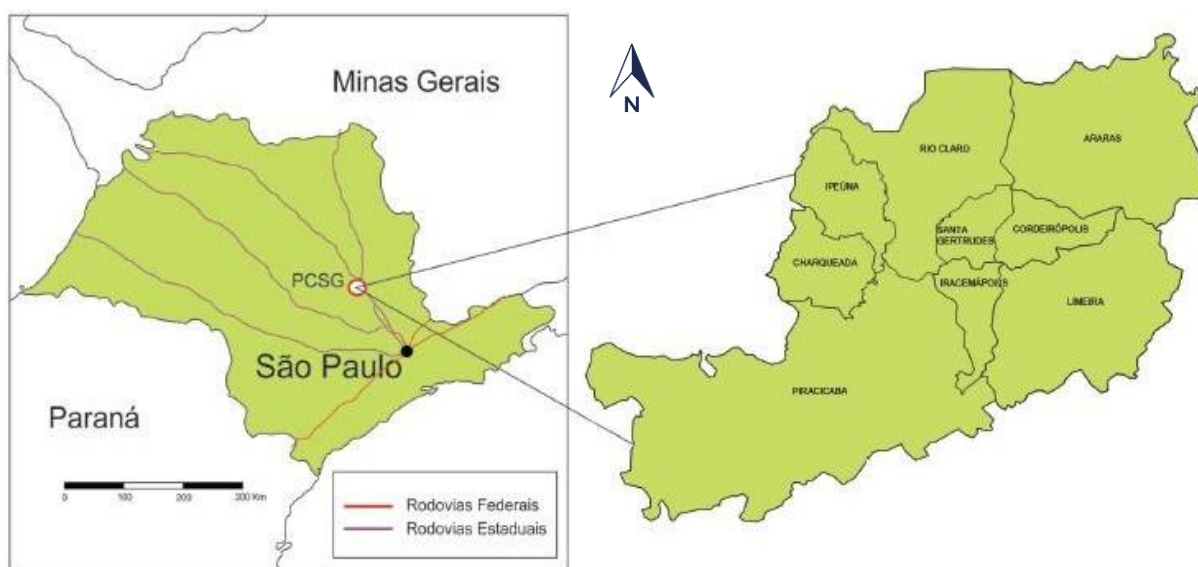
O rendimento médio da população em 2018 foi de R\$ 2.944 (SEADE, 2018) e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de Rio Claro, que considera os indicadores longevidade, educação e renda, é de 0,803, numa escala de 0 (mínimo) até 1 (máximo)

(IBGE, 2010).

3.2. Polo Cerâmico de Santa Gertrudes e Rio Claro: processo de exploração e produção e impactos ambientais

Conforme dados do IPT (2012), Rio Claro é um dos municípios que constituem o Polo Cerâmico de Santa Gertrudes, concentrando mineradoras que exploram argila da Formação Corumbataí e parque industrial especializado na produção de pisos e revestimentos cerâmicos. O Polo Cerâmico de Santa Gertrudes (PCSG) é considerado o principal aglomerado produtivo mínero-cerâmico do País (Figura 02).

Figura 02: Mapa de localização do polo cerâmico de Santa Gertrudes e vias de acesso.



Fonte: LORETI JUNIOR, SARDOU FILHO, CALTABELOTI (2014)

A produção de cerâmica em Santa Gertrudes e região teve início no começo do século XX, com a manufatura de tijolos e produtos de base argilosa, evoluindo para a confecção de tubos e pisos cerâmicos. A partir da década de 1980, o sucesso da produção permitiu o incentivo e investimentos tecnológicos no setor, desenvolvendo a produção de pisos cerâmicos moídos e prensados a seco, esmaltados e queimados pormonoqueima (MOTTA, et al, 2004)

O surgimento e desenvolvimento desse setor na região foi propiciado pela geologia local. A matéria prima utilizada nas indústrias é proveniente da Formação Corumbataí, caracterizada por siltitos, maciços e laminados intercalados, argilitos, folhelhos e arenitos finos a médios de cores variegadas intercalados com siltitos arenosos ou argilosos (CHRISTOFOLETTI E MORENO, 2011). Conforme Loreti Junior; Sardou Filho; Calttabeloti (2014), a Formação Corumbataí aflora de maneira expressiva e facilitada na região, como em cortes de estradas e rodovias, no leito de estradas vicinais, com as melhores exposições em frentes de lavra. A espessura dessa unidade na região não ultrapassa 100m.

A exploração das rochas da Formação Corumbataí na região do PCSG ocorre através de abertura de minas a céu aberto na forma de bancadas. A extração é feita com retroescavadeiras nas porções superiores, onde a rocha é mais friável e dinamites nas partes mais profundas, onde a rocha é mais rígida. Após o desmonte, o material é encaminhado para o trabalho de pátio (fase de pré-beneficiamento). A fase de pré- beneficiamento tem como objetivo reduzir custos e facilitar o processo de secagem da matéria-prima e é dividida em duas fases: Trabalho de Pátio e Sazonamento. As operações na fase de trabalho de pátio consistem no espalhamento, fragmentação, homogeneização e secagem do material em grandes pátios, após a sua retirada das minas, são utilizados rolos compressores com facas ou tratores de grade para a fragmentação do material. Na fase de sazonalimento, que possui duração de aproximadamente seis meses a um ano, a argila fragmentada é exposta ao ar livre em pilhas e tem como objetivo facilitar a etapa de beneficiamento, pois nesse procedimento ocorre a saída de água da rocha, lixiviação de sais sulfatos e oxidação da matéria orgânica presente, deixando a argila mais homogênea e eliminando possíveis defeitos do produto final. Após o trabalho de sazonalimento, a matéria-prima é conduzida por caminhões até britadores, onde é moída e encaminhada para as etapas industriais de prensagem, secagem, esmaltação e queima (CHRISTOFOLETTI E MORENO, 2011).

Segundo Christofolletti e Moreno (2011), o Polo Cerâmico de Santa Gertrudes (PCSG) é um dos principais polos produtores de revestimento do mundo, sendo considerado um dos maiores das Américas. Localizado na porção centro-sudeste do estado de São Paulo, o PCSG é constituído pelos municípios de Santa Gertrudes, Rio Claro, Cordeirópolis, Araras, Limeira, Ipeúna e Iracemópolis, pertencentes a região administrativa de Campinas.

O PCSG é organizado através de diversos segmentos: desde a mineração, indústrias de cerâmicas na região, comércio, fornecedores de insumos, máquinas e equipamentos e até parcerias com instituições de ensino e pesquisa (CHRISTOFOLETTIE MORENO, 2011).

A região apresenta bom sistema viário, que facilita o escoamento da produção do PCSG, destacando as Rodovias Washignton Luís (SP-310), Rodovia Bandeirante (SP- 348), Fausto Santomauro (SP-191), e a estrada de ferro da antiga Fepasa S.A (CHRISTOFOLETTI E MORENO, 2011) administrada atualmente pela Rumo Logística.

A área total dos municípios do polo cerâmico é de 3.517,52 km², com média de urbanização em torno de 94,6%. O setor é responsável por gerar aproximadamente 13,4 mil empregos diretos e 200 mil indiretos. Comparando-se a produção do polo cerâmico de Santa Gertrudes no ano de 2016 com o restante do estado de São Paulo, observa-se que o PCSG foi responsável por cerca de 91,3% da produção, com cerca de 42,7 milhões de m² de revestimentos cerâmicos enquanto a quantidade total do estado foi de 42,7 milhões de m² de revestimentos cerâmicos. Referente ao faturamento do ano de 2016, o PCSG obteve lucro de 332,97 milhões de reais, enquanto todo o estado de São Paulo teve cerca de 388,74 milhões de reais (ASPACER, 2016).

Os principais impactos ambientais negativos relacionados ao PCSG são: o aumento de sedimentos e conseqüentemente a turbidez das redes de drenagem da região, poluição atmosférica e desmatamento de cobertura vegetal natural (CHRISTOFOLETTI E MORENO, 2011). Conforme Resolução de nº 001/86 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), impacto ambiental é caracterizado como “qualquer alteração nas propriedades físicas, químicas e biológicas no meio ambiente, ocasionado por qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam: saúde, segurança e o bem estar ao

meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais” (BRASIL, 1986). Assim, como toda atividade de mineração e industrialização, o PCSG apresenta diversos impactos ambientais, positivos e negativos, ao longo de toda a sua cadeia produtiva (CHRISTOFOLETTI E MORENO, 2011).

Em períodos chuvosos os sedimentos finos oriundos das minas e dos pátios de secagem são carregados para as redes de drenagens (CHRISTOFOLETTI E MORENO, 2011), afetando a turbidez desses corpos d’água e diminuindo a qualidade da água da bacia do Rio Corumbataí, principal fonte de abastecimento público de água da região (FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2020).

A poluição atmosférica é outro importante impacto ambiental ocasionado pelo PCSG na região. Santa Gertrudes e Rio Claro estão no topo da lista de cidades com pior qualidade do ar no país e as atividades do PCSG são as fontes potenciais da liberação de material particulado para a atmosfera (CETESB, 2019). Essa poluição é oriunda de particulados finos liberados no ar durante as fases de extração, pré-beneficiamento, transporte, distribuição e beneficiamento da matéria prima argilosa e agrava-se nos períodos de estiagem e altas temperaturas (CHRISTOFOLETTI E MORENO, 2011). O nível crítico da qualidade do ar nessas cidades ocasiona problemas de saúde na população, como problemas respiratórios e até silicose, afetando a qualidade de vida dos moradores da região (CHRISTOFOLETTI E MORENO, 2011).

O desmatamento com retirada de cobertura vegetal natural das áreas e destruição dos nichos ecológicos também é um impacto ambiental importante quando se menciona o PCSG (CHRISTOFOLETTI E MORENO, 2011). Com o início da atividade minerária em uma área ocorre a retirada da cobertura vegetal natural, seguida da retirada da camada de solo fértil e a extração das camadas de rochas/minério sem interesse econômico (estéril) (FERREIRA et al., 2008). Conforme EcosBio (2014) a atividade minerária desordenada pode alterar as formas de relevo, aumentar a vulnerabilidade do solo para contaminação e eventuais perdas, prejudicando também áreas de recarga do nível freático. O não cumprimento do plano de lavra e a ausência de medidas mitigadoras de impactos ambientais, como recuperação de cavas abandonadas são os agentes que contribuem para o agravamento do desmatamento nas áreas de mineração de argila de Rio Claro (CHRISTOFOLETTI E MORENO, 2011). Segundo Archangelo (2015) a CETESB não dispõe de dados de levantamento sobre a quantidade de cavas de mineração

Figura 04: Coluna estratigráfica das unidades geológicas presentes no município de Rio Claro, destaque (vermelho) para a Formação Corumbataí estudada neste trabalho

Era	Períodos	Grupo	Formação	Litologia	I metros	Descrição	Ambiente de Deposição
Cenozoica	Neógeno		Rio Claro		30	Arenitos pouco consolidados com lentes de argila e níveis conglomeráticos na base.	Continental: planície aluvial e lacustre, colúviões.
	Paleógeno		Itaqueri		100	Arenitos conglomeráticos e arenitos silicificados/ferricretes.	Continental: leques aluviais.
Mesozoica	Cretáceo		Serra Geral		100	Derrames de basalto com lentes de arenito na base, diques e soleiras de diabásio.	Magmatismo fissural.
	Jurássico	São Bento	Botucatu		100	Arenitos bem selecionados com grãos bem arredondados e esféricos, pouca argila.	Continental: desértico.
	Triássico		Pirambola		150	Arenitos arredondados e esféricos, diversos níveis de lamitos.	Continental: fluvial e desértico.
			Corumbataí Topo		10	Siltitos contendo lentes de arenito fino, arenitos, siltitos, arenitos finos, níveis de calcários dolomíticos e coquinas.	Continental: lacustre e planície de maré.
Paleozoica	Permiano	Passa Dois	Corumbataí Base		10	Siltitos e siltitos arenosos.	Continental: lacustre e planície de maré.
			Irati		40	Folhelhos, siltitos, folhelhos pirobetuminosos e calcários dolomíticos.	Laguna e plataforma.
		Guatá	Tatuí		50	Siltitos e siltitos arenosos.	Planície costeira e plataforma.
		Itararé	«Indiviso»		900	Arenitos, siltitos, varvitos e diamictitos.	Continental: glacial, fluvial e lacustre. Marinho e glaciomarinho.
Pré-Cambriano			Embocamento			Granitos, migmatitos, gnaisses, xistos e quartzitos.	

Fonte: LORETI JUNIOR, SARDOU FILHO, CALTABELOTI (2014), adaptado de Perinotto e Zaine (2008)

3.3.1.1. Grupo Itararé

Representa a unidade basal da coluna estratigráfica da bacia na área de estudo. No Estado de São Paulo, é constituída por sedimentos arenosos com granulometria variada, de muito fina até arenitos conglomeráticos, de idade Neocarbonífera- Eopermieana (PERINOTTO E ZAINÉ (2008), MOD. DE SOARES E LANDIM, (1976). sedimentos do Itararé são de origem glacial (DERBY, 1878), sendo os principais ambientes: glácio- marinho plataformal, deltas, lagos, leque aluvial e fluvial (WASHBURNE, 1930). Principais litologias: Arenitos com granulação fina a conglomerados, diamictitos cinza, folhelhos; lamitos; siltitos cinza e ritmitos, de acordo com Arab (2009).

3.3.1.2. Formação Tatuí

De Idade Eopermiana (GORDON JR., 1947), a espessura média da Formação Tatuí é de 35m, de acordo com Perinotto e Zaine (2008) e Soares e

Landim (1976). Soares (1972) separou o Tatuí nos membros: (1) inferior: lamitos e siltitos de coloração marrom arroxeadada e (2) superior: lamitos, arenitos e calcários, com descontinuidade interna. O sistema prograda sobre ambiente marinho de marés e ondas, em um trato desistemas de mar alto na parte superior do Tatuí (STEVAUX et al., 1986). O contato entre a Formação Tatuí e Formação Irati (Camada Ibicatu) é marcado por níveis de ortoconglomerados (de 1 a 20 cm), de expressão regional, ricos em grânulos e seixos desílex e de bioclastos (ASSINE et. al. 2003).

3.3.1.3. Formação Irati

Dividida em dois membros, sendo: (1) Membro Taquaral: Basal, constituído por folhelhos de cores cinza-escuro e cinza-claro e siltitos de coloração cinza. De Idade Permiana Superior (DAEMON E QUADROS, 1970), foi depositado em ambiente marinho abaixo do nível de ondas, sendo seu contato com o Membro Assistência concordante. (10 a 20m). (2) Membro Assistência: Superior, composto por folhelhos cinza-escuros, folhelhos pretos, pirobetuminosos, associados a calcários, geralmente, dolomíticos (ZAINÉ, 1994). Do Permiano Superior (DAEMON E QUADROS, 1970), é de ambiente marinho de águas rasas, mais restritos (30m).

3.3.1.4. Formação Corumbataí

Schneider et al. (1974) apresenta litologia constituída argilitos, folhelhos e siltitos de cores escuro-acinzentados com intercalações carbonáticas e camadas de arenitos muito finos, com espessura em torno de 100m na área de estudo. O ambiente deposicional é lagunar associado a planícies de maré (PERINOTTO E ZAINÉ, 2008, modificado de SOARES E LANDIM, 1975). O contato (inferior) com a Formação Irati é concordante, sua idade é definida como Permiano Superior.

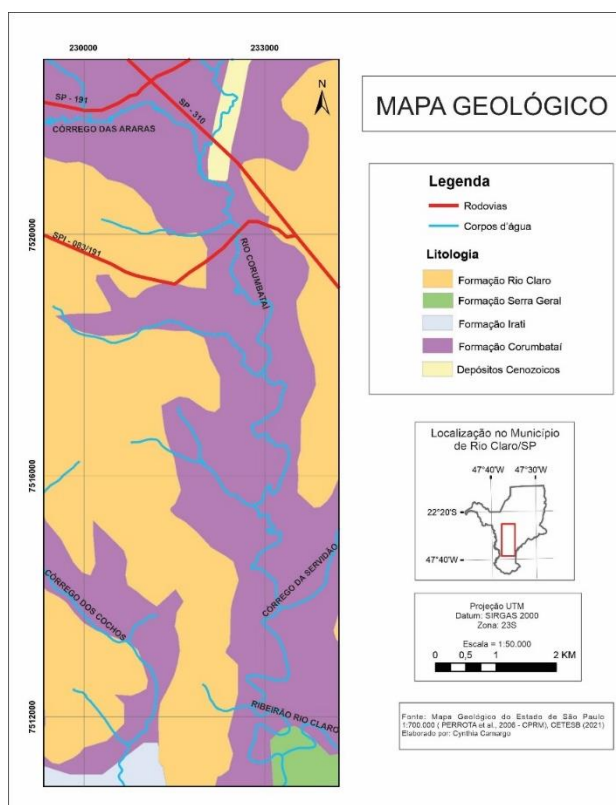
Segundo Motta et. al (2004) os principais minerais que compõem as rochas da Formação Corumbataí são illita, em menor proporção esmectita e caulinita, quartzo, feldspatos, hematita e hidróxidos de ferro. Em porções locais, intermediária e inferiores da formação, são registradas a ocorrência de fácies arenosas com granulometria abaixo de 120µm, ricas em feldspatos, que constituem aproximadamente 60% da rocha, representado principalmente por albita autogênica.

Também são observados Fragmentos biogênicos (*bone beds* e coquina) presentes em camadas centimétricas de argila (MOTTA et al. 2004).

A extração de argila para o Polo Cerâmico de Santa Gertrudes ocorre preferencialmente pelas porções estratigráficas intermediárias e basais da Formação Corumbataí, porém todos os níveis estratigráficos da unidade são explorados, exceto quando a rocha apresenta alto grau de intemperismo ou contaminada por impurezas, como veios de sílica e/ou carbonatos, concentrações biogênicas, intercalações de fácies arenosas e intrusões basálticas, fatores que impedem o bom aproveitamento do minério (MOTTA et al., 2004).

Através da Figura 05 é possível identificar que os siltitos e argilitos da Formação Corumbataí apresentam maior ocorrência nas planícies de inundação do Rio Corumbataí.

Figura 05: Mapa Geológico da área de estudo



Fonte: PERROTA et al. (2005)

3.3.1.5. Formação Pirambóia

Possui idade triássica e é constituída por arenitos eólicos (ASSINE et al. 2005). Ocorre de maneira contínua por todo Estado de São Paulo, aflorando ao

longo de toda Depressão Periférica Paulista (CAETANO – CHANG E WU, 1995). É caracterizada por espessos corpos de arenitos com níveis conglomeráticos avermelhados ou rosados, constituídos por arenito de granulação fina e média, possuindo maior proporção de fração argilosa na porção inferior. Estruturas sedimentares, como estratificação cruzada de grande e médio porte, são elementos característicos da unidade (ZAINÉ, 1994).

3.3.1.6. Formação Serra Geral

Conforme Sousa (1997), a Formação Serra Geral é caracterizada como um conjunto de derrames constituídos por basaltos toleíticos, com espessura variável, apresentando extensão de aproximadamente 10 km. São rochas de coloração cinza escura a preto, afaníticas. A zona central dos derrames apresenta maior espessura e é maciça, microcristalina e fraturada por disjunção colunar. Os *sill* aflorantes no município de Rio Claro são classificados como corpos tabulares com extensão lateral e se encaixam entre as rochas da Formação Irati e Piramboia, ocorrendo basaltos e diabásios. Há ocorrência de diques, menos comuns que os sills, e são encontrados em maior quantidade na adjacência aos dois principais domos da região, Pitanga e Anhembi (MACHADO et al., 2007).

3.3.1.7. Formação Rio Claro

A Formação Rio Claro (BJÖRNBERG E LANDIM, 1966), tem área tipo situada no entorno da cidade de Rio Claro, constitui-se de arenitos mal consolidados e mal classificados de coloração amarela, arenitos conglomeráticos e argilitos avermelhados ou brancos, exibindo litificação em geral incipiente. Dados obtidos de descrição de amostras de afloramentos e análise granulométrica indicam que os arenitos possuem granulometria que variam de areia fina à média. Há ocorrência de arenitos com alto teor de argilas, outros são conglomeráticos, coerentes com sua sedimentação em ambiente fluvial, no qual os níveis mais argilosos correspondem a planícies de inundação e os níveis conglomeráticos aos canais (OLIVA, 2002).

Quanto às relações estratigráficas, a Formação Rio Claro aparece principalmente sobreposta à Formação Corumbataí, no município. Na borda Leste da Depressão Periférica, os sedimentos estão sobrepostos ao Subgrupo Itararé e à Formação Aquidauana e, em Vargem Grande do Sul, aparece diretamente sobre o embasamento pré-cambriano (MELO, 1995). A idade da Formação Rio Claro é identificada por Ferreira (2005) do Pleistoceno, com retrabalhamento coluvionar na passagem para o Holoceno.

3.3.1.8. Depósitos Cenozoicos

Conforme Pumpim (2010) são observados na área de estudo depósitos quaternários, caracterizados pela pequena espessura, rara presença de litificação e estrutura sedimentar, constituído por material detrítico localmente remobilizado (coluviões) ou sedimentos presentes no fundo dos principais vales fluviais (aluviões), geralmente de idade Quaternária. Conforme Soares e Landim (1976) estes depósitos estão associados a superfícies erosivas, ao soerguimento continental (a partir do Terciário Superior) e a bacias hidrográficas regionais, que estabeleceram o nível de baselocal, a partir de condicionantes litológicos ou estruturais.

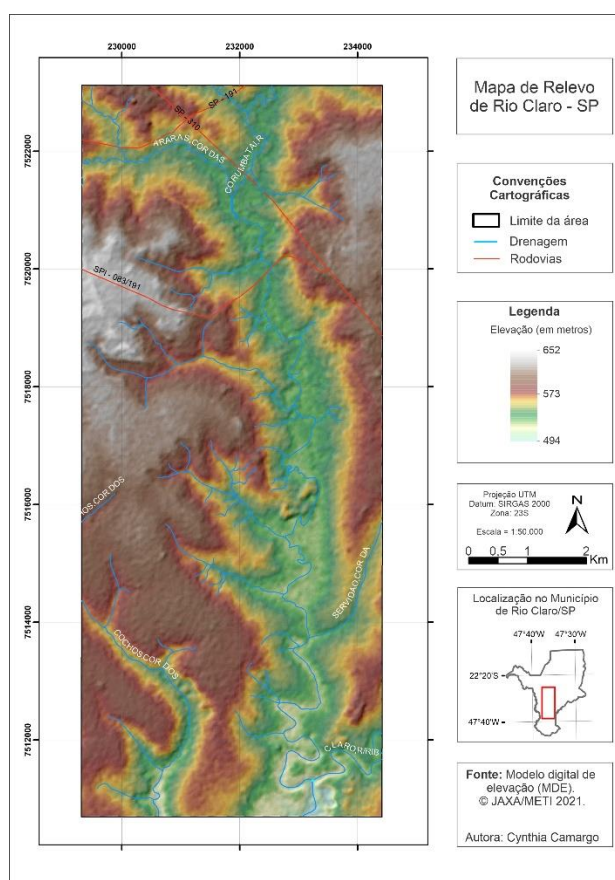
3.3.2. Geomorfologia

Em relação a sua geomorfologia, o município de Rio Claro está inserido nas Províncias de Depressão Periférica, na zona do Médio Tietê e Cuestas Basálticas (ALMEIDA, 1964). A primeira unidade ocupa regiões altimetricamente entre 500 e 650 metros, com predominância de colinas de topo amplo, tabulares e convexas, apresentando declividades baixa a moderada e densa rede de drenagem (ROSS E MOROZ, 1997).

Conforme Penteado (1976), a região apresenta relevo predominante de colinas tabuliformes com vertentes suavemente convexas e patamares levemente inclinados, dispostos entre 550 e 650 m. Há presença de morros testemunhos isolados, colinas médias suavemente convexas e morrotes alongados paralelos que descem em direção aos vales abertos dos principais rios Corumbataí e Ribeirão do Rio Claro (PENTEADO, 1976) .

A Figura 06 indica o relevo da área de estudo, as cotas vão de 434 metros até 652 metros.

Figura 06: Mapa de relevo da área de estudo



Fonte: Elaborado pela autora

3.3.3. Clima

O clima da região é considerado subtropical úmido (Cwa) segundo a classificação de Köppen (1931), com duas estações bem definidas, seca no inverno e chuvosa no verão. As temperaturas anuais variam de 18 a 21°C. A estiagem estende-se de março a setembro, com apenas 20% das chuvas anuais. As massas de ar tropicais e equatoriais predominam em mais da metade do ano, trazem mais de 80% das chuvas anuais, que alcançam cerca de 1.100 mm e o período chuvoso (CEAPLA, 2011).

3.3.4. Vegetação

A vegetação do município de Rio Claro é caracterizada como Florestal Estacional Semidecidual, cerrado/ cerradão ou floresta paludosa. Em alguns locais do município, a vegetação está representada pela Floresta Estacional Semidecidual, relacionada a sazonalidade climática, verão chuvoso e inverno seco ou clima subtropical sem seca, mas com intenso frio, temperaturas médias abaixo de 15°C, e pela queda das folhas durante o período seco, em 20 a 50% das árvores caducifólias da floresta (PUPIM, 2010). Ao longo das margens dos cursos d'água e drenagens são observadas diferentes espécies vegetais, caracterizando essas regiões como zonas de transição entre uma vegetação estacional semidecidual, com alagamentos não tão constantes, e campos higrófilos nas planícies de inundação (PUPIM, 2010).

Conforme Instituto Florestal (2009), cerca de 1929 ha do território é ocupado pela vegetação natural, representando 3,7% da área total do município. Cerca de 196,47ha dessa vegetação são compostas por mata, 1686,74 ha vegetação de capoeira, 30,93ha compostas por vegetação de várzea e 15,06ha por vegetação não classificada; como área de reflorestamento equivalente a 3.805,19ha. Quanto à vegetação natural remanescente, 4.682ha são de Floresta Estacional Semidecidual e 332ha de formação arbórea/arbustiva em região de várzea, resultando um total de 5.014ha, cerca de 10,1% da área total do município (INSTITUTO FLORESTAL, 2009).

3.3.5. Pedologia

Em Rio Claro, a área territorial é formada pela ordem dos Argissolos, Latossolos e Neossolos, respectivamente. Elas se subdividem em diferentes tipos, conforme suas especificidades como características físico-químicas, processos de formação, horizontes diagnósticos, tipo de arranjo dos horizontes, atividade de argila etc. (ECOSBIO, 2014).

Os Argissolos correspondem a cerca de 68% do município e apresentam limitações agrícolas como baixa fertilidade, acidez elevada, altos teores de alumínio e suscetibilidade aos processos erosivos. Sua utilização é possível através do manejo adequado, principalmente pela limitação da água no perfil, ocasionado pela descontinuidade textural em seus horizontes, assim, é necessário utilizar sistemas de terraceamento em desnível e boa cobertura vegetal para garantir sua integridade

e produtividade (ECOSBIO, 2014).

Os Latossolos Vermelhos ocupam 18,2% da área do município e apresentam alto potencial de uso, devido às boas condições físicas e relevo suave característico (ECOSBIO, 2014). O manejo de Latossolos Vermelhos é necessário para corrigir sua acidez e adubação. São solos resistentes aos processos erosivos pelas suas características físicas, porém o uso intensivo de mecanização pode ocasionar a compactação desses solos e torná-los suscetíveis a erosão (AGEITEC, 2014)

Os Neossolos Litólicos, representam 3,9% da área municipal. Estão associados geograficamente à porção nordeste do município, associados siltitos e argilitos, da Formação Corumbataí e na área sul, com as rochas da Formação Irati, ocorrendo nas áreas topograficamente mais elevadas (ECOSBIO, 2014). Em Rio Claro, os Neossolos Litólicos identificados são distróficos caracterizados com baixa fertilidade natural, maior acidez, necessitando de um emprego maior de adubos e calagem para correção de acidez. de baixa fertilidade natural, sendo também, mais ácidos e demandando maior uso de adubação e de calagem para correção da acidez. Esse tipo de solo quando localizado em áreas de maior declividade, apresentam restrição a mecanização e alta suscetibilidade aos processos erosivos (ECOSBIO, 2014).

3.3.6. Hidrografia

Em relação a sua hidrografia, o município de Rio Claro está localizado na bacia hidrográfica do Rio Corumbataí, inserida no Comitê de Bacia Piracicaba/Capivari/Jundiaí, UGRHI 05 – Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos que abrange uma área de aproximadamente 15.303,67 km² (ECOSBIO, 2014).

O Rio Corumbataí é um dos principais rios da região, apresentando qualidade de água em diversos trechos, conforme Classificação CONAMA (Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, alterada parcialmente pela Resolução 410/2009 e 430/2011,) na Classe 1, águas que podem ser destinadas à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas e ao abastecimento para consumo humano, após tratamento

simplificado (BRASIL, 2005). Pela sua qualidade o Rio Corumbataí é responsável pelo abastecimento de cerca de 59,06% do município de Rio Claro e apresenta vazão média produzida de 382 L/s. Seus afluentes principais no município são os rios Cabeça e Passa Cinco (FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2020).

Conforme Projeto SOS Corumbataí (2006), as atividades extrativistas, agrícolas, industriais e minerárias estão comprometendo a qualidade do Rio Corumbataí em alguns trechos, tanto que em certos pontos, entre Rio Claro e sua foz no Rio Piracicaba, a qualidade da água se enquadra na Classe 4, conforme Classificação CONAMA, águas utilizadas apenas para navegação e harmonia paisagística (BRASIL, 2005).

O Ribeirão Rio Claro é outro importante corpo d'água do município e é responsável por aproximadamente 40,51% do abastecimento da cidade, apresentando vazão média produzida de 262,0 l/s (FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2020). Seus afluentes são os Córregos Cachoeirinha, Mãe Preta e Lavapés, além dos Córregos Ibitinga e Santo Antônio, que deságuam no Ribeirão na região da Floresta Estadual "Edmundo Navarro de Andrade", antigo Horto Florestal de Rio Claro (ECOSBIO, 2014).

Em relação as nascentes, segundo levantamento de ECOSBIO (2014), Rio Claro apresenta cerca de 1447 nascentes, onde 46% estão preservadas, 46% perturbadas e 8% degradadas.

3.3.7. Hidrogeologia

Conforme OLIVA (2002), na cidade de Rio Claro ocorrem duas unidades aquíferas predominantes. A primeira é caracterizada como um aquífero livre e pouco profundo, com vazão entre 17 m³/h e 25 m³/h, constituído pelos arenitos pouco consolidados da Formação Rio Claro. A segunda é formada pelos sedimentos das Formações Tatuí e camadas do Subgrupo Itararé, que constituem o Aquífero Tubarão, confinado e com profundidades que variam em torno de 200 m e vazão entre 20 m³/h e 37 m³/h.

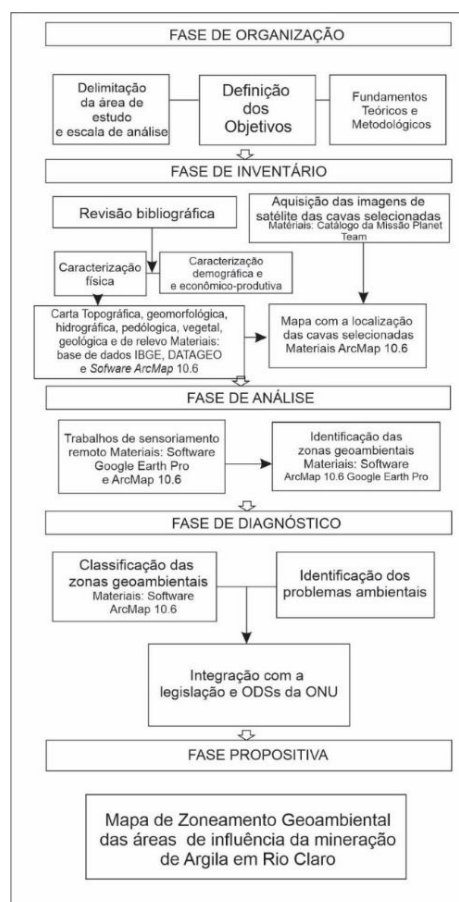
O município também apresenta uma ampla distribuição de rochas intrusivas básicas, que ocorrem como diques e *sills*, associados a Formação Serra Geral. Os corpos de diabásio também contêm água em suas fraturas e apresentam vazão entre 5 m³/h e 30 m³/h (OLIVA et al., 2005).

O abastecimento utilizando água subterrânea é de menos de 5% no município atendendo principalmente os Distritos de Assistência (ECOSBIO, 2014) e de Ferraz (FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2020).

4. Materiais e Métodos

Os materiais e métodos aplicados neste trabalho para atingir os objetivos propostos estão divididos em cinco fases, organizados em um fluxograma (Figura 7) para melhor compreensão. Nos próximos subtópicos são especificados detalhadamente os métodos utilizados.

Figura 7: Fluxograma dos Materiais e Métodos propostos para o trabalho.



Fonte: elaborado pela autora

4.1. Definição da área de estudo

As cavas selecionadas, definidas na fase de organização, foram escolhidas a partir do critério de proximidade de até dois km de distância das margens do Rio

Corumbataí e seus afluentes diretos no município de Rio Claro, a fim de se obter uma análise da influência desses empreendimentos na mata ciliar, nascentes, zonas úmidas e atividades agropecuárias localizadas nas margens dos corpos d'água da área.

Para a seleção da área foi observado, através do *software Google Earth* (google.com/earth), todo o curso do Rio Corumbataí pelo município de Rio Claro e calculada a distância dos empreendimentos identificados através da ferramenta régua do próprio *software*. As cavas que se encontravam dentro do limite proposto foram identificadas com pontos, numerados e transferidos para o *software ArcMap 10.6*.

Assim, conforme o exposto, foi estabelecido um polígono com área de 63,46 km² que abrange as zonas analisadas, denominado como área de estudo.

Para a confecção do mapa de zoneamento geoambiental na escala 1:50.000, elaborou-se um mosaico do município de Rio Claro com as imagens de satélite da missão *Planet* (PLANET TEAM, 2018), adquiridas durante a fase de inventário, que apresentam resolução espacial de 3,125 metros, georreferenciadas no *software ArcMap 10.6* e plotou-se os pontos das cavas selecionadas.

A partir da definição das cavas foi delimitado o polígono de estudo e com base nas análises no *Google Earth Pro*, e consulta ao levantamento bibliográfico, foram caracterizadas e delimitadas, por meio de *shapefile*, as zonas geoambientais no *software ArcMap 10.6* utilizando as imagens de satélite da missão *Planet* (PLANET TEAM, 2018), esses trabalhos ocorreram durante a fase de análise.

Para a identificação dos impactos ambientais, que ocorreu na fase de diagnóstico, foi feita uma análise do polígono de estudo em todas as zonas definidas utilizando o *software Google Earth Pro*.

Os dados e *shapefiles* de corpos d'água e nascentes foram obtidos, respectivamente, através do site da CETESB pelo projeto Enquadramento dos corpos hídricos – UGRHI 05 (2018) (<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/enquadramento-dos-corpos-hidricos-arquivos-digitais/>) e do CAR (Cadastro Ambiental Rural, 2021) pelo SICAR (Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural - <https://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>).

4.2. Zoneamento Geoambiental

Conforme Silva et al. (2011), o conceito de unidade geoambiental foi definido

oficialmente no Brasil pelo decreto nº 5300 de 7 de Dezembro de 2004, Lei nº 7.661, regulamentadora da Lei de 16 de maio de 1988 que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), e propõem que a “Unidade Geoambiental é a porção do território com elevado grau de similaridade entre as características físicas e bióticas, podendo abranger diversos tipos de ecossistemas com interações funcionais e forte interdependência”

O zoneamento geoambiental trata-se da análise e avaliação sistemática de uma região, a fim de se obter informações sobre as variáveis litológicas, morfoestruturais, microclimáticas, fisiográficas e coberturas/unidades de alteração intempérica, definindo com isto as zonas geoambientais, que apresentam as potencialidades de suporte do meiofísico de acordo com os seus condicionantes naturais, em função dos modificadores socioeconômicos. As informações obtidas por essa técnica permitem a adequação das necessidades socioeconômicas às possibilidades físicas e ecológicas da região, servindo como subsídio para ocupação e exploração sustentável da área (JIMÉNEZ et al., 1995). Através da definição de zonas ambientais é possível discriminar os potenciais e limitações de uso dos recursos naturais e uma zona, pelas características da paisagem, sendo possível propor o uso sustentável da terra, sendo uma ferramenta de gestão territorial útil e relevante (MORAES, 2007).

Segundo Ohara et al. (2003), o fornecimento de subsídios técnicos para orientar e direcionar a tomada de decisões e a implementação de alternativas de desenvolvimento regional sustentáveis, considerando as vulnerabilidades dos sistemas ambientais é o objetivo do zoneamento geoambiental.

Para a realização do zoneamento geoambiental foi necessário aplicar duas ferramentas de caracterização e levantamento de dados: a avaliação ambiental (referente as características do meio físico) e a avaliação de alterações realizadas por atividades modificadoras e conseqüentemente seus aspectos socioeconomicos (SILVA, 2005).

De acordo com Trentin e Robaina, (2005), uma análise geoambiental se baseia em diversos parâmetros, como substrato geológico e lineamento de estruturas, formas de relevo, condições climáticas, rede hidrográfica e características ambientais relevantes, podendo utilizar um único parâmetro ou vários deles associados, dando embasamento para a pesquisa.

A metodologia deste trabalho foi baseada na proposta de Rodriguez et al.

(2004) para a delimitação das zonas geoambientais, cuja ideia central é a de que a análise da paisagem deve integrar o estudo dos geossistemas para compreensão das suas conexões, priorizando além da morfologia da paisagem e suas subdivisões, a dinâmica do ambiente, sua estrutura funcional e conexões antrópicas.

A técnica desenvolvida neste trabalho constitui em uma análise do substrato geológico, formas de relevo, rede hidrográfica e avaliação do uso e ocupação do solo das áreas de influência das minerações de argila no município de Rio Claro, através de sensoriamento remoto e dados SIG para se obter um zoneamento geoambiental da área escolhida (escala 1:50.000), localizadas na bacia hidrográfica do Corumbataí, discutindo as características e fragilidades desses ambientes, relacionando-os com a legislação vigente (Código Brasileiro de Mineração e Código Florestal) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.

4.3. Novo Código Florestal

O novo código florestal brasileiro foi promulgado pela Lei nº12.651, de 25 de maio de 2012, com alterações pela Lei 12.727, de 17 de outubro de 2012, revogando a Lei nº 4.771/1965 e suas respectivas alterações, conhecido como antigo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012).

Conforme este código, é considerada Área de Preservação Permanente (APP): “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxogênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (BRASIL, 2012).

Segundo o documento, em relação aos recursos hídricos, se enquadram nas áreas de preservação permanente regiões de nascente e olhos d’água, cursos d’água naturais, áreas úmidas, restingas e manguezais.

A delimitação das Áreas de Preservação Permanente também é definida pelo Novo Código Florestal (BRASIL, 2012):

[...]

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

- a) a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
 - b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
 - c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
 - d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
 - e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;
- II- as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com larguramínima de:
- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros; b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;
- [...]

Conforme o Novo Código Florestal (BRASIL, 2012), a mineração se enquadra como uso alternativo do solo que substitui a vegetação nativa e formações sucessoras e os insumos de mineração destinados à construção civil, caso da argila explorada no PCSG, são classificados como utilidade pública e interesse social e apresenta um artigo específico sobre Áreas de Preservação Ambiental relacionadas a essas atividades:

[...]
 Art. 8 A intervenção ou a supressão de vegetação nativa em Área de Preservação Permanente somente ocorrerá nas hipóteses de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental previstas nesta Lei.
 [...]

Com base no exposto, o novo código Florestal foi um dos documentos normativos utilizados para se elaborar o zoneamento geoambiental proposto neste trabalho, além de servir como subsídio para discutir as conformidades das minerações de argila em relação às Áreas de Preservação Permanente na bacia hidrográfica do Rio Corumbataí, no município de Rio Claro.

4.4. Código de Mineração

As atividades minerárias no Brasil são instituídas pelo Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018, que regulamenta o Código de Mineração, Decreto-Lei nº 227/67,

bem como as Leis nº 6.567/78 e nº 7.805/89, e parte da Lei nº 13.575/17 (BRASIL, 2018).

Conforme Art. 3º do Decreto mencionado é de responsabilidade da União: “organizar a administração dos recursos minerais, a indústria de produção mineral e a distribuição, o comércio e o consumo de produtos minerais.”

O decreto também dispõe sobre o que são consideradas atividades de mineração, abrangendo nessa definição as atividades de pesquisa mineral, lavra, desenvolvimento da mina, beneficiamento, comercialização dos minérios, aproveitamento de rejeitos e o fechamento da mina.

É de responsabilidade do portador de licença de exercício da atividade minerária a recuperação ambiental das áreas degradadas presentes no empreendimento, apresentando em suas fases de implantação estudos de impacto ambiental com medidas mitigadoras dos impactos inerentes a atividade e o plano para descomissionamento da mina, quando ocorre o término de suas atividades (BRASIL, 2018)

As argilas, assim como outros agregados para a construção civil, são classificados como insumos de utilidade pública e interesse social, e se enquadram no regime de concessão de mineração especial, denominado de regime de licenciamento, conforme Lei Federal nº 6.567/78 (BRASIL, 1978), alterada pela Lei nº 13.975, de 7 de janeiro de 2020 (BRASIL, 2020).

Portanto, é relevante que se avalie a sustentabilidade da atividade mineradora de grande porte como a que é instalada no PCSG no município de Rio Claro, considerando os impactos ambientais inerentes a atividade. Neste trabalho serão discutidas as conformidades abrangidas no Código de Mineração abordando os regimes vigentes da exploração de argila e relacionando a legislação com os impactos ambientais diagnosticados no zoneamento geoambiental.

4.5. Sensoriamento Remoto e SIG

Conforme Jensen e Epiphanyo (2009), sensoriamento remoto é caracterizado como uma série de atividades que permitem a obtenção de informações de produtos que compõem a superfície terrestre, sem o contato direto com o alvo selecionado. Essas atividades englobam a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração

de informações) da energia eletromagnética ou radiação eletromagnética emitida ou refletida pelos alvos terrestre e que são registradas por sensores remotos, que constituem satélites, radares e até câmeras fotográficas.

Os alvos presentes no meio ambiente emitem quantidades e qualidades específicas de energia eletromagnética, resultante das interações desses objetos, principalmente suas características físico-químicas e biológica, com a própria energia eletromagnética. Essas interações são captadas e identificadas nas imagens e dados dos sensores remotos. Portanto, a energia eletromagnética refletida e emitida pelos alvos terrestres é a base de dados para todo o processo de sua identificação, pois com ela é possível quantificar a energia espectral refletida e/ou emitida, sendo possível avaliar as principais características dos alvos. Assim, os sensores remotos são importantes ferramentas para a elaboração de zoneamentos geoambientais, inventários e monitoramento de recursos naturais (JENSEN E EPIPHANIO, 2009).

Segundo Lawrence et al. (2006), o sensoriamento remoto permite o monitoramento e o estudo de fenômenos naturais ambientais, podendo se estudar grandes áreas com imagens em tempo real e/ou de diferentes datas.

As vantagens do uso do sensoriamento remoto estão na cobertura de grandes áreas geográficas, no baixo custo de sua utilização, compatibilidade com os principais Sistemas de Informação Geográfica e na sua boa confiabilidade (BAUER et al., 2004).

Conforme Câmara e Medeiros (1996), informações geográficas são constituídas por um conjunto de dados que apresentam associações ou relações de natureza espacial e podem ser representadas de maneira gráfica, numérica e alfanumérica. Assim, um Sistema de Informação Geográfica (SIG) utiliza ferramentas especializadas e base de dados computadorizada que reúnem, recuperam, transformam e emitem informações espaciais geográficas.

Neste trabalho foram aplicadas técnicas de sensoriamento remoto e SIG utilizando os softwares *ArcMap 10.6* e *Google Earth Pro*, imagens de satélite com resolução de 3,125 metros da missão Planet, Carta Topográfica de Rio Claro (1:50.000), base geológica, hidrográfica, pedológica e geomorfológica, obtidas no site DataGeo, Limites municipais, estaduais e nacional do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

4.6. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU (ODS)

Em setembro de 2015 foi aprovada pela Organização das Nações Unidas (ONU) uma agenda global contendo 17 objetivos e 169 metas para a aplicação de iniciativas capazes de tornar o planeta sustentável, resiliente e mais igualitário socialmente (Figura 8). Esse acordo internacional, nomeado como “Transformando o mundo: a agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, consiste em um plano de ação para nortear governos, empresas, indivíduos e organizações públicas e privadas em um horizonte de 15 anos, embasado na Declaração do Milênio, outro pacto da ONU, assinado em setembro de 2000 objetivando a redução da pobreza no mundo (PNUD, 2017).

Figura 8: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU.



Fonte: Plataforma Agenda 2030

Segundo PNUD (2017), a execução dos ODS até 2030 exigirá um grande esforço e cooperação entre os governos, organizações não governamentais, setores públicos e privados e comunidades, para isso será necessário a discussão e integração desses Objetivos em suas práticas e operações.

Conforme mencionado anteriormente, os impactos ambientais e sociais são inerentes a atividade minerária, porém, PNUD (2017) menciona que os impactos negativos precisam ser previstos e mitigados, através de uma gestão sustentável e ordenada. A aplicação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU no setor pode ajudar nessa realização, tornando a atividade, que é essencial para o desenvolvimento social e econômico da sociedade brasileira e mundial, menos degradante social e ambientalmente.

Devido a importância do tema, este trabalho utilizou os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, relacionados a Água Potável e Saneamento (ODS 6), Mudanças Climáticas (ODS 13), e Vida Terrestre (ODS 15) para se discutir e avaliar a sustentabilidade no polo Cerâmico de Santa Gertrudes no Município de Rio Claro através do zoneamento geoambiental proposto nas áreas de influência da mineração de argila próximas ao Rio Corumbataí.

5. Resultados e discussão

5.1. Definição e descrição das zonas geoambientais

Com base nas análises das características do meio físico levantadas nos tópicos de bibliografia, avaliação das atividades modificadoras, o aspecto socioeconômico e das imagens de satélite da região de estudo, foi elaborado o mapa de zoneamento geoambiental das áreas de influência da mineração de argila de Rio Claro (ANEXO A).

A seguir são especificadas as zonas ambientais definidas no mapa e suas características.

5.1.1. Área das Cavas

A área das cavas de mineração de argila selecionadas para esse estudo foi diagnosticada como uma zona geoambiental por apresentar características distintas e por ser resultado de intervenções antrópicas que afetam diretamente as outras zonas, além de integrar o critério socioeconômico.

A zona geoambiental classificada como Área das Cavas apresenta área de cerca de 1,48 km² na região de estudo, cerca de 2,33%. É constituída por doze cavas a céu aberto, dispostas em bancadas, onde o minério, a argila da Formação Corumbataí, é extraído com escavadeiras e explosivos. Também constitui essa zona as pilhas de estéril e as instalações implantadas para a operação da mina, como lagoas de decantação, áreas de escape e estradas para circulação de veículos, além de instalações para funcionários e escritório. O critério geológico é o principal fator determinante desta zona, pois ela só ocorre em locais onde é possível explorar, de maneira economicamente viável, o minério.

Nessas áreas foram identificadas cavas com acumulação de água que segundo CEAPLA (2011) se originam pela ocorrência natural de água no interior das cavas, quando as operações atingem o freático, fazendo com que determinadas áreas mais rebaixadas fiquem submersas. As águas dessas áreas rebaixadas são bombeadas para lagoas de decantação ou então diretamente para cursos d'água.

Conforme tabela 01, cerca de 50% das cavas analisadas se encontram em uma distância menor que 500 metros das margens do Rio Corumbataí/afluentes

diretos e estão instaladas predominantemente nos terraços e planícies de inundação desses fluxos d'água.

Tabela 01: Dados das doze cavas selecionadas para o estudo

Cava	Coordenadas	Área em km²	Distância em metros das margens do fluxo d'água mais próximo
1	X: 32901,5522 Y:7522554,667	0,02	532
2	X:233113,6508 Y:7522427,884	0,04	880
3	X:232782,5010 Y:7522357,845	0,1	494
4	X:232875,6777 Y:7522135,956	0,04	398
5	X:230128,7726 Y:7520614,370	0,04	460
6	X:231852,2352 Y:7515534,387	0,1	615
7	X:232065,3575 Y:7515062,852	0,04	327
8	X:232498,3369 Y:7514865,140	0,4	350
9	X:231165,7348 Y:7513187,970	0,2	386
10	X:230515,4424 Y:7512791,227	0,30	469
11	X:232039,0335 Y:7512764,821	0,10	687
12	X:231916,6091 Y:7511939,055	0,1	955

Fonte: elaborado pela autora

As Figuras 09 até 12 são imagens de satélite obtidas através do *software Google Earth Pro* das doze cavas selecionadas.

Figura 09: Imagem de satélite das cavas um, dois, três e quatro.



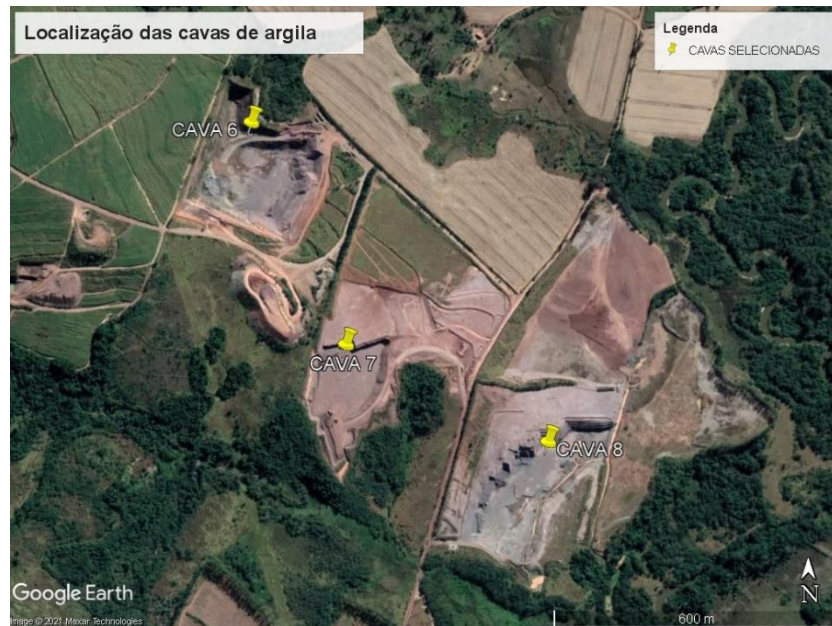
Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

Figura 10: Imagem de satélite da cava cinco



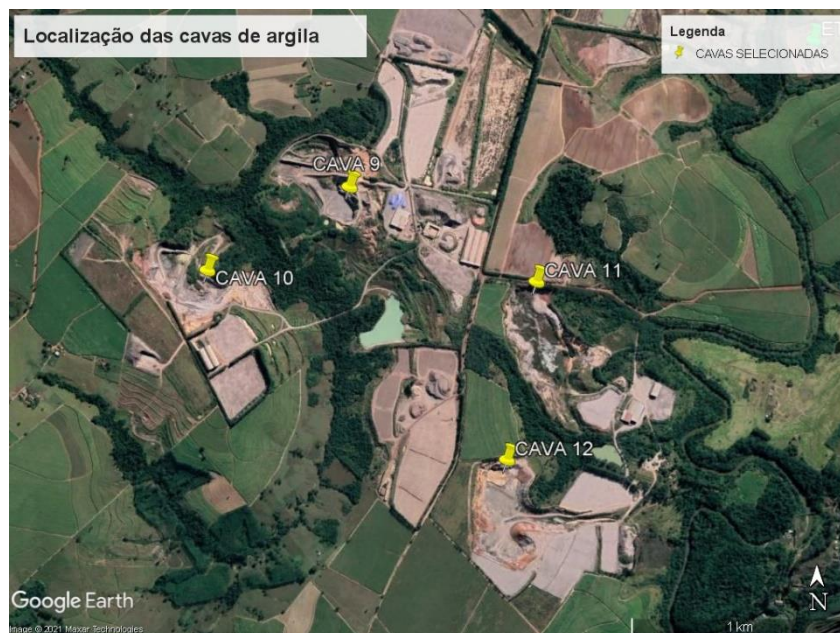
Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

Figura 11: Imagem de satélite das cavas seis, sete e oito



Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

Figura 12: Imagem de satélite das cavas nove, dez, onze e doze



Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

5.1.2. Área de Operações

A zona geoambiental classificada como Área de Operações (Figura 13) está diretamente relacionada com a zona Área das Cavas, pois se trata de regiões onde ocorrem as demais fases da atividade minerária e estão localizadas próximas das cavas selecionadas.

Essa zona apresenta área de cerca de 4,13 km², cerca de 6,5% da área de estudo, estão instaladas nas regiões de terraço e planícies de inundação do Rio Corumbataí e seus afluentes diretos.

São locais onde o material extraído é disposto para que ocorram os trabalhos de espalhamento, fragmentação, homogeneização e secagem da argila e as pilhas de sazonalamento, onde o minério é exposto ao ar livre para facilitar a saída de água dos poros dos minerais, lixiviação dos sais de sulfato e oxidação da matéria orgânica presente. Se enquadram também nessas zonas as indústrias de cerâmica e olarias, que realizam a etapa de beneficiamento do minério.

Em alguns pontos dessa zona observou-se a existência de galpões com cobertura que preservam a integridade do material que está em sazonalamento (Figura 14), em outros, nota-se o material coberto com lonas para impedir a sua dispersão via atmosfera e sua lixiviação, porém, a maioria dos pátios que armazenam o minério extraído não apresentam coberturas, e o material permanece exposto aos condicionantes climáticos. Foi observado também processos erosivos como sulcos e ravinas nesses locais, provavelmente produzidos pela intensa circulação de veículos de grande porte, que transportam e remobilizam o material e pela ausência da cobertura vegetal natural.

Figura 13: Imagem de satélite da Área de Operações



Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

Figura 14: a) Imagem de satélite da zona Área de Operações; b) detalhe identificando parte do material coberto por lonas (seta azul), galpões (seta laranja) e parte a céu aberto (seta verde)



Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

5.1.3. Área Úmida/ Alagável

Essa zona geoambiental é caracterizada pelo Rio Corumbataí, seus afluentes diretos (Córrego dos Cochos, Córrego da Servidão e Córrego Araras), nascentes, zonas úmidas e suas respectivas Áreas de Preservação Permanente (APP) (Figura 15).

Representa área de cerca de 14,98 km² no polígono de estudo, representando 23,6%.

As áreas de preservação permanente constituem-se em áreas de vegetação natural protegidas pelo código florestal e apresentam uso restrito e controlado. São fundamentais para a preservação da biodiversidade, para garantir a estabilidade geológica e geomorfológica dos locais em que ocorrem e para manter a integridade dos recursos hídricos da região. São faixas marginais de qualquer curso d'água perene ou intermitente, com exceção dos efêmeros e possuem dimensões delimitadas por código florestal e relacionadas com o fluxo d'água que estão inseridas. O rio Corumbataí na área de estudo apresenta larguras que variam de 10 a 30 metros, enquanto que seus afluentes atingem até 10 metros de largura, assim, segundo Novo código florestal instituído pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), as APPs devem apresentar dimensões 30 metros de largura para corpos d'água até 10 metros de largura e 50 metros para corpos d'água que

apresentam largura de 10 a 50 metros e as APPs para nascentes devem apresentar dimensões de 50 metros de largura. As APPs de corpos d'água precisa estar conectadas formando um corredor ecológico na bacia do Corumbataí. Nas áreas já convertidas devem ser implementadas políticas para a recuperação das áreas desmatadas.

Conforme mapa (Anexo A), essa zona aparece interligada com todas as outras e seus limites são difíceis de serem definidos, muitas vezes, se sobrepondo com a zona de Agropecuária e a zona Área das Cavas.

Em relação a nascentes (Figura 16), na área de estudo ocorrem cerca de 77 nascentes, segundo dados do CAR (2021), e elas estão inseridas em todas as zonas geoambientais. Foi observado que as APPs relacionadas às nascentes não obedecem ao que é definido no Novo Código Florestal, apresentando largura menor que 50 metros ou até inexistentes.

Referente às APPs de fluxos d'água, apesar de apresentarem maior consistência quando comparadas com as de nascente, há trechos do Rio Corumbataí/afluentes em que a mata ciliar apresenta menor extensão do que é estabelecido pela legislação (Figura 17), o que diminui a sua eficiência e grau de proteção do fluxo d'água adjacente. Assim, as margens desses fluxos d'água estão sujeitos a degradação ambiental com processos erosivos, assoreamento e comprometimento da qualidade de suas águas (Figura 18).

Figura 15: Imagem de satélite da zona geoambiental Área úmida/alagável



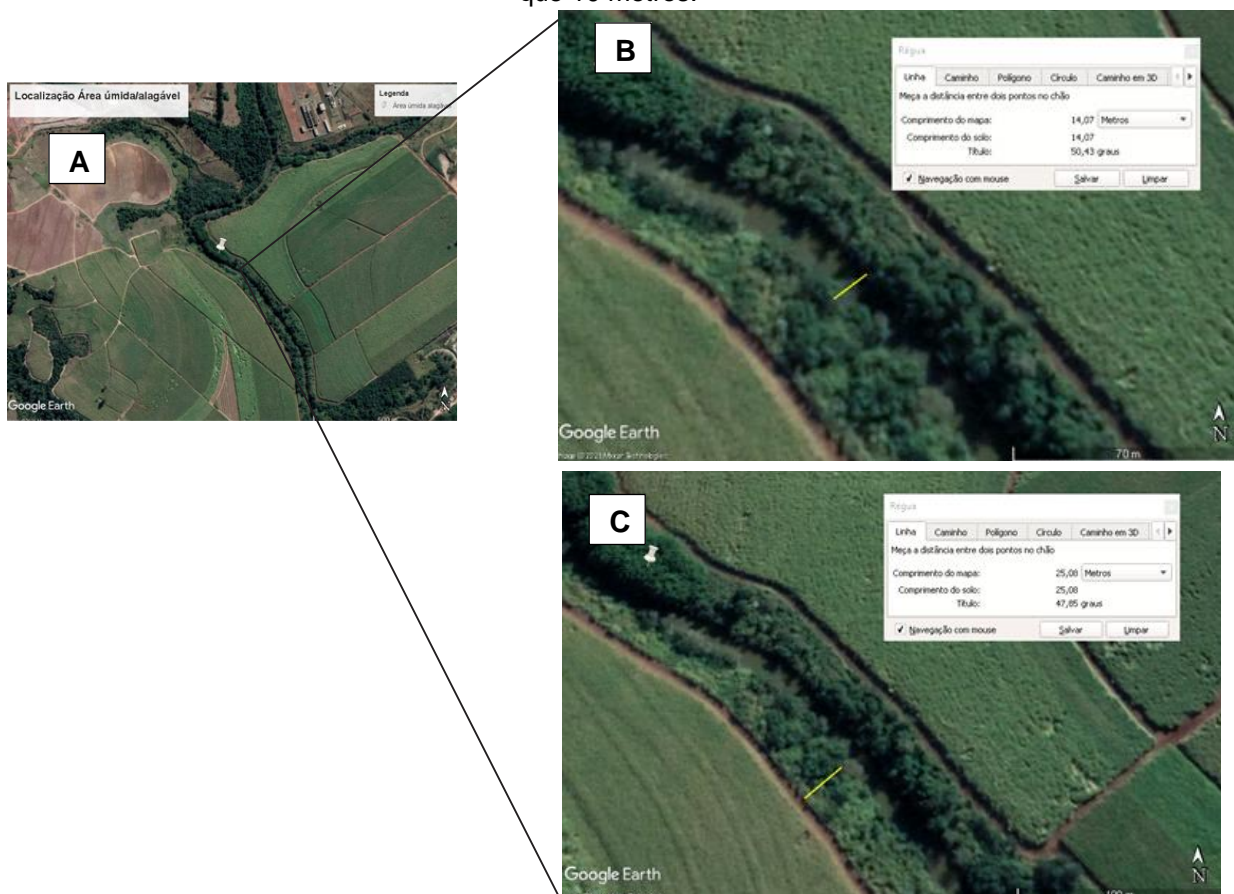
Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

Figura 16: Imagem de satélite de nascente (ponto azul) pertencente a área Zona úmida alagável



Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

Figura 17: a) Local da zona Área Úmida/Alagável em que a APP apresenta largura menor do que a definida pelo Novo Código Florestal, b) o Rio apresenta largura de 14,07 metros conforme ferramenta régua do software Google Earth Pro; c) a extensão da Mata ciliar está de 25,08 metros, menor do que a delimitada pela lei citada que deveria ser de 50 metros para cursos d'água com largura maior que 10 metros.



Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

Figura 18: Margem do Rio Corumbataí com processos erosivos, indicado pela seta vermelha



Fonte: Maxar Technologies (2021)

5.1.4. Área de Agropecuária

A zona geoambiental classificada como Área de Agropecuária (Figura 19) é a que apresenta maior extensão no polígono de estudo, com dimensões de cerca de 28,18 km², representando cerca de 44,4% da área de estudo.

Estão localizadas principalmente nos planaltos, porém, também ocorrem nas áreas de planície de inundação e terraços dos fluxos d'água mapeados, estão próximas a todas as outras zonas geoambientais identificadas. Apresentam pouca ou quase nenhuma cobertura vegetal natural com locais de solo exposto.

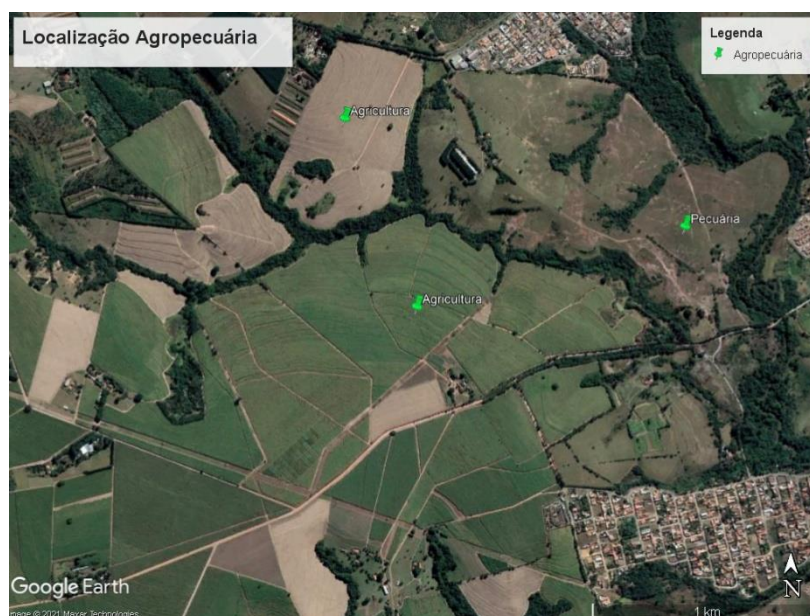
Essa zona é caracterizada por áreas destinadas ao plantio de culturas perene como citrus, café, seringueira; culturas semiperenes como cana-de-açúcar, culturas temporárias como cereais, tubérculos, hortaliças e áreas destinadas à pastagem, com ocorrência de gramíneas.

Conforme ECOSBIO (2014) a cana-de açúcar e a bovinocultura são as principais atividades de agropecuária presentes no município de Rio Claro.

Foi observado nessas zonas pontos onde ocorrem processos erosivos classificados como sulcos e ravinamento (Figura 20), que podem evoluir para voçorocas, ao atingir o nível freático. Esses processos podem ter origem na ausência de cobertura vegetal natural, compactação do solo nas áreas de pastoreio, no mau dimensionamento de curvas de nível nos locais de plantio e a falta de aplicação de técnicas de manejo do solo nas plantações. Conseqüentemente, essas áreas degradadas ocasionam diminuição na vida útil do solo e aumenta o fluxo de

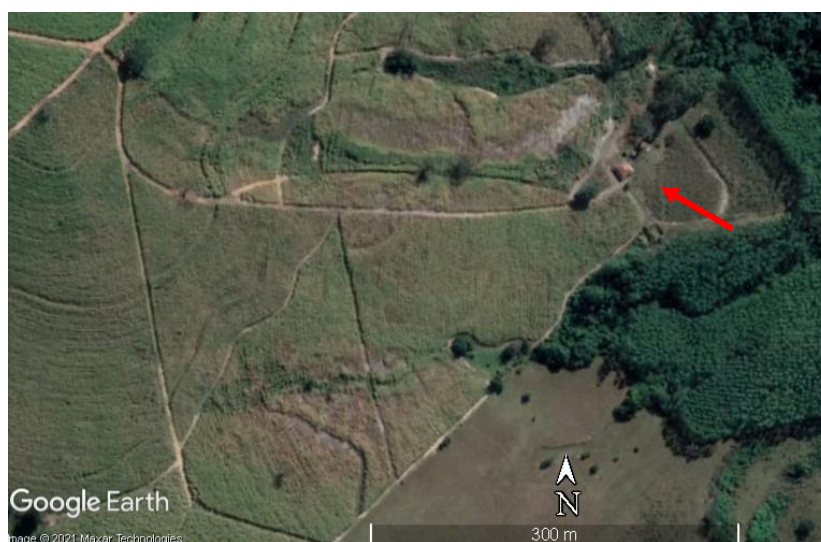
sedimentos que são transportados para os fluxos d'água próximos, contribuindo para o assoreamento e alteração da qualidade da água desses rios.

Figura 19: Imagem de satélite com áreas da zona geoambiental Agropecuária



Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

Figura 20: Processos erosivos identificados na zona Agropecuária (seta vermelha)



Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

5.1.5. Área Urbana/Edificada

A zona geoambiental classificada como Área Urbana/ Edificada corresponde a parte da cidade, vilas e áreas de rodovias, incluindo áreas residenciais, comerciais e de serviços no município de Rio Claro presentes no polígono de estudo.

Essa zona apresenta área de 14,09 km² e corresponde a cerca de 22,2% do polígono de estudo.

É caracterizada pelo alto grau de antropização, com completa impermeabilização do solo e poucas áreas verdes naturais. Os fluxos d'água e nascentes presentes nessa zona se encontram canalizados ou parcialmente canalizados e sem a presença de APP (Figura 21). Devido a esses fatores, foi observado nessa zona, pontos onde ocorrem processos erosivos caracterizados como sulcos e ravinamentos (Figura 22), que podem evoluir para voçorocas e aumentar a degradação ambiental nesta zona.

Figura 21: a) Residências ocupando área de APP descaracterizada e b) detalhe de margem de fluxo d'água com processos erosivos e assoreamento (seta vermelha)



Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

Figura 22: Processo erosivo identificado na área zona Urbana/edificada (seta vermelha)



Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

5.2. Avaliação dos impactos ambientais negativos diagnosticados

Conforme o mapa de zoneamento elaborado, todas as zonas se apresentam, de certa forma, relacionadas, seja pela proximidade local (margens do Rio Corumbataí e seus afluentes), pelo fator antrópico/socioeconômico (área urbana, agropecuária e atividades relacionadas à mineração) ou pela combinação desses fatores.

Os limites dessas zonas são de difícil definição, o que também pode ser um agravante em relação aos impactos ambientais, pois o impacto característico de uma zona pode facilmente atingir as outras e ocasionar degradação ambiental na área como um todo.

Com base nessas relações, nesse tópico serão levantados os impactos ambientais que a zona geoambiental Área das Cavas ocasiona na área de estudo, e que, conseqüentemente, atinge as outras zonas geoambientais, também serão discutidos os impactos inerentes de cada zona.

Segundo ECOSBIO (2014), os impactos ambientais negativos nas áreas das cavas já se iniciam na pesquisa mineral, pois, nessa fase são abertas trincheiras, furos de sondagem e retirada de cobertura vegetal para abertura de vias de acesso, apesar de serem ações pontuais, se não mitigadas, esses procedimentos podem ocasionar processos erosivos, danos a vegetação e alteração das drenagens naturais.

Após as atividades iniciais de pesquisa mineral, quando a área em que a cava será implantada já está definida, ocorre a remoção da camada orgânica do solo e sua cobertura vegetal natural. A remoção do solo local afeta tanto o meio físico (solo e corpos d'água) como o biológico (flora e fauna). Esse desmatamento inicial, e de grandes proporções, é responsável pela redução ou mesmo a extinção do banco de semente nativas, fuga de espécies da área e alteração na disposição das drenagens do local. A perda da cobertura vegetal nativa tem como consequência imediata a redução da fauna local por migração das espécies ou até extinção pela eliminação do habitat. Esse impacto é observado tanto no local das cavas, como nas áreas de servidão (bota-fora, estradas para acesso e escoamento, áreas de escape para manobras de equipamentos, instalações para funcionários, etc.) (LORETI JUNIOR, SARDOU FILHO, CALTABELOTI, 2014).

Os ruídos e vibrações produzidos com a operação das cavas é um impacto que merece destaque, ele inicia-se nas fases preliminares da lavra e perduram por toda a vida útil da jazida. Os ruídos são ocasionados por operação de veículos pesados, unidades de britagem, moagem e detonação de explosivos da lavra. Ocasionalmente estresse e fuga de espécies animais da área e afeta a qualidade de vida de funcionários e moradores de residências localizadas nas proximidades da cava (LORETI JUNIOR, SARDOU FILHO, CALTABELOTI, 2014).

A poluição atmosférica é um impacto ambiental relevante relacionado ao PCSG em Rio Claro. Ele está presente em diversas fases da atividade minerária, porém, nas áreas das cavas ele está relacionado com os trabalhos de detonação, retirada de material da frente de lavra, emissão de gases de efeito estufa por transporte e remobilização do minério. Os efeitos mais graves, tanto nas comunidades que moram na região como nos animais, são as complicações respiratórias e contribuição para as mudanças climáticas. Além do efeito nocivo de certos tipos de partículas que pode provocar a queima das folhas dos vegetais e sua consequente morte (LORETI JUNIOR, SARDOU FILHO, CALTABELOTI, 2014).

Com a remoção da cobertura vegetal natural e da camada de solo superficial para o início da operação da lavra, a área fica exposta a processos erosivos energéticos e marcantes, que com a ausência de medidas mitigadoras podem extrapolar os limites da área das cavas e atingir estradas, núcleos habitacionais, redes de saneamento e abastecimento (LORETI JUNIOR, SARDOU FILHO, CALTABELOTI, 2014). A contaminação do solo por combustíveis e fluidos oriundos

dos maquinários de operações também é um impacto ambiental que merece destaque e que pode prejudicar a recuperação da área após a desativação da mina (CEAPLA, 2011).

O assoreamento das drenagens é uma consequência direta da erosão. Com a remoção da vegetação e o solo exposto, os processos erosivos são intensificados e eleva-se a quantidade de sedimentos transportados em direção a drenagens locais e cursos de maior porte. Também associado a esse processo pode haver comprometimento da qualidade das águas pelo aporte de resíduos industriais e de material contaminante oriundo das áreas das cavas (LORETI JUNIOR, SARDOU FILHO, CALTABELOTI, 2014).

A alteração do regime hídrico de subsuperfície é um agravante nas áreas das cavas e está relacionado quando as operações atingem o nível freático durante a abertura de uma cava. A porção de terreno situada à jusante do local fica privada do fluxo de água subterrâneo, por vezes com ressecamento das porções superiores do solo (LORETI JUNIOR, SARDOU FILHO, CALTABELOTI, 2014).

Conforme CEAPLA (2011), a falta de manutenção das bacias de decantação ocasiona erosão de suas bordas, aumentando a turbidez na água desses reservatórios que deveriam ser utilizados para diminuir a quantidade de material particulado na água proveniente das operações da mina e que serão destinadas a corpos d'água próximos, assim, a água remanejada é enviada para os corpos d'água adjacentes com grande quantidade de material particulado, impactando a qualidade desses recursos hídricos.

Além dos impactos ambientais negativos inerentes a zona Área das Cavas na área de estudo, também há os impactos das zonas Agropecuária, zona Urbana/Edificada e Área de Operações que precisam ser mencionados.

A zona Área de Operações por estar relacionada a atividade minerária apresenta impactos ambientais parecidos com a zona área das cavas, são destacados as emissões de partículas e gases de efeito estufa pelos equipamentos de beneficiamento e transporte, possível contaminação do solo por resíduos oriundos dessa fase e por fluídos (combustível, óleo de lubrificação, etc) dos maquinários utilizados, lixiviação e carreamento de sedimentos das pilhas de sazonalidade expostas aos condicionantes climáticos e que vão para os cursos d'água, para o ar e para o solo e intensificação de processos erosivos ocasionados

por ausência de cobertura vegetal e tráfego de maquinários pesados (CEAPLA, 2011).

Na zona geoambiental Agropecuária, conforme ECOSBIO (2014), ocorre desmatamento da cobertura vegetal natural para o plantio de interesse, uso de técnicas agrícolas inadequadas, uso de agrotóxicos que podem contaminar o solo e a água subterrânea, solo exposto, pastagem de animais ocasionando compactação do solo, esses fatores podem ocasionar processos erosivos e contribuir para o assoreamento de corpos d'água próximos.

A zona geoambiental caracterizada como Zona Urbana/ Área Edificada, apresenta impactos negativos inerentes do processo de urbanização, com impermeabilização completa do solo, ausência de APP nos corpos d'água e nascentes, descarte inadequado de resíduos sólidos, ocasionando erosão, enchentes/ inundações e assoreamento (ECOSBIO, 2014).

Com base no exposto, identifica-se que a zona Área úmida/Alagável é a que apresenta maior fragilidade ambiental, pois está sujeita aos impactos ambientais não só da Zona Área das Cavas mas das outras zonas geoambientais estabelecidas, fatores que podem ocasionar a sua degradação, com a intensificação de processo erosivos, desmatamento, assoreamento dos corpos d'água, descaracterização de nascentes e comprometimento das águas subterrâneas.

As Figuras 23 até 33 são relacionadas aos impactos ambientais identificados nas zonas geoambientais caracterizadas no presente estudo.

Figura 23: Processos erosivos de ravinamento identificado na zona Área das Cavas e Área de Operações (seta vermelha)



Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

Figura 24: Processos erosivos de formação de sulcos (seta vermelha) identificados na junção das zonas geoambientais Área das cavas, Área úmida/ alagável e Agropecuária.



Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

Figura 25: Mata ciliar na zona área úmida/ alagável apresenta menor largura nos limites das Zonas Área das cavas e Agropecuária (seta vermelha).



Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

Figura 26: Ausência de cobertura vegetal e processos erosivos de sulcos e ravinamento (seta vermelha) nos limites das Zonas Área das cavas, Agropecuária e Zonas úmidas/alagáveis



Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

Figura 27: Processos erosivos de ravinamento identificados na junção das zonas agropecuária, Área de operações e Áreas úmidas/alagáveis



Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

Figura 28: Ausência de cobertura vegetal e processo erosivos de ravinamento (seta vermelha) identificado na zona área de Operações



Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

Figura 29: Ausência de cobertura vegetal e processos erosivos de formação de sulcos (seta vermelha) identificados na zona Área das cavas, Cava 2



Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

Figura 30: Ausência de cobertura vegetal natural e processos erosivos de sulcos (seta vermelha) nos limites da Área das Cavas (Cava 4) e Área Urbana/Edificada



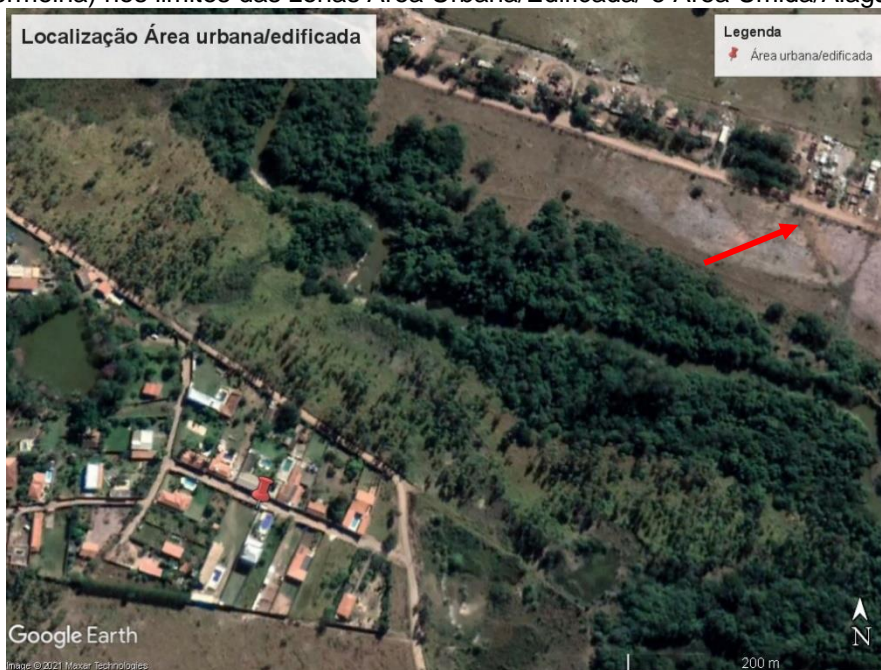
Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

Figura 31: Processo erosivos de sulcos (setas vermelhas) identificados nos limites das zonas Áreas Úmidas/ Alagáveis e Agropecuária



Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

Figura 32: Ausência de cobertura vegetal e formação de processos erosivos de sulcos (seta vermelha) nos limites das zonas Área Urbana/Edificada/ e Área Úmida/Alagável



Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

Figura 33: Nascente (ponto azul) com faixa de APP menor que os limites estabelecidos pela legislação, processos erosivos de ravinamento nos limites das zonas Agropecuária e Área Urbana/Edificada (setas vermelhas)



Fonte: elaborado pela autora. Imagens obtidas por Maxar Technologies (2021)

As coordenadas dos pontos indicados das Figuras 13 até a 33 foram organizados na tabela do ANEXO B para melhor caracterização das zonas geoambientais e dos impactos ambientais diagnosticados.

5.3. Potenciais impactos ambientais negativos diagnosticados com base na legislação e ODS

Conforme mencionado anteriormente, devido ao grau de proximidade e integração das zonas identificadas, é muito difícil isolar os impactos ambientais na área de estudo, sendo observado o mesmo impacto em mais de uma zona geoambiental.

Os principais impactos ambientais negativos identificados nas zonas geoambientais foram retirada da cobertura vegetal natural do solo, retirada da camada de solo orgânica, assoreamento e contaminação de corpos d'água, intensificação de processos erosivos, emissão de particulados e gases de efeito estufa na atmosfera e supressão de APPs.

Conforme o proposto, neste tópico serão relacionados os potenciais impactos negativos diagnosticados nas zonas geoambientais mapeadas com a legislação (código de mineração, código florestal) e os Objetivos de Desenvolvimento sustentável na ONU, propondo medidas mitigadoras para garantir a sustentabilidade da atividade minerária do PCSG no município de Rio Claro.

Conforme o Novo Código de mineração instituído pelo Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018 (BRASIL, 2018), os fundamentos para o desenvolvimento da atividade minerária são justificados pelo interesse nacional e a utilidade pública e as jazidas são caracterizadas por sua rigidez locacional, por serem finitas e por possuírem valor econômico. Fatores que justificam a ocorrência de cavas de mineração de argila nas proximidades da zona geoambiental mais sensível, caracterizada como Área úmida/alagável.

O documento também prevê um regime de concessão de mineração especial, denominado como regime de licenciamento, para argilas e outros insumos da construção civil, que são caracterizados com importância utilidade pública e interesse social. Esse regime é disposto conforme a Lei Federal nº 6.567/78 (BRASIL, 1978), alterada pela Lei nº 13.975, de 7 de janeiro de 2020 (BRASIL, 2020).

O regime de licenciamento é restrito à área máxima de 50 hectares e é fornecido apenas ao proprietário do solo onde ocorrerá a extração ou a quem dele tiver expressa autorização. A concessão dessa licença é estabelecida pelo Poder Público Municipal e homologada pela Agência Nacional de Mineração (ANM) (PINTO, 2012). O regime de Licenciamento independe de pesquisa mineral prévia por estar atrelado ao proprietário do solo ou quem obtenha sua autorização, assim, a lavra é considerada de rápido início (FREIRE, 2019) quando comparado com os outros regimes estabelecidos pelo Código de Mineração. O plano de lavra também só é obrigatório em alguns casos nesse regime, conforme Pinto (2012):

[...]

(vii) plano de lavra assinado por profissional legalmente habilitado, quando o empreendimento se enquadrar em qualquer das seguintes hipóteses: realizar desmonte com uso de explosivos; desenvolver atividades em área urbana que afete a comunidade circunvizinha pela geração de poeiras, ruídos e vibração; operar unidade de beneficiamento mineral, inclusive instalações de cominuição, excetuando-se peneiramento na dragagem de areia; desenvolver atividade no interior de Área de Preservação Permanente – APP, em conformidade com a Resolução CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006; operar em locais sujeitos à instabilidade, com manutenção de taludes acima de 3 metros; ou tiver produção anual superior ao limite máximo abaixo estabelecido para as seguintes substâncias minerais: Areia (agregado) 70.000 toneladas; Cascalho (agregado ou pavimentação) 10.000 toneladas; Saibro ou argila para aterro 16.000 toneladas; Argilas (cerâmica vermelha) 12.000 toneladas; Rochas (paralelepípedos/guias/meio fio/rachão/etc) 6.000 toneladas.

Conforme o exposto, apesar de estudos ambientais exigidos para a implantação de empreendimentos minerários, a legislação que regulamenta a exploração de argilas permite que alguns fatores que corroboram a degradação ambiental ocorram, como por exemplo, a não obrigatoriedade da pesquisa mineral, fase muito importante para se identificar de maneira adequada a localização do minério, quantificar teores e níveis de aproveitamento sustentáveis da cava e a não obrigatoriedade do plano de lavra em alguns casos, documento que tem como finalidade dimensionar o empreendimento, caracterizar suas operações e planejar medidas mitigadoras e de recuperação da área após o encerramento da lavra. Christofolletti e Moreno (2011) mencionam que, a ausência de acompanhamento técnico do Plano de Lavra aliado à ausência no conhecimento da matéria-prima e a falta de desenvolvimento e incentivo tecnológico nas operações, reduz o aproveitamento total dos recursos existentes no PCSG, ocasionando perdas

no aproveitamento mineral e intensificação dos impactos ambientais negativos identificados, comprometendo a sustentabilidade das operações da atividade minerária.

Conforme observado no zoneamento, o Rio Corumbataí na área de estudo apresenta de 10 a 30 metros de largura, enquanto que seus afluentes diretos apresentam até 10 metros de largura, portanto, com base na legislação, a APP desses corpos d'água deveriam variar de 30 a 50 metros de largura na área de estudo, porém, em alguns pontos, essa situação não é observada, com faixas de APP menores do que as delimitadas por lei, o que compromete a sua eficiência e a integridade do fluxo d'água a que está relacionada.

As APPs de nascentes são estabelecidas pelo Novo Código Florestal como sendo uma faixa de 50 metros de largura envolvendo a nascente. Porém, em algumas nascentes identificadas não foram observadas faixas de vegetação com a largura suficiente ou até mesmo ausência completa de APP.

Em relação a atividade minerária a lei citada, menciona que:

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

[...]

IX - interesse social:

[...]

f) as atividades de pesquisa e extração de areia, argila, saibro e cascalho, outorgadas pela autoridade competente

[...]

Em casos de interesse social, a supressão das APPs é autorizada, segundo a legislação mencionada, devendo ser feita a compensação ambiental com espécies nativas e de maneira que reduza os impactos ambientais ocasionados.

No caso de uso alternativo do solo, onde se enquadram as zonas área de agropecuária e área de operações, em caso de supressão de APP, o proprietário da área deve, conforme disposto no Novo Código Florestal, garantir a recomposição da vegetação, e garantir a sua integridade.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU são constituídos por 17 e 169 metas que visam diminuir a desigualdade social e implantar a sustentabilidade nas atividades econômicas e sociais do planeta (PNUD, 2017). Para se analisar a sustentabilidade da atividade minerária do PCSG em Rio Claro e suas áreas de influência, foram escolhidos os ODSs relacionados à Água Potável e Saneamento (ODS 6), Mudanças Climáticas (ODS 13), e Vida Terrestre (ODS 15).

A ODS 6 - Água Potável e Saneamento, apresenta como meta proteger, fortalecer e garantir a gestão de água e saneamento básico para as comunidades e proteger e restaurar os ecossistemas relacionados a esses recursos hídricos (PNUD, 2017). Conforme mencionando anteriormente, o Rio Corumbataí e seus afluentes são os principais corpos d'água utilizados para o abastecimento público no município de Rio Claro e região, assim, é importante salientar que os impactos ambientais causados pelas zonas mapeadas que afetam a qualidade e a vazão desses recursos, como retirada da cobertura vegetal que favorece processos de erosão e conseqüentemente assoreamento e o carreamento de sedimentos oriundos das cavas e pátios de operações expostos aos condicionantes climáticos podem ser mitigados através da intensa proteção de mata ciliares, restauração de cobertura vegetal natural, cobertura de pilhas nas áreas de cava e de operações, além da eliminação de pátios de secagem (CHRISTOFOLETTI E MORENO, 2011). Essas medidas mitigadoras são essenciais para garantir a qualidade do abastecimento de água na região, a integridade da flora e fauna que constituem esses corpos d'água e implantar a sustentabilidade das atividades econômicas na área mapeada.

Em relação às Mudanças Climáticas, a ODS 13 prevê a adoção de medidas que incentivem a redução dos impactos ambientais, diminuição de gases de efeito estufa que ocasionam poluição atmosférica, uso de energias renováveis e a conscientização das comunidades em relação a esse agravante (PNUD, 2017). A redução ou supressão completa da vegetação natural em alguns pontos da área de estudo, emissão de gases de efeito estufa por maquinário de transporte e a poluição atmosférica nas fases de extração e beneficiamento de minério são impactos ambientais que podem ser relacionados com esse ODS, assim, a preservação das APPs, a compensação das áreas que foram devastadas nas zonas geoambientais mapeadas, utilização de filtros nos maquinários industriais, umectação e cobertura de pátios de operações e nas vias de circulação nas áreas de operações e das cavas, são medidas mitigadoras que podem implantar a sustentabilidade nas atividades socioeconômicas desenvolvidas na área de estudo, além da conscientização da comunidade local sobre a importância de se conservar essas áreas (CHRISTOFOLETTI E MORENO, 2011).

A ODS 15 - Vida Terrestre propõe a adoção de medidas que diminuam a degradação ambiental e que incentivem a recuperação de áreas devastadas, garantindo a preservação das espécies vegetais e animais dessas áreas (PNUD,

2017). A diminuição das áreas de Preservação Permanente, a retirada da cobertura vegetal e do solo e a ocorrência de áreas degradadas foram impactos ambientais diagnosticados na área de estudo, assim, a criação de reserva legal, revegetação em áreas desnudas em APP e a recuperação de áreas já degradadas pelas atividades antrópicas (CHRISTOFOLETTI E MORENO, 2011) são medidas mitigadoras que abrangem essa ODS e que podem ser adotadas nas zonas geoambientais mapeadas contribuindo para se atingir a sustentabilidade nas atividades antrópicas observadas na área de estudo.

Conforme Loreti Junior, Sardou Filho, Caltabeloti (2014), a maior parte dos problemas oriundos da mineração, são resultado de atividades informais e sem planejamento, que promovem lavra predatória e sem critérios técnicos, com graves consequências para o meio ambiente e a sociedade, ocasionando a exaustão prematura dos recursos minerais, diminuição da vida útil da cava, degradação ambiental e exposição da atividade mineira a uma justa crítica social. Portanto, o planejamento e o conhecimento técnico aliado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU são importantes ferramentas que podem impulsionar o desenvolvimento sustentável nas atividades minerárias do PCSG em Rio Claro.

6. Conclusão

Com base nas análises de dados do meio físico, biótico e socioeconômico aliados a técnicas de sensoriamento remoto, o presente trabalho desenvolveu um zoneamento geoambiental na área de estudo localizada no município de Rio Claro, mais precisamente nas áreas de influência das cavas de mineração de argila localizadas a uma distância de até 2 km das margens do Rio Corumbataí.

Identificou-se cinco zonas geoambientais que se relacionam pela localização, pelas atividades socioeconômicas e pelos impactos ambientais que lhe são inerentes.

As zonas geoambientais Área das Cavas, Área de Operações, Agropecuária e Área Urbana/Edificada são referentes a atividades socioeconômicas relevantes na área de estudo, respectivamente exploração e beneficiamento de argila da Formação Corumbataí, agricultura de cana de açúcar e pecuária de bovinos e ocupação urbana, enquanto a zona Áreas úmidas/ alagáveis é referente ao Rio Corumbataí, seus afluentes diretos, nascentes e suas Áreas de Preservação

Permanente. Identificou-se que a última zona é a que apresenta maior vulnerabilidade por estar relacionada aos recursos hídricos nas regiões e suscetível aos impactos ambientais ocasionado pelas atividades caracterizadas nas outras zonas geoambientais.

Foram diagnosticados os impactos ambientais ocasionados principalmente pelas Áreas das cavas e Área de operações, relacionados a atividade minerária do PCSG, sendo a intensificação de processos erosivos, poluição atmosférica, retirada da cobertura vegetal natural, supressão de APPs, contaminação de solo e comprometimento da qualidade dos recursos hídricos da região. Conforme mencionado, por apresentarem intensa relação pela proximidade e atividades socioeconômicas, os impactos ambientais das zonas geoambientais Agropecuária e Área urbana/edificada também precisam ser considerados como fatores que podem contribuir para degradação ambiental na área de estudo, assim, foram identificados a intensificação de processos erosivos, retirada da cobertura vegetal natural do solo, supressão de APP, técnicas de uso e plantio inadequadas, descarte inadequado de resíduos e contaminação dos recursos hídricos como os impactos ambientais inerentes dessas zonas e que merecem atenção e medidas mitigadoras.

Observou-se que em alguns pontos da área de estudo as Áreas de Preservação Permanente do Rio Corumbataí, dos seus afluentes diretos e das nascentes não apresentam a largura definida conforme o Código Florestal, agravante que pode prejudicar a qualidade desses recursos hídricos, seu aproveitamento no abastecimento público, e intensificar a degradação ambiental na região.

É importante salientar que o regime de exploração caracterizado como regime de licenciamento em que se enquadra a exploração de argilas, conforme o Novo Código de Mineração, deve ser discutido como possível agravante dos impactos ambientais da exploração de argila no município de Rio Claro e diminuição do aproveitamento do minério, pois a não obrigatoriedade da fase de pesquisa mineral e do plano de lavra permitem a exploração desordenada, o não aproveitamento sustentável do minério e a ausência de medidas mitigadoras eficientes nessa atividade que é tão relevante economicamente para a região e para o País.

Aponta-se também que os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU são uma série de medidas que podem e devem ser adotadas, não apenas pela atividade minerária do PCSG, mas por todas as atividades socioeconômicas da área

de estudo, a fim de se garantir a sustentabilidade de suas operações e consequentemente mitigação dos impactos ambientais negativos e melhoria na qualidade de vida da população da região.

Por fim, identificou-se que o zoneamento geoambiental, aliado ao sensoriamento remoto, se mostrou uma ferramenta muito útil para identificar e discutir o uso e ocupação do solo de uma área, caracterizando os impactos ambientais presentes e assim, direcionar as tomadas de decisão para implantar medidas mitigadoras e que desenvolvam a sustentabilidade das atividades socioeconômicas analisadas.

Referências bibliográficas:

AGEITEC, Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Árvore do Conhecimento -solos tropicais**. 2014 Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore>. Acesso 10 de outubro de 2020

ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Bol. Inst. Geogr. EGeol**. N.41, São Paulo, 1964.

ARAB, P. B. Grupo Itararé (P – C da Bacia do Paraná) nas regiões de Limeira e Piracicaba – SP: contribuição ao estudo das litofácies. **Geociências**, São Paulo, v. 28,n. 4, p. 501-521, 2009.

ARCHANGELO, A. Cetesb não dispõe de levantamento sobre cavas Nome. Título da matéria. **Jornal Cidade**, Rio Claro, 18/11/2015. Notícias. Disponível em: <https://www.jornalcidade.net/rc/cetesb-nao-dispoe-de-levantamento-sobre-cavas/26060/> Acesso em 09 de out 2020.

ARCHANGELO, A. Rio Claro tem 1,2 mil cavas de mineração abertas. **Jornal Cidade**, Rio Claro, 15/11/2015. Notícias. Disponível em <https://www.jornalcidade.net/rc/rio-claro-tem-12-mil-cavas-de-mineracao-abertas/25947/> Acesso em 09 de out 2020

ASPACER (Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento). **Dados 2016** Disponível em: <http://www.aspacer.com.br>. Acesso em: 09 de julho de 2020.

ASPACER (Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento). **Estatísticas**. Disponível em: <https://www.aspacer.com.br/estatisticas/>. Acessado em: 09 julho de 2020

ASSINE, M. L.; ZACHARIAS, A. A.; PERINOTTO, J. A. J. Paleocorrentes, paleogeografia e sequencias deposicionais na Formação Tatuí, centro-leste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geologia**. São Paulo, v. 33, p. 1-11, 2003.

ASSINE, M.L. et al. Os paleodesertos Pirambóia e Botucatu. In: Mantesso Neto, V. et al.(Eds.) **Geologia do continente sul-americano - evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo, Brasil: Beca, 2005. p.77-92.

BAUER, M.E.; YUAN, F.; SAWAYA, K.E. Multi-temporal Landsat image

classification and change analysis of land cover in the Twin Cities (Minnesota) metropolitan area. **Analysis of Multi-Temporal Remote Sensing Images**. p. 368-375, 2004.

BJÖRNBERG, A.J.S. E LANDIM, P.M.B. 1966. Contribuição ao estudo da Formação Rio Claro (Neocenozóico). **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 43-68.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei nº 6.567 de 24 de setembro de 1978**. Brasília, DF, 1978. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6567.htm Acesso: 09/11/2020

BRASIL, Congresso Nacional. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 Código Florestal Brasileiro**. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/1032082/lei-12651-12> Acesso: 09/11/2020

BRASIL, Congresso Nacional. **Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9406.htm Acesso: 09/11/2020

BRASIL, Congresso Nacional. **Lei nº 13.975, de 7 de janeiro de 2020**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L13975.htm Acesso: 09/11/2020

BRASIL, Congresso Nacional. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U de 18/03/2005.

BRASIL, Congresso Nacional. **Resolução CONAMA Nº 001**, de 23 de janeiro de 1986. Classificação de Impactos ambientais do Território Nacional. Publicado no D. O.U de 17 /2/1986

BURROUGH, P. A., MCDONNELL, R., MCDONNELL, R. A., E LLOYD, C. D. Principles of geographical information systems. **Oxford university press**, 2015.
CAETANO-CHANG, M.R. E WU, F.T. 1992. Bacia do Paraná: Formações Pirambóia e Botucatu. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, São Paulo. **Roteiro de Excursão**, São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, v. 2, p. 1-19

CAETANO-CHANG, M.R. E WU, F.T. 1995. As Formações Pirambóia e Botucatu no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 4, 1995, São Pedro. **Boletim Resumos...** São Pedro: Sociedade Brasileira de Geologia. p. 64.

CÂMARA, G. E MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos: INPE, 1996. 39p. (Relatório do INPE).

CAR. **Cadastro Ambiental Rural. Sicar – Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural**. 2021. Disponível em <http://www.car.gov.br/#>. Acesso em 20 de jan. 2021

CENTRO DE ANÁLISE E PLANEJAMENTO AMBIENTAL (CEAPLA). **Atlas Ambiental da Bacia do Rio Corumbataí**. Rio Claro, 2011.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado São Paulo. **Enquadramento dos Corpos Hídricos de São Paulo**:CETESB,2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/enquadramento-dos-corpos-hidricos/>

CETESB - Companhia Ambiental do Estado São Paulo. **Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2019**. São Paulo:CETESB,2019. Disponível em: <<https://Cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>>

CHRISTOFOLETTI, S. R.; MORENO, M. M. T. Sustentabilidade da Mineração no Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes, São Paulo – Brasil. **Cerâmica Industrial**, maio - jun. 2011. Disponível em: <http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v16n3/v16n3a06.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2020.

DAEMON, R. F. E QUADROS, L. P. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. **Anais...** Congr. Bras. Geol., Brasília, v. 24, p. 359-412, 1970.

DERBY, O. A. Geologia da região diamantífera da Província do Paraná no Brasil. **Archivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v. 3, p. 89-96, 1878.

ECOSBIO. **Diagnóstico ambiental e desenvolvimento de sistemas de implementações de projetos de recuperação da qualidade dos corpos d'água do município de Rio Claro/SP**. Rio Claro. 2014. Disponível em: < <https://www.rioclaro.sp.gov.br/pd/arquivos/VolumentLevantamento.pdf>>

Acessado em 09 de outubro de 2020

FERREIRA, C. J.; BROLLO, M.J.; UMMUS, M.E.; NERY, T.D. Indicadores e quantificação da degradação ambiental em áreas mineradas, Ubatuba (SP). **Revista Brasileira de Geociências**. v. 38(1), p. 141-152, 2008.

FERREIRA, S. R. , 2005. **Análise pedoestratigráfica das formações Rio Claro e Piraçununga no centro-leste do estado de São Paulo**. 157 f. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP - Rio Claro

FREIRE, W. **Riscos Jurídicos Na Mineração**. Belo Horizonte: Editora Jurídica, 2019. Disponível em: https://williamfreire.com.br/wp-content/uploads/2019/04/WilliamFreire_01042019_2.pdf. Acesso em: 20 de nov. 2020

FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ. **Estudo do Uso dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí visando estabelecer cenários e planejamento das alternativas de abastecimento de água para os municípios pertencentes a esta bacia**. Relatório Final. Piracicaba, São Paulo 2020. 793 p

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS – SEADE. **Perfil Municipal de Rio Claro**. Disponível em: < <https://perfil.seade.gov.br/> >. Acesso em 09 de julho de 2020.

GORDON, JR., M. Classification of the gondwanic rocks of Parana, Santa Catarina and Rio Grande do Sul. **DNPM - DGM**, v. 1, 374-385, 1947.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO - INSTITUTO FLORESTAL. **Mapa Florestal dos Municípios do Estado de São Paulo**. Inventário Florestal do Estado de São Paulo, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em 09 de julho de 2020
INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo – SDECT. **Formulação do Plano Diretor de Mineração dos municípios de Santa Gertrudes, Cordeirópolis, Ipeúna, Iracemápolis e Rio Claro**. Relatório Técnico 129 345-205, v. 1, p.273, 2012.

JENSEN, J. R.; EPIPHANIO, J. C. N. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese Editora, 2009

JIMÉNEZ, J.R R.; LANDIM, P.M.B.; MATTOS, J.T. Gerenciamento Geoambiental. In: Tuk-Tornisielo, S.M.; Gobbi, N.; Foresti, C.; Lima, S.T. (orgs.) **Análise Ambiental: estratégias e ações**. São Paulo: T.A. Queiroz, Fundação Salim Farah Maluf; Rio Claro,SP: Centro de Estudos Ambientais – UNESP, 1995. p. 327-329.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México, Fundo da Cultura Econômica, 1931.

LAWRENCE, R.; HURST, R. WEAVER, T.; ASPINALL, R. Mapping prairie potholecommunities with multitemporal Ikonos satellite imagery. **Photogrammetric Engineering E Remote Sensing**. vol. 72, n. 2, p. 169-174, 2006.

LORETI JUNIOR, R.; SARDOU FILHO, R.; CALTABELOTI, F. P. **Projeto polo cerâmico de Santa Gertrudes: estado de São Paulo**. CPRM, 2014.

MELO, M.S. 1995. **A Formação Rio Claro e depósitos associados: sedimentação Cenozóica na depressão periférica paulista**. Tese de Doutorado em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 144 f.

MORAES, E. C. Fundamentos de Sensoriamento Remoto. 2015. **Apostila. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE/MCTI)**. Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/vcsr/files/capitulo_1.pdf. Acesso em 19 de novembro 2020.

MORAES, F. T. **Zoneamento geoambiental do planalto de Poços de Caldas, MG/SPa partir de análise fisiográfica e pedoestratigráfica**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro, 2007.

MOTTA, J. F. M., CHRISTOFOLETTI, S. R., GARCEZ, L. L., FLORÊNCIO, R. V. S., BOSCHI, A. O., MORENO, M. M. T. E ZANARDO, A. Características do pólo de revestimentos cerâmicos de Santa Gertrudes–SP, com ênfase na produção de argilas. **Cerâmica Industrial**, v.9(1), p.1-6 2004 <Disponível em: <https://www.ceramicaindustrial.org.br/article/5876571c7f8c9d6e028b46a6/pdf/ci-9-1-5876571c7f8c9d6e028b46a6.pdf>> Acesso em: 24 fev. 2020

MACHADO, F.B.; NARDY, A. J. R.; OLIVEIRA, M. A. F. 2007. Geologia e aspectos petrológicos das rochas intrusivas e efusivas mesozoicas de parte da borda leste da bacia do Paraná no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**. 37(1): p.64-80.

OHARA, T.; JIMENEZ-RUEDA, J.R.; MATTOS, J.T. de; CAETANO, N.R. Zoneamento Geoambiental da região do alto-médio rio Paraíba do Sul e a carta de aptidão física para a implantação de obras viárias. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.33, n. 2, p. 173-182, jun. 2003.

OLIVA, A. 2002. **Estudo hidrogeológico da Formação Rio Claro no município de Rio Claro** –SP. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas daUNESP, Campus de Rio Claro. 137 p.

OLIVA, A.; CHANG, H. K.; CAETANO – CHANG, M. R. , 2005. Determinação da condutividade hidráulica da Formação Rio Claro: Análise comparativa através de análise granulométrica e ensaios com permeâmetro Guelph e Testes de Slug. **Revista Águas Subterrâneas**, v. 19, n. 2, p. 1-17

PENTEADO, M. M. **Geomorfologia do setor centro-ocidental da Depressão Periférica paulista**. Universidade de S. Paulo, Instituto de Geografia, 1976.

PERINOTTO, J. A. J.; ZAINÉ, J.E. **Coluna Estratigráfica da Bacia do Paraná na região de Rio Claro**, com base em Soares e Landim (1975). 2008. Não publicado.

PERROTA, M. M. et al. **Mapa geológico do estado de São Paulo**. São Paulo: CPRM, 2005.

PINTO, U. R. ASPECTOS LEGAIS In: LUZ, A. B.; ALMEIDA, SLM. **Manual de Agregados para a Construção Civil**–2ª edição Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral–CETEM:, 2012.

PLANET TEAM (2018). **Interface do Programa de aplicação Planet** In: Space for Life on Earth San Francisco, CA Disponível em: <https://api.planet.com> .Acesso em 10 de outubro 2020

PLATAFORMA AGENDA 2030. **Acelerando as transformações para a Agenda 2030 no Brasil**. Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/> Acesso em: 12 de out. 2020

PNUD; COLUMBIA CENTER ON SUSTAINABLE INVESTMENT; SUSTAINABLEDEVELOPMENT SOLUTIONS NETWORK; WORLD ECONOMIC FORUM. **Atlas: mapeando os objetivos de desenvolvimento sustentável na mineração**. Genebra. Disponível em: www.br.undp.org/content/dam/brazil/docs/publicacoes/atlas-mineracao-ods.pdf. Acesso em 14 nov. 2020.

PROJETO SOS CORUMBATAÍ. **Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA/USP**, 2006. Disponível em: <http://www.cena.usp.br/soscorumbatai/pmain.htm>. Acesso em 10 de outubro de 2020.

PUPIM, F. N. 2010. **Aspectos fisiográficos do município de Rio Claro – SP**. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Campus de Rio Claro. 139 p.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. D.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia da paisagem: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: EDUFC, 2004

ROSS, J. L. S. e MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. São Paulo, DG-FFLCH-USP, IPT, FAPESP, 1997.

ROVERI, C.D. **Petrologia aplicada da Formação Corumbataí (região de Rio Claro –SP) e produtos cerâmicos**. 2010. 200 f. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2010.

SCHNEIDER, R. L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A. A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, 1974. **Anais...**, Porto Alegre: SBG, v.1,p. 41-65, 1974.

SILVA, S. R. R.; OLIVEIRA, B. P.; CHAVES, I. B.; LIMA, E. R. V.; ALVES, J. J. A. Uso de imagem CBERS no zoneamento geoambiental em bacia hidrográfica do estado da Paraíba, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15.(SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 2732-2739. DVD, Internet.

SILVA, S.F. **Zoneamento Geoambiental com auxílio de Lógica Fuzzy e proposta de um geoindicador para caracterização do meio físico da bacia do Rio do Peixe.**283f. São Carlos, 2005. 2v.Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos.2005

SOARES, P. C. E LANDIM, P.M.B. 1973. Aspectos regionais da estratigrafia da Bacia doParaná no seu flanco nordeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, **Anais**. Aracaju: SBG, v.1, p. 243-256.

SOARES, P. C. O limite Glacial - Pós-Glacial do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. São Paulo. v. 44 (Suplemento), p.333-341. 1972

SOARES, P.C. E LANDIN, P.M.B. 1976. Depósitos Neocenozóicos na região centro-suldo Brasil. Campinas. **Notícia Geomorfológica**, v. 16, n. 31, p. 17-39.

SOUSA, M.O.L. 1997. **Caracterização estrutural do Domo de Pitanga - SP**. Dissertação de Mestrado, Geociências - Instituto de Geociências e Ciências Exatas -UNESP, Rio Claro. 116p.

STEVAUX, J. C.; SOUZA FILHO, E. E.; FULFARO, V. J. Trato deposicional da Formação Tatuí (P) na área aflorante do NE da Bacia do Paraná, Estado de São Paulo.In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, Goiânia, **Anais**, v.1, n. 34, p. 219-229, 1986.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. de S. Metodologia para mapeamento geoambiental no oeste do Rio Grande do Sul. In: XI Congresso Brasileiro de geografia Física Aplicada**Anais....** 2005. p. 3606-3615.

UN. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly.** 2015.

Disponível em:

https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E.

Acesso em:03 mar. 2020.

VEDOVELLO, R. Análise comparativa da técnica de compartimentação fisiográfica de terrenos, por sensoriamento remoto e com a obtenção de unidades básicas de compartimentação fisiográfica de compartimentação (UBCs), em três diferentes regiõesdo estado de São Paulo. In: CBGE – CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 12., 2008, Ipoçuca, PE. **Anais...**, CD-ROM

WASHBURNE. C.W. - 1930 - Petroleum geology of State of Sao Paulo.
Boletim da Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo,
São Paulo, 22p.

ZAINE, J.E. **Geologia da Formação Rio Claro na Folha Rio Claro (SP)**. Rio
Claro, SP. 98p. Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências e Ciências
Exatas/UNESP, 1994.

ANEXOS

ANEXO A

Mapa das zonas geoambientais

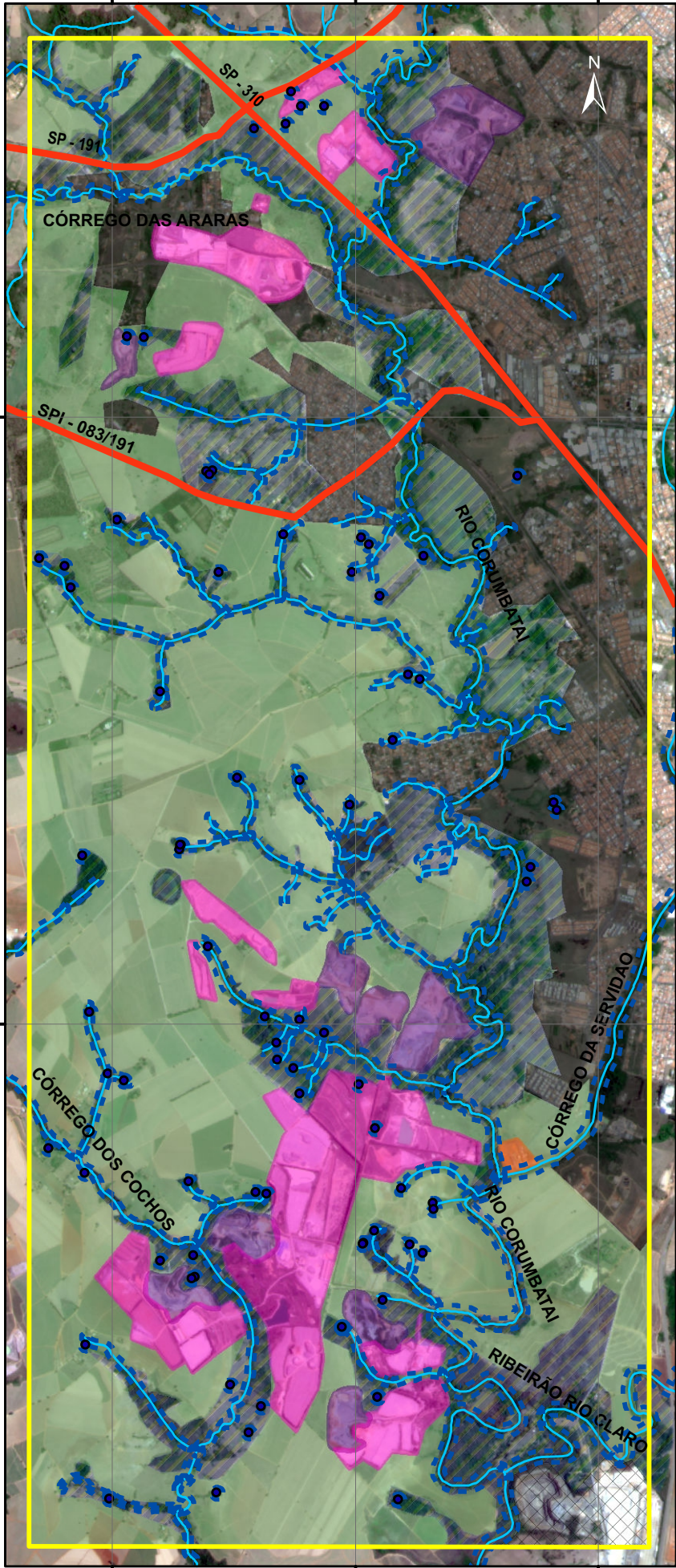
230000

232000

234000









7520000

7515000



MAPA DAS ZONAS GEOAMBIENTAIS

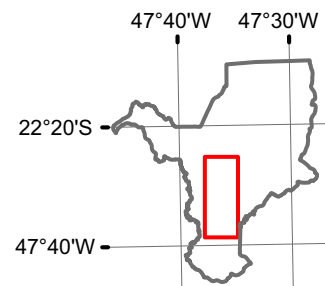
Legenda

-  Limite da área de estudo
-  Rodovias
-  Corpos d'água
-  Nascentes
-  APP cursos d'água
-  APP Nascentes
-  Cava de Basalto
-  Estação de Tratamento de Esgoto

Zonas Geoambientais

-  Área das Cavas
-  Área de Operações
-  Área Úmida/Alagável
-  Agropecuária
-  Área Urbana/Edificada

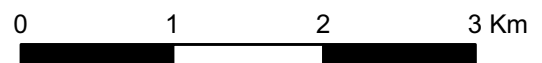
Localização no Município de Rio Claro/SP



Projeção UTM
Datum: SIRGAS 2000
Zona: 23S

Escala = 1:50.000

Fonte: SICAR (2021), CETESB (2021), PLANET TEAM (2020)
Autora: Cynthia Camargo



ANEXO B

Tabela de coordenadas de pontos das imagens

Imagens	Coordenadas em SIRGAS 2000	
	X	Y
Figura 13	231086,1919	7521171,626
Figura 14	231413,1328	7513061,375
Figura 15	231413,1328	7513061,375
Figura 16	232945,7460	7515238,719
Figura 17	233039,9765	7513360,464
Figura 18	233123,0532	7513301,001
Figura 19	232887,9461	7516702,085
Figura 20	230300,2353	7511612,289
Figura 21	233184,1552	7517093,510
Figura 22	233988,6534	7516193,154
Figura 23	231282,1539	7512974,937
Figura 24	232746,4040	7514562,436
Figura 25	232859,8188	7511118,774
Figura 26	230135,9876	7512983,564
Figura 27	231508,3043	7514381,329
Figura 28	231307,6159	7521377,811
Figura 29	233257,3678	7522408,119
Figura 30	232939,7061	7522127,480
Figura 31	231979,6571	7518429,477
Figura 32	232310,6267	7520873,684
Figura 33	233346,7069	7519700,852