

**PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO
EM
GEOGRAFIA**

PAULO HENRIQUE VIEIRA

**ADAPTAÇÃO DA METODOLOGIA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL PARA
ATIVIDADES DE MINERAÇÃO DE ARGILA: UM ESTUDO DE CASO
VISANDO O PLANEJAMENTO TERRITORIAL**

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS

**RIO CLARO / SP
OUTUBRO - 2018**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

PAULO HENRIQUE VIEIRA

Adaptação da metodologia de Fragilidade Ambiental para atividades de mineração de argila: um estudo de caso visando o planejamento territorial

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Orientador(a): Andréia Medinilha Pancher

Rio Claro
2018

V658a Vieira, Paulo Henrique

Adaptação da metodologia de Fragilidade Ambiental para atividades de mineração de argila: um estudo de caso visando o planejamento territorial / Paulo Henrique Vieira. -- Rio Claro, 2018

163 p. : il., fotos, mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro

Orientadora: Andréia Medinilha Pancher

1. Indústrias cerâmicas. 2. Mineração. 3. Fragilidade ambiental. 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.

PAULO HENRIQUE VIEIRA

Adaptação da metodologia de Fragilidade Ambiental para atividades de mineração de argila: um estudo de caso visando o planejamento territorial

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geografia

Comissão Examinadora

Profª Drª ANDRÉIA MEDINILHA PANCHER – ORIENTADORA
ICGE/UNESP/RIO CLARO (SP)

Profª Drª CENIRA MARIA LUPINACCI
ICGE/UNESP/RIO CLARO (SP)

Profª Drª MARIA ISABEL CASTREGHINI DE FREITAS
ICGE/UNESP/RIO CLARO (SP)

Profº Drº ANDRÉ LUIZ PINTO
UFMS/TRÊS LAGOAS (MS)

Profº Drº LINDON FONSECA MATIAS
IG/UNICAMP/CAMPINAS (SP)

Conceito: APROVADO

Rio Claro/SP, 11 de outubro de 2018

Dedico este trabalho a minha esposa Aline Cristina Alves Vieira,
Pelo amor e apoio em todos os momentos da minha vida

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado forças para concluir mais uma etapa da minha vida.

Ao programa de Pós-Graduação em Geografia da Unesp/Rio Claro pela oportunidade de realizar o Doutorado.

Aos meus pais, Paulo Vieira e Francisca Vieira, que foram meu porto seguro e sempre me incentivaram.

A minha orientadora a Prof^a Dr^a Andreia Medinilha Pancher, pelos conselhos, paciência, dedicação e contribuição na minha formação.

A todos os professores e técnicos do programa de Pós-Graduação em Geografia que de alguma forma me ajudaram.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Também, se agradece ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo.

A prefeitura municipal de Cordeirópolis/SP, em especial, ao representante da secretaria de planejamento, Cesar Maniaes, por fornecer dados referentes ao município.

Aos amigos que fiz ao longo do curso de Doutorado, que tornaram essa caminhada especial.

E a todas as pessoas que por ventura eu possa ter esquecido, que participaram direta ou indiretamente, na produção deste trabalho

Muito obrigado!

Resumo

A partir da segunda metade do século XX, através da Conferência Ambiental de Estocolmo em 1972, as análises dos impactos ambientais decorrentes de atividades antrópicas, passaram a ter uma maior relevância nas questões acerca do meio ambiente. Fóruns e Congressos ambientais (Estocolmo 1972; Rio de Janeiro 1992, e demais anos) foram conduzidos, visando a criação de propostas para minimizar os efeitos nocivos que as ações antrópicas têm sobre o meio ambiente. Dentre as atividades antrópicas que provocam impactos ambientais, destaca-se a mineração. Tal atividade ocorre na área de estudo deste trabalho, o município de Cordeirópolis/SP, cujos impactos ambientais provenientes da mineração afetam diretamente a população local. O município de Cordeirópolis/SP, localiza-se na microrregião de Limeira, e a presença de reservas de argila foi determinante para a implantação de um Polo Cerâmico Industrial, especializado na produção de revestimentos cerâmicos. O Polo Cerâmico de Santa Gertrudes (PCSG) é o maior do Continente Americano, e inclui os municípios de Araras, Cordeirópolis, Iracemápolis, Limeira, Piracicaba, Rio Claro e Santa Gertrudes, sendo responsável por gerar 15 mil empregos diretos; atualmente abrange 34 indústrias cerâmicas, sendo que 10 dessas localizam-se em Cordeirópolis/SP. Simultaneamente ao crescimento industrial e a mineração, se intensificaram os problemas ambientais como poluição da água, solo e ar; poluição sonora; retirada da cobertura vegetal; rebaixamento do lençol freático; entre outros. Assim, este trabalho teve como objetivo principal adaptar e avaliar a proposta de fragilidade ambiental de Ross (1994), em áreas de mineração através da fragilidade ambiental natural e emergente do município de Cordeirópolis/SP, entende-se como fragilidade a susceptibilidade de um local a qualquer tipo de dano, causado por condições naturais ou ação antrópica. Para o desenvolvimento do trabalho adotou-se procedimentos metodológicos equivalentes a revisão bibliográfica, métodos de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), os quais permitiram a elaboração de mapeamentos temáticos no ArcGIS 10.3, como também a análise de dados de forma inter-relacionada, visando o estudo da fragilidade ambiental em Cordeirópolis/SP. Para a produção do mapa de fragilidade ambiental natural (unidade ecodinâmica estável), realizou-se a sobreposição dos mapas de litologia, solos e declividade e posteriormente integrou-se o mapa de uso e ocupação das terras para analisar a influência da atividade antrópica (unidade ecodinâmica instável), ou seja, a fragilidade emergente de Cordeirópolis/SP; para a produção destes mapas baseou-se na metodologia de análise empírica da fragilidade de Ross (1994); os mapas de fragilidade ambiental foram divididos em classes temáticas (muito fraca; fraca; média; forte; muito forte), as quais evidenciam os diferentes níveis de fragilidade do município de Cordeirópolis/SP. Dessa forma, acredita-se que a identificação dos locais de fragilidade pode auxiliar na definição das diretrizes a serem implementadas e nortear o planejamento ambiental do município.

Palavras-chave: Indústrias cerâmicas. Mineração. Fragilidade Ambiental.

Abstract

From the second half of the twentieth century, through the Stockholm Environmental Conference in 1972, analyzes of the environmental impacts of anthropic activities have become more relevant to environmental issues. Environmental forums and congresses (Stockholm 1972, Rio de Janeiro 1992, and other years) were conducted, aiming at creating proposals to minimize the harmful effects that anthropic actions have on the environment. Among the anthropic activities that cause environmental impacts, mining stands out. This activity occurs in the study area of this work, the municipality of Cordeirópolis/SP, whose environmental impacts from mining directly affect the local population. The city of Cordeirópolis/SP, is located in the Limeira microregion, and the presence of clay reserves was determinant for the implantation of an Industrial Ceramic Pole, specialized in the production of ceramic coatings. The Santa Gertrudes Ceramic Complex (PCSG) is the largest in the Americas, and includes the municipalities of Araras, Cordeirópolis, Itacemópolis, Limeira, Piracicaba, Rio Claro and Santa Gertrudes, and is responsible for generating 15,000 direct jobs; currently covers 34 ceramic industries, 10 of which are located in Cordeirópolis/SP. Simultaneously with industrial growth and mining, environmental problems such as water, soil and air pollution have intensified; noise pollution; removal of plant cover; retraction of the water table; among others. Thus, the main objective of this work was to adapt and evaluate the proposed environmental fragility of Ross (1994), in mining areas through the natural and emerging environmental fragility of the municipality of Cordeirópolis/SP, it is understood as fragility the susceptibility of a local to any kind of damage, caused by natural conditions or anthropic action. For the development of the work, methodological procedures equivalent to bibliographical revision, Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS) methods were adopted, which allowed the development of thematic mappings in ArcGIS 10.3, as well as the analysis of data in an inter-related, aiming the study of environmental fragility in Cordeirópolis/SP. For the production of the map of natural environmental fragility (stable ecodynamic unit), the maps of lithology, soil and slope were overlapped and later the map of land use and occupation was integrated to analyze the influence of anthropic activity (unstable ecodynamic unit), that is, the emergent fragility of Cordeirópolis/SP; for the production of these maps was based on the methodology of empirical analysis of the fragility of Ross (1994); the maps of environmental fragility were divided into thematic classes (very weak, weak, medium, strong, very strong), which show the different levels of fragility of the municipality of Cordeirópolis/SP. In this way, it is believed that the identification of fragility sites can help in the definition of the guidelines to be implemented and guide the city's environmental planning.

Key words: Ceramic industries. Mining. Environmental Fragility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do município de Cordeirópolis/SP.....	26
Figura 2 – Municípios integrantes do PCSG.....	54
Figura 3 – Ocorrência mineral nos municípios do PCSG.....	61
Figura 4 – Localização das indústrias cerâmicas no município de Cordeirópolis/SP.....	65
Figura 5 – Mapa das áreas de interesse em expansão industrial no município de Cordeirópolis/SP.....	68
Figura 6 – Fluxograma das etapas da pesquisa.....	74
Figura 7 – Pontos de controle na imagem aerofotogramétrica – 1988.....	77
Figura 8 – Erro do georreferenciamento da imagem aerofotogramétrica – 1988.....	77
Figura 9 – Chave de interpretação das classes de ocupação da terra	80
Figura 10 – Mapa com os pontos observados nos trabalhos de campo.....	93
Figura 11 – Mapa das Formações Geológicas do município de Cordeirópolis/SP...97	97
Figura 12 – Mapa de solos do município de Cordeirópolis/SP	101
Figura 13 – Mapa de Declividade do município de Cordeirópolis/SP.....	104
Figura 14 – Mapa de Fragilidade Ambiental Natural do município de Cordeirópolis/SP.....	108
Figura 15 – Mapa de Uso e Ocupação das Terras do município de Cordeirópolis/SP.....	112
Figura 16 – Mapa de Fragilidade Ambiental Emergente no município de Cordeirópolis/SP.....	115
Figura 17 – Poeira na estrada do Barro Preto, próximo à indústria.....	121
Figura 18 – Umidificação na estrada do Barro Preto em Cordeirópolis/SP.....	121
Figura 19 – Fragilidade Ambiental Emergente no entorno (1km) das minerações.....	123
Figura 20 – Resíduos em área de mineração.....	125
Figura 21 – Cana-de-açúcar próximo à mineração.....	125
Figura 22 – Alta quantidade de resíduos.....	125
Figura 23 – Formação de Lago.....	125
Figura 24 – Pátio de secagem em área de mineração.....	126
Figura 25 – Zona Especial de Exploração e Extração de Argila (ZEEEA).....	127

Figura 26 – Localização das áreas de mineração e antiga mineração em Cordeirópolis/SP.....	128
Figura 27 – Mapa de uso e ocupação das terras do perímetro urbano de Cordeirópolis – 1988.....	131
Figura 28 – Mapa de Uso e Ocupação das Terras do Perímetro Urbano de Cordeirópolis – 2010.....	132
Figura 29 – Mapa da evolução urbana de Cordeirópolis/SP.....	136

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – População urbana e rural dos municípios do polo cerâmico de Santa Gertrudes (1980-2010).....	57
Quadro 2 – Volume de produção média - Polo Cerâmico de Santa Gertrudes (PCSG) e Polo Cerâmico de Criciúma (PCCR).....	59
Quadro 3 – Potencial Mineral das Formações Geológicas do PCSG.....	60
Quadro 4 – PIB por setor econômico dos municípios do PCSG.....	62
Quadro 5 – Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC.....	76
Quadro 6 – Classes de Uso e Ocupação das Terras do perímetro urbano de Cordeirópolis: cenário de 1988 e 2010.....	81
Quadro 7 – Classes de Declividade do município de Cordeirópolis/SP.....	83
Quadro 8 – Classes Pedológicas do município de Cordeirópolis/SP.....	83
Quadro 9 – Formações Geológicas do município de Cordeirópolis.....	85
Quadro 10 – Influência e fragilidade dos mapas e classes temáticas na fragilidade ambiental natural do município de Cordeirópolis/SP.....	88
Quadro 11 – Fragilidade das classes temáticas de uso e ocupação das terras.....	89
Quadro 12 – Evolução urbana Cordeirópolis (1950 – 2007).....	91
Quadro 13 – Classes geológicas com suas respectivas fragilidades e extensão territorial.....	98
Quadro 14 – Efeito do tipo de solo nas perdas por erosão em um ano.....	100
Quadro 15 – Classes de solo, fragilidades e área ocupada no município de Cordeirópolis/SP.....	102
Quadro 16 – Classes de declividade, fragilidades e área ocupada no município de Cordeirópolis/SP.....	105
Quadro 17 – Declividade na área urbana de Cordeirópolis/SP.....	106
Quadro 18 – Extensão territorial das classes de fragilidade ambiental natural do município de Cordeirópolis/SP.....	109
Quadro 19 – Classes de uso e ocupação das terras com suas respectivas fragilidades e extensão territorial.....	113
Quadro 20 – Extensão territorial das classes de fragilidade ambiental emergente do município de Cordeirópolis/SP.....	116
Quadro 21 – Processo produtivo e impacto ambiental.....	119

Quadro 22 – Aspectos das áreas de antiga mineração do município de Cordeirópolis/SP.....	129
Quadro 23 – Extensão territorial das classes de uso e ocupação das terras do perímetro urbano de Cordeirópolis: cenários de 1988 e 2010.....	133
Quadro 24 – Área de expansão urbana de Cordeirópolis/SP por décadas.....	138

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Percentagem dos setores econômicos no PIB dos municípios do PCSG.....	63
Gráfico 2 – Percentagem das classes de uso e ocupação das terras no município de Cordeirópolis/SP – 2010.....	113
Gráfico 3 – Percentagem das classes de uso e ocupação das terras no perímetro urbano de Cordeirópolis/SP – 1988 e 2010.....	133
Gráfico 4 – Percentagem da população urbana e rural do município de Cordeirópolis/SP (1980 – 2010).....	135

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEP – Associação Brasileira de Empresas Pequenas

AEII – Área Especial de Interesse Industrial

ANFACER – Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica e Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres

APP – Áreas de Preservação Permanente

ASPACER – Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimentos

CEFEM – Compensação Financeira pela Exploração dos Recursos Minerais

CETESB – Companhia Ambiental do estado de São Paulo

CPRM – Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais

DEPLAN – Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento

EGNOS – European Geostationary Navigation Overlay Service

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMPLASA – Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A

ESRI – Environmental Systems Research Institute

GLONASS – Global Navigation Satellite System

GNSS – Global Navigation Satellite System

GPS – Sistema de Posicionamento Global

IAC – Instituto Agrônomo de Campinas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

NASA – National Aeronautics and Space Administration

NAVSTAR – Navigation System with Time and Ranging

OMS – Organização Mundial da Saúde

PCCR – Polo Cerâmico de Criciúma

PCSG – Polo Cerâmico de Santa Gertrudes

PEC – Padrão de Exatidão Cartográfica

PIB – Produto Interno Bruto

SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise dos Dados

SIBCS – Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SPRING – Sistema de Processamento de Informação Geográfica

TIN – Triangular Irregular Network

UFSCAR – Universidade Federal de São Carlos

UNCED – United Nations Conference on Environment and Development

UNESP – Universidade Estadual Paulista

UTM – Universal Transversa de Mercator

ZEEEA – Zona Especial de Exploração e Extração de Argila

ZI-PC – Zona Industrial do Polo Cerâmico

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	19
1. INTRODUÇÃO.....	20
1.1. Objetivo geral.....	23
1.1.1. Objetivos específicos.....	23
1.2. Breve histórico, localização e caracterização geral do município de Cordeirópolis/SP.....	24
 CAPÍTULO 2.....	 29
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	30
2.1. O processo de industrialização e de urbanização brasileira: reflexos no Estado de São Paulo.....	30
2.2. As repercussões sociais e ambientais dos processos de industrialização e urbanização para o Brasil e para o Estado de São Paulo.....	34
2.3. A Importância da análise da fragilidade ambiental para o planejamento do uso das terras.....	37
2.4. O potencial das geotecnologias para a análise de fragilidade ambiental.....	40
2.4.1. A aplicação do sensoriamento remoto para a análise territorial.....	42
2.4.1.1. O potencial da interpretação de Imagens de Sensoriamento Remoto.....	44
2.4.2. O Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS).....	45
2.4.3. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG).....	47
2.4.4. Análise multicritério na fragilidade ambiental.....	49
 CAPÍTULO 3.....	 52
3. O desenvolvimento do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes.....	53
3.1. Histórico do polo cerâmico de Santa Gertrudes/SP.....	55
3.2. Produção do polo cerâmico de Santa Gertrudes/SP.....	58

3.3. Indústrias cerâmicas de Cordeirópolis/SP no contexto do polo cerâmico Santa Gertrudes/SP.....	64
3.3.1. Áreas de interesse em expansão industrial.....	67
CAPÍTULO 4.....	70
4. Abordagem Metodológica.....	71
4.1. Material.....	71
4.1.1. Documentos Cartográficos e Produtos Sensores.....	71
4.1.2. Softwares.....	72
4.2. Métodos.....	72
4.2.1. Levantamento bibliográfico, do material cartográfico, dos produtos sensores e dos dados socioeconômicos, demográficos e de infraestrutura.....	75
4.2.2. Organização da base cartográfica digital do município e da área urbana de Cordeirópolis/SP.....	75
4.2.3. Georreferenciamento.....	76
4.2.4. Elaboração dos mapas temáticos.....	78
4.2.4.1. Mapeamento do Uso e Ocupação das Terras do município de Cordeirópolis/SP (2010)	78
4.2.4.2. Mapeamento do Uso e Ocupação das Terras do perímetro urbano de Cordeirópolis/SP: cenários de 1988 e 2010.....	81
4.2.4.3. Mapa de Declividade do município de Cordeirópolis/SP.....	81
4.2.4.4. Mapa Pedológico do município de Cordeirópolis/SP.....	83
4.2.4.5. Mapa das Formações Geológicas do município de Cordeirópolis/SP.....	84
4.2.4.6. Análise Multicritério – Mapa de fragilidade ambiental da mineração em Cordeirópolis/SP.....	86
4.2.4.7. Mapa de Áreas de interesse em expansão industrial no município de Cordeirópolis/SP.....	90
4.2.4.8. Mapa de evolução urbana do perímetro urbano de Cordeirópolis/SP.....	91
4.2.5. Trabalhos de campo.....	91
CAPÍTULO 5.....	94
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	95
5.1. Caracterização dos aspectos físicos do município de Cordeirópolis/SP.....	95

5.1.1. Aspectos Geológicos do município de Cordeirópolis/SP.....	96
5.1.2. As características Pedológicas do município de Cordeirópolis/SP.....	99
5.1.3. Os aspectos da Declividade do município de Cordeirópolis/SP.....	103
5.2. Fragilidade Ambiental Natural do município de Cordeirópolis/SP.....	106
5.3. Caracterização antrópica do município de Cordeirópolis SP.....	110
5.3.1. Uso e ocupação das terras do município de Cordeirópolis: cenário de 2010.....	110
5.4. Fragilidade Ambiental Emergente do município de Cordeirópolis/SP.....	114
5.5 Adaptações da metodologia de fragilidade ambiental para a análise de impactos ambientais provocados pela mineração em Cordeirópolis/SP.....	117
5.6. Análise do uso e ocupação das terras do perímetro urbano de Cordeirópolis/SP: cenários de 1988 e 2010.....	130
5.7. Análise da evolução urbana de Cordeirópolis/SP.....	135
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	140
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	143
Apêndice.....	153

CAPÍTUL 01

Este capítulo aborda os impactos ambientais decorrentes da atividade antrópica. Também, destaca a importância das geotecnologias na análise da fragilidade ambiental e a sua contribuição no planejamento e gestão ambiental. Além disso, apresenta os objetivos desse trabalho e um breve histórico da formação do município de Cordeirópolis/SP, sua localização no Estado de São Paulo e as características gerais dos aspectos físicos e socioeconômicos do município.

1. INTRODUÇÃO

O aumento dos problemas ambientais, a partir do século XX, vem comprometendo o equilíbrio ambiental e a manutenção da diversidade biológica. Os impactos ambientais causados pelas atividades humanas sobre a superfície terrestre se transformaram em assuntos preocupantes durante a década de 1960, e ganharam dimensão política a partir dos anos 1970. Atualmente, a problemática ambiental deixou de ser um tema exclusivamente acadêmico, mas trata-se de uma prioridade para a sobrevivência da geração atual e futura. Envolveram-se nesse desafio as Universidades, órgãos públicos, associações ambientalistas, etc.

Assim, as questões ambientais foram focos de discussões em fóruns e congressos mundiais, tornando-se mais institucionalizada, em 1972, na Conferência de Estocolmo, neste encontro debateu-se sobre a poluição atmosférica, mudança climática e os efeitos na humanidade. Posteriormente em 1992, realizou-se a ECO-92 na cidade do Rio de Janeiro, maior evento organizado pela ONU (até aquele momento), dando continuidade aos debates sobre poluição atmosférica, desenvolvimento sustentável, etc. Na sequência ocorreram vários eventos sobre a questão ambiental como COP – 03, realizada em 1997, na cidade de Kyoto (Japão), a Rio+10, a qual aconteceu na cidade de Joanesburgo (África do Sul) em 2002, dentre outras. (JULIANO, 2011).

No Brasil, essas discussões tornaram-se importantes, principalmente pela diversidade de ecossistemas existentes no país. No Estado de São Paulo, as questões relacionadas ao meio ambiente vêm sendo debatidas amplamente, devido às intensas modificações provocadas pelas atividades antrópicas. Atualmente, esta interação entre os aspectos físicos e socioeconômicos constitui-se no principal assunto para os geógrafos (GUERRA; CUNHA, 2014).

O ambiente natural encontrava-se em estado de equilíbrio até o momento em que as sociedades humanas passaram a explorar cada vez mais os recursos

naturais para gerar riquezas, conforto e lazer (ROSS, 2009). Assim, o homem transforma constantemente a paisagem, em escalas de tempo e espaços variados, dependendo de seus interesses ou necessidades.

As ações antrópicas modificam o meio ambiente em diversos aspectos e com múltiplas finalidades, através da derrubada de matas, implantação de pastagens e cultivos, da construção de estradas, portos, aeroportos, represas, da retificação e canalização dos cursos d'água, da implantação de indústrias e áreas urbanas (FLORENZANO, 2002).

As áreas naturais, face às intervenções humanas, apresentam maior ou menor fragilidade em função das suas características. Qualquer alteração nos aspectos físicos do meio ambiente (relevo, solo, vegetação e recursos hídricos), resulta no comprometimento da funcionalidade do local (SPÖRL; ROSS, 2004). Diante disto, é necessário que as intervenções antrópicas sejam compatíveis com as potencialidades dos recursos naturais, tornando-se necessária a aplicação de técnicas, como é o caso das geotecnologias que auxiliam no planejamento territorial, na perspectiva econômica, social e ambiental.

Entre as geotecnologias destaca-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG), o qual consiste num “set of tools made up of hardware, software, data and users, which allows us to capture, store, manage and analyze digital informations, as well as make graphs and maps, and represent alphanumeric data¹” (COFREP et al, 2018, p.5). A utilização de geotecnologias para análise integrada da relação entre homem e o meio ambiente tem sido uma prática crescente. A exploração dos recursos naturais sem ocasionar impactos ambientais deve ser objetivo de todos os setores da sociedade (acadêmicos, públicos, privados, etc.).

Para estudos com esta finalidade, as geotecnologias têm se mostrado eficazes na discriminação, mapeamento e monitoramento do ambiente, auxiliando o diagnóstico e gestão dos recursos naturais e no uso sustentável do território (PANCHER, 2013). Essas tecnologias permitem a realização de análises espaciais as quais auxiliam na melhor forma de ocupar o espaço, dando suporte para a gestão e planejamento ambiental. De acordo com Albano (2013), o planejamento ambiental é o elemento básico para o desenvolvimento econômico e social voltado à melhor

¹ “conjunto de ferramentas composto de hardware, software, dados e usuários, que nos permite capturar, armazenar, gerenciar e analisar informações digitais, além de fazer gráficos e mapas, e representar dados alfanuméricos” (COFREP et al, 2018, p.5).

utilização e gestão de uma unidade territorial, cujas fases de inventário e de diagnóstico tornam-se caminhos para a compreensão das potencialidades e das fragilidades da área.

O planejamento sempre remete ao futuro, com objetivo de melhor precaver-se dos problemas e de melhor tirar partido de prováveis benefícios. Os elementos fundamentais do planejamento são: 1 – pensamento orientado para o futuro; 2 – consideração dos limites, restrições e prejuízos; 3 – escolha entre alternativas, prejuízos e benefícios; 4 – consideração dos diferentes cursos de ação, os quais dependem de condições e circunstâncias variáveis. Por outro lado, a gestão se remete ao presente, sendo um conjunto de procedimentos que visa entender, controlar e prevenir impactos ambientais tendo em vista as necessidades imediatas (RUPPENTHAL, 2014). Ou seja, o planejamento é a preparação para a gestão futura, buscando-se, na medida do possível, evitar os problemas decorrentes da intervenção no ambiente. É evidente que a administração dos recursos naturais em curto e médio prazos é tão essencial quanto a visão de longo alcance e a reflexão sobre o uso dos recursos em longo prazo (ALBANO, 2013).

Um dos instrumentos que pode ser utilizado no planejamento ambiental é a análise da fragilidade. O mapeamento da fragilidade ambiental consiste em um dos principais recursos utilizados pelos órgãos públicos na elaboração do planejamento territorial. Esse documento cartográfico orienta a tomada de decisões, pois apresenta as informações necessárias para que os planejadores possam identificar as melhores ações a serem implementadas (SPÖRL, 2007).

É imprescindível pesquisas sobre a fragilidade ambiental integrada com as relações da sociedade e com a natureza, pois estas pressupõem o entendimento da dinâmica do ambiente natural com ou sem as intervenções humanas (ROSS, 2009). As atividades antrópicas alteram a intensidade dos fluxos energéticos e, com isso, geram impactos na natureza.

O estudo relativo à fragilidade ambiental tem como produto final um mapeamento síntese que permite identificar áreas com maior ou menor fragilidade. Os impactos são acelerados devido à ocupação desordenada acarretando em perda de solo superficial, comprometendo a sustentabilidade dos sistemas, a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos (SPÖRL, 2007).

Neste sentido, a proposta desta pesquisa foi estudar a fragilidade ambiental no município de Cordeirópolis/SP, o qual localiza-se na microrregião de Limeira,

estado de São Paulo. Esse município foi escolhido como área de investigação, pois está inserido no maior polo cerâmico das Américas, o Polo Cerâmico de Santa Gertrudes (PCSG), abrangendo todos os problemas inerentes a um complexo industrial de grande porte. A dinâmica econômica dessa região decorrente da instalação desse complexo se intensificou consideravelmente nas duas últimas décadas, causando reflexos no município de Cordeirópolis/SP. No final da década de 1980 a população de Cordeirópolis era de 9.334 habitantes e em 2010 passou para 19.048 habitantes, o que correspondeu a um aumento de 104% nesses 30 anos. Atualmente o município abriga uma população estimada em 24.221 habitantes, tendo um aumento de aproximadamente 22%, comparado a 2010, sendo ainda considerado de pequeno porte (IBGE, 2018).

Assim, os resultados produzidos nesse estudo podem oferecer subsídios à administração pública para um planejamento adequado do território, visando a melhora da qualidade de vida dos cidadãos.

1.1. Objetivo Geral

O objetivo fundamental desta pesquisa foi avaliar o potencial do método empírico de fragilidade ambiental proposto por Ross (1994) em áreas de mineração, visando através do conhecimento das áreas de fragilidade ambiental natural e emergente do município de Cordeirópolis/SP, avaliar a influência imposta por atividades antrópicas vinculadas à mineração do polo cerâmico de Santa Gertrudes, através da integração de variáveis temáticas e de dados coletados em campo, com apoio nas geotecnologias.

1.1.1. Objetivos Específicos

- Conhecer as características físicas relativas à geologia, declividade e pedologia do município de Cordeirópolis/SP, a fim de identificar a fragilidade natural;
- Elaborar o mapa de fragilidade ambiental emergente e avaliar a influência do uso e ocupação das terras na fragilidade ambiental natural no município de Cordeirópolis/SP.
- Avaliar os impactos ambientais e sociais provocados pela mineração, como também analisar a influência da mineração na fragilidade ambiental do município.

- Realizar uma análise multitemporal (cenários de 1988 e 2010), visando avaliar e identificar as modificações ocorridas no uso e ocupação das terras no perímetro urbano;
- Analisar a evolução urbana de Cordeirópolis/SP, no período de 1950-2010, para avaliar a direção e a intensidade da expansão urbana do município;

O trabalho baseia-se na avaliação do potencial da metodologia de fragilidade ambiental de Ross (1994) em áreas de mineração, complementando-a com dados coletados em campo, contribuindo para a análise da influência da mineração na fragilidade ambiental do município de Cordeirópolis/SP.

1.2. Breve histórico, localização e caracterização geral do município de Cordeirópolis/SP

Segundo Tamiazo (2003), o início da ocupação do território, que comporia o atual município, se deu com a formação das primeiras grandes propriedades rurais. As terras eram concedidas aos cidadãos de maior proeminência social através da doação de sesmarias. Outra forma consistia na ocupação de parcelas de terras distantes das sedes das fazendas por homens e escravos libertos, formando sítios para o cultivo de subsistência e da cana-de-açúcar, fornecida aos engenhos da região para moagem.

Além da chegada de grande contingente de agricultores para o núcleo, muitos trabalhadores independentes e comerciantes se deslocaram para esse lugar, formando um conjunto de habitações. Aproveitando-se desta oportunidade, um fazendeiro local, Manoel Barbosa Guimarães, loteou uma área, fato ocorrido em 1885 e que provavelmente deu início à povoação, chamada oficialmente de Santo Antônio do Cordeiro (CORDEIRÓPOLIS, 2017).

Segundo Souza (2000), as casas do povoado, até então de pau a pique, construídas à beira das estradas de ferro, passaram a ser edificadas com tijolos, especialmente pela instalação das olarias em áreas com solos argilosos.

O pequeno comércio existente, aliado ao cultivo de produtos agrícolas de gêneros alimentícios, contribuiu para a transformação da povoação em distrito Cordeiro. Em 1943, por meio de um plebiscito o nome do distrito foi substituído por Cordeirópolis, seu nome atual, elevando-o à categoria de município, oficializado pelo

Decreto-Lei Estadual nº. 14.334, de 30 de novembro de 1944 (CORDEIRÓPOLIS, 2017).

O município de Cordeirópolis situa-se na microrregião de Limeira, entre as coordenadas geográficas 22°53'S e 47°49'O e 22°41'S e 47°30'O (Figura 1). Em 2018, a população estimada é de 24.221 habitantes (IBGE, 2018), distribuída numa área de 137,59 km², portanto, a densidade demográfica é de 176,05hab./km².

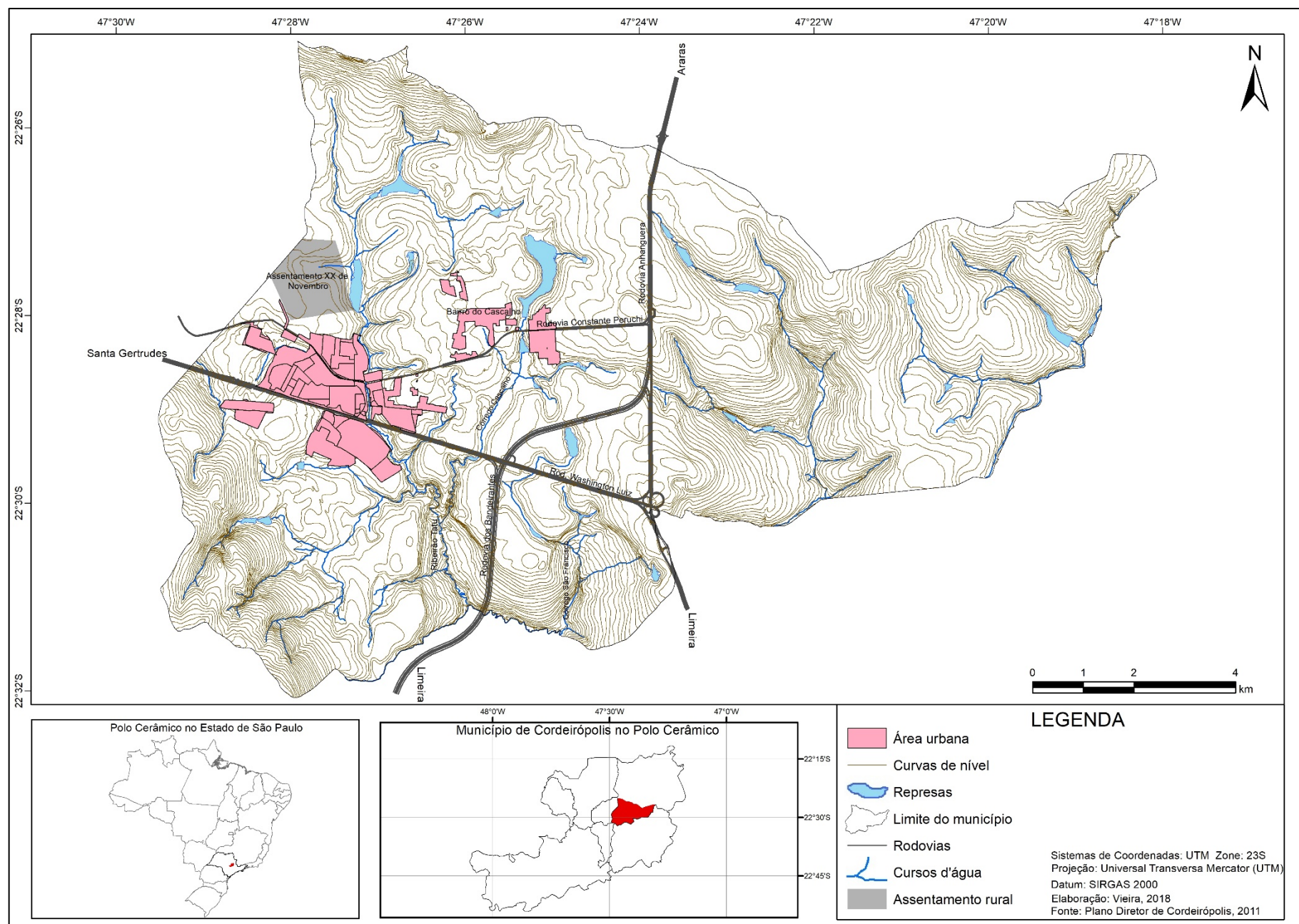


Figura 1 – Localização do Município de Cordeirópolis/SP

A área do município possui uma topografia plana e com formas suaves, não ultrapassando 270 metros de desnível, predominando as colinas amplas e médias. As maiores altitudes existentes são em torno de 820 metros; as cotas predominantes são de 600 a 650 metros no alto dos interflúvios e as menores altitudes estão em torno de 550 metros nos fundos de vale (PENTEADO, 1969).

Cordeirópolis/SP se insere integralmente na bacia hidrográfica do rio Piracicaba dentro da sub-bacia do rio Corumbataí. Durante todo o ano, a predominância dos ventos é no sentido SW-SE, os ventos de S-SE para N-NW estão associados à ocorrência de frentes frias, enquanto que no período de maior calor ocorre a inversão destes (UFSCAR, 2007).

O município apresenta clima úmido com inverno seco e verão quente, classificado como “Cwa”, segundo a classificação de Köppen e Geiger (1928), e com temperatura média anual em torno de 22°C (SEADE, 2010).

Um aspecto significativo é a geologia da região, determinante para mineração de argila e a instalação das indústrias cerâmicas. Conforme Christofolletti e Moreno (2011):

Os aspectos físicos foram determinantes para a instalação das indústrias cerâmicas no município de Cordeirópolis, considerando-se que o mesmo se encontra na formação geológica Corumbataí, a qual se distribui por todo o Estado de São Paulo. Apesar desta ampla ocorrência no Estado, faltam estudos científicos e tecnológicos que comprovem a existência de outras reservas com características semelhantes às matérias-primas encontradas no polo cerâmico de Santa Gertrudes. A matéria-prima é constituída principalmente por siltitos, ora maciços, ora laminados, ora intercalados, argilitos, folhelhos e arenitos finos a médios de cores variadas intercalados com siltitos arenosos ou argilosos (CHRISTOFOLETTI; MORENO, 2011, p.2).

Outro fator importante é a infraestrutura rodoviária, destacando-se as rodovias: Constante Peruchi (SP-316), Anhanguera (SP-330), Washington Luís (SP-310) e dos Bandeirantes (SP-348), o que facilita o transporte dos produtos cerâmicos para diversas regiões, principalmente, no estado de São Paulo (capital e interior), além dos estados do sul e sudeste do país. A presença da ferrovia que conecta os municípios de Cordeirópolis, Santa Gertrudes e Limeira para outras regiões do Estado de São Paulo também facilita o escoamento dos produtos das indústrias.

O município de Cordeirópolis/SP apresenta elevado índice de alfabetização, sendo que 93,28% da população acima de 15 anos é alfabetizada, semelhante à média do estado de São Paulo, que é 93,36% (IBGE, 2010).

Segundo o Censo demográfico do IBGE (2010), o serviço coleta de lixo abrange entre 96,8 a 100% da população da área urbana; quanto ao esgotamento sanitário, via rede geral, entre 98 a 100% da população urbana é atendida; o restante dos domicílios (0 a 2%) utilizam a fossa séptica como esgotamento sanitário; o abastecimento de água via rede geral atende cerca de 77% a 100% dos domicílios da área urbana e o restante das casas (área rural) são abastecidas via poços ou nascentes de córregos.

Com relação ao trabalho e ao rendimento de Cordeirópolis/SP, segundo o IBGE (2018):

Em 2016, o salário médio mensal era de 3,2 salários mínimos, ocupando a posição 38 no estado de São Paulo. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 41,9%, posição número 37 de 645 municípios do estado de São Paulo. Já na comparação com cidades do país todo, ficava na posição 115 de 5570 e 134 de 5570, respectivamente. Considerando domicílios com rendimentos mensais de até meio salário mínimo por pessoa, tinha 30.4% da população nessas condições, o que o colocava na posição 381 de 645 dentre as cidades do estado e na posição 4607 de 5570 dentre as cidades do Brasil (IBGE, 2018).

Observa-se que o município de Cordeirópolis/SP, agrega vários fatores que facilitou a instalação de indústrias cerâmicas, como relevo plano, litologia favorável da formação geológica Corumbataí (principal fonte de argila), além da infraestrutura rodoviária, aspectos importantes para implantação do polo cerâmico de Santa Gertrudes. No aspecto socioeconômico o município apresenta elevados índices de alfabetização, coleta de lixo e esgoto via rede geral, os quais elevam a qualidade de vida da população do município.

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, realizou-se uma revisão bibliográfica abordando assuntos fundamentais para o embasamento teórico relativo à temática. Os temas tratam do processo de industrialização brasileira e do estado de São Paulo para avaliar os seus reflexos sociais e ambientais. Abrangem também a importância das geotecnologias (Sistemas de Informação Geográfica, Sistema Global de Navegação por Satélite e Sensoriamento Remoto) e da análise multicritério, os quais foram fundamentais para a elaboração dos mapas e integração das variáveis temáticas, bem como para a realização dos trabalhos de campo.

2.1. O processo de industrialização e de urbanização brasileira: reflexos no Estado de São Paulo

A industrialização é um dos fatores fundamentais na modificação do espaço geográfico, pois interfere nos fluxos populacionais, na geração de empregos e modifica o arranjo espacial de uma cidade ou região. Com a produção em massa, as indústrias promovem uma rede de influências que permite atuar em escalas que vão do local ao global.

Quando se aborda a industrialização do Brasil, deve-se ressaltar que tal processo não ocorreu em nível nacional, uma vez que a primeira região a se desenvolver industrialmente foi a Sudeste. De acordo com Cano et al. (1992), o desenvolvimento econômico no Brasil, a partir do século XIX até 1929 foi impulsionado pela cultura cafeeira e ocorreu com maior intensidade no estado de São Paulo.

Entretanto, em 1929, a economia cafeeira enfrentou uma crise de superacumulação e queda do preço do produto associada à redução da demanda internacional (CANO et al., 1992). Assim, a indústria brasileira diversificou, no entanto, com a produção de produtos que empregavam pouca tecnologia, por exemplo, como setor têxtil, alimentício, além de fábricas de sabão e velas (SILVA, 2009).

Para a recuperação da economia foi implantada uma nova política que propiciou um avanço industrial, desenvolvendo parte da infraestrutura do país e alcançando elevadas taxas de crescimento econômico. Nessa transição, foram

fundamentais os investimentos em infraestrutura, na constituição da rede urbana e das atividades voltadas ao mercado interno (ROSSETI, 2011).

Um fator importante para a industrialização brasileira foi à utilização das ferrovias e dos portos, anteriormente utilizados apenas para o transporte do café. Outro motivo que favoreceu o crescimento industrial foi a abundante quantidade de mão de obra estrangeira, estes imigrantes chegaram ao Brasil graças ao empenho do Estado e dos fazendeiros, por meio do apoio e estímulos para a imigração da mão-de-obra europeia, que substituiria os escravos nas plantações (SILVA, 2009). As imigrações ocorreram principalmente para a região sudeste, destacando-se o estado de São Paulo, cuja capital em menos de 30 anos, passava de cidade/entrepasto comercial de pouca importância para cidade-vanguarda da produção industrial (ROLNIK, 1988).

Esse acelerado processo de industrialização brasileira, devido à geração de empregos e atração populacional, ocasionou o crescimento de muitas cidades já consolidadas e o surgimento de outras áreas urbanas. A urbanização no Brasil teve início no século XX, a partir do processo de industrialização e consequente deslocamento da população da área rural para a área urbana. Esse deslocamento, denominado de êxodo rural, provocou a mudança de um modelo agrário-exportador para um modelo urbano-industrial. Atualmente, mais de 80% da população brasileira vive em áreas urbanas (SILVA, 2009).

O Brasil, até 1950, era um país de população predominantemente rural. As principais atividades econômicas estavam associadas à exportação de produtos agrícolas. A partir do início do processo industrial, começou a se criar no país condições específicas para o aumento do êxodo rural (BRITO; HORTA; AMARAL, 2000). Além da industrialização, também estiveram associados a esse deslocamento campo-cidade, dois outros fatores: a concentração fundiária e a mecanização do campo, processo iniciado com a Revolução Verde².

Neste período, segundo Santos (2009), a urbanização brasileira se generaliza e são observados o turbilhão demográfico e a terceirização da economia. No

² A revolução verde associa insumos químicos (adubos e agrotóxicos), insumos mecânicos (tratores, colheitadeiras, etc.) e o desenvolvimento de plantas geneticamente modificadas. Trouxe o aumento da produção e a modernização do campo. Contudo a aclamada modernização fez com que pequenos produtores fossem expropriados, dando lugar aos moldes empresariais de organização da produção, garantindo que a divisão de terras continuasse a se efetivar, aumentando o êxodo rural (LAZZARI, SOUZA, 2017).

entanto, em termos demográficos, a partir de 1940 até a década de 1980 se verifica uma verdadeira inversão da população rural para urbana conforme Santos (2009):

Entre 1940 e 1980, dá-se verdadeira inversão quanto ao lugar de residência da população brasileira. Há meio século (1940), a taxa de urbanização era de 26,35%, em 1980 alcança 68,86%. Nesses quarenta anos, triplica a população total do Brasil, ao passo que a população urbana se multiplica por sete vezes e meia. Hoje a população urbana brasileira passa dos 77%, ficando quase igual à população total de 1980 (SANTOS, 2009, p. 31).

Segundo Santos (2009), a crescente urbanização que se nota a partir da década de 1950 é resultado do crescimento demográfico das cidades brasileiras, sobretudo, as cidades da região sudeste. Esse crescimento é resultado de uma taxa de natalidade elevada e uma mortalidade em descenso, cujas causas essenciais são o progresso sanitário, a melhora das condições de vida da população e o próprio processo de urbanização.

No Brasil, a partir da década de 1970, a população urbana tornou-se superior à rural, com 56% das pessoas morando na cidade; sendo que na década anterior o percentual da população urbana era de 45% (IBGE, 2010). Somente entre 1960 e 1980, auge do ciclo de expansão das migrações, estima-se que tal fenômeno foi responsável por 53% do crescimento da população urbana (BRITO; HORTA; AMARAL, 2000).

Por ter sido destaque na produção de café, São Paulo apresentou melhores condições para a conversão de uma economia mercantil a capitalista, inicialmente com uma industrialização restrita (produção de bens de consumo não duráveis) e, com a chamada industrialização pesada (produção de bens intermediários e de consumo durável). O avanço da indústria pesada em São Paulo, acompanhado de uma modernização do parque industrial e de uma efetiva integração inter-regional, possibilitou a ampliação dos efeitos dos estímulos para a produção de matéria-prima em várias regiões do país, principalmente a Centro-Oeste. A concentração industrial em São Paulo implicou em profundas mudanças não apenas no meio urbano, estendendo-se para todos os ramos da economia produtiva capitalista, inclusive o campo, que se moderniza e se integra a uma nova lógica de produção para atender não só a demanda de consumo do mercado nacional e internacional, mas para produzir dentro de padrões de produção no qual a modernização se fez indispensável (SILVA, 2009).

A partir da década de 1980, o padrão de urbanização brasileira apresenta mudanças que merecem destaque. Embora as metrópoles (como São Paulo e Rio de Janeiro) continuassem crescendo proporcionalmente mais que o país, o ritmo desse crescimento diminuiu. As cidades de porte médio, com população entre 100 mil e 500 mil habitantes, cresceram a taxas maiores do que as metrópoles nos anos 1980 e 1990 (4,8% contra 1,3%) (MARICATO, 2000). Segundo Cano et al. (1992) esse processo é denominado de interiorização. A interiorização iniciou-se com a desconcentração industrial, em 1970, na região metropolitana de São Paulo segundo Baeninger (2010), processo marcado pelo crescimento de cidades como Campinas, Ribeirão Preto, São José dos Campos e as da região da Baixada Santista, principalmente Santos.

Após esse crescimento, na década de 1980 houve uma estagnação econômica no estado de São Paulo, denominada por Maricato (2003) como década perdida, devido às taxas negativas de crescimento econômico, consequência do ajuste da economia intensificado pela própria crise internacional. Nesse processo, medidas econômicas foram adotadas, como a política de arrocho salarial; cortes nos investimentos e gastos públicos; desestímulos ao investimento privado; incentivos às exportações de manufaturados; política cambial para ampliar a rentabilidade das atividades exportadoras (MARICATO 2003).

A partir das décadas de 1990 e 2000, o Estado de São Paulo apresenta uma concentração de indústrias bastante desigual, sendo que as regiões metropolitanas de São Paulo, Baixada Santista e as regiões administrativas de Campinas, São José dos Campos e Sorocaba agregam quase 90% de toda a riqueza gerada no estado (ROSSETTI, 2011). Além da consolidação desses centros industriais outras áreas foram favorecidas, devido aos grandes eixos de ligação das cidades com a capital; dentre esses eixos destacam-se as rodovias dos Bandeirantes (SP-348), Anhanguera (SP-330), Washington Luís (SP-310) e Castelo Branco (SP-280). A concentração industrial e os eixos de ligação no Estado de São Paulo favoreceram a urbanização, com uma taxa de 96,6% da população residindo em áreas urbanas. O Estado paulista apresenta um percentual menor apenas que o Estado do Rio de Janeiro, o qual possui uma urbanização de 97,3% conforme os dados da Síntese de Indicadores Sociais (IBGE, 2018).

Esses dados foram importantes, pois o município de Cordeirópolis/SP está inserido em um grande complexo industrial o polo cerâmico de Santa Gertrudes, deve-se

a esse fato a descentralização industrial e a construção de rodovias que ligam o interior aos centros metropolitanos do Estado de São Paulo (São Paulo, Campinas, etc.)

2.2. As repercussões sociais e ambientais dos processos de industrialização e urbanização para o Brasil e para o estado de São Paulo

Os impactos sociais e ambientais passaram a se constituir um problema para as sociedades no mundo todo, principalmente, a partir da Revolução Industrial, no século XIX. Nessa época, ocorriam indícios de poluição, mas agravou-se muito com a industrialização e a urbanização, portanto, sua escala deixou de ser local. Isso não apenas porque a indústria é a principal responsável pelo lançamento de poluentes no meio ambiente, mas também porque a Revolução Industrial representou a consolidação do capitalismo. O capitalismo, naquele momento tem na indústria a sua principal atividade econômica, acarretando em urbanização, com grandes concentrações populacionais nas cidades. A própria aglomeração urbana já é, por si só, uma fonte de poluição, pois implica em numerosos problemas ambientais, como o acúmulo de lixo, o enorme volume de esgotos, os congestionamentos do tráfego, etc. (LEAL; FARIAS; ARAÚJO, 2008).

No Brasil, a industrialização e a urbanização foram intensificadas apenas no século XX, desencadeando impactos sociais e ambientais nas cidades brasileiras. É evidente que outros países tiveram problemas semelhantes e buscaram soluções para garantir a qualidade de vida dos cidadãos e o simultâneo crescimento econômico. Contudo a diferença é que, por ser um país jovem, o Brasil começou, somente na virada do último milênio, a enfrentar o desafio de um desenvolvimento socioeconômico que preserve o patrimônio natural do País para suas próximas gerações (LEAL; FARIAS; ARAÚJO, 2008).

A preocupação com a poluição e a degradação ambiental se intensificou a partir da década de 1970. A poluição é sem dúvida uma das externalidades negativas mais marcantes do modo de produção e consumo da sociedade moderna, a qual tem a indústria como uma de suas características dominantes (JURAS, 2015).

A atividade industrial, organizada de modo concentrado, engendra problemas de poluição do ar e da água, gerando situações de graves riscos à saúde da população, sobretudo para as famílias mais pobres que passam a residir exatamente nos lugares mais poluídos. Desse modo, os efeitos da degradação ambiental não são distribuídos igualmente pelo conjunto da população (GONÇALVES, 1999).

Do ponto de vista social, o início da industrialização brasileira baseou-se em baixos salários. Assim, com baixo poder aquisitivo, a população instalou-se em locais afastados das cidades, em áreas rejeitadas pelo mercado imobiliário privado e nas áreas públicas (invasões), situadas em regiões desvalorizadas: beira de córregos, encostas dos morros, terrenos sujeitos a enchentes ou outros tipos de riscos, regiões poluídas, ou áreas de proteção ambiental (MARICATO, 2003).

Sobre a ocupação de lugares públicos Maricato (2003) afirma:

O poder de polícia sobre o uso das terras públicas urbanas é exercido de forma discriminatória nos diversos bairros da cidade. Áreas de proteção ambiental, não raramente, são priorizadas para ocupação pela população pobre, seja nas favelas ou nos loteamentos irregulares, abertos diante da condescendente (ou inexistente) fiscalização (MARICATO, 2003, p.157).

A população que se instala nesses locais compromete recursos que são fundamentais a toda a população da cidade, como é o caso dos recursos hídricos. Por exemplo, estima-se que a cidade de São Paulo tenha aproximadamente 13,11 milhões de habitantes (IBGE, 2018), e conta com um complexo sistema de abastecimento que compreende áreas de mananciais, represas, estações de tratamentos e reservatórios. A disponibilidade de água de qualidade e em quantidade adequada é limitada devido ao seu uso intensivo pela indústria e pela população o que resulta na poluição dos corpos d'água e na perda de 2,7 bilhões de litros de água ou 48% da produção total (WHATELY; DINIZ, 2010).

Vale ressaltar, que essa perda não se traduz no trajeto da perda de água entre as estações e os consumidores, pois inclui também fraudes e a utilização de água por meio de conexões informais por parte da população em situações precárias de moradia (WHATELY; DINIZ, 2010).

A população moradora em locais de risco ou assentamentos irregulares cresceram mais do que a populações localizadas em outras áreas da cidade (MARICATO, 2001). No Brasil, de acordo com a Fundação Seade em 2010, 11 milhões de pessoas vivem em favelas ou assentamento irregulares. A região sudeste concentra metade dos aglomerados subnormais, com destaque para São Paulo com 23% e Rio de Janeiro com 19%. Ainda, de acordo com o referido censo, o percentual de pretos ou pardos vivendo nessas condições chegou a 68,4%.

Mas não é apenas a população pobre que ocupa lugares inapropriados: são muitos os exemplos de aterramento de mangues em todo o litoral do país para a construção de condomínios de alto padrão econômico (MARICATO, 2003). A falta

de policiamento ou fiscalização dessas ocupações irregulares, principalmente nas grandes cidades, agrava o problema. No que se refere à aplicação das leis Maricato (2003) argumenta:

Muitos são os fatores que determinam quando a lei é aplicada ou não. Um dos parece principal. Quando a localização de uma terra ocupada por favelas é valorizada pelo mercado imobiliário, a lei se impõe. Lei de mercado, e não norma jurídica determina o cumprimento da lei. Não é por outra razão que as áreas ambientalmente frágeis, objeto de legislação preservacionista, “sobram” para o assentamento residencial da população pobre. Nessas localizações, a lei impede a ocupação imobiliária: margens dos córregos, áreas de mangues, áreas de proteção ambiental, reservas. Mesmo quando se trata de áreas públicas, priorizadas nos assentamentos de favelas, sua proteção contra a ocupação depende de sua localização em relação aos bairros onde atua o mercado imobiliário, legal, privado. As áreas públicas ocupadas estão localizadas, geralmente, nas periferias esquecidas. (MARICATO, 2003, p.159)

A ocupação desses lugares, devido à falta de fiscalização e a especulação imobiliária, é a causa de diversos problemas socioambientais dos séculos XX e XXI, destacando-se enchentes, desmoronamentos, problemas sanitários, epidemias, entre outros.

A partir da década de 1980, as periferias cresceram mais do que os núcleos centrais nas metrópoles. Nesse contexto, a extensão das periferias urbanas tem sua expressão mais concreta na segregação espacial ou ambiental configurando imensas regiões nas quais a pobreza é homogeneamente disseminada. Registraram-se extensas áreas de concentração de pobreza, as quais se apresentavam relativamente esparsas nas zonas rurais antes do processo de urbanização. A alta densidade de ocupação do solo e a exclusão social representaram uma situação, até então, inédita (MARICATO, 2003).

No caso de São Paulo, o intenso processo de urbanização pelo qual a cidade atravessou, ocasionou problemas inerentes ao adensamento populacional que, conjugados ao crescimento físico desordenado provocaram todo tipo de dificuldades, refletindo na ocupação desigual do espaço, na eclosão de problemas estruturais ligados à falta de infraestrutura e de salubridade. Observam-se também a valorização de áreas nobres e a especulação imobiliária, que promovem a verticalização das edificações, o parcelamento do solo e, por consequência, a sobrecarga das estruturas urbanas já estabelecidas (MILARÉ, 2005).

Além disso, em São Paulo, a exemplo do que ocorre com a maioria das cidades dos países em desenvolvimento, abrigam em suas proximidades grandes

instalações industriais como refinarias, polos petroquímicos, centrais de geração de energia e siderúrgicas, responsáveis pela modificação da paisagem e pelas emissões de poluentes para a atmosfera. Sobre a instalação das indústrias no estado de São Paulo, Juras (2015) enfatiza que:

O crescimento desordenado verificado na capital paulista e nos municípios vizinhos (região do ABCD), levou a instalação de indústrias de grandes portes sem a devida preocupação com impactos ambientais. Há registros em jornais nas décadas de 1960 e 1970, de episódios agudos de poluição do ar, que levaram à população ao pânico devido aos fortes odores emitidos pelas indústrias. Além disso, a poluição das águas é motivo de grande preocupação, pois as indústrias são responsáveis pelo lançamento de 300 a 400 milhões de toneladas de metais pesados, solventes, lodo tóxico e outros resíduos nos corpos d'água (JURAS, 2015, p.54).

Entretanto, ao longo do tempo, devido à obrigatoriedade de licenciamentos ambientais como o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV), o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), observa-se uma tendência à modernização das instalações industriais, com o objetivo de diminuir e controlar os impactos ambientais e sociais (LEAL; FARIAS; ARAÚJO, 2008).

Dentre as atividades industriais que necessitam de licenciamento, destacam-se as atividades vinculadas às indústrias cerâmicas. A mineração é classificada como atividade potencialmente poluidora e, como tal, sujeita ao processo de licenciamento ambiental. Além disso, o aproveitamento dos recursos minerais depende do licenciamento ambiental e que o detentor dos direitos minerários é o responsável pelos danos causados ao meio ambiente, ficando as atividades, passíveis de suspensão temporária ou definitiva (IPT, 2012).

Portanto, observa-se que os principais problemas provenientes do processo de industrialização e urbanização brasileira correspondem à poluição atmosférica e da água, além da ocupação de locais irregulares (próximos a recursos hídricos, APP, área de encostas, etc.), refletindo em deslizamentos ou desmoronamentos, enchentes e na falta de saneamento básico. Para minimizar tais impactos, podem ser utilizados mapas de uso e ocupação das terras e de fragilidade ambiental, os quais são fundamentais para auxiliar o adequado planejamento ambiental.

2.3. A Importância da análise da fragilidade ambiental para o planejamento do uso das terras

Em função de todos os problemas decorrentes das práticas predatórias que marcam a história do crescimento econômico do Brasil, e que, conseqüentemente,

em longo prazo, geram complicações diante do desperdício dos recursos naturais, com perda da qualidade ambiental, torna-se necessário um planejamento abrangendo aspectos sociais e ambientais.

O planejamento territorial e ambiental tornou-se um elemento ao mesmo tempo básico e complementar para o desenvolvimento econômico e social, bem como para uma melhor utilização, manejo e gestão territorial, (SOARES, LEAL, 2011). Assim, é necessário que as intervenções sejam planejadas adotando-se objetivos claros de ordenamento territorial, tomando como premissa as potencialidades dos recursos naturais e humanos e as fragilidades dos ambientes.

A maior ou menor fragilidade dos sistemas não é dependente de um só fator, mas de um conjunto de fatores que determinam a capacidade de resiliência do local, ou seja, a fragilidade que esse sistema apresenta quanto as intervenções humanas. A análise isolada de um fator explica pouco dentro do contexto complexo da fragilidade ambiental. A análise dos diversos fatores de forma integrada providencia subsídios práticos para o entendimento do fenômeno e para auxiliar na decisão de como atuar no território (SPORL, 2007).

A integração das informações (solos, litologia e declividade) por meio de SIG, permite determinar de modo preciso a susceptibilidade do meio físico à erosão (GUERRA; CUNHA, 2014). A relação entre os elementos da paisagem é fundamental para a compreensão da área de estudo. Esse entendimento é imprescindível para a análise da fragilidade ambiental.

Embora algumas áreas territoriais apresentem condições de ambientes estáveis, podem apresentar instabilidade devido as suas características naturais ou ao desenvolvimento de atividades antrópicas que podem mudar suas condições naturais (SANTOS; ROSS, 2012).

É crescente a preocupação da comunidade científica, de órgãos governamentais e de organizações não governamentais com relação à evolução da ocupação dos espaços pela sociedade, que vem se acentuando sobremaneira, servindo para ressaltar a importância do planejamento ambiental, despertando cada vez mais as necessidades do conhecimento do meio físico nos diagnósticos ambientais (GUERRA; MARÇAL, 2014).

Nesse contexto, torna-se cada vez mais importante o planejamento, levando-se em consideração não apenas as potencialidades, mas principalmente a fragilidade das áreas com intervenções antrópicas (BACANI et al., 2015).

A concepção de fragilidade ambiental surgiu a partir da análise integrada das relações sociedade-natureza, na qual os humanos são o centro das preocupações e as questões ambientais são antes de tudo socioculturais (SANTOS; ROSS, 2012). De acordo com Spörl (2007), a fragilidade ambiental consiste no grau de susceptibilidade a qualquer tipo de dano, ou seja, está relacionada aos ambientes em situação de risco, causado pelas próprias condições naturais, somadas às contribuições das ações antrópicas, provocadas pelo uso e ocupação da terra.

Nesse cenário, a análise integrada tem papel de destaque, pois permite compreender o ambiente em sua totalidade, a partir de aspectos físicos e da multiplicidade de atividades e intervenções promovidas pela sociedade nas paisagens (SANTOS, 2015). Sobre a importância da análise integrada, Trombeta e Leal (2014) enfatizam:

Para que o planejamento ambiental possa incorporar a análise integrada das fragilidades do ambiente é necessário um estudo integrado de seus elementos, objetivando definir áreas que requerem maior proteção ou que apresentam maiores restrições e, sobretudo que necessitam de ações diferenciadas para a gestão por parte dos órgãos públicos (TROMBETA; LEAL, 2014, p.3).

O reconhecimento da fragilidade dos recursos naturais advém do estudo e levantamento de solos, geologia, declividade, enfim de todos os componentes da natureza; no entanto, a análise da fragilidade exige que esses componentes sejam avaliados de forma integrada, numa perspectiva sistêmica, partindo da hipótese de que na natureza a funcionalidade é intrínseca, envolvendo componentes bióticos e socioeconômicos (SILVA, 2015).

De acordo com Ross (1994), os estudos relativos à fragilidade são de extrema importância no planejamento ambiental, cujo centro de preocupação é o desenvolvimento sustentado, no qual a conservação e a recuperação ambiental estejam em congruência com o desenvolvimento tecnológico. O termo socioambiental passou a ser empregado, deixando claro que alguns problemas ambientais têm forte conotação social, e assim devem ser tratados considerando elementos naturais e sociais (MENDONÇA, 2011). Portanto, para se analisar a fragilidade ambiental devem-se considerar as relações existentes entre os ambientes naturais e sociais e assim determinar as restrições de uso antrópico das terras de acordo com a fragilidade.

Os problemas socioambientais surgem da interação entre três subsistemas: natureza, sociedade e as atividades antrópicas, e devem ser trabalhados na perspectiva do planejamento e da gestão socioambiental (MENDONÇA, 2011).

Massa e Ross (2012) enfatizam que a identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes permitem definir de maneira mais precisa, quais diretrizes e ações devem ser implementadas. O conhecimento dos níveis de fragilidades do local, por meio da integração de diversas variáveis que interferem nas potencialidades dos recursos naturais, possibilita compreender a realidade e obter uma visão de quais são as opções mais adequadas para o uso da terra (SPÖRL; ROSS, 2004), visando à racionalidade econômica e ambiental dos recursos naturais, de modo que se respeitem os limites e sua capacidade de suporte, a fim de melhorar as condições de vida da população local.

Para que o planejamento ambiental possa incorporar a análise da fragilidade do ambiente é necessário um estudo das fragilidades de seus elementos, objetivando definir as áreas que requerem maior proteção ou que apresentam maiores restrições e, sobretudo, que necessitam de ações diferenciadas para a gestão por parte dos órgãos públicos, visando o uso racional dos recursos naturais, de modo que se respeitem os limites e sua capacidade de suporte, a fim de melhorar as condições de vida da população local (TROMBETA; LEAL, 2014).

Desse modo, é necessário o conhecimento da dinâmica entre os sistemas ambientais naturais e os sistemas sociais, para que as intervenções humanas sejam menos prejudiciais à natureza e para que ocorra um melhor aproveitamento das terras, transformando o estudo da fragilidade em importante instrumento de subsídio ao ordenamento territorial urbano.

Vale salientar, que em áreas de mineração a fragilidade ambiental deve ser complementada com avaliações in locu sobre os impactos ambientais da atividade minerária (poluição do ar, do solo, alteração hidrológica, etc.) para que a análise seja elaborada de modo efetivo e atinja os resultados desejados

2.4. O potencial das geotecnologias para a análise de fragilidade ambiental

Com a preocupação sobre as questões ambientais, aumenta o desenvolvimento das tecnologias que auxiliam no entendimento das relações do homem com o território em que está inserido. A extensão territorial e o interesse em conhecer os recursos naturais com mais detalhes, aliados ao elevado custo para

que se obtenham informações por métodos convencionais, constituíram fatores decisivos para o surgimento de novas tecnologias, em especial as geotecnologias (AQUINO; VALLADARES, 2013). Essas tecnologias revolucionaram os métodos de abordagem das informações geográficas desde o início do século XX.

O termo geotecnologias é definido por Rosa (2011) como:

Um conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informações com referência geográfica. São compostas por soluções de *hardware*, *software* e *peopleware* que juntas constituem-se em poderosos instrumentos como suporte a tomada de decisão. Dentre as geotecnologias destaca-se: a cartografia digital, o sensoriamento remoto, o sistema de posicionamento global, o sistema de informação geográfica, e os aplicativos gráficos disponíveis na *web* como o *Google Earth*, o *Microsoft Virtual Earth*, *Google Street View*, etc. (ROSA, 2011, p. 277).

As geotecnologias têm um potencial evidente quando avaliada sua capacidade de organização, armazenamento e análise de grande volume de dados e informações, bem como seu suporte aos estudos de variável temporal (FORNAZIEIRO; PANCHER, 2017). Essas apresentam um enorme potencial, baseado principalmente em custo relativamente baixo, em que o conhecimento seja adquirido localmente (MIRANDOLA, 2006).

Essas têm como objetivo principal providenciar ferramentas computacionais para que diferentes analistas determinem as evoluções espacial e temporal de um fenômeno geográfico e as inter-relações entre diferentes fenômenos (CÂMARA; MONTEIRO, 2001).

Também, contribuem na elaboração de produtos que podem auxiliar no planejamento territorial, aliando elementos de diversas áreas do conhecimento de forma integrada. Um exemplo disso é a análise da fragilidade ambiental de determinado lugar, verificando-se o nível de importância de cada variável (solo, declividade, geologia e uso e ocupação das terras) para o resultado final.

A utilização das geotecnologias, associada à proposta de análise da fragilidade, permitem caracterizar os diferentes graus de limitação do ambiente, a sua ocupação, bem como o estabelecimento de propostas para subsidiar ações de planejamento e gestão ambiental (CUNHA; BACANI; AYACH, 2013).

Além disso, possuem uma série de funções para explorar as características espaciais, possibilitando o cruzamento de dados distintos que podem, inclusive, não possuir nenhuma relação que não seja a geográfica. Através das análises espaciais, é possível realizar simulações, que permitem um melhor planejamento de como

atuar no espaço, dando suporte técnico à tomada de decisão (CUNHA; BACANI; AYACH, 2013).

Atualmente, as geotecnologias constituem ferramentas indispensáveis à detecção, avaliação e monitoramento dos problemas relacionados ao meio ambiente, devido à possibilidade de quantificação, identificação e localização de atividades antrópicas que estejam desestruturando o frágil equilíbrio do meio ambiente natural (AQUINO; VALLADARES, 2013).

A utilização desses recursos tecnológicos é importante e eficiente no que tange ao processo de análise de um elevado número de dados de diversas fontes, o que auxilia na tomada de decisão. Assim, essas tecnologias podem ser consideradas importantes no planejamento territorial, pois através dessas podem-se gerar cenários do presente e do futuro.

O Brasil possuía uma considerável carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre os problemas urbanos e rurais (MIRANDOLA, 2006). Entretanto, atualmente, há disponibilidade de imagens orbitais (NASA, INPE, etc.), Ortofotos³, entre outros dados (imagens de radar, fotografias aéreas, etc.), de forma gratuita, aumentando o número de informações disponíveis, as quais são essenciais especialmente aos profissionais de planejamento.

Diante do exposto, para o desenvolvimento dessa pesquisa foram utilizadas as seguintes geotecnologias: Sensoriamento Remoto, Sistema de Satélite de Navegação Global (GNSS) e o Sistema de Informação Geográfica (SIG), as quais serão detalhadas nos itens subsequentes.

2.4.1. A aplicação do sensoriamento remoto para a análise territorial

O sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, por meio da captação e o registro da energia refletida pela superfície terrestre (FLORENZANO, 2007). Trata-se de técnica de grande utilidade, pois permite em curto espaço de tempo, a obtenção de informações, por exemplo, a respeito do atual uso da terra (ROSA, 2009)

Na análise e gestão ambiental são utilizadas diversas técnicas que podem auxiliar os pesquisadores em Geografia, destacando-se o sensoriamento remoto. O

³ Projeto de Atualização Cartográfica do Estado de São Paulo (Projeto Mapeia São Paulo). Imagem de 2010/2011, com resolução espacial de 1 metro, produzida originalmente na escala de 1:25.000, composição RGB 24 bits. Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A-EMPLASA.

desenvolvimento do sensoriamento remoto tem possibilitado resultados rápidos e mais satisfatórios em termos do conhecimento e da intervenção no território. Assim, o principal foco do sensoriamento remoto é prover auxílio para facilitar a identificação e a extração de elementos presentes nas imagens, para a sua posterior interpretação (CROSTA, 1999).

Atualmente, os dados de sensoriamento remoto constituem-se numa das principais fontes geradoras de informações e alimentam um banco de dados geográficos integrados a um SIG para análises da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados (BACANI et al, 2015). As técnicas de sensoriamento remoto desempenham um importante papel no planejamento dos ambientes urbanos, como também de áreas rurais, pois as imagens destacam diferentes características dos objetos permitindo verificar a extensão e a intensidade das alterações provocadas por eventos naturais ou pela atividade antrópica (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Dentre as imagens de alta resolução espacial, destaca-se as ortofotos, pois mostram os objetos nas suas verdadeiras posições geográfica, e é geometricamente equivalente ao mapa de linha (Almeida, 1999). Além disso, as ortofotos, utilizadas nesta pesquisa, com resolução espacial de 1 metro, são capazes de reduzir o custo e o tempo de execução de uma pesquisa ou de um projeto. Conforme argumenta Bias, Brites e Rosa (2012), a aplicação de imagens de alta resolução espacial representa uma redução de 30% de tempo em relação aos processos convencionais, além de possibilitar a disponibilização dos produtos finais de melhor qualidade.

A visão sinóptica de extensas áreas proporcionada pelas imagens de satélites constitui um grande potencial para análises territoriais (FLORENZANO, 2007). No que se refere à análise e interpretação de imagens do sensoriamento remoto, Florenzano (2007) enfatiza:

A partir da análise e interpretação de imagens de sensores remotos, os conceitos geográficos de lugar, localização, interação homem/meio, região e movimento (dinâmica) podem ser articulados. As imagens são um recurso que permite determinar configurações que vão da visão do planeta Terra à visão de um Estado, região ou localidade. Quanto aos aspectos físicos, pode-se observar a repartição entre terras e oceanos; a distribuição de grandes unidades estruturais, como cadeia de montanhas, localização de cursos d'água e feições relacionadas a estes (meandros, deltas, etc.) e aos relevos continental (escarpas, cristas, morros, colinas, etc.) e litorâneo (falésias, dunas, praias, ilhas, golfos, baías, etc.); a evolução da cobertura vegetal, a configuração, organização e expansão das grandes cidades; o fenômeno da conturbação bem como as características e a evolução das áreas agrícolas (FLORENZANO, 2007, p.94).

Além disso, a interpretação de tais imagens permite analisar as interações que ocorrem, por exemplo, em ambientes urbanos, sendo possível a identificação de um número maior de detalhes, como a expansão da mancha urbana e a direção do crescimento da cidade. Outro uso das imagens é na identificação de classes de uso e ocupação das terras, o qual permite compreender a organização do espaço, ou as mudanças que ocorreram ao longo do tempo, através das análises multitemporais.

2.4.1.1 O potencial da interpretação de imagens de Sensoriamento Remoto

Para a elaboração de mapeamentos temáticos, como o de uso e ocupação das terras e de vegetação, os produtos de sensores remotos são importantes fontes de dados. Assim, as informações contidas nas imagens orbitais, nas fotografias aéreas, dentre outros sensores, são extraídas por meio da fotointerpretação, que é a “ciência do exame de imagem de um objeto com a finalidade de identifica-lo e de deduzir seu significado” (ROSA, 2009, p.141).

Para realizar a fotointerpretação, as características mais importantes nas imagens, destacadas por Florenzano (2007) e Rosa (2009) são: tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura e padrão. De acordo com os autores:

- **Tonalidade:** são as variações de tons de cinza da imagem, abrangendo 256 tons, onde 0 é igual a preto e 256 é branco. As cores são obtidas através de composições coloridas das imagens orbitais ou através das imagens aerofotogramétricas coloridas (em RGB).
- **Textura:** referem-se aos aspectos lisos ou rugosos que se constataem nos objetos das imagens orbitais, podendo, por exemplo, diferenciar vegetação densa de vegetação campestre, onde a primeira apresenta uma rugosidade maior que a segunda.
- **Tamanho:** esse elemento está relacionado à escala, podendo-se diferenciar objetos maiores dos menores. Por exemplo: diferenciar
- **Sombra:** esse elemento depende da hora do dia e da inclinação do sensor no momento da captura da cena. Assim, as sombras das áreas de relevos acentuados são projetadas nas áreas mais baixas permitindo-se a identificação de formas de objetos.

- **Padrão:** auxilia na identificação de objetos através da sua organização na superfície, destacando-se o padrão de uma ampla área de culturas ou de um conjunto habitacional; esse elemento é verificado com uma qualidade melhor em imagens orbitais de alta resolução espacial, como por exemplo, as imagens dos satélites IKONOS, QUICKBIRD, as imagens de Veículos Aéreos não Tripulados (VANT), as imagens aerofotogramétricas, as Ortofotos.

Para estudos que envolvem o uso do sensoriamento remoto, o conhecimento da área é imprescindível, a fim de se evitar erros na interpretação das imagens. Assim, quanto maior for o conhecimento da área, maior será a quantidade e a qualidade das informações obtidas.

Outro fator que minimiza os erros é o conhecimento da resolução espacial da imagem, definida por Florenzano (2007, p.17) como o “menor elemento ou superfície distinguível por um sensor”, ou seja, quanto melhor for a resolução, melhor será a capacidade de identificação e interpretação pelo usuário. Nas imagens de alta resolução, é possível delimitar as áreas verdes no ambiente urbano, as quais podem ser quantificadas utilizando-se recursos do SIG (FLORENZANO, 2007).

A partir dos dados das imagens, é possível verificar a extensão das alterações provocadas pelas ações antrópicas, analisar possíveis degradações ambientais (por ex.: erosões em áreas urbanas). Apesar de haver limitações nos sensores de baixa resolução espacial, um aspecto relevante é que nesses a resolução radiométrica⁴ é alta (de 11bits ou 2048 níveis de cinza), aumentando consideravelmente o poder de distinção entre os objetos além da resolução espectral, que refere-se à capacidade do sistema sensor em detectar as variações da radiância espectral recebida (BIAS; BRITES; ROSA, 2012).

2.4.2. O Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS)

Atualmente, tem sido possível o posicionamento de objetos terrestres com alta acurácia. Neste sentido, as tecnologias espaciais vêm sendo amplamente utilizadas, como o Global Navigation Satellite System (GNSS), tecnologia que revolucionou as atividades relacionadas ao posicionamento.

⁴ Discriminação das intensidades de energia refletida ou emitida pelos objetos, ou seja, a distinção entre objetos da superfície terrestre.

Primeiramente, em 1973, o sistema GPS (Global Positioning System), desenvolvido pelo governo dos Estados Unidos da América, preliminarmente com propósitos militares, a partir do sistema Navstar-GPS (Navigation System with Time and Ranging) (PARANHOS FILHO, 2008); esse é controlado pelo departamento de defesa dos Estados Unidos da América. Em decorrência do desenvolvimento tecnológico e da precisão do sistema, aliado ao aumento da eficiência dos receptores, esse passou a ser também utilizado pela comunidade civil (CAMARA; MONTEIRO, 2001).

O GPS consiste em um sistema com 24 satélites que completam uma órbita na terra a cada 12 horas, seguindo uma trajetória distinta e em uma altura de 20.200km, transmitindo pulsos de rádio em intervalos precisos (LONGLEY *et al*, 2013). Tal sistema revolucionou o significado de posicionamento, possibilitando aos cidadãos saberem exatamente onde se encontram em qualquer lugar da superfície. A partir da década de 1990, o uso do GPS se popularizou, permitindo que qualquer pessoa determine suas coordenadas geográficas ou Universal Transversa de Mercator (UTM).

Com a constelação atual de satélites, o GPS garante a denominada cobertura bidimensional, ou seja, a todo instante em qualquer lugar da superfície terrestre, pelo menos quatro satélites podem ser observados (CAMARA; MONTEIRO, 2001).

O poder estratégico e econômico desta tecnologia motivou outros países e grupos de nações a desenvolverem seus próprios sistemas, os quais compõem o GNSS. Assim, além do GPS, podem-se destacar os seguintes sistemas: GLONASS, desenvolvido pela Rússia; o Galileo e o European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS), ambos desenvolvidos pela União Europeia (ROSA, 2009).

Entre as aplicações desses sistemas destacam-se: apoio para plantas topográficas ou cadastrais, perfis topográficos, georreferenciamento de objetos, agricultura de precisão (aplicação localizada de insumos, controle de semeadura, colheita), rotas mais adequadas, gerenciamento de frotas, entre outras.

Assim, a utilização do GNSS (GPS) nos trabalhos de campo, realizados no município de Cordeirópolis/SP, possibilitou a elaboração de um arquivo georreferenciado das características dos locais visitados, com precisão de 3 metros.

2.4.3. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

Desde os tempos mais remotos os seres humanos representam as informações espaciais, principalmente na forma de mapas. Os avanços tecnológicos ocorridos nas últimas décadas, com a modernização dos computadores cada vez mais velozes e com maior capacidade de armazenamento, com a diminuição do preço dos *softwares* e muitas vezes a sua disponibilização gratuita, aliados à diminuição nos custos para aquisição de dados, contribuíram para a popularização das tecnologias que possibilitam análise espacial. Dentre tais geotecnologias, destaca-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG), que é definido como:

Um conjunto de ferramentas computacionais, composta por equipamentos e programas que, por meio de técnicas, integra dados, pessoas e instituições, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento, a análise, a modelagem, a simulação e a disponibilização de informações georreferenciadas, que possibilitam maior facilidade, segurança e agilidade nas atividades humanas, referentes ao monitoramento, planejamento e tomada de decisão, relativa ao espaço geográfico (ROSA, 2009, p.252).

Além disso, os SIG podem ser entendidos como “instrumentos valiosos para obtención, gestión y análisis de datos para la toma rápida de decisiones en la gestion territorial”⁵ (CUTILLAS; ROJAS; FERRANDO, 2004, p. 29). Para Maguire (1992, p.9), o SIG “is frequently applied to geographically oriented computer technology, integrated systems used in substantive applications and, more recently, a new discipline which is generating massive interest worldwide”⁶.

Dentre os principais programas de SIG destaca-se o ArcGIS, software privado produzido pela ESRI, o qual Rosa (2011) define como:

O ArcGIS Desktop é um conjunto de softwares que roda em microcomputadores. São usados para criar, importar, editar, buscar, mapear, analisar e publicar informações geográficas. Quatro softwares compõem o conjunto ArcGIS Desktop; cada um acrescenta um nível superior de funcionalidades, são eles: ArcReader, ArcView, ArcEditor, ArcInfo. Todos os produtos ArcGIS Desktop compartilham a mesma arquitetura, desta forma, usuários de quaisquer um dos softwares ArcGIS Desktop pode compartilhar seu trabalho entre si. Documentos, mapas, dados, símbolos, definições de apresentação dos temas, relatórios, metadados, modelos, interfaces e ferramentas customizadas entre outros, podem ser intercambiados livremente entre os usuários destes softwares. Além disso, os produtos criados no ArcGIS Desktop podem ser compartilhados com muitos usuários por meio de aplicações customizadas com ArcGIS Engine e sofisticados serviços de SIG para Web, por meio do ArcIMS e do ArcGIS Server (ROSA, 2011, p.285).

⁵ Instrumentos valiosos para obtenção, gestão e análises de dados para a rápida tomada de decisão na gestão territorial (CUTILLAS; ROJAS; FERRANDO, 2004, p.29).

⁶ É frequentemente aplicado à tecnologia de informática orientada geograficamente, utilizado em aplicações de sistemas integrados e, mais recentemente uma nova disciplina a qual está gerando um enorme interesse em todo mundo (MAGUIRE, 1992, p.9).

O SIG permite realizar análises complexas, integrando dados de diversos temas, bem como criar um banco de dados georreferenciados (CAMARA, 1998); além disso, utilizando a função de sobreposição de mapas é possível gerar novos dados e conseqüentemente novas análises.

A sobreposição permite observar a existência (ou não) da relação entre fenômenos diferentes que se manifestam na mesma área geográfica. Também permite identificar padrões de distribuição de fenômenos e estabelecer relações entre eles, sendo um dos principais objetivos da análise espacial (ROSA, 2011).

A integração de mapas é a “função mais importante de análises do SIG, permitindo que informações de temas distintos sejam sobrepostas, gerando um produto que contém novas relações espaciais” (ROSA; ROSS, 1999 p.89).

Com relação às aplicações do SIG destaca-se:

GIS are integrating systems which bring together ideas developed in many areas including the fields of agriculture, botany, computing, economics, mathematics, photogrammetry, surveying, zoology and of course, geography, to name but a few⁷ (MAGUIRE, 1992, p.9)

“GIS have been applied to land natural resource management problems, environmental issues, military or in contexts directly linked to Earth sciences, such as geography, geology, etc.”⁸(COFREP et al, 2018, p.5).

Além disso, as aplicações do SIG como instrumento de espacialização e cruzamento de dados, apresentam vantagens comparadas a outros métodos como destaca Rosa (2009):

A redução da subjetividade embutida em operações de cruzamento manual de informações sobre o meio ambiente, a rapidez nas operações de sobreposição de mapas temáticos e cálculo de áreas, possibilidade de obtenção de mapas temáticos derivados, além das facilidades de atualização e aperfeiçoamento dos diagnósticos, a partir da introdução de novos dados na base de dados (ROSA, 2009, p.258).

É extensa a variedade de funções que o SIG disponibiliza e por isso tornou-se tão popular, mas a missão central do SIG, de acordo com Longley et al (2013), é a resolução de problemas científicos ou de tomada de decisão através da análise espacial.

⁷ SIG integram sistemas que reúnem ideias desenvolvidas em diversas áreas de agricultura, botânica, computação, economia, matemática, fotogrametria, levantamentos topográficos e geodésicos, zoologia e, claro, geografia, para citar apenas alguns (MAGUIRE, 1992, p.9).

⁸ Os SIG têm sido aplicados a problemas de gestão de recursos naturais terrestres, questões ambientais, militares ou em contextos diretamente ligados às ciências da Terra, como geografia, geologia, etc. (COFREP et al, 2018, p.5).

2.4.4. Análise multicritério na fragilidade ambiental

Nos últimos anos, o planejamento territorial no Brasil passou por um processo de modernização das técnicas com a incorporação de novos métodos e ferramentas para elaboração de diagnóstico, a identificação espacial das áreas de intervenção, o monitoramento dos programas e a tomada de decisão geral, enfatizando-se a utilização dos SIG (JANUZZI; MIRANDA; SILVA, 2009).

Além do uso de informação confiável e atualizada nas atividades de planejamento, empregam-se técnicas mais estruturadas para auxiliar no processo decisório, destacando-se a análise multicritério, capaz de integrar dados de diversas fontes (JANUZZI; MIRANDA; SILVA, 2009).

A análise multicritério é uma ferramenta matemática que permite comparar diferentes cenários, fundamentada em vários critérios, com o objetivo de direcionar os tomadores de decisão para uma escolha ponderada (ROY, 1996). Diversos softwares de SIG (ArcGIS, QGIS, SPRING) possuem essa aplicação em sua interface, o que pode colaborar para a propagação dessa análise. Uma característica marcante da análise multicritério é sua capacidade de tratar problemas que envolvem critérios qualitativos ou avaliações subjetivas (NEVES; PEREIRA; COSTA, 2015).

Essa técnica tornou-se popular entre usuários de SIG, conforme destaca Moura e Jankowski (2016):

A análise multicritério tem sido popular entre os usuários de SIG (Sistema de Informações Geográficas), um método integrado da análise espacial quando o objetivo é a construção de modelos descritivos ou preditivos de um território, em diferentes escalas e para diferentes aplicações. Há duas razões para esta popularidade do método: é um método simples para integrar dados segundo os objetivos de análise segundo múltiplos critérios, e a existência de ferramentas prontamente disponíveis em softwares de geoprocessamento, que podem ser utilizadas para implantar as etapas do processo de análise espacial por combinação de variáveis. A função principal da análise multicritério é facilitar a integração de variáveis espaciais, sob a forma de mapas temáticos, a fim de encontrar locais adequados para as alocações de recursos espaciais ou atividades humanas (MOURA; JANKOWSKI, 2016, p.666).

A classificação multicritério permite que a decisão do usuário seja pautada em critérios considerados relevantes para a solução do problema, em um processo integrador. Os critérios para a escolha dos pesos e influências são definidos através de trabalhos de campo, revisão de literatura, bem como da experiência do pesquisador. Também, a definição de pesos dentro das classes pode ter seus

valores relativos calculados, como o grau de importância de uma determinada ocorrência (CEREDA JUNIOR, 2011).

A classificação multicritério é considerada um avanço significativo em relação ao procedimento convencional de cruzamento de planos de informação para a definição de área de interesse, sendo uma das técnicas empregadas com o SIG (EASTMAN, 2006). A análise multicritério busca uma visão global ou de conjunto, o que evita a análise individualizada de temas ou aspectos físicos, a priori sobre as variáveis que desempenharão papel importante na definição das zonas de atuação, detectando-se tendências de variação e grupos de variáveis espacialmente relacionadas (PABLO; PINEDA, 1985).

Segundo Moura (2014) as etapas do processo metodológico em multicritério são as seguintes: definição de objetivos e aplicações no uso do sistema; organização de dados alfanuméricos e cartográficos; tratamento dos dados para a composição de representações matriciais (rasters) para análise e representação da distribuição potencial do fenômeno; definição de pesos das variáveis e de valores para seus componentes de legenda; integração das variáveis na Análise de Multicritérios; comparação com a realidade existente; calibração do Sistema e retorno para a fase da análise; a construção de cenários (if/then); e elaboração de propostas de intervenção, gestão e restrições.

Para a integração dos mapas com base na análise multicritério, várias técnicas são utilizadas, por exemplos: a Sobreposição Ponderada (Weighted Overlay - utilizada nesta pesquisa) e a Combinação Linear Ponderada (Weighted Linear Combinaton).

Na Combinação Linear Ponderada uma vez que os mapas de critérios (fatores e restrições) tenham sido gerados, é uma simples questão de multiplicar cada mapa de fator (isto é, cada célula, ou pixel, de cada mapa) pelo seu peso e, então, somar os resultados. Devido ao fato de os pesos terem de somar 1, o mapa de adequação resultante terá variação de valores como aqueles dos mapas de fatores padronizados que foram usados (SARTORI, SILVA, ZIMBACK, 2012).

Na Sobreposição Ponderada os mapas recebem valores de influência, que variam de 0 a 100%, e os aspectos ou classes temáticas dos mapas recebem pesos de modo hierárquico, no caso da fragilidade ambiental esses valores podem ser de 1 a 5 ou de 1 a 10. Quanto maior a influência de um mapa, maior será sua relevância no cenário final, enquanto o peso de valor menor, consequentemente, terá uma

fragilidade menor. Neste método os pesos de fragilidade são compensados ou sobrepostos. Por exemplo, uma classe temática de peso 1 num mapa de influência de 10% será sobreposto por uma classe temática de peso 4 e influência de 40%.

Na análise multicritério a fragilidade ambiental apresenta um resultado em que as prioridades ou fragilidades são compartimentadas em classes temáticas. Ao sobrepor dados de diferentes aspectos (geologia, declividade, pedologia e uso e ocupação das terras) as classes temáticas expõe a fragilidade de determinados locais.

Dentre as aplicações utilizadas com o método da análise multicritérios destacam-se: fragilidade ambiental; aptidão agrícola; definição de áreas mais apropriadas para instalação de empreendimentos (usinas hidrelétricas, complexos industriais, etc.).

Foi escolhida a análise multicritério na elaboração do mapa de fragilidade ambiental, pois esse método permite integrar e aplicar pesos as variáveis (litologia, solos, declividade e uso ocupação das terras), como também determinar a fragilidade das classes desses mapas, tais etapas são fundamentais para elaboração dos mapas de fragilidade ambiental natural e emergente.

CAPÍTULO 3

Este capítulo trata do desenvolvimento e da importância do polo cerâmico de Santa Gertrudes/SP para a região. Também, são abordadas as indústrias cerâmicas e as áreas de expansão industrial no município de Cordeirópolis/SP.

3. O desenvolvimento do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes/SP

O Polo Cerâmico de Santa Gertrudes (PCSG), localizado na região Centro-Leste do estado de São Paulo, conta com uma população de aproximadamente 900 mil habitantes (SEADE, 2010) e é composto pelos seguintes municípios: Cordeirópolis, Araras, Ipeúna, Itacemápolis, Limeira, Piracicaba, Rio Claro e Santa Gertrudes (Figura 2).

Em virtude da abundância de matéria-prima de alta qualidade, da localização geográfica privilegiada e da infraestrutura rodoviária, a atividade ceramista do polo surgiu na década de 1970, com a instalação da indústria de cerâmica vermelha, tradicional na região. (CPRM, 2014).

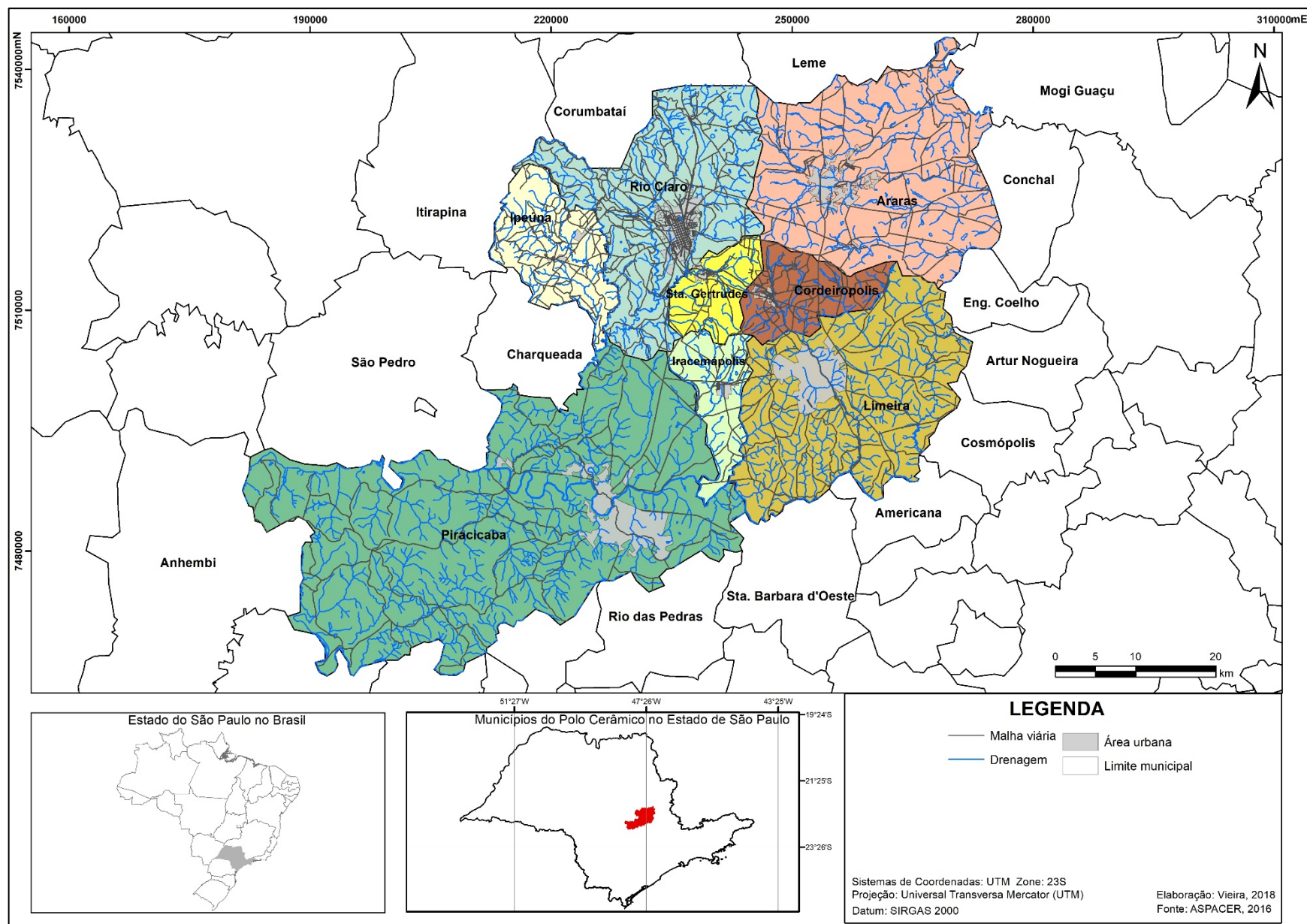


Figura 2 – Municípios integrantes do PCSG

A área total dos municípios do polo cerâmico é de 3.517,52 km², e a média da urbanização é de 95%. Atualmente das 47 cerâmicas do estado de São Paulo, 34 estão localizadas no Polo Cerâmico de Santa Gertrudes e são responsáveis por gerar aproximadamente 15 mil empregos diretos e 200 mil indiretos. Do total das indústrias do polo, 10 localizam-se no município de Cordeirópolis/SP. Enquanto o estado de São Paulo produz 46,7 milhões de m², o polo de Santa Gertrudes produz 42,7 milhões de m² de revestimentos cerâmicos, representando 91,4% do total estadual. Quanto ao faturamento, na comercialização de revestimentos cerâmicos, até setembro de 2016, o Estado de São Paulo obteve 388,74 milhões de reais, para os quais o polo cerâmico contribuiu com 332,97 milhões de reais ou 86% do total de lucro (ASPACER, 2016).

Além disso, “o arranjo produtivo do polo envolve diversos segmentos: mineração, empresas cerâmicas, comércios, fornecedores de insumos, máquinas, equipamentos e instituições de ensino e pesquisa” (CHRISTOFOLETTI; MORENO, 2011, p.1). A concentração industrial no território agrega outros segmentos, como aqueles que trabalham em “empresas terceirizadas que prestam serviços às cerâmicas, como o fornecimento de esmalte, das telas serigráficas, e também os serviços de manutenção dos maquinários” (IAOCHITE, 2008, p.46).

3.1. Histórico do polo cerâmico de Santa Gertrudes

No Estado de São Paulo, o papel de pequenos aglomerados urbanos (cidades com menos de vinte mil habitantes), como áreas de localização industrial indicam uma nova dinâmica urbano-regional. A emergência dos polos regionais na década de 1970 ocorreu devido aos incentivos governamentais para lá direcionados, gerando um dinamismo econômico, atingindo cidades vizinhas, formando um polo industrial importante, através de um aglomerado de cidades (BAENINGER, 1995).

Tal situação também se refletiu no polo cerâmico de Santa Gertrudes/SP, embora a instalação das primeiras indústrias, especialmente as cerâmicas, tenha ocorrido antes da década de 1970. A instalação das primeiras indústrias na região ocorreu no início do século XX (final da década de 1920),

através da manufatura de tijolos e de telhas paulistas e francesas por famílias italianas. Mais tarde, na segunda metade do século, diversificaram-se os produtos de base argilosa, passando-se a confeccionar tubos e pisos cerâmicos (MOTTA et al., 2004). Um dos fatores que determinou o desenvolvimento dessa atividade relaciona-se a diversidade de recursos minerais existente na região (argila, areia, rocha para brita, calcário), o que atraiu a vinda de muitas mineradoras.

Em 1980 houve um aumento populacional significativo na região, devido a vinda de migrantes provenientes de Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e da região Nordeste do Brasil, para trabalhar nas indústrias cerâmicas. No caso dos gaúchos e catarinenses algumas empresas foram buscá-los devido à experiência que os mesmos tinham nas indústrias (PANCHER, 2017). O outro motivo deve-se à vinda de indústrias de transportes, atraídas pelo crescimento da produção do PCSG e pelo transporte dos trabalhadores.

Como consequência do aumento populacional, ocorreu a criação de loteamentos de casas populares, instalados pela prefeitura, urbanizando bairros implantados na década de 1960, mas que necessitavam de melhorias para efetiva moradia no local (IAOCHITE, 2008).

Em 1986 a produção artesanal foi substituída pelo sistema de monoqueima⁹, sendo que essa tecnologia permitiu que a fabricação de pisos atingisse os padrões nacionais (GARCIA, 2003). Esse fato foi de extrema importância para a constituição do polo cerâmico, atraindo novas empresas para a região, e com tal especialização, houve a separação entre olarias e cerâmicas na região (FUINI, 2013).

Neste contexto, a partir da década de 1980, em todos os municípios integrantes do PCSG, se verifica um número maior de habitantes residindo na área urbana, sendo superior à população rural, fenômeno que se acelerou nas décadas seguintes, principalmente nas décadas de 1990 e 2000. O Quadro 1 evidencia o aumento populacional dos municípios integrantes do polo cerâmico de Santa Gertrudes/SP, entre as décadas de 1980 e 2010.

⁹ “Neste processo, a peça cerâmica vai para o forno decorada, sendo queimada num único ciclo. Por ser um processo mais rápido e barato é utilizado em larga escala pelas indústrias do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes” (IAOCHITE, 2008, p.55).

Quadro 1 – População urbana e rural dos municípios do polo cerâmico de Santa Gertrudes (1980-2010)

Municípios	1980		1990		Crescimento(%) 1980-1990*	2000		Crescimento(%) 1990-2000*	2010		Crescimento(%) 2000-2010*
	Urbano	Rural	Urbano	Rural		Urbano	Rural		Urbano	Rural	
Cordeirópolis	6.571	2.763	9.676	3.189	47%	16.027	1.519	65%	18.905	2.143	18%
Ipeúna	953	885	1.685	911	77%	3.431	890	104%	5.164	836	51%
Iracemápolis	6.265	1.965	10.214	1.294	63%	14.774	743	45%	19.575	412	32%
Limeira	137.122	12.676	172.983	27.772	26%	237.939	10.679	38%	267.556	8.230	12%
Piracicaba	197.038	16.305	261.552	14.144	33%	316.876	12.456	21%	356.440	7.921	12%
Rio Claro	103.729	6.092	128.951	5.517	24%	163.170	4.732	27%	181.566	4.529	11%
Santa Gertrudes	6.541	1.406	9.337	863	43%	15.468	377	66%	21.350	229	38%

Fonte: SEADE, 2010

*Crescimento referente à população na área urbana

Dentre os municípios integrantes do polo cerâmico, no período de 1980-1990, Cordeirópolis, Ipeúna e Itacemópolis, foram os municípios que tiveram o maior crescimento populacional urbano, com taxas de 47%, 77% e 63%, respectivamente; nesse período o município de Rio Claro apresentou a menor taxa de expansão da população urbana (24%). Na década seguinte (1990-2000), Ipeúna teve um aumento expressivo de 104%, ou seja, dobrou a população residente na área urbana; as populações urbanas de Cordeirópolis e Santa Gertrudes também cresceram exponencialmente com taxas de 65% e 66%. No período de 2000-2010, todos os municípios tiveram uma taxa de expansão populacional menor comparado com a década anterior, contudo, Ipeúna e Santa Gertrudes ainda apresentaram expressivo aumento populacional de 51% e 38%; os municípios de Limeira, Piracicaba e Rio Claro tiveram os menores índices registrados no período com 12%, 12% e 11%; o município de Cordeirópolis aumentou 18% referente à década anterior, sendo o menor índice do município, nos últimos 30 anos.

Vale salientar, que todos os municípios do PCSG, durante esses 30 anos tiveram uma evolução da população urbana acima de 10%, além de uma queda na população rural.

3.2. Produção do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes/SP

As indústrias cerâmicas, nas duas últimas décadas, têm se aproveitado das reservas de minerais da região, para a ampliação da produção de revestimento cerâmico. O aumento produtivo do polo cerâmico deve-se aos aspectos da formação geológica Corumbataí, de onde se extrai a matéria-prima principal, “a argila de alta qualidade, mais homogênea e compactada, possui uma considerável plasticidade, demandando menor tempo de queima, aumentando a produtividade” (PANCHER, 2017, p.391). A oferta de matéria-prima de qualidade, mão-de-obra capacitada e a proximidade de centros consumidores são vantagens competitivas do PCSG (CHRISTOFOLETTI; MORENO, 2011)

As regiões associadas ao polo cerâmico dominam todas as etapas do processo produtivo, desde a extração da argila até a exportação dos produtos, além do controle e formação de mão de obra especializada (GARCIA, 2003).

O PCSG é um dos principais produtores de revestimentos cerâmicos do mundo e o maior das Américas. A característica mais relevante desse complexo cerâmico é a produção de revestimento pelo processo de moagem a seco. Além

disso, produz revestimento tipo grés e porcelanatos, bem como telhas pelo processo de prensagem e alguns produtos extrudados (quando à argila, preparada sem adição de componentes que alteram as suas características, é conformada em uma extrusora, que lhe dá a forma desejada antes da queima). (CHRISTOFOLETTI; MORENO, 2011).

Entre 2009 e 2012, o Brasil foi o segundo maior produtor de placas cerâmicas, com uma produção média de 790,15 milhões de m² e um consumo médio de 730,5 milhões de m², tendo assim um excedente de 7,6%. No mercado nacional os principais consumidores dos revestimentos cerâmicos do polo cerâmico de Santa Gertrudes são indivíduos das classes¹⁰ B e C, pois a classe A brasileira consome os produtos predominantemente do polo cerâmico de Criciúma (PCCR), o segundo maior polo cerâmico do Brasil (CPRM, 2014). No Quadro 2 observa-se a diferença de produção do polo cerâmico de Santa Gertrudes (PCSG) e do polo cerâmico de Criciúma.

Quadro 2 – Volume de produção média - Polo Cerâmico de Santa Gertrudes (PCSG) e Polo Cerâmico de Criciúma (PCCR)

Polo Cerâmico	Produção Média			Exportação	Caminhões/Dia (27t)
	Anual (mt)*	Mensal (mt)**	Diária (mt)**	Mercado internacional(mt)*	
PCSG	7,70	641,30	21,38	1,77	791,73
PCCR	1,27	105,97	3,53	0,69	130,83

Fonte: CPRM (2014)

*(mt) Milhões de Toneladas; **(mt) Milhares de Toneladas

Apesar da produção do polo cerâmico de Criciúma ser menor, a sua fatia para o mercado internacional é maior, tendo 55% (0,69 milhões de toneladas) da sua produção exportada, enquanto o polo cerâmico de Santa Gertrudes tem como destino no mercado internacional 23% de sua produção (1,77 milhões de toneladas). Essa disparidade deve-se ao fato dos produtos de Criciúma possuírem qualidade superior (CPRM, 2014).

Entre os países que mais importam os produtos cerâmicos brasileiros destacam-se a China e os Estados Unidos da América. Atualmente, a região Nordeste do Brasil, está se destacando como uma região promissora no setor de

¹⁰ São classes econômicas com função de estimar o poder de compra das pessoas e famílias urbanas. Atribui pontos por acesso a itens (automóvel, motocicleta, etc), instrução do chefe de família (colegial completo, superior completo, etc.) e acesso a serviços públicos (água encanada, rua pavimentada, etc.), quanto maior for os pontos melhor será a classe econômica, que varia de A (classe econômica com maior poder aquisitivo) até o E (classe econômica com menor poder aquisitivo) (ABEP, 2016).

revestimento cerâmico, principalmente os estados da Bahia, Pernambuco e Ceará, estimulado por programas de financiamento como o Minha Casa, Minha Vida e incentivos fiscais para as indústrias (ROCHA, 2012).

Nesse contexto, o polo cerâmico de Santa Gertrudes, tem um enorme potencial mineralógico, devido à existência da formação geológica Corumbataí, a qual se extrai enorme quantidade de matéria-prima. Porém as outras formações geológicas (Serra Geral, Tatuí, Itararé, Irati, Rio Claro, Piramboia) também são utilizadas para a produção de uma diversidade de produtos como, por exemplo, cerâmica vermelha, cerâmica de revestimento, etc. (Quadro 3).

Quadro 3 – Potencial Mineral das Formações Geológicas do PCSG

Litologia	Aplicação	Substância Mineral
Formação Corumbataí	Cerâmica de Revestimento; Cerâmica Vermelha	Rochas e Sedimentos argilosos
Formação Tatuí	Cerâmica de Revestimento; Cerâmica Vermelha	Rochas e Sedimentos argilosos
Grupo Itararé	Cerâmica de Revestimento; Cerâmica Vermelha	Rochas e Sedimentos argilosos
Formação Irati	Agrícola: Corretivo de solo	Calcário
Formação Serra Geral	Pavimentação e Aterro	Material de empréstimo
Formação Rio Claro	Concreto e Argamassa	Areia e Cascalho
Formação Rio Claro	Vidro, fundição, cerâmica, refratários, cimento, plásticos, tinta, etc.	Areia Industrial
Formação Piramboia	Concreto e Argamassa	Areia e Cascalho
Formação Piramboia	Vidro, fundição, cerâmica, refratários, cimento, plásticos, tinta, etc.	Areia Industrial

Fonte: CPRM (2014)

Sobre o potencial mineralógico do PCSG o mapa da Figura 3, indica a ocorrência mineral em cada um dos municípios.

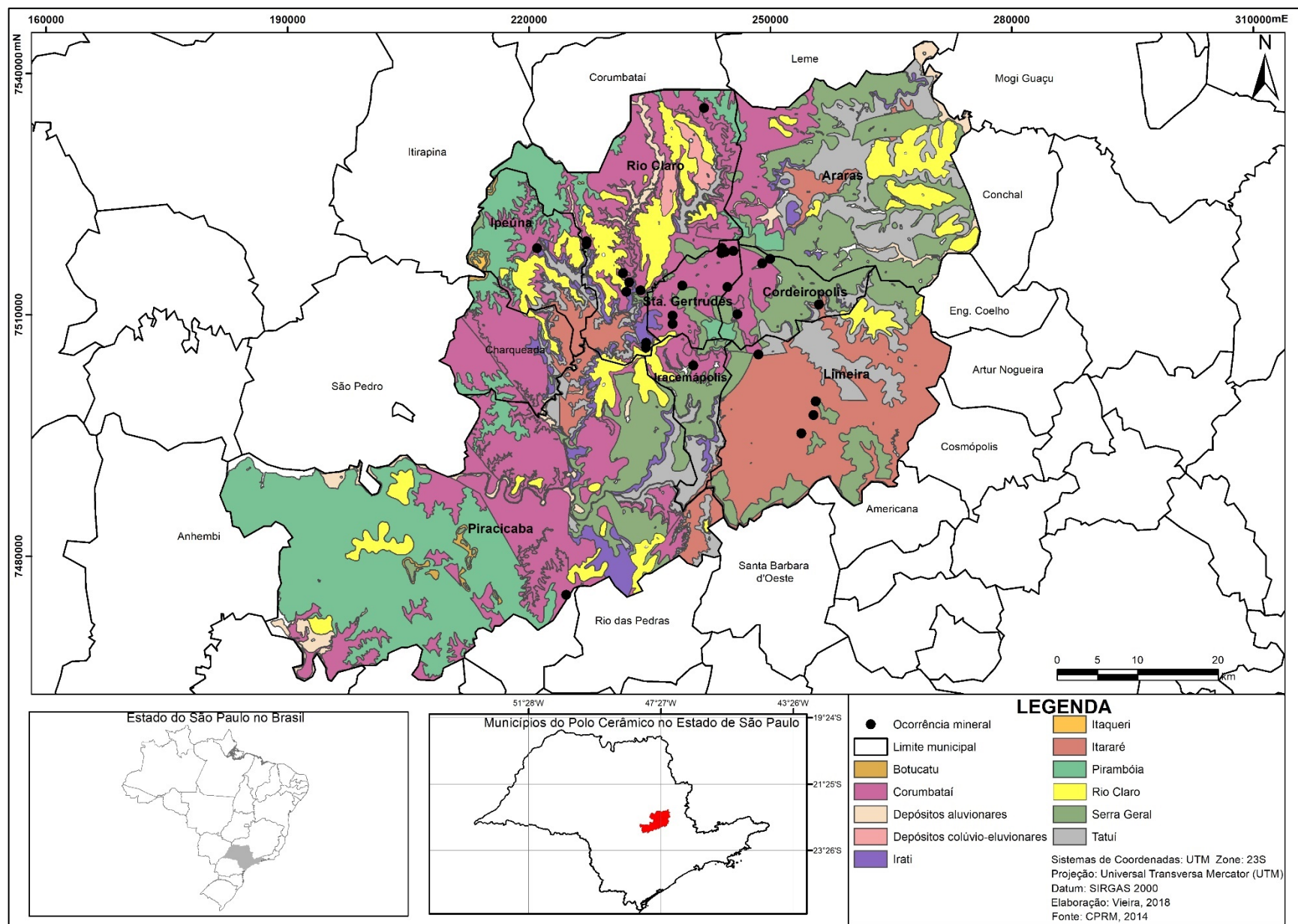


Figura 3 – Ocorrência mineral nos municípios do PCSG

Conforme a Figura 3 demonstra, as ocorrências minerais acontecem com predominância na formação geológica Corumbataí, mas também estão sobre a formação geológica Itararé, Rio Claro, Tatuí, Irati e no Grupo Serra Geral. Além disso, a formação geológica Corumbataí, Itararé e o Grupo Serra Geral são as unidades litológicas com representatividade em todos os municípios do PCSG. Sobre a ocorrência mineral nos municípios do PCSG destaca-se, Rio Claro (9 locais), Santa Gertrudes (8 locais), Limeira (4 locais) e Cordeirópolis (4 locais).

Além da produção minerária a economia da região tem forte participação da agroindústria, com destaque para a sucroalcooleira, indústria mecânico-metalúrgica (caldeiraria e implementos agrícolas) e alimentícia. O Quadro 4 evidencia o Produto Interno Bruto (PIB) dos municípios do PCSG, por setor econômico (primário, secundário e terciário).

Quadro 4 – PIB por setor econômico dos municípios do PCSG

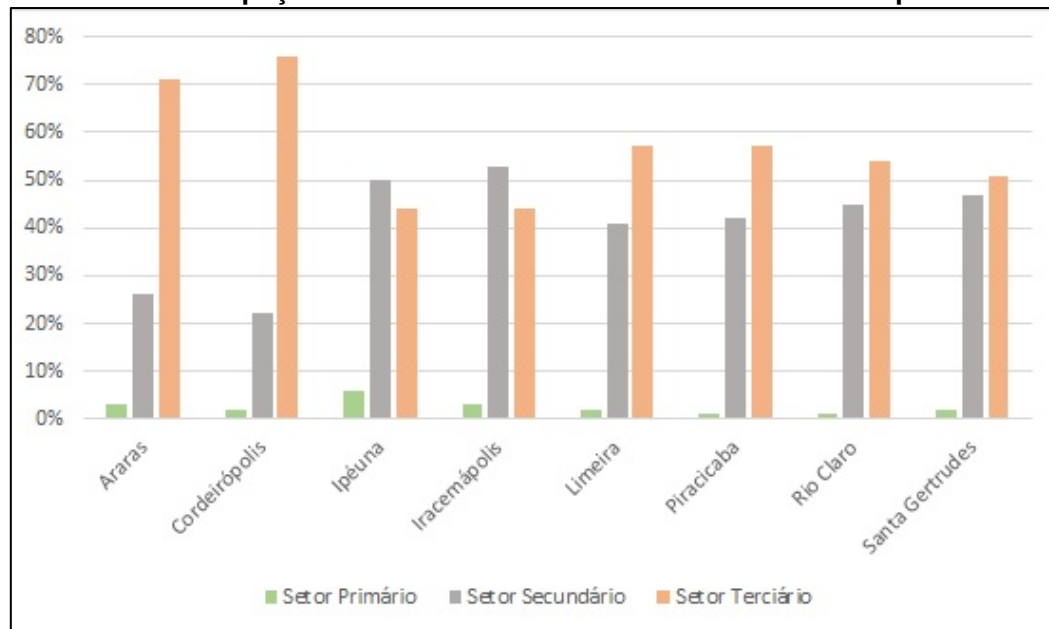
Municípios	Primário (R\$)	(%) agricultura no PIB	Secundário (R\$)	(%) Indústrias no PIB	Terciário (R\$)	(%) serviços no PIB
Araras	64.031,00	3%	600.480,00	26%	1.610.260,00	71%
Cordeirópolis	25.653,00	2%	321.049,00	22%	1.118.644,00	76%
Ipeúna	7.022,00	6%	63.133,00	50%	54.922,00	44%
Iracemápolis	13.285,00	3%	249.461,00	53%	203.720,00	44%
Limeira	122.475,00	2%	2.394.662,00	41%	3.296.784,00	57%
Piracicaba	114.645,00	1%	3.857.625,00	42%	5.310.250,00	57%
Rio Claro	52.980,00	1%	1.956.428,00	45%	2.347.557,00	54%
Santa Gertrudes	6.855,00	2%	158.171,00	47%	172.137,00	51%
Total	425.736,00	-	9.415.707,00	-	14.219.397,00	-

Fonte: IBGE (2010)

Dentre os municípios do PCSG o setor industrial tem maior destaque em Iracemápolis e Ipeúna, representando mais de 50% do PIB. As indústrias também possuem alta representatividade no PIB nos municípios de Limeira (41%), Piracicaba (42%) e Rio Claro (45%). Em Araras, o setor secundário (indústria) tem pequena representatividade no PIB, com apenas 26%, enquanto que o setor de serviços (terciário) corresponde a 71%. No município de Cordeirópolis, a indústria representa 22% do PIB, sendo o setor de serviços o de maior relevância (76%). Em todos os municípios, o setor primário contribui

pouco no PIB (menos de 10%), tendo uma maior participação em Iracemápolis (6%), conforme ilustra o Gráfico 1.

Gráfico 1 - Participação dos setores econômicos no PIB do município do PCSG



Fonte: IBGE (2010)

Se por um lado, as atividades de mineração (extração da argila e indústrias) oferecem empregos e contribuem para o desenvolvimento industrial da região, por outro têm causado impactos negativos ao meio ambiente e a população local. Iaochite (2008) afirma que o poder público permitiu que as indústrias se instalassem nas áreas centrais dos municípios (principalmente Santa Gertrudes e Cordeirópolis), devido à proximidade das mesmas às cavas de argila. Porém, com o passar do tempo a população foi ocupando as áreas do entorno das cerâmicas, causando uma série de problemas, conforme será apresentado no item 5.5, no capítulo 5, referente aos Resultados e Discussões.

3.3. Indústrias cerâmicas de Cordeirópolis/SP no contexto do polo cerâmico Santa Gertrudes SP

O município de Cordeirópolis possui 10 indústrias cerâmicas (1 – Artec; 2 – Karina Pisos; 3 – Triunfo; 4 – Luna; 5 – Ceral Pisos; 6 – Rosagrês; 7 – Incefra; 8 – Cecafi; 9 – CECOL; 10 – Água Branca) conforme ilustra a Figura 4. Dentre as indústrias, apenas a CECOL, não está associada à Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimentos (ASPACER). Destaca-se que a Figura 4 evidencia apenas uma foto referente à entrada das indústrias do grupo Ceral, pois não foi autorizado o acesso ao interior, onde se localizam as outras duas indústrias do grupo (Luna e Rosagrês).

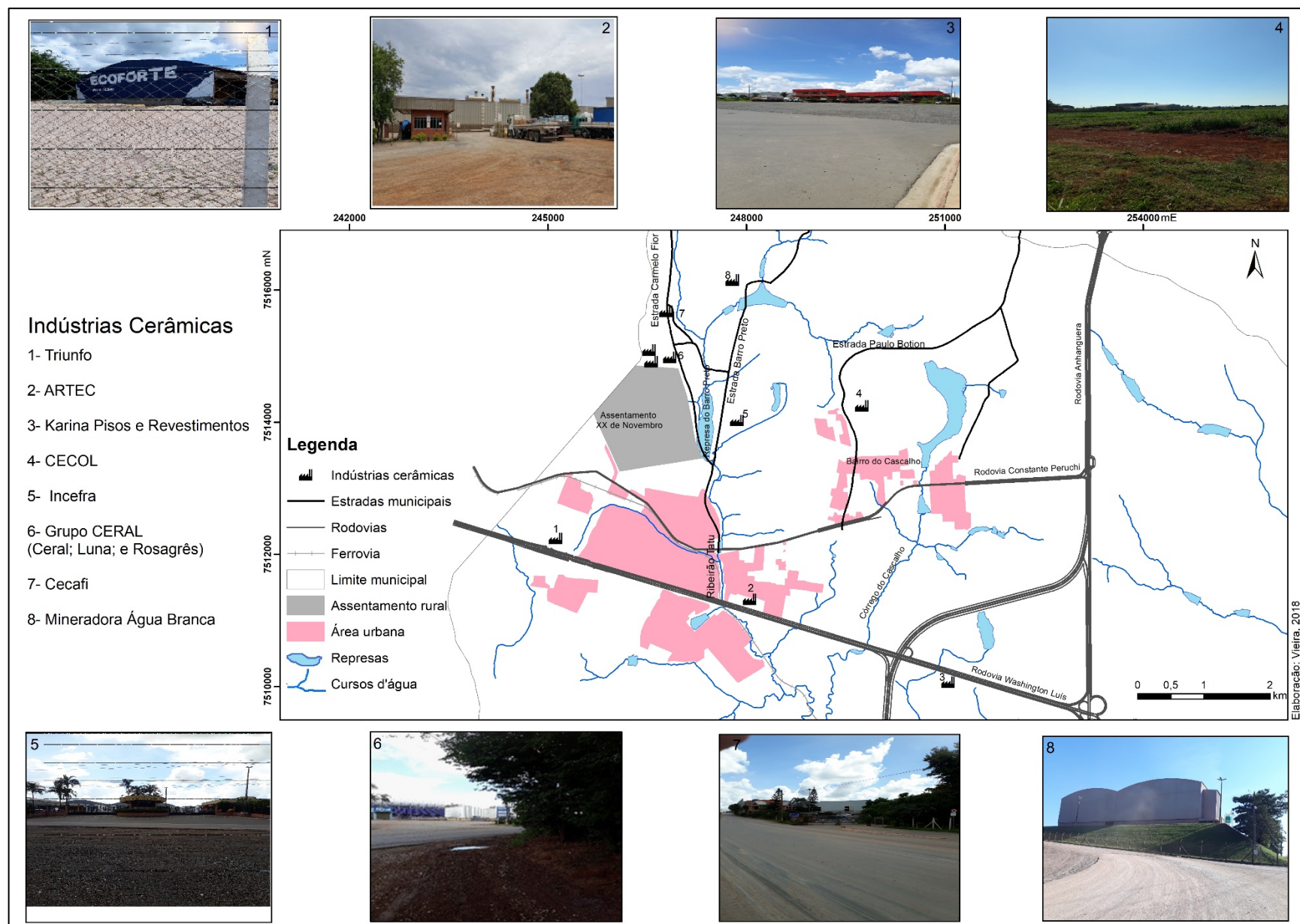


Figura 4 – Localização das indústrias de processamento cerâmico no município de Cordeirópolis/SP

Analisando-se a Figura 4, observa-se que as empresas Artec (2), Karina Pisos (3) e Triunfo (1) possuem uma posição privilegiada, pois se localizam as margens da rodovia Washington Luiz, facilitando o escoamento da matéria prima e dos seus produtos.

As demais empresas se situam ao norte do município. As indústrias pertencentes ao grupo CERAL (6), Luna, Rosagrês e Ceral (km 4), estão localizadas nas margens da estrada municipal Carmelo Fior (km 1,8), nessa estrada encontra-se a indústria Cecafi (7).

Na estrada do Barro Preto, no entorno da represa Barro Preto localiza-se a indústria Incefra (5) e no quilometro 4,2 dessa estrada se situa a mineradora Água Branca (8). A indústria Cecol (4), localiza-se próxima do distrito do Cascalho (aproximadamente 800m), na estrada municipal Paulo Botion.

Algumas dessas indústrias cerâmicas estão instaladas próximas aos cursos d'água. A Incefra se encontra há aproximadamente 360 metros da represa do Barro Preto; a Indústria Água Branca encontra-se a 340 metros de uma outra represa (sem nome identificado); e as empresas Ceral, Cecafi e Luna estão a aproximadamente 145m, 250m e 650 metros de distância, respectivamente, do ribeirão Tatu.

Vale ressaltar, que estudos elaborados por Cunha (2016), Levighin e Camargo (2006) e Manzano (2010), referentes às condições dos cursos d'água mostraram que no córrego Amoreiras e no ribeirão Tatu foram identificados coliformes totais e coliformes fecais. Além disso, apontaram também, que no município de Cordeirópolis/SP os dejetos domésticos são despejados sem nenhum tipo de tratamento e que o ribeirão Tatu recebe 82% da carga polidora de origem doméstica do município.

Na represa do Barro Preto foi detectado cloreto muito acima do valor permitido, talvez um indicativo de poluição por esgoto domiciliar ou por lançamento dos efluentes industriais, além do alto índice de bário no solo, o qual deve ser considerado um alerta, já que o mesmo é um metal pesado e pode representar risco à saúde humana. Sua concentração pode ter ocorrido por descarte indevido de resíduos sólidos ou líquidos das indústrias próximas a sua localidade (LEVIGHIN; CAMARGO, 2006).

3.3.1. Áreas de interesse em expansão industrial

No município de Cordeirópolis/SP há outras regiões de interesse em expansão industrial (Figura 5), mas apenas a área do ZI-PC é destinada a exploração e extração de argila e a pátios de secagem.

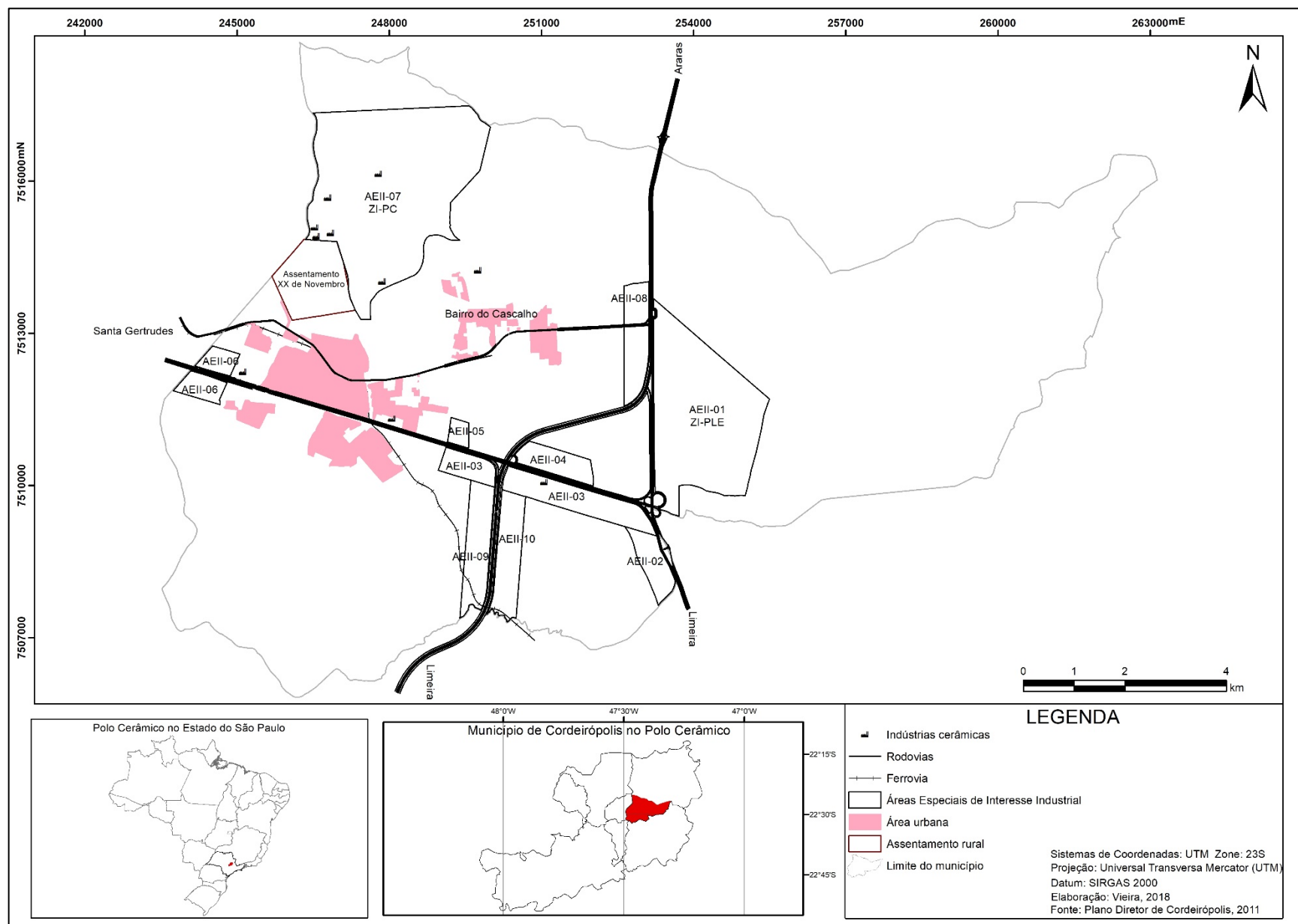


Figura 5 – Mapa das áreas de interesse em expansão industrial no município de Cordeirópolis/SP

Em Cordeirópolis/SP, além do ZI-PC há outros 9 locais de interesse em expansão industrial, denominados como Áreas Especiais de Interesse Industriais (AEII). As AEII são porções do território com tendências ou concentração de atividades industriais, localizadas no perímetro delimitado (IPT, 2012). Todavia, estas zonas industriais devem manter uma distância mínima da área urbana conforme o 6º parágrafo do artigo 116 da Lei complementar nº 2780 de 29 de dezembro de 2011 – Parcelamento do solo e Urbanizações Especiais:

Todo loteamento industrial, comercial e de prestação de serviços deverá estar a uma distância mínima de 30,00 (trinta) m dos lotes residenciais vizinhos, cuja medida deverá ser considerada a partir do alinhamento dos lotes, podendo esta área ser utilizada pelo sistema viário ou integrar faixa de proteção indicada como área verde e/ou sistema de lazer (CORDEIROPOLIS, 2011, p.47).

O local de AEII-01, é uma porção do território destinado a Zona Industrial de Polo Logístico e Empresarial (ZI-PLE), e como o ZI-PC (AEII-07) é um local de zoneamento industrial. Contudo, atualmente, o local não possui muitas indústrias implementadas na sua área como ocorre no polo cerâmico. Os outros locais de expansão industrial são destinados a ocupação de indústrias de diversos setores.

CAPÍTULO 4

4. Abordagem Metodológica

A pesquisa foi desenvolvida com base na adaptação da proposta metodológica de análise empírica da fragilidade ambiental de Ross (1994) em áreas de atividade minerária.

4.1. Material

Para a elaboração da pesquisa foram utilizados documentos cartográficos, produtos sensores e softwares de cartografia digital e de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

4.1.1. Documentos Cartográficos e Produtos Sensores:

- Base cartográfica digital do município de Cordeirópolis (2011) (.dwg), na escala 1:25.000, fornecida pela Secretaria de Planejamento e Habitação, Prefeitura Municipal de Cordeirópolis/SP;
- Planta Cadastral digital da área urbana do município de Cordeirópolis (2011) (.dwg), na escala 1:10.000, disponibilizada pela Secretaria de Planejamento e Habitação, Prefeitura Municipal de Cordeirópolis/SP;
- 10 Cartas Topográficas (1979) analógicas, na escala 1:10.000, do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC);
- 2 Cartas Pedológicas (1985) digitalizadas, escala 1:50.000, do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC);
- Mapa Geológico (2014) (.shp), na escala 1:100.000, fornecido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM);
- 1 Fotografia Aérea (1988), na escala de 1:40.000, da empresa Base Aerofotogrametria, existente no acervo do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (DEPLAN/UNESP);
- 4 Ortofotos Digitais Georreferenciadas (2010/2011), na escala original de 1:25.000, da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A (EMPLASA);
- GPS de navegação (Global Positioning System), do Sistema de Navegação Global por Satélite (Global Navigation Satellite System - GNSS), modelo etrex 20, da Garmin, fornecido pelo DEPLAN/UNESP;

4.1.2. Softwares

- ArcGIS, versão 10.3: software de SIG, desenvolvido pela ESRI;
- AutoCAD Map 3D® 2014: software de desenho gráfico assistido por computador, da Autodesk Inc.

4.2. Métodos

A pesquisa foi realizada com base em procedimentos metodológicos relativos à revisão de literatura, para o embasamento teórico, a caracterização da área de estudo e o aprofundamento metodológico, bem como dos procedimentos referentes ao Sensoriamento Remoto e ao Sistema de Informação Geográfica (SIG). Desse modo, foi possível elaborar os mapas temáticos, bem como analisar esses dados de modo inter-relacionado, visando o estudo da fragilidade ambiental no município de Cordeirópolis/SP. Para a elaboração do mapa temático de fragilidade ambiental, a pesquisa teve como alicerce a metodologia de análise empírica da fragilidade ambiental de Ross (1994). As análises com propósitos de realizar estudos integrados, como é o caso da fragilidade ambiental são objetos de estudos de diversos autores, destacando-se: Crepani et al. (2001); Ross (1994, 1995, 2012); Rosa e Ross (1999); Spörl e Ross (2004); Spörl (2007); Santos (2011); Santos e Ross (2012). Esses estudos, em sua grande maioria, estão sustentados em concepções teóricas e metodológicas que consideram de um lado o meio físico natural e do outro a intervenção antrópica. Dessa forma, busca-se estabelecer o inter-relacionamento entre os sistemas naturais e socioeconômicos que revelam aspectos das relações sociedade e natureza (SANTOS; ROSS, 2012).

A metodologia de Ross (1994) baseia-se na ecodinâmica de Tricart (1977), que considera essencialmente a relação entre os processos morfogenéticos e pedogenéticos. Nessa perspectiva, Tricart (1977) meios ecodinâmicos estáveis, de transição (intergrades) e fortemente instáveis:

- Unidades Ecodinâmicas Estáveis: são aquelas que estão em equilíbrio dinâmico, sem interferência da ação humana, portanto encontram-se em estado natural.
- Unidade *Intergrades*: estes meios, com efeito, asseguram a passagem gradual entre os meios estáveis e os meios instáveis

- Unidades Ecodinâmicas Fortemente Instáveis: regiões cujas intervenções antrópicas modificaram intensamente os ambientes naturais através dos desmatamentos e práticas de atividades econômicas diversas.

O estabelecimento de apenas três meios ecodinâmicos reduz as possibilidades de usar essa metodologia, pois por mais que esteja em estágio de estabilidade, a área de estudo tende à instabilidade, principalmente se consideradas as transformações das sociedades humanas (SANTOS; ROSS, 2012). De modo a ampliar a aplicação dessa metodologia, Ross (1994) classificou os meios ecodinâmicos em cinco níveis hierárquicos: muito fraca (1); fraca (2); média (3); forte (4); muito forte (5); esses níveis determinam a fragilidade dos ambientes naturais. Assim, a associação numérica representa um dígito (de 1 a 5) para a declividade, para os solos, a litologia e o uso e ocupação das terras, indicando (1) para a área menos frágil e (5) para a mais frágil. Estas variáveis tratadas de forma integrada possibilitam obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais. Este modelo propõe que cada uma destas variáveis seja hierarquizada em cinco classes de acordo com sua vulnerabilidade. Assim, as variáveis mais estáveis apresentarão valores mais próximos de 1,0, as intermediárias ao redor de 3,0 e as mais vulneráveis estarão próximas de 5,0 (SPÖRL; ROSS, 2004).

Diante do exposto, nesta pesquisa, foram elaborados dois mapas de fragilidade. Primeiramente, foi elaborado o mapa Fragilidade Ambiental Natural, integrando-se apenas os aspectos físicos (declividade, solos e litologia). Em seguida, foi elaborado o mapa de Fragilidade Ambiental Emergente, visando avaliar a influência da intervenção antrópica (mineração, cultivo agrícola, solo exposto, etc.) nos aspectos físicos do município de Cordeirópolis/SP. De acordo com Ross (2012), para cada uma dessas áreas ou unidades ambientais representadas existem usos/potencialidades de produção ou potencialidades de conservação e fragilidades ambientais com limitações de uso para atividades humanas.

Vale salientar, que os mapas temáticos foram elaborados e integrados no ambiente do software de SIG ArcGIS, versão 10.3 adotando-se o sistema de coordenadas Universal Transverso de Mercator (UTM), Datum SIRGAS 2000, fuso 23S. O fluxograma da Figura 6 evidencia as etapas metodológicas da pesquisa.

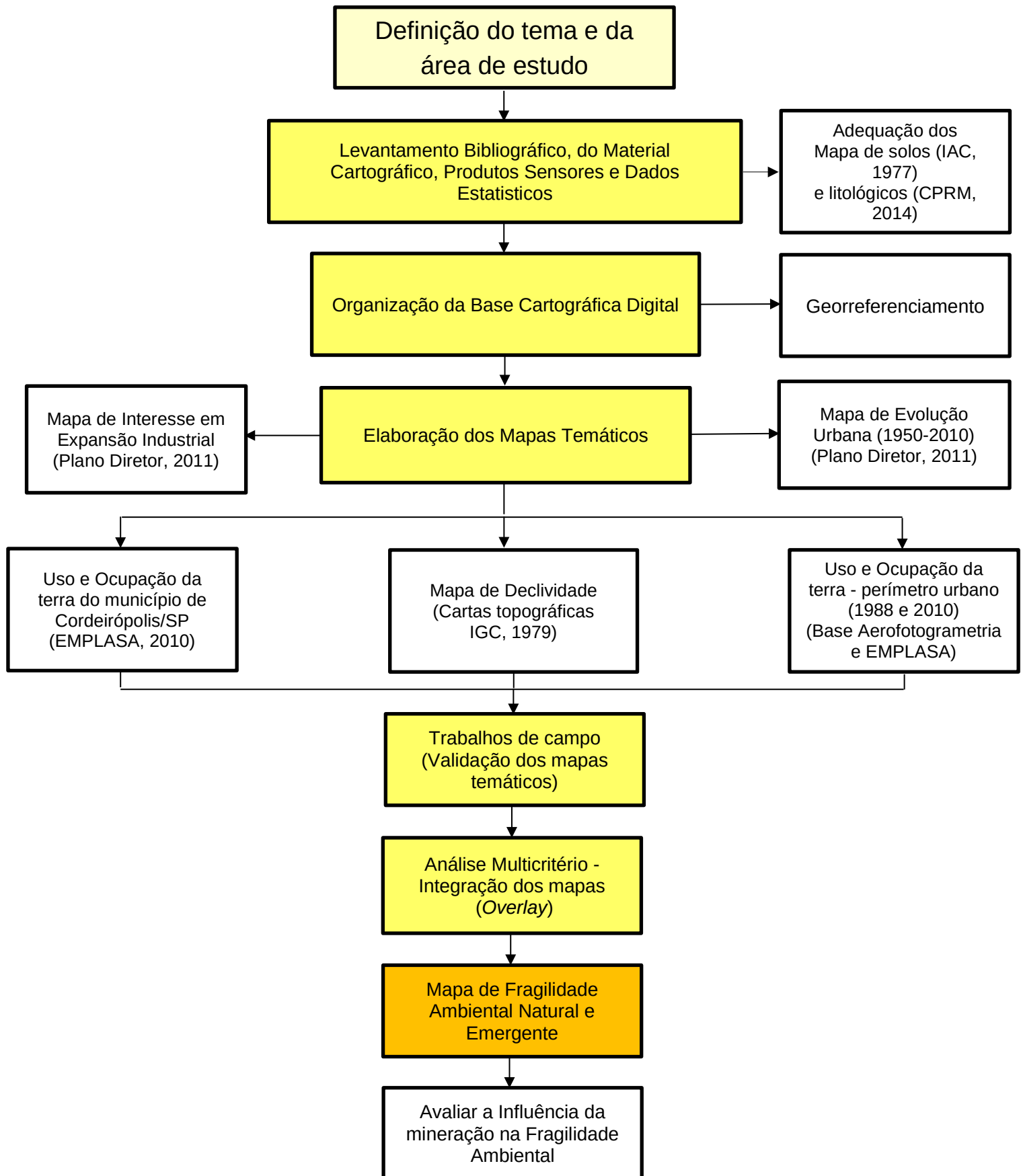


Figura 6 – Fluxograma das etapas da pesquisa
 Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

4.2.1. Levantamento bibliográfico, do material cartográfico, dos produtos sensores e dos dados socioeconômicos, demográficos e de infraestrutura

Nesta etapa, realizou-se o levantamento bibliográfico e a análise das principais referências obtidas em livros, artigos, periódicos e teses, do acervo da Universidade Estadual Paulista (UNESP), da Universidade de São Paulo (USP) e da Universidade de Campinas (UNICAMP), bem como de *sites* especializados, buscando-se o embasamento teórico e metodológico, a fim de aprofundar o conhecimento sobre a temática, sobre as características da área de estudo e sobre os fundamentos da metodologia adotada nesta pesquisa.

Além disso, foram adquiridos documentos cartográficos digitais (macrozoneamento, sistema viário, rede de drenagem, etc.) referentes ao Plano Diretor do Município (2011), fornecido pela Secretaria de Planejamento e Habitação da Prefeitura Municipal de Cordeirópolis. Também, foram obtidos produtos de sensores remotos, abrangendo uma fotografia aérea do perímetro urbano do município, de 1988, na escala de 1:40.000, do acervo do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (DEPLAN); 4 Ortofotos Digitais (2010/2011) que recobrem todo o município, na escala de 1:25.000, da EMPLASA. Ainda, foram obtidos dados temáticos da área de estudo, destacando-se os Geológicos (CPRM, 2014), Pedológicos (IAC, 1985) e Altimétricos (IGC, 1979), com o propósito de caracterizar os aspectos físicos de Cordeirópolis.

4.2.2. Organização da base cartográfica digital do município e da área urbana de Cordeirópolis/SP

A base cartográfica do município de Cordeirópolis/SP, na escala 1:25.000, bem como os dados existentes nas pesquisas científicas e nos órgãos de planejamento, foram organizados e integrados, permitindo-se a elaboração de um documento com as seguintes informações cartográficas básicas de Cordeirópolis/SP: limite municipal, perímetro urbano, bairros, distritos industriais, áreas de expansão (urbana e industrial), rodovias e recursos hídricos (córregos e represas). Para o maior detalhamento da área urbana, adotou-se a escala de 1:10.000, comumente utilizada para estudos urbanos.

Cabe ressaltar, que foi necessário realizar procedimentos de vetorização e edição dessas bases cartográficas digitais, pois alguns elementos estavam incompletos, especialmente algumas feições dos recursos hídricos e das rodovias

do município de Cordeirópolis/SP. Outro aspecto importante refere-se ao sistema de coordenadas, pois o mapa geológico disponibilizado pelo CPRM, foi produzido em coordenadas geográficas, entretanto nesta pesquisa foi adotado o sistema de coordenadas UTM, o que demandou a transformação geométrica e a padronização de tal sistema.

4.2.3. Georreferenciamento

O georreferenciamento consiste em atribuir localização a informação, e tem como principais requisitos ser única (somente uma localização associada a uma dada referência); que possa ser compartilhada dentre todas as pessoas que utilizarem a informação; e, precisa ser persistente ao longo do tempo (LONGLEY et al., 2013).

Assim, o georreferenciamento foi realizado com base nos parâmetros estabelecidos pelo PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica), determinado pelo Decreto nº 89.817/1984, o qual estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Brasileira, através de procedimentos e padrões a serem adotados na elaboração de documentos cartográficos no território nacional (Quadro 5). O PEC é um indicador estatístico de dispersão relativo a 90% de probabilidade, que define a acurácia (exatidão) do trabalho cartográfico (LEAL, 2007). A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o EP (erro padrão), ou seja: $PEC = 1,6449 \times EP$.

Quadro 5 – Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC

Classe	PEC planimétrico	Erro padrão	PEC altimétrico	Erro padrão
A	0,5mm	0,3	½ equidistância	1/3 equidistância
B	0,8mm	0,5	3/5 equidistância	2/5 equidistâncias
C	1 mm	0,6	¾ equidistância	½ equidistância

Fonte: Decreto 89.817/1984

Os arquivos que demandaram o procedimento de georreferenciamento foram: a base cartográfica digital do município de Cordeirópolis (2011) (.dwg); as Cartas Topográficas do IGC e as Cartas Pedológicas (Campinas e Araras) do IAC. Para o georreferenciamento destes arquivos selecionou-se pontos de controle utilizando-se a grade de coordenadas no sistema Universal Transverso de Mercator (UTM) existentes nesses documentos; enquanto que na imagem aerofotogramétrica (1988), realizou-se o georreferenciamento através da seleção de pontos de controle visíveis

(9 pontos). Assim, os pontos foram distribuídos por toda a Ortofoto (2010/11), pois esse produto sensor foi disponibilizado pela EMPLASA já georreferenciado. (Figura 7).

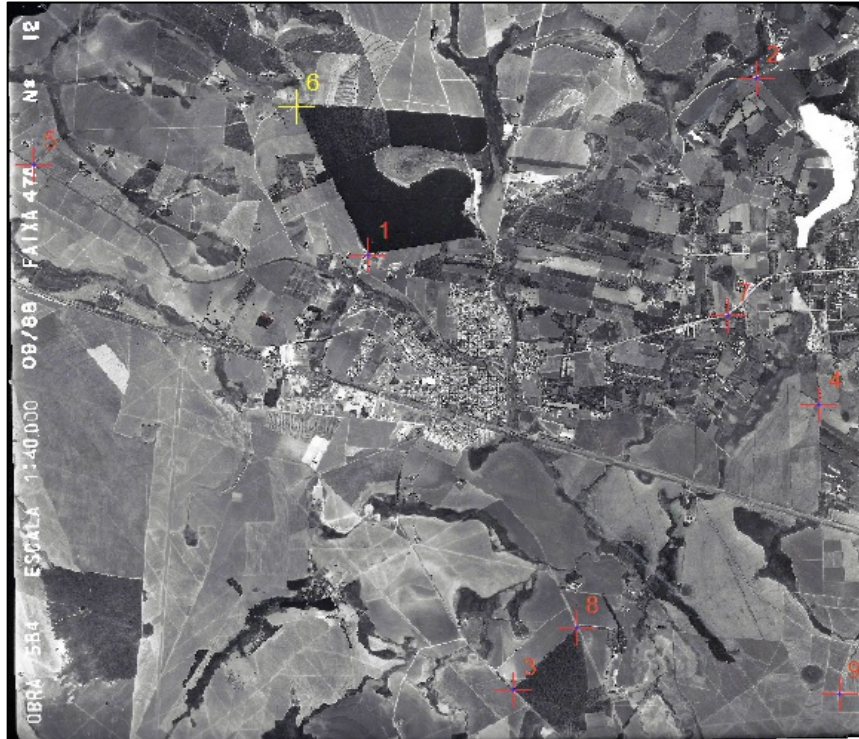


Figura 7 – Pontos de controle na imagem aerofotogramétrica - 1988
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O erro obtido no procedimento do georreferenciamento desta imagem foi de 2,47 metros, portanto foi possível atingir a Classe A do PEC, ou seja, um erro inferior a 20m. Para se obter classe A da imagem fotogramétrica de 1988 na escala de 1:40.000, o erro deveria ser menor que 20m ($40.000 \times 0,5\text{mm} = 20\text{m}$) (Figura 8).

Link								
Total RMS Error: Forward:2,47434								
	Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual
☒	1	5,442061	5,502011	246053,940000	7513246,470000	1,27586	-4,90031	5,06368
☒	2	7,307098	1,378150	250210,680000	7515230,580000	-0,0525302	-1,20304	1,20418
☒	3	0,599894	4,054706	247610,990000	7508350,550000	1,05112	0,501157	1,16447
☒	4	3,703006	0,782495	250881,490000	7511566,960000	-0,762486	0	0,762486
☒	5	6,479746	8,979209	242481,450000	7514264,140000	-0,0832431	0,283575	0,29554
☒	6	7,080674	6,221107	245294,440000	7514915,840000	-0,67879	2,52528	2,61492
☒	7	4,695407	1,722104	249911,306902	7512561,394311	0,725128	3,1528	3,23511
☒	8	1,276088	3,379770	248284,909899	7509049,175829	-2,17005	1,14303	2,45268
☒	9	0,494319	0,637514	251094,940000	7508307,570000	0,694993	-1,4776	1,63288

☒ Auto Adjust
☐ Degrees Minutes Seconds

Transformation: 2nd Order Polynomial
 Forward Residual Unit : Unknown

Figura 8 – Erro do georreferenciamento da imagem aerofotogramétrica – 1988
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Quanto menor for o resultado do Erro Médio Quadrático¹¹ (EMR), melhor será a qualidade do georreferenciamento.

4.2.4. Elaboração dos mapas temáticos

O SIG engloba recursos que permitem desde o georreferenciamento de mapas e de produtos de Sensoriamento Remoto, bem como o mapeamento, a integração de dados, até a etapa de acabamento e arte final (*layout*) de mapas. Assim, a partir da base cartográfica e de outras fontes de informações, é possível elaborar os mapas temáticos de maneira simples e ágil, visando integrar os dados para a produção de documentos de síntese, fundamentais para a tomada de decisão relativa ao planejamento do uso do território.

Diante do exposto, os mapas temáticos foram elaborados no ambiente do SIG, utilizando-se a interface do ArcMap do software ArcGIS 10.3. Nesse ambiente, adotou-se o sistema de coordenadas UTM usual em mapeamentos de escala grande e média (ROSA, 2009) e o Datum SIRGAS 2000, zona 23 Sul, conforme estabelecido pelo IBGE, o qual definiu esse sistema geodésico como referência no território nacional.

4.2.4.1 Mapeamento do Uso e Ocupação das Terras do município de Cordeirópolis/SP (2010)

Os mapeamentos das classes de uso das terras do município de Cordeirópolis/SP foram realizados através da fotointerpretação da Ortofoto (2010). Para a delimitação das classes, utilizou-se o método de fotointerpretação de Florenzano (2007) e Rosa (2009), o qual se baseia nos elementos presentes na imagem como: tonalidade (cor), textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e sombra.

Assim, utilizando-se os recursos de desenho e edição do ArcGIS 10.3, cada classe de uso e ocupação da terra foi vetorizada manualmente, no formato de polígono (*shapefile*). Para a nomenclatura de classes de uso e ocupação das terras utilizou-se o método de classes temáticas de Anderson et al. (1979), considerando-se que essa proposta se adapta às necessidades dessa pesquisa por se apresentar flexível e permitir a inserção de novas categorias em sua estrutura, de acordo com

¹¹ Em Inglês: Random Media Square

as especificidades do usuário. Assim, obtiveram-se 15 classes para o cenário de 2010:

- ✓ **Área urbana** – áreas de uso intensivo, com grande parte da terra ocupada por edificações, como residências, áreas comerciais (venda de produtos e serviços) e arruamentos;
- ✓ **Loteamentos urbanos** – áreas utilizadas pelos loteamentos urbanos, podendo apresentar infraestrutura de pavimentação, guias e iluminação;
- ✓ **Área industrial** – compreende áreas cobertas por estruturas destinadas ao uso industrial (desde pequenas indústrias até a zona industrial), como galpões de armazenagem, instalações dedicadas ao acabamento e processamento dos produtos, além de áreas de estacionamento e pátios de secagem (específico das indústrias de mineração);
- ✓ **Sítios ou Chácaras** – áreas destinadas a residências ou recreação, geralmente, distante da área urbana; abrange construções irregularmente distribuídas e expressiva arborização;
- ✓ **Mineração** – caracterizada pela ausência de vegetação, pois a cobertura vegetal e o material de recobrimento são removidos a fim de expor o material explorado;
- ✓ **Antiga mineração** – áreas anteriormente destinadas a mineração, atualmente sob o poder da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB); em alguns locais observa-se o desenvolvimento de vegetação, em geral, gramíneas e arbustos;
- ✓ **Cultura permanente** – áreas de plantações que propiciam mais de uma colheita ou produção; em Cordeirópolis/SP ocorre a cultura de citros;
- ✓ **Cultura semi-perene** – caracterizada pelo plantio de cana-de-açúcar;
- ✓ **Silvicultura** – consiste no cultivo de espécies de rápido crescimento, como o eucalipto.
- ✓ **Solo de preparo para o cultivo** – solo preparado para a plantação. Não consta forma de cobrimento no solo, mas apresenta curvas de nível;
- ✓ **Solo exposto** – solo sem ocupação antrópica ou cobertura natural;
- ✓ **Pasto sujo** – caracteriza-se por vegetação de gramínea e, em alguns locais, ocorrem gramíneas intercaladas com vegetação arbustiva.
- ✓ **Vegetação arbórea** – apresenta densidade de copas de árvores, com ocorrência, no caso de Cordeirópolis, próxima às áreas de cursos d'água.

- ✓ **Represas** – características de extensas lagoas, utilizadas geralmente para abastecimento de indústrias e domicílios;
- ✓ **Lagos de Mineração** – formado pelo afloramento do lençol freático em cavas de mineração. Apresenta tons diferentes das represas devido à presença de partículas advindas da atividade minerária.

Para finalizar, atribuiu-se cores às classes temáticas (Figura 9), utilizando as cores padrão do Manual Técnico de Uso das Terras do IBGE (2013).

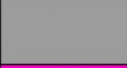
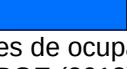
Nível I	Nível II	Cor	RGB	Itens de identificação Fotointerpretação
Atividade antrópica não agrícola	Área urbana		R:255 G:168 B:192	Identificado pela densidade de edificações, pela forma geométrica retangular das construções, pelo arruamento
	Loteamento urbano		R:255 G:168 B:192	Padrão retangular, presença de arruamentos, pavimentados ou não, presença de guias
	Área industrial		R:156 G:156 B:156	Forma retangular, construções amplas e localização
	Sítios ou Chácaras		R:255 G:0 B:197	Forma irregular das construções, densidade de árvores e localização distante da área urbana
	Mineração		R:173 G:137 B:192	Apresenta a tonalidade do material recolhido e textura rugosa
	Solo exposto		R:168 G:52 B:0	Apresenta tonalidade escura, textura de média a lisa e com forma geométrica irregular
	Antiga mineração		R:173 G:137 B:192	Identificado pela textura rugosa do solo
Terras agrícolas	Cultura permanente		R:255 G:214 B:0	Apresenta textura rugosa, forma linear da plantação e formato retangular
	Cultura semi-perene		R:255 G:255 B:0	Áreas extensas, formato retangular e forma linear da plantação
	Silvicultura		R:205 G:137 B:0	Área extensa de textura rugosa e forma linear da plantação
	Solo preparado para cultivo		R:115 G:0 B:0	Apresenta tonalidade clara, textura lisa e forma retangular
Mata	Vegetação arbórea		R:115 G:168 B:0	Identificado por ficar próximo a córregos, textura rugosa e tonalidade escura
	Pasto sujo		R:163 G:255 B:115	Textura rugosa na vegetação arbustiva e textura lisa com vegetação gramínea
Água	Represa		R:151 G:219 B:242	Apresenta formato geométrico irregular, tonalidade clara e textura lisa
	Lagos de mineração		R:0 G:112 B:255	Identificado pela localização próximo a mineração e forma irregular

Figura 9 – Chave de interpretação das classes de ocupação da terra. Fonte: Anderson et al. (1979); IBGE (2013)

Vale ressaltar, que as cores de algumas classes (loteamento urbano; área industrial; sítios ou chácaras; solo exposto; antiga mineração; solo preparado para cultivo; e lagos de mineração) foram estabelecidas pelo autor, pois essas classes não se encontram no Manual Técnico de Uso das Terras do IBGE (2013).

4.2.4.2. Mapeamento do Uso e Ocupação das Terras do perímetro urbano de Cordeirópolis/SP: cenários de 1988 e 2010

A análise evolutiva do uso da terra urbano (cenários de 1988 e 2010) abrangeu o limite do perímetro urbano de Cordeirópolis/SP. Desse modo, 12 classes de uso e ocupação das terras de cobertura da terra foram vetorizadas manualmente, criando-se um arquivo vetorial (*shapefile*) para cada cenário, permitindo-se elaborar os mapas de uso e ocupação do perímetro urbano de Cordeirópolis/SP, de 1988 e de 2010 (Quadro 6).

Quadro 6 – Classes de Uso e Ocupação das Terras do perímetro urbano de Cordeirópolis/SP: cenários de 1988 e 2010

Classes	1988	2010
Antiga mineração	*	
Área industrial		
Área urbana		
Chácaras ou Sítios		
Cultura permanente		
Cultura semi-perene		
Loteamento urbano		
Mineração		*
Pasto sujo		
Represas		
Solo exposto		
Solo para cultivo		
Vegetação arbórea		

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

*Classe não existente no cenário

O cenário de 1988 foi selecionado porque antecede ao intenso crescimento das indústrias cerâmicas no Polo Cerâmico Santa Gertrudes. Nessa época, a cerâmica de revestimento via seca, atraiu para a região novos investimentos relacionados à cadeia produtiva minero-cerâmica, fato que possibilitou que o polo adquirisse projeção internacional (IPT, 2012). A escolha do cenário de 2010 se justifica pela disponibilidade de dados relativamente recentes e pela alta resolução espacial das ortofotos (1 metro). Essa análise foi importante para avaliar os reflexos do desenvolvimento do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes no crescimento urbano de Cordeirópolis/SP.

4.2.4.3. Mapa de Declividade do município de Cordeirópolis/SP

O Mapa de Declividade foi elaborado com base nos dados obtidos nas Cartas Topográficas do IGC (1979) na escala de 1:10.000. Primeiramente, realizou-se a conversão desses documentos analógicos para arquivos digitais, através do processo de digitalização, que consiste na conversão de elementos do meio

analógico para o digital, por meio de um scanner A0, transformando-as em arquivos *raster* (.tif). Essas cartas digitais foram inseridas no ambiente do ArcGIS 10.3, para o procedimento do georreferenciamento, baseando-se na grade de coordenadas UTM das mesmas.

Em seguida, através dos recursos de desenho e edição do SIG, as curvas de nível (de 5 em 5 metros) e os pontos cotados foram vetorizados manualmente. Após a etapa de desenho, foram inseridos nas curvas de nível e nos pontos cotados os respectivos valores de altitudes.

Concluída essa base altimétrica, gerou-se o modelo tridimensional, tipo TIN (Triangular Irregular Network¹²), que são estruturas do tipo vetorial, compostas de arcos e nós, que representam a superfície por um conjunto de faces triangulares interligadas. Em cada um dos nós dos triângulos, as coordenadas de localização (x, y) e o atributo z são armazenados, determinando um valor qualquer. As grades triangulares são melhores para representar a variação do terreno (MOURA, 2014).

O TIN foi gerado no modo automático do ArcGIS. Assim, observou-se que a amplitude altimétrica de Cordeirópolis/SP é de 269 metros (825m – 556 metros), porém o SIG adotou uma distância de 30 metros, dividindo os valores altimétricos em 9 classes. Levando-se em conta que as curvas de nível foram desenhadas numa escala de detalhe (equidistância de 5 metros), realizou-se a reclassificação do arquivo TIN, adotando-se a distância de 10 metros, gerando-se 27 classes, representando com mais detalhes o terreno. Vale salientar, que não foi possível adotar a equidistância original (de 5 metros), visto que o arquivo apresentaria 54 classes e a interface do ArcGIS 10.3 possui um limite de 32 classes.

Após a edição, o arquivo TIN (vetorial) foi convertido para um arquivo *raster* (.tif) (*conversion tools*); através da manipulação deste arquivo no ArcGIS 10.3 utilizando-se a ferramenta *slope* criou-se o mapa de declividade, onde para cada célula foi atribuída um valor na unidade porcentagem.

Para a definição das classes de declividade (Quadro 7), utilizou-se como base a Lei complementar nº 2780 de 29 de dezembro de 2012 – Parcelamento do Solo e Urbanizações Especiais de Cordeirópolis (2011), a qual define que as vias principais devem ser construídas em áreas com no máximo de 8% de declividade e as vias secundárias com no máximo 12% de declividade; para a construção de lotes urbanos, a declividade deve ser de no máximo 20%.

¹² Em português: Rede Irregular de Triângulos

Quadro 7 – Classes de Declividade do município de Cordeirópolis/SP

Cor	Classes de declividade (%)
	0 – 3%
	3,1 – 8%
	8,1 – 12%
	12,1 – 20%
	> 20,1%

Fonte: Parcelamento do Solo e Urbanizações Especiais de Cordeirópolis (2011);

Para cada classe estabelecida adotou-se uma cor, variando das cores frias às quentes, à medida que a declividade aumenta.

4.2.4.4. Mapa Pedológico do município de Cordeirópolis/SP

Para a elaboração do mapa de solos, foi necessário georreferenciar as cartas SF-23-Y-A-V – Campinas e SF-23-Y-II – Araras, na escala de 1:50.000, do IAC (1985), com base na grade de coordenadas UTM existentes nesses documentos. Posteriormente, as classes pedológicas pertencentes ao município de Cordeirópolis/SP foram vetorizadas manualmente, por meio dos recursos de desenho e edição do ArcGIS 10.3.

As nomenclaturas das classes pedológicas de 1985 foram adaptadas para o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SIBCS), de 2013 (Quadro 8).

Quadro 8 – Classes Pedológicas do município de Cordeirópolis/SP

Cor	Classes Pedológicas
	Argissolos
	Latossolo Vermelho
	Latossolo Vermelho e Amarelo
	Gleissolos

Fonte: SIBCS (2013)

Para a definição das cores das classes pedológicas adotou-se a paleta de cores também determinada pelo SIBCS (2013).

A seguir, estão descritas as principais características dos tipos de solos encontrados em Cordeirópolis/SP:

- ✓ **Latossolos** – São solos bem desenvolvidos, com grande profundidade e porosidade sendo, portanto, considerados os solos cujos materiais são os mais decompostos. São considerados solos maduros. Devido ao intenso

processo de intemperismo e lixiviação que foram submetidos estes solos apresentam quase que uma ausência total de minerais intemperizáveis. Neles ocorre uma concentração residual de sesquióxidos (óxido de alumínio, Al_2O_3 e óxido de ferro, Fe_2O_3) (CREPANI et al., 2001).

- ✓ **Argissolos** – São solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com Argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B (SIBCS, 2013). Comparado aos Latossolos, apresentam profundidade menor e são solos menos estáveis e menos intemperizados (CREPANI et al., 2001).
- ✓ **Gleissolos** – Grupamento de solos com expressiva gleização. Hidromorfia, resultante de processos de intensa redução de compostos de ferro, em presença de matéria orgânica, com ou sem alternância de oxidação, por efeito de flutuação de nível do lençol freático, em condições de regime de excesso de umidade permanente ou periódico (SIBCS, 2013). Nestes solos o horizonte A está assentado diretamente sobre o horizonte C ou então assentado diretamente sobre a rocha mãe (não possuem o horizonte B). São considerados como sendo solos jovens (CREPANI et al., 2001)

4.2.4.5. Mapa das Formações Geológicas do município de Cordeirópolis/SP

Os dados litológicos do município de Cordeirópolis/SP, georreferenciados, foram provenientes do CPRM (no formato digital, tipo *.shp*); considerando-se que essas informações foram produzidas em coordenadas geográficas, foi necessário convertê-las para a projeção SIRGAS 2000 e coordenadas UTM zona 23S.

Vale salientar, que esse banco de dados original do CPRM abrange todos os municípios do polo cerâmico de Santa Gertrudes. Portanto, extraiu-se deste arquivo geral as formações geológicas referentes ao município de Cordeirópolis/SP (Quadro 9).

Quadro 9 – Formações Geológicas do município de Cordeirópolis/SP

Era	Grupo	Período	Classe	Formação Geológica
Cenozoico-Mesozoico	*	Paleogeno	ENrc	Rio Claro
Mesozoico	São Bento	Cretaceo	K1sg	Grupo Serra Geral
	Passa Dois	Permiano	P3T1p	Piramboia
		Permiano	P3T1care	Corumbataí
		Permiano	P2i	Irati
	Guatá	Permiano	P1tt	Tatuí
	Itararé	Carbonífero	C2P1i	Itararé

Fonte: CPRM (2014)

*Não consta o grupo à qual pertence a formação Rio Claro

A formação geológica Piramboia é composta por arenitos finos a grossos, moderadamente selecionados, amarelados, por vezes avermelhados, com geometria lenticular bem desenvolvida e estratificações cruzadas de grande porte. A Formação Piramboia é fonte de areias quartzosas para uso industrial (CPRM, 2006).

Sobre as demais formações geológicas existentes em Cordeirópolis/SP Loreti Junior; Sardou Filho; Calttabeloti (2014) afirmam:

Grupo Itararé – Na área do Polo Cerâmico Santa Gertrudes (PCSG), o Grupo Itararé aflora nos municípios de Cordeirópolis, Piracicaba, Itacemópolis, Limeira e Araras, essencialmente em cortes de estradas não pavimentadas. São comuns tanto arenitos médios, de tons amarelados e/ou castanho avermelhados, como diamictitos. Esse grupo marca a influência do período glacial, com a deposição de sedimentos associados à fase de degelo dos grandes glaciares mississipianos (Neocarbonífero a Eopermiano) (LORETI JUNIOR; SARDOU FILHO; CALTABELOTI, 2014, p.21).

Formação Tatuí – A Formação Tatuí aflora em todos os municípios do PCSG, exceto em Araras. Como sedimentos típicos dessa formação, ocorrem siltitos, siltitos argilosos e arenitos finos de cores bege e cinza, encontrados em cortes de estradas não pavimentadas. Essa unidade corresponde no estado de São Paulo, ao mesmo intervalo deposicional das formações Rio Bonito e Palermo mapeadas em Santa Catarina e Paraná, com discreta variação regional de fácies. Essa correspondência lateral posiciona a Formação Tatuí no limite Kunguriano/Kazaniano. A Formação Tatuí marca um período pós-glacial, sendo constituída, predominantemente, por espessas camadas de siltitos argilosos, intercalados, de forma subordinada, por camadas de arenitos, calcários, folhelhos e sílex. Os arenitos são encontrados em toda a extensão dessa formação, distribuindo-se desde a borda atual até porções mais centrais da bacia no estado de São Paulo (LORETI JUNIOR; SARDOU FILHO; CALTABELOTI, 2014, p.21).

Formação Irati – A Formação Irati aflora nos municípios de Piracicaba, Ipeúna, Rio Claro e Cordeirópolis. Os afloramentos mais expressivos ocorrem em Ipeúna, expostos em cortes de estradas não pavimentadas, onde foram descritos folhelhos pirobetuminosos e carbonatos. Formado por argilitos e folhelhos cinza escuro a cinza-claro. Entre as formações geológicas encontradas em Cordeirópolis, a Formação Irati é a de menor extensão territorial. Os carbonatos encontrados nessas localidades são utilizados para corretivo do solo (LORETI JUNIOR; SARDOU FILHO; CALTABELOTI, 2014, p.22).

Grupo Serra Geral – Na região do PCSG, as rochas da Formação Serra Geral ocorrem, exclusivamente, como intrusões, na forma de soleiras e diques, especialmente nas formações Irati e Itararé. São basicamente compostas pelos equivalentes intrusivos das rochas vulcânicas, geralmente diabásio (os corpos aflorantes de diabásio constituem fontes de matérias-primas para a produção de rocha britada para uso como agregado na construção civil), podendo ocorrer dioritos e microdioritos pórfiros, andesitos, monzonitos pórfiros e traquiandesitos (LORETI JUNIOR; SARDOU FILHO; CALTABELOTI, 2014, p.23).

Formação Rio Claro –Essa unidade ocorre em contatos erosivos, normalmente recobrimdo a Formação Corumbataí, por vezes as formações Piramboia, Irati e Tatuí, ou diretamente sobre o embasamento cristalino, não ultrapassando 40 m de espessura. Algo característico é a presença atual de lagoas desenvolvidas sobre os depósitos da Formação Rio Claro, além de extensas voçorocas (LORETI JUNIOR; SARDOU FILHO; CALTABELOTI, 2014, p.24).

Formação Corumbataí – Principal fonte da matéria-prima cerâmica do PCSG (principal unidade produtora de argila), a Formação Corumbataí tem ocorrência expressiva na região, principalmente nos municípios de Rio Claro, Santa Gertrudes, Cordeirópolis e Piracicaba. Essa unidade aflora em diversas situações, como em cortes de estradas e rodovias, no leito de estradas não pavimentadas, sendo as melhores exposições as aflorantes em frentes de lavra. A espessura dessa unidade na região não ultrapassa 100 m (LORETI JUNIOR; SARDOU FILHO; CALTABELOTI, 2014, p.22).

4.2.4.6. Análise Multicritério – Mapa de Fragilidade Ambiental Natural e Mapa de Fragilidade Ambiental Emergente do município de Cordeirópolis/SP

A análise multicritério consiste em um método que permite avaliar e escolher alternativas para a solução de algum problema, segundo diversos critérios. Tem como proposta auxiliar em situações nas quais é necessário identificar áreas prioritárias, considerando diferentes aspectos. A utilização desse método em conjunto com a tecnologia do Sistema de Informação Geográfica permitiu um avanço na sobreposição de mapas, possibilitando combinar dados e auxiliar o usuário na tomada de decisão.

Além disso, os procedimentos técnicos e científicos empregados para a elaboração dos mapas de fragilidade ambiental natural e emergente, consistiu na adaptação da proposta metodológica de Ross (1994). As fragilidades dos ambientes naturais devem ser avaliadas quando se pretende aplicá-las ao planejamento ambiental, baseadas no conceito de Unidades Ecodinâmicas preconizadas por Tricart (1977). Esse conceito fundamenta-se na potencialidade para estudos integrados de imagens de satélites. “É preciso entender as Unidades Ecodinâmicas com a finalidade de perceber as susceptibilidades da natureza em função dos riscos potenciais e da degradação ambiental” (ROSS, 2009, p.46).

Dentro desta concepção, o ambiente é analisado com trocas de energia e em estado de equilíbrio. Contudo este equilíbrio é alterado pelas ações antrópicas. Diante desse processo, Tricart (1977) definiu os ambientes em estados de equilíbrio como estáveis e os ambientes alterados pelas intervenções antrópicas como instáveis.

Para que esses conceitos pudessem ser utilizados como subsídios para o planejamento ambiental, Ross (1994) estabeleceu vários graus de fragilidade, sendo: Muito Fraco (1), Fraco (2), Média (3), Forte (4) e Muito Forte (5). A análise de fragilidade ambiental exige a integração de mapas de declividade, dos solos, litologia e uso e ocupação das terras (ROSS, 1994).

O mapeamento da fragilidade ambiental é uma metodologia de investigação que tem como finalidade fornecer a análise dos componentes ambientais de forma integrada. Presume que a identificação das fragilidades permite uma melhor definição das diretrizes a serem implementadas. A análise da fragilidade do ambiente tem como princípio básico definir os diferentes níveis de fragilidade dos ambientes naturais (ROSS, 1994). No trabalho foram produzidos dois mapas de fragilidade ambiental: natural e emergente.

Para a elaboração do mapa de Fragilidade Ambiental Natural (unidade ecodinâmica estável,) integrou-se os dados de solos, litologia e declividade. O estudo dos solos é adequado, por um lado, para estimação de potencialidades agrícolas, por outro lado, subsidia a análise de fragilidade ambiental frente às atividades humanas ligadas à agricultura e pecuária. Os estudos litológicos e de declividade são essenciais para o entendimento da relação relevo/solo/rocha (ROSS, 1994).

Nessa pesquisa, por meio da análise multicritério, os mapas de fragilidade ambiental tiveram uma influência (em %), e para cada um dos mapas (litologia, solos, declividade e uso e ocupação das terras), as influências variaram de 1% a 100%, sendo que a soma de todos os mapas deve totalizar 100%; e para cada uma das classes temáticas destes mapas foi atribuído um grau de fragilidade, de modo hierárquico (na escala de 1 a 5).

O Quadro 10 apresenta as influências dos mapas e as fragilidades das classes temáticas quanto a Fragilidade Ambiental Natural do município de Cordeirópolis/SP

Quadro 10 – Influência e fragilidade dos mapas e classes temáticas na fragilidade ambiental natural do município de Cordeirópolis/SP

Variáveis do Meio Físico		Teste selecionado	
Mapas	Classes	Fragilidade	Influência (%)
Geologia	Formação Rio Claro	4	34
	Formação Corumbataí	5	
	Formação Irati	5	
	Formação Itararé	4	
	Formação Piramboia	4	
	Grupo Serra Geral	4	
	Formação Tatuí	4	
Pedologia	Argissolos	4	34
	Latosso vermelho	2	
	Latosso vermelho amarelo	2	
	Gleissolos	5	
Declividade	de 0 – 3%	1	32
	de 3,1 – 8%	2	
	de 8,1 – 12%	3	
	de 12,1 – 20%	4	
	> 20%	5	

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Para a definição da influência dos mapas na Fragilidade Ambiental Natural, pressupõe que as variáveis tenham importância (peso) semelhantes para o estabelecimento do grau de fragilidade de determinada área do município de Cordeirópolis/SP. No modelo sugerido por Ross (1994), a variável relevo ou declividade é mais expressiva para a determinação do grau de fragilidade, porém a área de estudo, o município de Cordeirópolis/SP, não é uma região íngreme (declive máximo de 27%), assim a influência da declividade na fragilidade ambiental natural é semelhante ao mapa de solos e de litologia.

Os critérios utilizados para determinar a fragilidade dos solos passam pelas características de permeabilidade, textura, estrutura, porosidade e desenvolvimento dos solos, ou seja, a maturidade do solo (CREPANI et al., 2001). Assim, os solos Latossolo Vermelho e o Vermelho Amarelo apresentaram fragilidade fraca (2); o Argissolos teve fragilidade forte (4); enquanto que para o Gleissolos determinou-se a fragilidade muito forte (5).

No mapa das formações geológicas analisou-se as características das rochas presentes nas formações geológicas, conforme Crepani et al. (2001). Deste modo, o Grupo Serra Geral e as formações geológicas Piramboia, Tatuí, Rio Claro e Itararé tiveram uma fragilidade forte (4); enquanto que as formações geológicas Corumbataí e Irati possuem uma fragilidade muito forte (5).

Para o mapa declividade considerou a topografia do relevo, quanto mais íngreme o terreno maior a fragilidade. Desta forma, o intervalo de 0-3% apresentou fragilidade muito fraca (1); de 3,1-8% com fragilidade fraca (2); a classe de 8,1-12% com fragilidade média; de 12,1-20% teve fragilidade forte (4); e o intervalo de declividade acima de 20% apresentou fragilidade muito forte (5).

Para a produção do mapa de Fragilidade Ambiental Emergente (unidade ecodinâmica instável), agregou-se ao mapa de Fragilidade Ambiental Natural (influência de 40%), e o mapa de uso e ocupação das terras (influência de 60%), visando observar a instabilidade provocada pela atividade antrópica. A ocupação humana não deve ser tratada como elemento estranho da natureza, ao contrário, precisa ser vista como parte fundamental desta dinâmica. Enfatizando que as alterações nos diferentes componentes naturais, afetam cada vez mais a funcionalidade do sistema e gerando impactos ambientais (ROSS, 1994).

Desta forma, na elaboração do mapa de uso e ocupação das terras, levou-se em conta o grau de proteção ao solo e ao impacto ambiental das classes temáticas para determinar a fragilidade ambiental emergente (Quadro 11).

Quadro 11 – Fragilidade das classes temáticas de uso e ocupação das terras

Classes	Fragilidade Ambiental
Antiga mineração	4
Área industrial	3
Área urbana	3
Cultura permanente	2
Cultura semi-perene	3
Lagos de mineração	5
Loteamento urbano	2
Mineração	5

Pasto Sujo	2
Represas	1
Silvicultura	2
Sítios ou Chácaras	2
Solo exposto	5
Solo preparado para o cultivo	5
Vegetação arbórea	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Na elaboração dos mapas de fragilidade ambiental (natural e emergente), foi preciso adaptar o método de Ross (1994), pois tal proposta foi criada para analisar processos erosivos em escala mais genérica, entretanto nesta pesquisa utilizou-se uma escala de detalhes, visando a caracterização das áreas de mineração. Além do mais, Ross (1994), considera a declividade um fator fundamental para determinar a fragilidade, porém a área de estudo é predominantemente plana, tendo o mapa de declividade relevância minimizada, quando comparada aos mapas de litologia e solos. Além disso, a caracterização foi complementada com trabalhos de campo, pois a mineração provoca inúmeros impactos ambientais, sendo que alguns aspectos, como a poeira, odor, e resíduos só podem ser analisados com trabalhos *in loco*.

4.2.4.7. Mapa de áreas de Interesse de expansão industrial no município de Cordeirópolis/SP

Para elaboração do mapa de áreas de interesse de expansão industrial, recorreu-se aos dados da base cartográfica do município de Cordeirópolis/SP, o qual consta nos arquivos do plano diretor de 2011, que prevê áreas de interesse de expansão industrial. Este arquivo encontrava-se no formato *.dwg*, o que demandou a conversão (*conversion tools*) para o formato *shapefile* (*.shp*), compatível com o ambiente do ArcGis. Após a conversão os dados de expansão industrial, os mesmos foram inseridos no arquivo do município de Cordeirópolis/SP e divididos em “Área Especial de Interesse Industrial (AEII)”, que abrange 10 áreas, destacando-se a “Zona Industrial do Polo Cerâmico (ZI-PC)” e a “Zona Industrial do Polo Logístico e Empresarial (ZI-PLE)”. Essa análise foi importante, pois possibilitou identificar as áreas de expansão das indústrias cerâmicas do município de Cordeirópolis/SP.

4.2.4.8. Mapa de evolução urbana do perímetro urbano de Cordeirópolis/SP

O mapa da evolução urbana de Cordeirópolis/SP foi elaborado com base na informação vetorial dos limites dos bairros, obtida da planta cadastral digital (.dwg). Desse modo, primeiramente esse layer (bairros em .dwg) foi convertido para o formato *shapefile* (.shp); em seguida, o arquivo bairros (.shp) foi ordenada em décadas, por meio de edição do ArcGIS 10.3 (Quadro 12), conforme os dados do arquivo da Leitura Técnica da Realidade Municipal (2007), o qual apresenta a década de criação de cada bairro. Essa análise foi importante para avaliar a direção da expansão urbana de Cordeirópolis/SP.

Quadro 12 – Evolução urbana de Cordeirópolis (1950 – 2007)

COR	PERÍODO
	Até 1950
	1951 – 1960
	1961 – 1970
	1971 – 1980
	1981 – 1990
	1991 – 2000
	2000 – 2007
	Sem Registro

Fonte: Leitura Técnica da Realidade Municipal (2007)

Para cada classe adotou-se uma cor, variando das cores frias as quentes, à medida que o período se torna mais recente.

4.2.5. Trabalhos de Campo

Os trabalhos de campo são essenciais em estudos geográficos, pois permitem conhecer a área de estudo e também averiguar a qualidade dos mapas produzidos (mapa de uso e ocupação das terras e de fragilidade ambiental). A qualidade de um mapa temático é avaliada em termos de precisão e exatidão. A precisão se refere ao quanto à área de uma determinada categoria adquirida no mapeamento reflete a realidade observada no campo. A exatidão refere-se a determinada categoria identificada na imagem está realmente correta (ROSA, 2009).

Além disso, os trabalhos de campo possibilitam identificar os tipos de uso e cobertura das terras contidos nos padrões da imagem e identificados em gabinete,

correlacionando padrões da imagem previamente selecionados com a verdade terrestre (FERREIRA, 2011).

No caso desta pesquisa, os trabalhos de campo foram realizados no município Cordeirópolis/SP, visando caracterizar as áreas de expansão urbana, além de modificações ocorridas nas áreas de mineração e indústria cerâmica estudada, através de observações sistemáticas e registros fotográficos. Também permitiu averiguar a qualidade do mapeamento de uso e ocupação das terras e de fragilidade ambiental da mineração.

Além disso, realizou-se uma entrevista (25/04/2016) com o Secretário de Obras e Planejamento da Prefeitura Municipal de Cordeirópolis/SP, João Cesar Maniaes (2015), sobre o polo cerâmico de Santa Gertrudes e as áreas de mineração no município.

Neste estudo, foram realizados 5 trabalhos de campo, onde se visitou 52 locais no município de Cordeirópolis/SP (Figura 10), sendo que alguns desses locais foram visitados mais de uma vez, a fim de se atingir os seguintes propósitos: 1 – dia 06/11/2015, o objetivo foi conhecer a área urbana do município. Neste sentido foram escolhidos 16 pontos dentro do perímetro urbano de Cordeirópolis; 2 – dia 02/12/16, coletar amostras de solos para a checagem da classe de solo Gleissolos (SIBSCS, 2013), antes definido como Solo Hidromórfico (IAC, 1985); 3 – dia 22/02/2018, averiguar a localização e caracterizar as indústrias cerâmicas do município para ilustra a caracterização do tema; 4 – dia 26/04/2018, avaliar áreas de mineração e antiga extração mineral, observando-se a vegetação, recursos hídricos (formação de lagos) e a presença ou não de resíduos (cascalho, argila, etc.) no entorno desses locais para a certificação do mapa de uso e ocupação das terras; 5 – dia 23/05/2018, avaliar outras áreas de mineração e antiga mineração, além de observar as vias (estradas) umidificadas para minimizar a poeira, para a caracterização da área.

Vale salientar, que através dos trabalhos de campo obteve-se um acervo fotográfico georreferenciado (Apêndice), abrangendo diversas áreas do município de Cordeirópolis/SP.

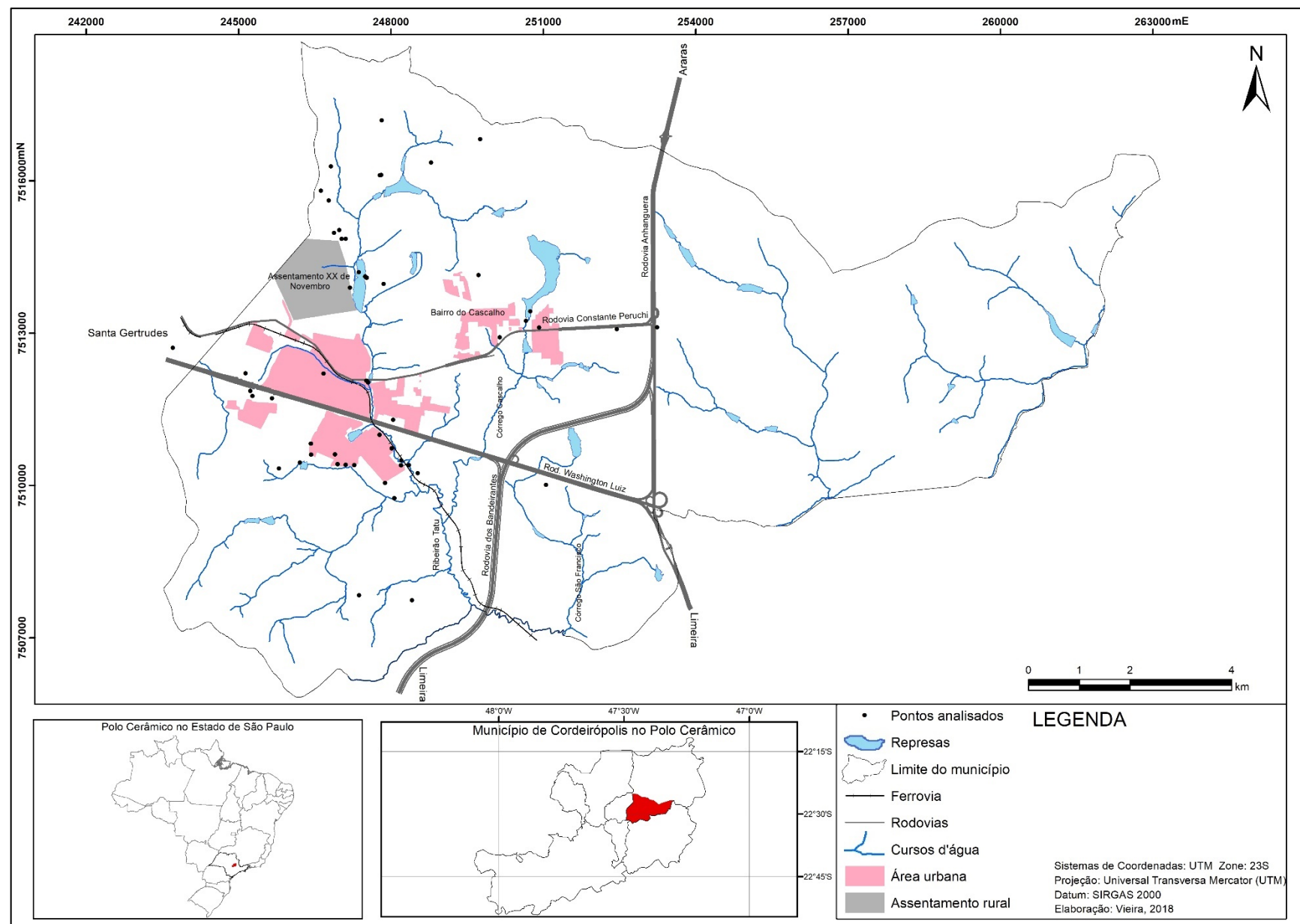


Figura 10 – Mapa com os pontos analisados nos trabalhos de campo

CAPÍTULO 5

Este capítulo apresenta os resultados obtidos na pesquisa, abrangendo a aplicação da metodologia de fragilidade ambiental de Ross (1994), que permitiu elaborar o mapa de Fragilidade Ambiental Natural, através da integração dos aspectos físicos relativos à Litologia, Solo e Declividade, bem como o mapa de Fragilidade Ambiental Emergente, por meio da integração do mapa de fragilidade ambiental natural aos aspectos antrópicos, referentes ao Uso e Ocupação das Terras. Considerando-se que originalmente a metodologia de Ross foi criada especialmente para análise da fragilidade à erosão, para avaliar as atividades de mineração de Cordeirópolis, realizou-se uma adaptação dessa metodologia, inserindo-se dados relativos aos impactos ambientais das áreas de mineração, obtidos do levantamento bibliográfico e dos trabalhos de campo. Além disso, realizou-se a análise do uso e ocupação das terras no perímetro urbano (cenários de 1988 e 2010) e da evolução urbana de Cordeirópolis/SP, no período entre 1950 e 2007.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nos procedimentos metodológicos aplicados nessa pesquisa, foram obtidos mapas temáticos representativos dos aspectos físicos e antrópicos do município de Cordeirópolis/SP, os quais foram sobrepostos visando realizar uma análise integrada da área de estudo e identificar às áreas de fragilidade ambiental das atividades de mineração. Vale salientar, que os mapas temáticos conformam um sistema para responder perguntas e embasar decisões ou auxiliar na resolução de problemas (MOURA, 2014).

5.1. Caracterização dos aspectos físicos do município de Cordeirópolis/SP

Para que as intervenções humanas sejam planejadas é necessário avaliar as características físicas do ambiente. Para o tema de fragilidade ambiental destacam-se os aspectos da litologia, de solos e da declividade.

O município de Cordeirópolis/SP é caracterizado por 7 formações geológicas, destacando-se o grupo Serra Geral e formação Corumbataí, que ocupam 82% da área do município e onde localiza-se a área urbana, indústrias cerâmicas, áreas de mineração e de antiga mineração. Essa diversidade geológica originou 4 tipos de solos, sendo que o Latossolo Vermelho se destaca, por ter uma extensão territorial de 105,2km² (77% da área do município) e onde se localiza a área urbana e as

indústrias cerâmicas. O relevo do município é predominantemente plano, pois mais de 89% do terreno abrange a faixa de até 12% de declividade. Além disso, a amplitude altimétrica é relativamente baixa, de 270 metros (de 825m a 555m).

Nos itens subsequentes, estão apresentados os aspectos físicos de modo mais detalhado.

5.1.1. Aspectos Geológicos do município de Cordeirópolis/SP

O conhecimento das características geológicas para a compreensão do meio ambiente é extremamente importante, como destaca Crepani et al. (2001):

A contribuição da Geologia para a análise e definição da categoria morfodinâmica da unidade de paisagem natural compreende as informações relativas à história da evolução geológica do ambiente onde a unidade se encontra e as informações relativas ao grau de coesão das rochas que a compõem. Por grau de coesão das rochas entende-se a intensidade da ligação entre os minerais ou partículas que as constituem (CREPANI et al., 2001, p.32).

Os estudos sobre a geologia fornecem subsídios para a análise da fragilidade, bem como para a análise do relevo e a compreensão dos tipos de solos que ocorrem em cada unidade (ROSS, 1995).

Nesse aspecto, o município de Cordeirópolis/SP é constituído pelas seguintes Formações Geológicas: Corumbataí, Irati, Itararé, Piramboia, Rio Claro, Serra Geral e Tatuí (Figura 11).

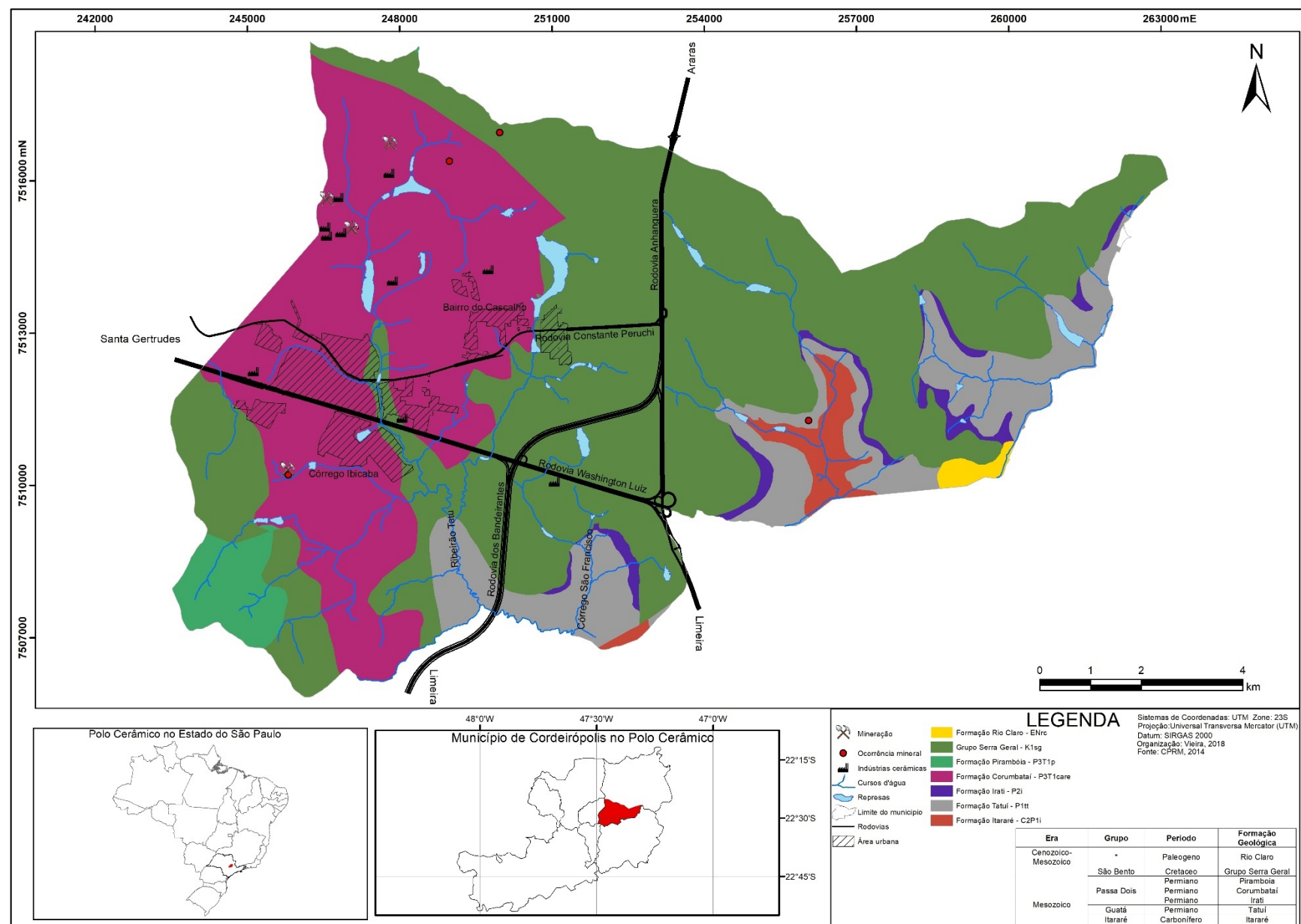


Figura 11 – Mapa das formações geológicas do município de Cordeirópolis/SP

Além da presença de 4 áreas de mineração, há no município 4 áreas de ocorrência mineral, localizadas no Grupo Serra Geral (2 regiões), e na formação geológica Corumbataí (2 regiões), locais que no futuro se constituirão em áreas de mineração. Vale ressaltar, que a argila é explorada na Formação Corumbataí, “que apesar de comportar variações texturais e mineralógicas, praticamente toda a sua coluna litológica pode ser utilizada na fabricação de produtos cerâmicos” (IPT, 2012, p.62). Essa constitui-se como a principal fonte de matéria prima mineral para as indústrias de revestimentos cerâmicos do PCSG.

O Quadro 13 evidencia a fragilidade das formações geológicas e a extensão territorial no município de Cordeirópolis/SP.

Quadro 13 – Classes geológicas com suas respectivas fragilidades e extensão territorial

Formações Geológicas	Fragilidade	Área Territorial (km²)	% Territorial
Corumbataí	5 – Muito Forte	40,86	30%
Irati	5 – Muito Forte	2,53	2%
Itararé	4 – Forte	2,62	2%
Pirambaia	4 – Forte	3,51	2%
Rio Claro	4 – Forte	0,79	1%
Grupo Serra Geral	4 – Forte	72,07	52%
Tatuí	4 – Forte	15,12	11%
Total		137,59	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A classificação da fragilidade natural foi efetuada de acordo com as características das rochas presentes nas formações geológicas. Assim, a formação Corumbataí e Irati possuem uma fragilidade ambiental muito forte (5), visto que apresentam folhelhos e argilitos na sua composição. A formação Irati localiza-se em pequenas porções nas regiões leste e sul do município, já a formação Corumbataí abrange os setores sul e norte.

A formação Corumbataí tem melhores exposições em frentes as lavras. Nesta formação, a matéria prima é aproveitada desde a camada mais superficial até níveis mais profundos de rocha parcialmente intemperizada (FERREIRA, 2007).

O Grupo Serra Geral apresenta fragilidade forte (4) devido a intrusivos das rochas vulcânicas, geralmente diabásio, o qual é matéria-prima para rocha britada,

utilizada em construção civil. Tal formação encontra-se por todo o município, principalmente, nas regiões central e leste.

Corumbataí e Serra Geral são as formações geológicas de maior extensão territorial, abrangendo 40,86km² e 72,07km² respectivamente, ocupando 82% da área do município de Cordeirópolis/SP. A área urbana do município também se encontra sobre estas formações, sendo que 84% da cidade localiza-se sobre a formação geológica Corumbataí e, o restante (16%) sobre a formação Serra Geral.

As formações geológicas Rio Claro, Itararé e Tatuí, apresentam fragilidade forte (4) e ocupam 14% do município de Cordeirópolis/SP. Localizam-se na extremidade Sul e Sudeste do município, na divisa com o município de Limeira/SP, são compostos por arenitos e siltitos. Na formação Rio Claro é característica a presença de lagoas desenvolvidas, além de extensas voçorocas (LORETI JUNIOR; SARDOU FILHO; CALTABELOTI, 2014).

Já formação Piramboia, composta por arenitos finos a grossos, contém fragilidade forte (4), e encontra-se entre os limites municipais de Cordeirópolis/SP e Itacemópolis/SP, no setor sudoeste.

5.1.2. As características Pedológicas do município de Cordeirópolis/SP

No diagnóstico ambiental, o estudo e a análise da pedologia são de suma importância, pois as atividades antrópicas desencadeiam alterações nas estruturas dos solos e até mesmo a retirada de suas camadas, portanto, causam impactos ambientais.

O solo pode ser definido como uma “coleção de corpos naturais ocorrendo na superfície da terra, contendo matéria viva e suportando ou sendo capaz de suportar plantas. Enfim, é a camada superficial da crosta terrestre” (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014, p.37). Desse modo, é necessário o conhecimento das principais características do solo como cor, textura, estrutura e porosidade para o manejo e controle da fragilidade ambiental do solo contra os processos erosivos.

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2014) tais características podem ser descritas da seguinte forma:

- ✓ **Cor:** Característica mais facilmente distinguível do solo, pois geralmente apresenta a cor do material de origem. Pode ser alterada devido a maior ou menor presença de matéria orgânica, água e ferro.

- ✓ **Textura:** Distribuição quantitativa das classes de tamanho de partículas que compõem o solo. São consideradas partículas: pedras, cascalhos, etc. É usual distinguir o solo em leves ou pesados, sendo que os leves têm predominância de areia e, os pesados, aqueles com maior porcentagem de argila.
- ✓ **Estrutura:** É a forma como se arranjam as partículas elementares do solo. Determina a maior ou menor permeabilidade à água.
- ✓ **Porosidade:** Refere-se à proporção de espaços ocupados pelos líquidos e gases em relação ao espaço ocupado pela massa do solo. Em geral, os solos com textura mais fina têm maior porosidade.
- ✓ **Permeabilidade:** Capacidade do solo em deixar passar água pelo seu perfil. Nos solos arenosos a permeabilidade é rápida e nos argilosos é lenta.

A susceptibilidade a fragilidade ambiental não é a mesma em todos os solos, na medida em que as características citadas anteriormente exercem diferentes influências. Solos arenosos podem absorver grande quantidade de água, entretanto as enxurradas podem arrastar grande volume de solos, devido à pequena ligação entre suas partículas. Solos argilosos possuem espaços porosos bem menores dificultando a infiltração, mas a coesão das suas partículas é maior aumentando sua resistência (SILVA; SCHULZ; CAMARGO, 2007). O Quadro 14 apresenta a perda de solo e água por erosão.

Quadro 14 – Efeito do tipo de solo nas perdas por erosão em um ano

Tipo de solo	Perda de solo (t/ha)	Perda de água (%)
Arenoso	21,1	5,7%
Argiloso	16,6	9,6%

Fonte: Adaptado de Bertoni e Lombardi Neto (2014)

Essas comparações foram feitas de acordo com as características físicas como relevo e pluviosidade idênticas, pois tais fatores podem mudar com relevos íngremes ou chuvas intensas em um curto período de tempo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014).

Nesse aspecto, o município de Cordeirópolis/SP abrange 4 tipos de solos: Argissolos, Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho e Amarelo e os Gleissolos (Figura 12).

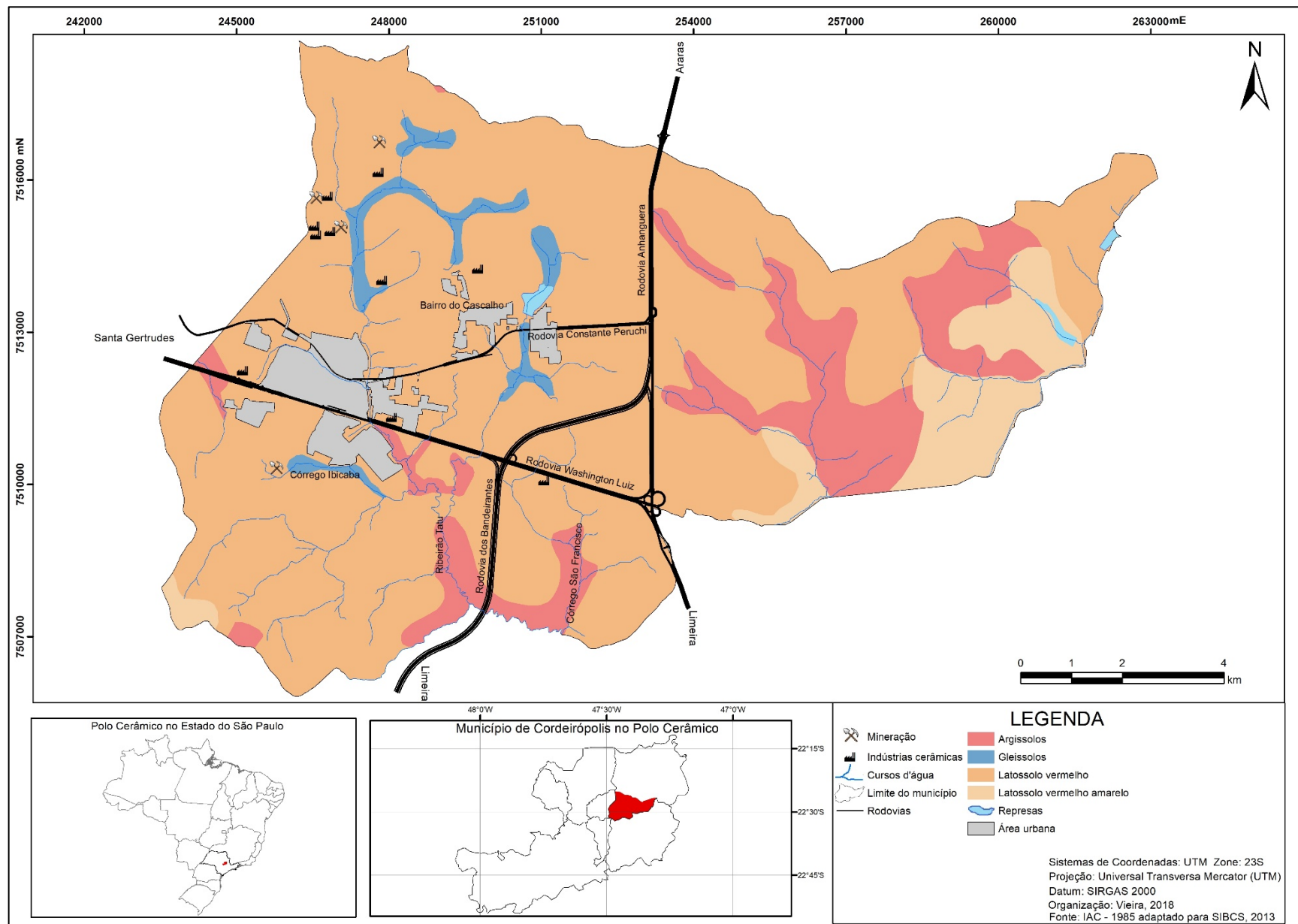


Figura 12 – Mapa de solos do município de Cordeirópolis/SP

Os critérios utilizados para determinar a fragilidade dos solos seguem as características de permeabilidade, textura, estrutura, porosidade e desenvolvimento, ou seja, que indicam a maturidade do solo. O grau de fragilidade ambiental e a extensão territorial de cada uma das classes pedológicas no município de Cordeirópolis/SP encontram-se no Quadro 15.

Quadro 15 – Classes de solos, fragilidades e área ocupada no município de Cordeirópolis/SP

Classes Pedológicas	Fragilidade	Área territorial (km²)	% Territorial
Argissolos	4 – Forte	18,1	13%
Latossolo Vermelho	2 – Fraca	105,2	77%
Latossolo Vermelho e Amarelo	2 – Fraca	9,56	7%
Gleissolos	5 – Muito Forte	3,31	3%
Total		136,17*	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

*1,42km² corresponde a represas e área urbana.

Em Cordeirópolis/SP, os Gleissolos, se localizam próximos à drenagem e como possui horizontes pouco espessos há incidência do lençol freático; além disso é considerado um solo jovem (SIBCS, 2013); devido a essas características os Gleissolos possuem uma fragilidade muito forte (5).

O Latossolo Vermelho e Vermelho Amarelo apresentam fragilidade fraca (2), pois são bem desenvolvidos, com grande profundidade e porosidade. O principal atributo do Latossolo é que esse se constitui em um agrupamento de solos com boa propriedade física, situado em relevo favorável ao uso intensivo de indústrias mineradoras ou qualquer outra indústria, bem como a instalação de condomínios, etc. (SIBCS, 2013). O Latossolo Vermelho se estende por todo o município, enquanto que o Latossolo Vermelho Amarelo abrange porções nas regiões sudeste e sudoeste de Cordeirópolis/SP.

A área de mineração do município representa uma extensão territorial de 0,85km² e ocorre sobre o Latossolo vermelho. Além disso, sobre este solo (Latossolo Vermelho) localizam-se a área urbana e todas as indústrias cerâmicas.

Os Argissolos abrangem a área leste e sul do município de Cordeirópolis/SP, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A e, comparado aos Latossolos, apresentam profundidade menor e são solos menos estáveis, portanto, possuem fragilidade muito forte (5).

5.1.3. Os aspectos da Declividade de Cordeirópolis/SP

“A declividade é o ângulo de inclinação da superfície local em relação ao plano horizontal. Pode ser expressa em graus ou em porcentagem” (VALERIANO, 2008, p.86). É um dos elementos norteadores para a gestão territorial; declives muito acentuados, por exemplo, podem limitar o uso da terra a usos específicos, como pastagens ou reflorestamentos (LEPSCH, 2002).

Além disso, de acordo com Moura (2014):

O estudo das faixas de declividade no terreno, graus ou porcentagem, tem como objetivo determinar áreas propícias à ocupação urbana (sob aspecto de declividade) e áreas non aedificandi, segundo a legislação que trata do uso e parcelamento do solo (MOURA, 2014, p.60).

Os fatores de declividade que influenciam na perda do solo são o comprimento de rampa e o grau de declividade do terreno. Estima-se que um terreno com 20m de comprimento e 20% de declividade tem a mesma perda de terra que um solo de 180m de comprimento e com apenas 1% de declive (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014).

A definição das classes de declividade poderá ter um caráter particular, sendo assim o autor escolhe as classes que ele necessita para seu trabalho, mas é recomendável que utilize o que está estabelecido por lei para o uso e ocupação das terras (DE BIASI, 1977).

Assim, as classes de declividade do município de Cordeirópolis/SP (Figura 13), foram adaptadas com base na Lei complementar nº 2.780, de 29 de dezembro de 2011 – Parcelamento do Solo e Urbanizações Especiais de Cordeirópolis, adotando-se as seguintes classes 0 – 3%; 3,1 – 8%; 8,1 – 12%; 12,1 – 20%; >20%.

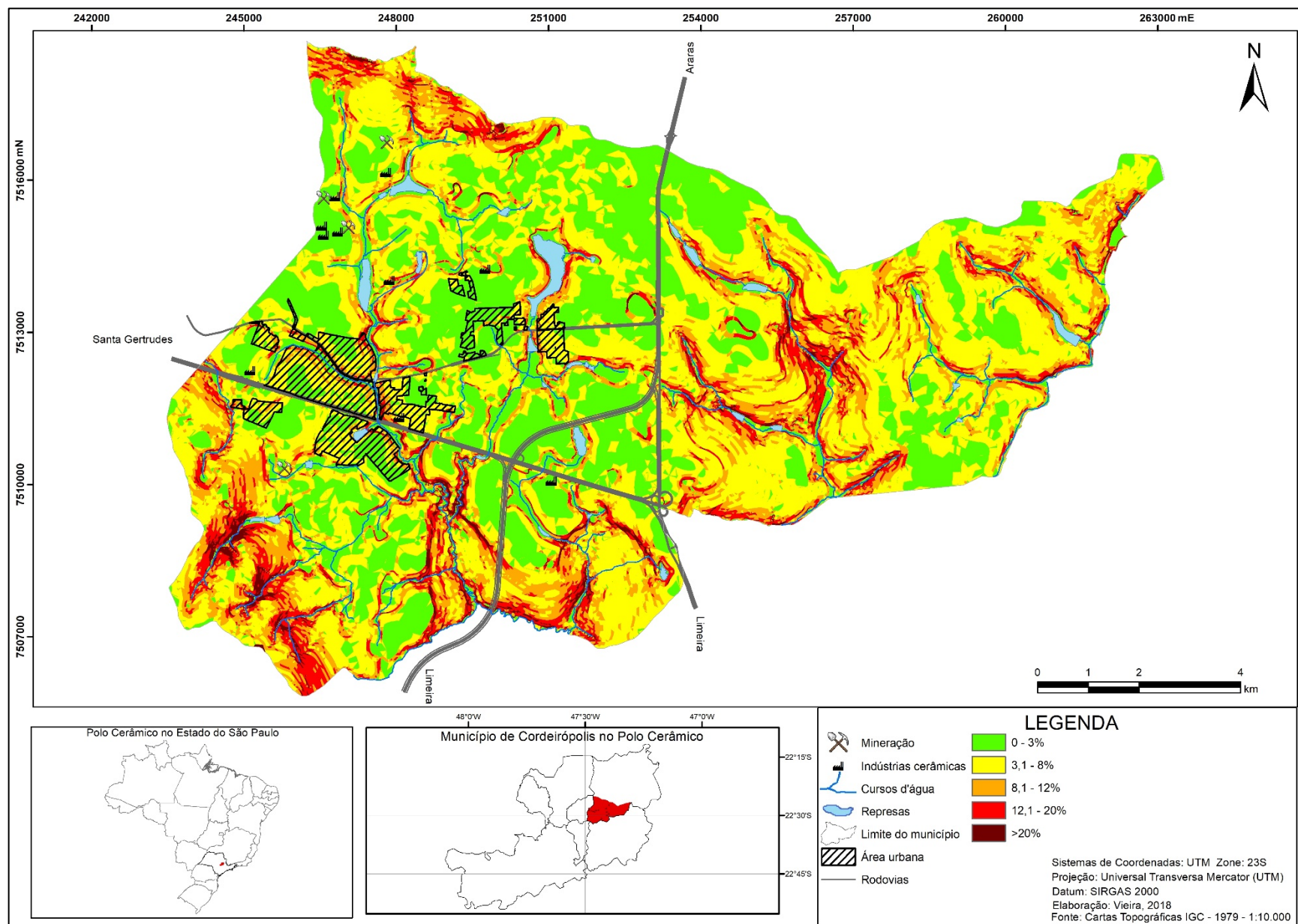


Figura 13 – Mapa de Declividade do município de Cordeirópolis/SP

O município apresenta relevo plano (mais de 70%), sendo composto, predominantemente, por áreas planas e suavemente onduladas (Quadro 16).

Quadro 16 – Classes de declividade, fragilidades e área ocupada no município de Cordeirópolis/SP

Classes de declividade (%)	Fragilidade	Relevo	Área Territorial (km²)	% Territorial
0 – 3%	1 – Muito Fraca	Plano	45,77	33%
3,1 – 8%	2 – Fraca	Suave-Ondulado	55,3	40%
8,1 – 12%	3 – Média	Ondulado	21,41	16%
12,1 – 20%	4 – Forte	Ondulado	11,99	9%
> 20%	5 – Muito Forte	Ondulado	3,12	2%
Total			137,59	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Com base na Figura 13, observa-se que a área com declividade de 0 – 3% ocupa 33% (45,77km²) do município Cordeirópolis/SP, abrangendo principalmente a área central (onde se localiza a área urbana), norte, sul e oeste do município. Há também, a ocorrência dessa classe em pequenas porções na região leste de Cordeirópolis/SP. Nesta área, a fragilidade é muito fraca (1), pois o relevo é plano.

O local com declive de 3,1 – 8% ocupa uma extensão territorial de 55,3km² ou 40% do território de Cordeirópolis/SP, sendo a classe de declividade de maior predominância territorial no município. Essa classe ocupa de modo destacado a porção leste do município, além de áreas expressivas na porção sul e sudoeste. Devido ao relevo suavemente ondulado, apresenta fragilidade fraca (2).

A declividade de 8,1 – 12% ocupa uma área de 21,41km² (16%), apresentando pequenas porções nos setores sudoeste, sul, norte e leste do município. Levando-se em conta que o relevo é ondulado, possui fragilidade média (3).

Os locais com declividade entre 12,1 – 20%, ocupam 9% do município ou 11,99km², se localizam em pequenas porções nos setores sudoeste, sul, norte e leste do município. Essa classe consiste num relevo ondulado, tendo sido definida como fragilidade muito forte (4).

A área com declividade acima de 20% é a de menor extensão territorial, (3,12km² ou 2% do total), relacionada as vertentes da rede de drenagem do município, e situa-se na porção norte, sudoeste, sul e leste. Essa faixa de

declividade foi determinada como de fragilidade muito forte (5), pois é a área de declive mais acentuado.

A área urbanizada de Cordeirópolis/SP (bairros, incluindo o Cascalho e loteamentos urbanos), abrange todas as faixas de declividade em diferentes proporções (Quadro 17).

Quadro 17 – Declividade na área urbana de Cordeirópolis/SP

Classes de declividade (%)	Área Territorial (km²)	% Territorial
0 – 3%	2,22	37%
3,1 – 8%	2,74	47%
8,1 – 12%	0,67	11%
12,1 – 20%	0,23	4%
> 20%	0,03	1%
Total	5,88	100%

Elaborado pelo autor (2018)

Na área urbana há a predominância das classes de 0 – 3% e de 3,1 – 8% de declividade, respectivamente com 2,22km² e 2,74km², o que corresponde a 84% da área urbana. A classe de declividade com menor expressão na área urbana é a faixa acima de 20%, a qual corresponde a somente 1% da área urbana.

Quanto a ocupação urbana e industrial, o artigo 25 da Lei complementar nº 2780 de 29 de dezembro de 2011 – Parcelamento do solo e urbanizações de Cordeirópolis/SP, determina que em áreas com declividades superiores a 20%, as ocupações devem ocorrer em lotes já edificadas. Na área urbana de Cordeirópolis/SP, há 0,03km² de edificações em declividade acima de 20%.

Recomenda-se que quanto maior a declividade maior deve ser o lote urbano (MORETTI, 1987), ou seja, reduzindo o parcelamento do solo. Além disso, declividades elevadas trazem outros problemas como ruídos de veículos; dificuldades de implantação das obras de drenagem, terraplanagem e pavimentação (MORETTI, 1997).

5.2. Fragilidade Ambiental Natural do município de Cordeirópolis/SP

A fragilidade ambiental consiste em uma investigação que tem como finalidade a análise dos componentes ambientais de forma integrada. A identificação dos ambientes e suas fragilidades permite a melhor definição das diretrizes e ações a serem implantadas no território (ROSS, 1995).

Em um terreno com declividade acentuada e abrangendo solos altamente erodíveis, a taxa de erosão será potencializada, pois esses são fatores favoráveis a erosão. Se neste mesmo terreno altamente declivoso houver solos resistentes à erosão as taxas de perdas do solo serão menores (SILVA; SCHULZ; CAMARGO, 2007).

Diante do exposto, o mapa de Fragilidade Ambiental Natural (Figura 14) consistiu na integração dos fatores de solos, litologia e declividade e demonstra a fragilidade ambiental em virtude dos aspectos físicos.

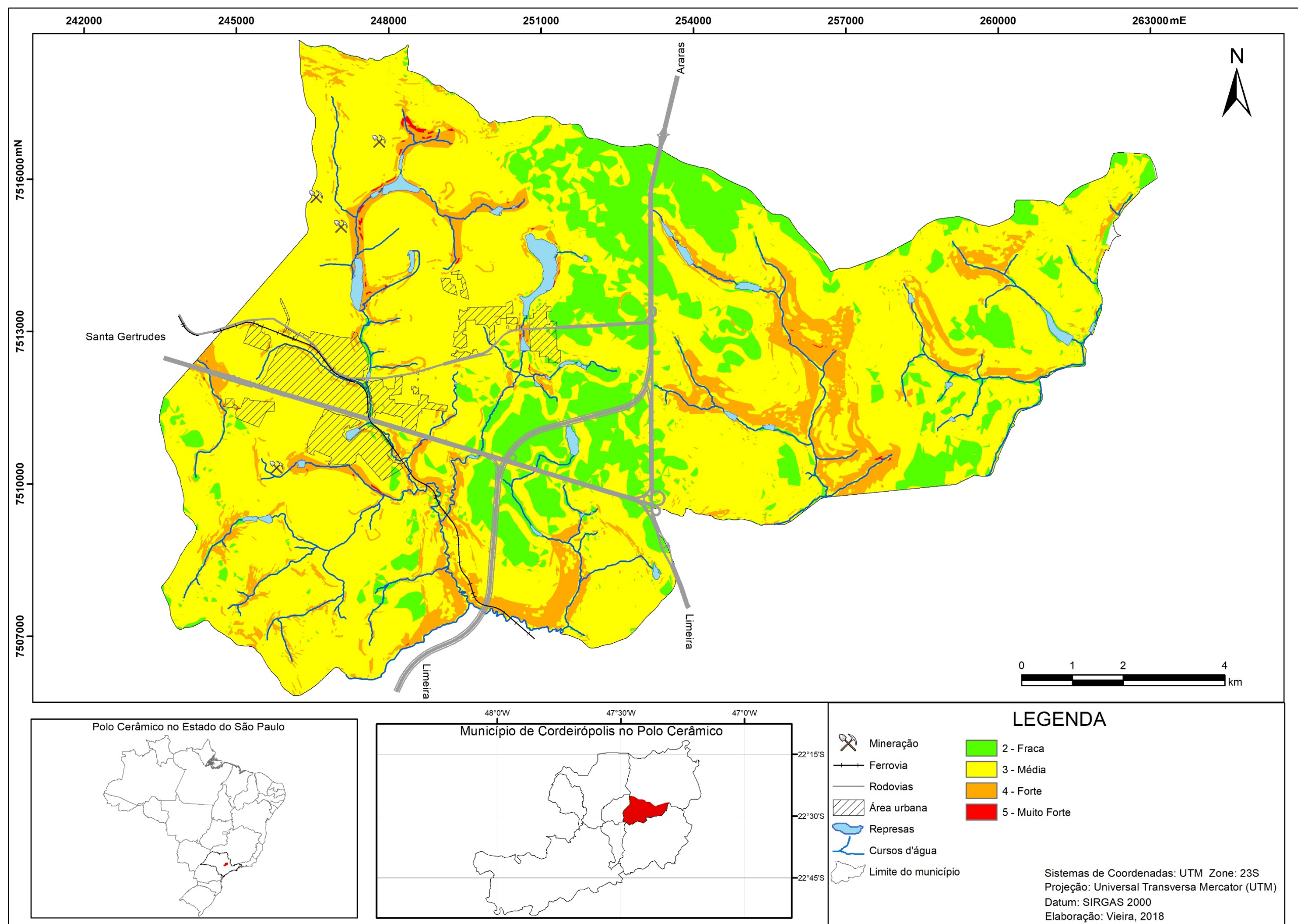


Figura 14 – Mapa de Fragilidade Ambiental Natural do município de Cordeirópolis/SP

Observa-se no mapa de fragilidade ambiental natural que não há ocorrência da classe de fragilidade muito fraca (1), enquanto que a classe de fragilidade média (3) é a de maior extensão territorial (98,36km² ou 72%) (Quadro 18).

Quadro 18 – Extensão territorial das classes de fragilidade ambiental natural do município de Cordeirópolis/SP

Classes	Área em km²	%
2 – Fraca	23,55	17%
3 – Média	98,36	72%
4 – Forte	15,51	11%
5 – Muito Forte	0,17	0,12%
Total	137,59	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A área de fragilidade fraca (2) ocupa 17% do município (23,55km²), e localiza-se principalmente na região central e leste de Cordeirópolis/SP, como também abrange algumas pequenas porções ao sul e sudoeste. São áreas com declividade plana (até 3%), presença de solos Latossolo Vermelho e cuja litologia predominante é do Grupo Serra Geral, além de abranger áreas da Formação Rio Claro,

A classe de fragilidade média (3) possui a maior extensão territorial 98,36km² (72%) do município de Cordeirópolis/SP, abrangendo as regiões norte, sul e leste. Essa área caracteriza-se por relevo suave-ondulado (declive de 3,1 – 8%), tendo como litologias a Formação Corumbataí e o Grupo Serra Geral, e a presença, principalmente, de solos do Latossolo Vermelho.

A classe de fragilidade forte (4) abrange 11% (15,51km²) do município e ocupa áreas de fundo de vale. Possui um relevo ondulado (8,1 – 20%); a litologia da região caracteriza-se, principalmente, pela presença das formações geológicas Itararé e Tatuí, além dos solos de Argissolos e Gleissolos

A fragilidade muito forte (5) ocupa 0,17km² ou 0,12% do município de Cordeirópolis/SP, sendo localizada na maior parte na região norte, áreas de fundo de vale com declive acentuado (acima de 20%); e formação geológica Corumbataí, e a presença de solos Gleissolos.

Cabe ressaltar, que as áreas de mineração se localizam em áreas de fragilidade média, segundo os aspectos naturais, porém é uma atividade altamente impactante, gerando problemas no local das minas e no entorno da mineração. Quase todas as atividades humanas, na superfície terrestre, causam algum tipo de modificação, sendo que a mineração, talvez seja uma das que mais alteram a superfície terrestre. Nesse sentido, é extremamente importante que se intensifiquem

os estudos no diagnóstico de áreas onde ocorra atividade de mineração (GUERRA; MARÇAL, 2014).

Dessa forma, considerando-se os aspectos físicos, não há locais propícios para a atividade de mineração, devido aos impactos ambientais e sociais ocasionados por essa atividade. As áreas de mineração provocam impactos ambientais específicos nos aspectos físicos, como a retirada das camadas de solos, promovendo a cava e a formação de lagos, pois a área atinge o lenço freático, ocasiona o corte de taludes (relevo) e a extração da litologia utilizada nas indústrias cerâmicas.

5.3. Caracterização da ação antrópica no município de Cordeirópolis/SP

O uso e ocupação das terras de Cordeirópolis é marcado pela heterogeneidade das classes (15 classes), com destaque para a cultura semi-perene (cana-de-açúcar), que ocupa 44% da área do município. A área urbana, embora tenha triplicado sua população nos últimos 20 anos ocupa apenas 4,22% do território do município. No entanto, considerando-se apenas o perímetro urbano, a área urbana consolidada ocupa 32% do seu limite. Nos últimos anos esse aumento deve-se a instalação de inúmeras indústrias cerâmicas na região, onde se localiza o polo cerâmico de Santa Gertrudes, o que conseqüentemente, atraiu um grande contingente de pessoas para o município (IAOCHITE, 2008).

5.3.1. Uso e ocupação das terras do município de Cordeirópolis: cenário de 2010

O levantamento do uso da terra numa dada região tornou-se um aspecto de interesse fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço (ROSA, 2009).

Agricultural, industrial activities and urban expansion process generate many impacts on the environment. Consequently, the quest for sustainable use of natural resources has attracted increasing interest of researchers for the recognition of the characteristics and environmental realities ¹³ (WRUBBLACK; MERCANTE; VILAS BOAS, 2013, p.1025).

¹³ Atividades agrícolas, industriais e de expansão urbana geram muitos impactos ao meio ambiente. Conseqüentemente, a busca pelo uso sustentável dos recursos naturais atraiu um crescente interesse dos pesquisadores pelo reconhecimento das características e realidades ambientais (WRUBBLACK; MERCANTE; VILAS BOAS, 2013, p.1025).

O mapa de uso das terras pode ser entendido como a forma que o espaço está sendo ocupado pelo homem. Para planejar as mudanças necessárias no solo é de grande importância o conhecimento do seu uso atual. No caso da área urbana, para o conhecimento da realidade, o mapeamento do uso da terra é fundamental, possibilitando a espacialização das diversas ocupações do ambiente intra-urbano; por outro lado, possibilita a quantificação dos elementos funcionais existentes e os seus reflexos no equilíbrio ambiental da paisagem urbana (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Quando se utiliza produtos sensores como fonte de dados, um aspecto que se deve levar em conta na análise do uso e ocupação das terras é a data da imagem, pois isto estará diretamente relacionado às características da cobertura das terras, como o calendário agrícola, espécies vegetais sazonais, entre outras. Tais fatores devem ser considerados na interpretação de imagens para que não ocorram equívocos e, conseqüentemente, erros na interpretação (ROSA, 2009)

Através das imagens é possível observar as diferenças, por exemplo, entre uma cidade planejada como Brasília e uma cidade que cresceu exponencialmente, sem nenhum tipo de planejamento (FLORENZANO, 2007).

Assim, através da fotointerpretação da Ortofoto de 2010 e do mapeamento manual das classes temáticas, foi possível elaborar o mapa de uso e ocupação das terras do município (Figura 15).

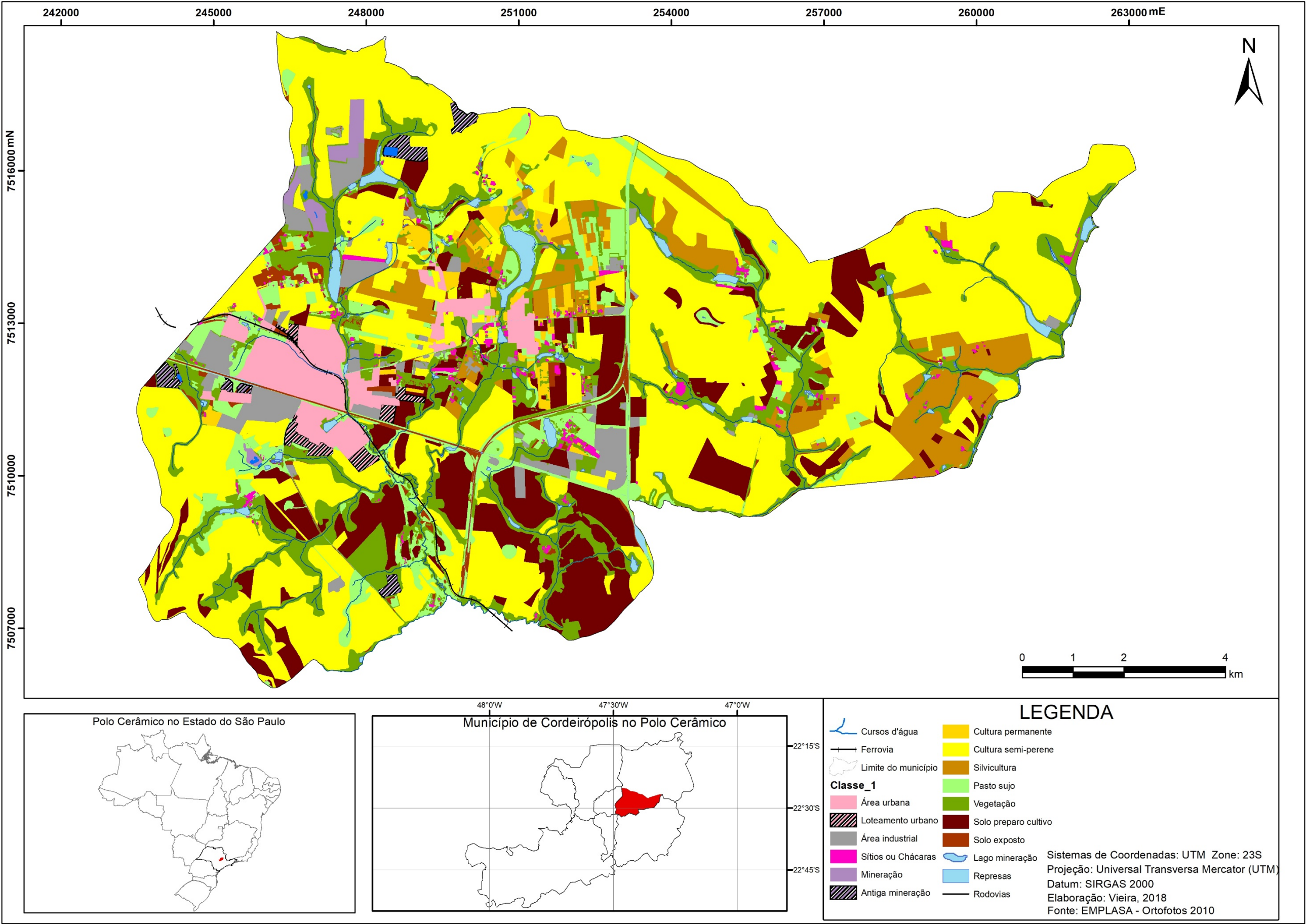


Figura 15 – Mapa de Uso e Ocupação das Terras do município de Cordeirópolis/SP – 2010

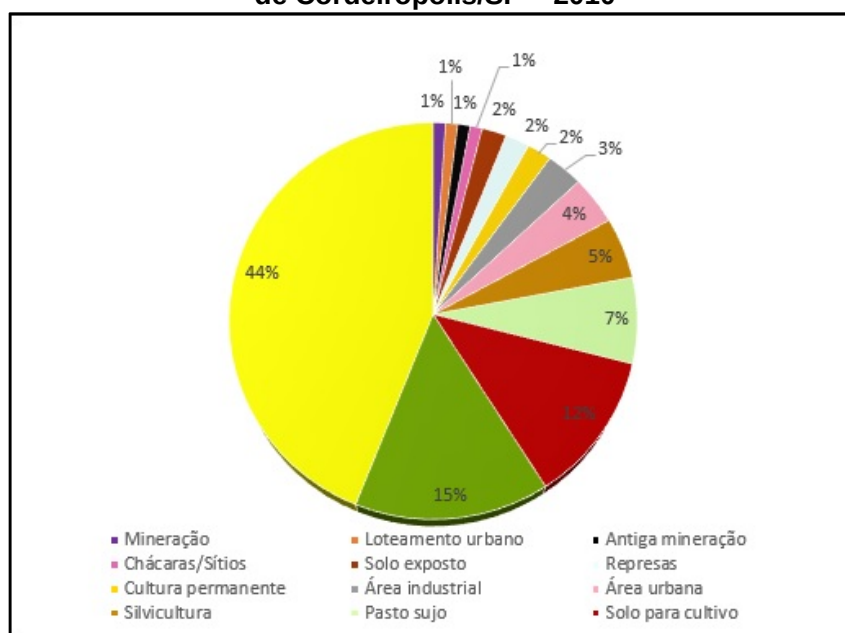
O Quadro 19 apresenta as classes de uso da terra do município de Cordeirópolis/SP do ano de 2010, além da fragilidade ambiental e a extensão territorial dessas classes. O Gráfico 2 demonstra a percentagem de cada classe do mapa de uso e ocupação das terras.

Quadro 19 – Classes de uso e ocupação das terras com suas respectivas fragilidades e extensão territorial – 2010

Grupos	Classes	Fragilidade Ambiental	Extensão Territorial (km²)	% Territorial
Atividade antrópica não agrícola	Área urbana	3	5,12	4%
	Loteamento urbano	2	0,72	1%
	Área industrial	3	4,4	3%
	Sítios ou Chácaras	2	0,95	1%
	Mineração	5	0,85	1%
	Solo exposto	5	2,66	2%
	Antiga mineração	4	0,87	1%
Atividade agrícola	Cultura permanente	2	2,42	2%
	Cultura semi-perene	3	61,33	44%
	Silvicultura	2	7,69	5%
	Solo para cultivo	5	16,85	12%
Mata	Vegetação arbórea	1	21,14	15%
	Pasto Sujo	2	9,97	7%
Água	Represas	1	2,48	2%
	Lagos de mineração	5	0,07	0,05%
Total			137,59	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Gráfico 2 – Percentagem das classes de uso e ocupação das terras no município de Cordeirópolis/SP – 2010



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

De acordo com a Figura 15, observa-se que a classe representada pela plantação de cana-de-açúcar, (cultura semi-perene) é predominante, abrangendo

44% da área do município, especialmente as porções centro-leste, norte e sudoeste. Outra classe de destaque é o solo preparado para o cultivo (geralmente para o plantio de cana-de-açúcar), o qual abrange 12% da área de Cordeirópolis/SP e ocupa de modo expressivo a porção sul do município.

As classes com vegetação arbórea e pasto sujo, localizam-se principalmente, próximas as Áreas de Preservação Permanente (APP) e ocupam apenas 22% do município; vale salientar, que nas APP a taxa de cobertura vegetal é de 79%.

A área urbana de Cordeirópolis/SP, ocupa 4% (5,12km²) do município e a porção ocupada por loteamento urbano representa 1% ou 0,72 km². A área industrial ocupa 3% do território e é representada principalmente por dois distritos industriais.

Os locais com represas, cultura permanente e as áreas de solo exposto ocupam 6% da área do município; outra classe que tem expressiva ocupação é a silvicultura, abrangendo 5% da área do município.

As áreas de mineração ocupam 0,85km² ou 1% da área. Nesses locais, devido à extração da matéria-prima formam-se lagos, pois a retirada da argila atinge o nível freático; esses lagos de mineração ocupam 0,05% do total do território. As áreas de antiga mineração representam 0,87km², ou seja, também ocupam 1% da área do município.

5.4. Fragilidade Ambiental Emergente do município de Cordeirópolis/SP

Os estudos sobre fragilidade ambiental permitem estabelecer diretrizes de uso da terra e organização territorial do espaço para os mais diferentes objetivos e interesses. Portanto, é instrumento fundamental na organização do espaço e, para uma política de planejamento (ROSS, 2014).

Nesse sentido, o mapa de fragilidade ambiental emergente (Figura 16) consistiu na integração do mapa de fragilidade ambiental natural com o mapa de uso e ocupação das terras, representando diferentes graus de fragilidade. O município de Cordeirópolis/SP apresenta as 5 classes de fragilidade ambiental emergente: 1 – Muito Fraca; 2 – Fraca; 3 – Média; 4 – Forte; 5 – Muito Forte.

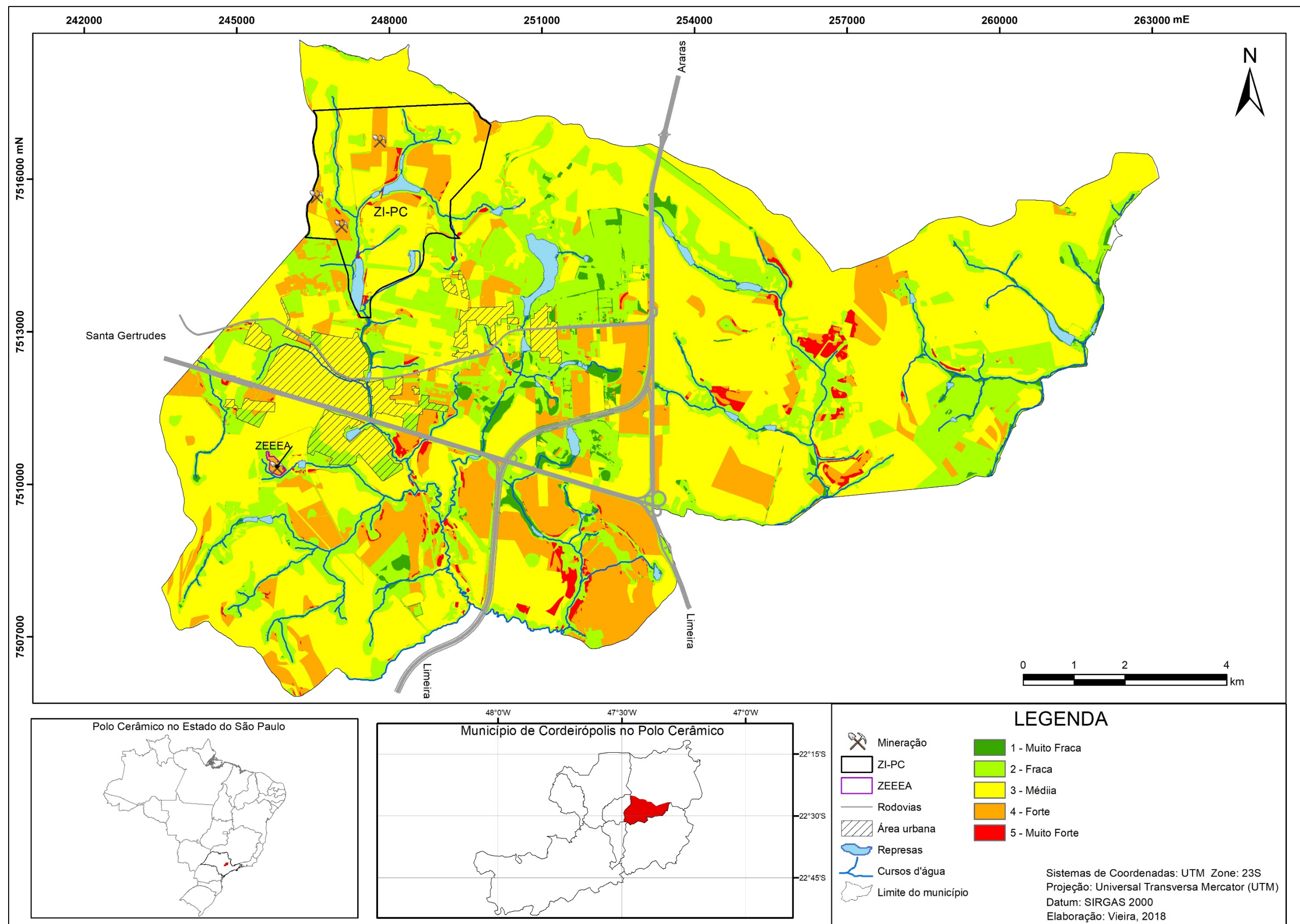


Figura 16 – Mapa de Fragilidade Ambiental Emergente no município de Cordeirópolis/SP

No Quadro 20 observa-se as classes de fragilidade e suas respectivas extensões no município de Cordeirópolis/SP

Quadro 20 – Extensão territorial das classes de fragilidade ambiental emergente do município de Cordeirópolis/SP

Classes	Área em km²	%
1 – Muito Fraca	3,89	3%
2 – Fraca	38,95	28%
3 – Média	73,42	53%
4 – Forte	19,41	14%
5 – Muito Forte	1,92	1%
Total	137,59	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Com relação a Fragilidade Ambiental Emergente de Cordeirópolis/SP, a classe de fragilidade muito fraca (1), corresponde a 3,89km² (3% da área municipal) e limita-se a locais próximos aos cursos d'água (fundos de vale), destacando-se as regiões sul e central do município; essa classe de fragilidade caracteriza-se pela presença de vegetação arbórea.

A classe de fragilidade fraca (2), possui uma extensão territorial significativa 38,95km² (28%); abrange locais próximos aos cursos d'água, onde verifica-se a presença de silvicultura, cultura permanente, pasto sujo e vegetação arbóreas. Essa classe abrange os setores sudeste, sul e a parte central do município. Além disso, esta fragilidade encontra-se próxima a represa e ao Bairro do Cascalho.

A classe de fragilidade média (3) é a de maior extensão territorial, abrangendo 73,42km² (53%), ou seja, representa mais da metade do município de Cordeirópolis/SP. Essa classe está distribuída por todo o município, destacando-se a região leste. Os locais com essa fragilidade são representados, principalmente, pela agricultura (cultura semi-perene) e porção territorial ocupada pela área urbana e distritos industriais.

As regiões representadas pela classe de fragilidade forte (4) representam 19,41km² (14%). Essa classe de fragilidade concentra-se nas porções norte e sul do município. Essas porções abrangem as classes solo exposto, solo preparado para o cultivo, bem como os usos vinculados a atividade minerária (mineração, antiga mineração e lagos de mineração).

As áreas de fragilidade muito forte (5) abrangem a menor parte da superfície do município, apenas 1,92km² (1%), correspondendo às porções fragmentadas de solo exposto e solo preparado para o cultivo. Essa classe de fragilidade se localiza nos setores norte, sul e leste de Cordeirópolis/SP.

Comparando-se os mapas de fragilidade ambiental natural (Figura 14) e emergente (Figura 16), observam-se diferenças significativas. Com exceção da classe de fragilidade média (3), as outras classes abrangem extensões maiores do município de Cordeirópolis no mapa de fragilidade emergente; incluindo-se a classe muito fraca (1), a qual não tem representatividade na fragilidade natural; a fragilidade média decresceu em 19%, enquanto que a classe fragilidade fraca (2) teve um acréscimo de 11%. Também, há diferenças nas áreas de fundo de vale, a qual apresenta fragilidade forte e muito forte no mapa de fragilidade natural, porém fragilidade fraca no mapa de fragilidade emergente, pois no fundo de vale ocorre a presença de vegetação arbórea de fragilidade muito fraca, o que influenciou no mapa de fragilidade emergente.

Apesar de a atividade de mineração ser altamente impactante, ou seja, de fragilidade muito forte, no mapa de fragilidade ambiental emergente todas as áreas de mineração de Cordeirópolis/SP foram classificadas como de fragilidade forte (4). Essa especificidade se deve ao fato de que a metodologia de Ross (1994), foi elaborada para a análise de processos erosivos, numa escala mais genérica e não para aplicações específicas em escalas de detalhes, como para análises de áreas com atividade minerária. Além disso, o método de Ross (op cit) atribui muita importância à declividade e utiliza intervalos consagrados nos estudos de Capacidade de Uso/Aptidão Agrícola, associados aos valores já conhecidos de limites críticos de geotecnia, ou seja, classes de declividade acima de 30%. Porém, o município de Cordeirópolis/SP, apresenta uma declividade predominantemente plana, sendo que apenas 11% de seu território apresenta um declive superior a 12% (declividade máxima de 27%); com isso atribuiu-se uma menor influência para a declividade em comparação com os solos e a litologia. Dessa forma, tais fatores foram determinantes para que a mineração não fosse classificada como de fragilidade muito forte no mapa de fragilidade emergente.

5.5 Adaptações da metodologia de fragilidade ambiental para a análise de impactos ambientais provocados pela mineração em Cordeirópolis/SP

Com base na aplicação da metodologia de fragilidade ambiental de Ross (1994), as minerações, por se constituírem em atividades altamente impactantes, deveriam apresentar fragilidade muito forte, porém essas áreas foram classificadas como de fragilidade forte. Esse resultado se justifica, pois tal método foi

originalmente concebido para analisar os processos erosivos, com destaque para o relevo, além de focar em análises em escala mais abrangente. Vale destacar, que a aplicação da metodologia de Ross (1994) foi importante para determinar as classes de fragilidade muito forte em Cordeirópolis/SP, permitindo-se identificar as áreas de fragilidade ambiental natural, evidenciando maior fragilidade da litologia, especialmente das Formações Corumbataí e Tatuí. Do ponto de vista da declividade, somente os fundos de vale foram identificados como de fragilidade muito forte. Levando-se em conta que as áreas de mineração do município de Cordeirópolis/SP, se localizam em áreas de topografia plana, a variável declividade não foi determinante para classificar setores de fragilidade muito forte. Quanto à pedologia, as classes Gleissolos e Argissolos foram classificadas como de fragilidade muito forte, porém as áreas de mineração estão localizadas em Latossolo Vermelho, cuja fragilidade foi fraca.

Diante do exposto, para a análise da fragilidade ambiental nas áreas com atividades minerárias de Cordeirópolis, foi imprescindível realizar adaptações da metodologia de Ross, adotando-se uma abordagem em escala de detalhe, o que demandou trabalhos de campo. Além disso, a obtenção de dados de pesquisas sobre os impactos ambientais da mineração na região do PCSG também contribuiu para caracterizar os reflexos ambientais dessa atividade econômica.

Faleiro e Lopes (2010) destacam que à mineração:

Provoca mudanças no relevo local através da retirada da cobertura vegetal, desmonte de rochas e armazenamento de minérios e de rejeitos. Tais operações impactam diretamente a vegetação e a hidrografia local, ou mesmo regional, podendo causar modificações no equilíbrio ecológico repercutindo no relevo, na biota, na qualidade do ar e das águas, ou seja, sobre todo o ambiente. A poluição da água e do ar são impactos extremamente importantes de serem diagnosticados e avaliados, uma vez que afetam diretamente a população local. A poluição do ar ocorre principalmente nas etapas de lavra, através dos desmontes, transporte de materiais e beneficiamento. A remoção da cobertura vegetal, o desenvolvimento da mina a céu aberto e a disposição dos rejeitos causam grandes impactos na paisagem (FALEIRO; LOPES, 2010, p.100).

No caso das indústrias cerâmicas do PCSG, a partir da década de 1990, houve a modernização do setor, através da aquisição de maquinários provenientes da China e Itália, ampliando a produção e, conseqüentemente, gerando maior demanda por argila, ocasionando impactos na água, solo, vegetação e no ar (CHRISTOFOLETTI et al., 2012) (Quadro 21).

Quadro 21 – Processo produtivo e impacto ambiental

Processo Produtivo	Impacto ambiental
Extração da argila	Degradação do solo, lençol freático e vegetação
Secagem de matéria prima	Poluição do ar
Trituração da argila seca	Assoreamento dos córregos
Esmaltação	Contaminação do solo
Queima de piso	Liberação de flúor; Contaminação do solo e do ar.
Transporte	Poluição do ar

Fonte: Christofolletti et al. (2012)

Além desses, ocorrem outros impactos ambientais advindos das atividades cerâmicas: problemas com a mobilidade urbana, em decorrência do tráfego de caminhões, os quais transportam a argila; buracos abertos nas estradas devido ao intenso tráfego/peso dos caminhões e a dificuldade na circulação urbana em razão da quantidade de caminhões que circulam na cidade (CHRISTOFOLETTI et al., 2012).

Há ainda outros fatores de degradação, tais como: dinamização dos processos erosivos no solo; ruídos (associados à operação de máquinas), os quais afetam principalmente habitantes próximos às indústrias cerâmicas; alteração das propriedades do solo; alterações hidrológicas (aumento da turbidez da água, redução da vazão, formação de lagos, contaminação da água); desfiguração da paisagem; perda de habitat e afugentamento da fauna; possibilidade de extinção de espécies; redução da qualidade das águas subterrâneas e superficiais, o que afeta o consumo de água, a qual nem sempre está em condições adequadas, causando problemas de saúde (IAOCHITE, 2008; MECCHI; SANCHES, 2010; PASCHOAL, 2014).

Em relação a contaminação da água (caso ocorra), pode comprometer o abastecimento de água da cidade. Um exemplo desse impacto ocorreu em 2005 no município de Santa Gertrudes/SP; o Grupo Técnico SEAQUA (Sistema Estadual de Administração da Qualidade Ambiental, Proteção, Controle e Desenvolvimento do Meio Ambiente e Uso Adequado dos Recursos Naturais) determinou a paralisação de 7 empreendimentos minerários na região do polo cerâmico de Santa Gertrudes, devido à falta de água com qualidade para o abastecimento público da cidade de Santa Gertrudes (FUINI, 2013).

De acordo com a entrevista realizada com o Secretário de Obras e Planejamento da Prefeitura Municipal de Cordeirópolis, João Cesar Maniaes (2015),

“o principal problema enfrentado pela cidade é a mobilidade urbana e a poeira. Sobre o trânsito ele cita que o problema ocorre, principalmente, entre as 12h e às 17h, pois nesse horário há um intenso tráfego de caminhões para o transporte de argila, sem contar que esse movimento se intensifica com a saída dos trabalhadores das indústrias cerâmicas”. Ainda de acordo com Maniaes, “o tráfego de caminhões levanta poeira, emitindo partículas da atividade cerâmica no ar, ocasionando problemas respiratórios, principalmente em crianças”.

Com relação à poluição do ar, as concentrações de Material Particulado (MP10) na região, em especial no município de Santa Gertrudes, atingiram $258 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ultrapassando a concentração de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, definido como limite máximo pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (CHRISTOFOLETTI et al., 2012).

Ainda sobre esse aspecto, a movimentação de máquinas para extrair e, principalmente, transportar minério, por meio de estradas de terra na maior parte do percurso, produz grande volume de poeira. Os danos causados pelo MP10 na atmosfera podem manifestar-se de forma local, regional e global, afetando biosfera (animais e vegetais), poluição e turvação da água; contaminação do solo; até a própria atmosfera com diminuição da visibilidade (OLIVEIRA, 2015).

Segundo a autora, os meses de maio a setembro foram identificados como os de maior concentração de MP10, consistindo no mesmo período de maior movimentação de caminhões que transportam minério de argila das minas para as fábricas; ainda, entre os meses de junho, julho e agosto, há a preparação do solo para o plantio, envolvendo gradeamento, plantio e adubação, queimada e colheita (principalmente de cana de açúcar), contribuindo para intensa emissão de MP10 para a atmosfera da região.

Diante dessas alterações provocadas pela mineração, e visando diminuir a poeira nas estradas (Figura 17), as indústrias cerâmicas realizam a umidificação das vias regularmente (Figura 18).



Figura 17 – Poeira na estrada do Barro Preto, próximo à Indústria Água Branca em Cordeirópolis/SP.
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)



Figura 18 – Umidificação na estrada do Barro Preto em Cordeirópolis/SP. Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Ainda com o intuito de reduzir a poluição do ar, houve a instalação de filtros nas chaminés das indústrias para evitar a liberação de fluoreto¹⁴. Após as indústrias instalarem os equipamentos de controle de emissão, houve uma redução de 60% na poluição do ar na região do PCSG (FUINI, 2013).

O município de Cordeirópolis/SP abrange duas regiões para a extração de argila. Uma das áreas de mineração localiza-se na região sul do município conforme o 5º parágrafo do artigo 48 da Lei nº 179 de 29 de dezembro de 2011 – Zoneamento de uso e ocupação do solo, que estabelece “Parte do Sítio Jequitibá a

¹⁴ Composto contendo flúor (F), que ocorre quando a argila é queimada nos fornos a uma temperatura acima de 800°C (FUINI, 2013, p.2).

oeste da Estrada Municipal Hugo Bacochina (COR-364), fica destinada a exploração e extração de argila” (CORDEIROPÓLIS, 2011, p.19). Além disso, o artigo 48 da referida Lei afirma que “a extração de argila e implantação de pátio de secagem não poderá ocorrer a menos de 1km (um) da área de expansão urbana, exceto no polo cerâmico” (CORDEIRÓPOLIS, 2011, p.19). Entretanto, na mineração do sítio Jequitibá, permite-se a extração de argila mesmo próximo à área urbana (menos de 1km), sendo definido como Zona Especial de Exploração e Extração de Argila (ZEEEA). Todavia, as áreas próximas (até 1km) das minas sofrem intensamente os efeitos dos impactos ambientais ocasionados pela atividade minerária (Figura 19). Além desse, há outro local, ao norte do município, destinado à exploração de argila, denominado Zona Industrial do Polo Cerâmico (ZI-PC).

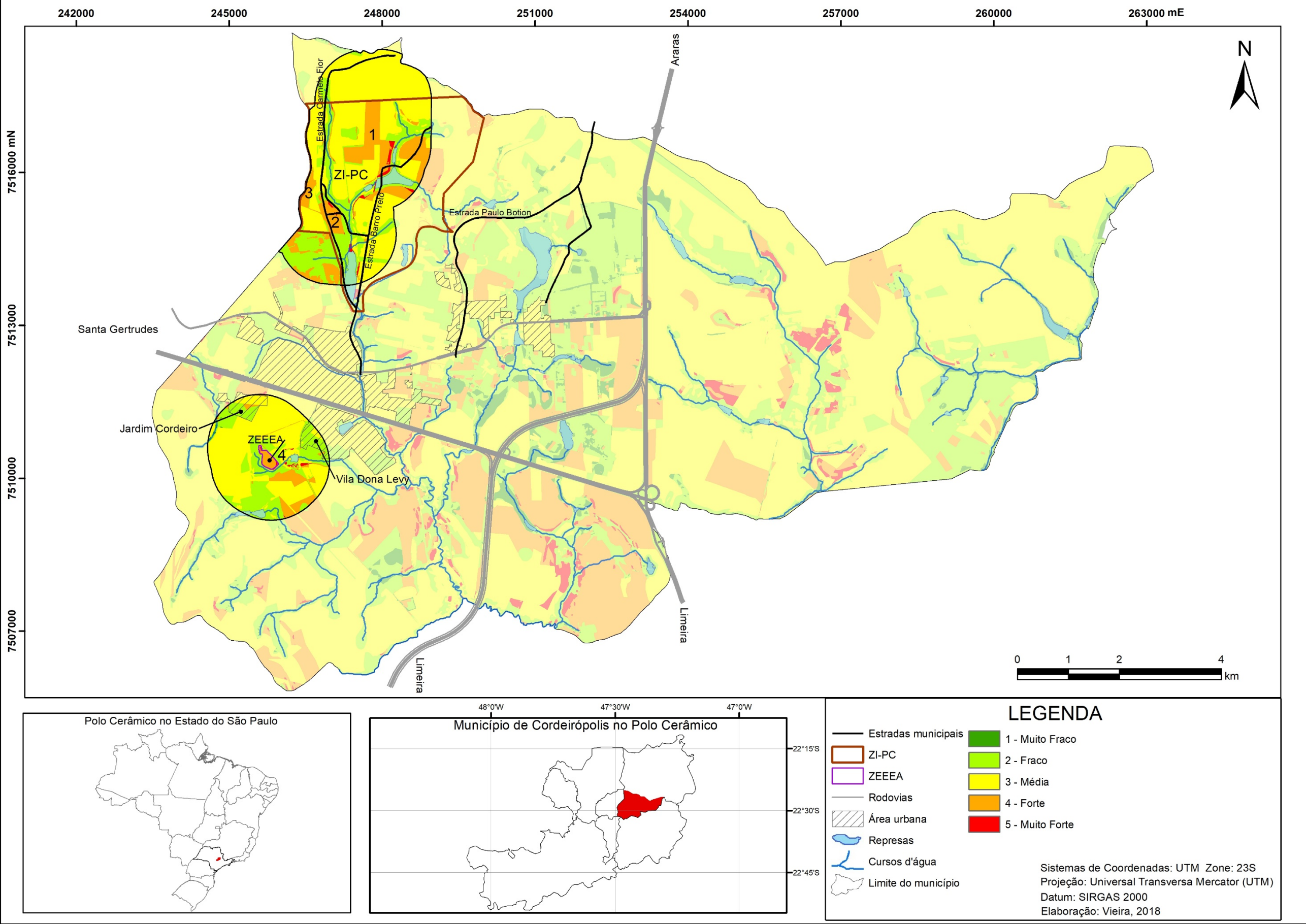


Figura 19 – Fragilidade Ambiental Emergente no entorno (1km) das minerações

Devido à dificuldade de acesso as minerações, por constituírem-se de áreas privadas e cercadas, algumas imagens foram obtidas à distância, não demonstrando detalhes sobre os impactos das minerações. Além disso, as análises realizadas nessa pesquisa foram empíricas. Para uma análise mais aprofundada sobre a qualidade do ar e da água, por exemplos, deveriam ser desenvolvidas pesquisas específicas e aplicadas técnicas de laboratório.

Para a análise mais detalhada dos impactos ambientais provocados pela atividade da mineração, as 4 áreas de mineração de Cordeirópolis foram caracterizadas em alto nível de detalhe, através de dados coletados em trabalhos de campo. De modo geral, a atividade de mineração de argila do município é altamente degradante, pois é realizada a céu aberto, envolvendo a retirada da vegetação e, em seguida o decapeamento, gerando a cava.

No estado de São Paulo, a legislação permite que as lavras atinjam e ocorram abaixo do nível do lençol freático (PASCHOAL, 2014); as áreas mineradoras, geralmente, atingem e ultrapassam este nível, ocasionando a formação de lagos. Essas atividades acarretam alterações hidrológicas. Cabe ressaltar, que após a extração de argila, os lagos formados em áreas de mineração, podem ser destinados ao uso, por exemplo, de piscicultura, evitando seu abandono e consequente eutrofização (MECHI; SANCHEZ, 2010).

Nesse sentido, ao redor das minas, as áreas urbanas, de vegetação arbórea, pasto sujo, indústrias e cultura semi-perene, sofrem a interferência das atividades de mineração e estão sujeitas aos impactos provocados pela extração da argila.

Na Figura 19 observa-se que na área de mineração 1, onde se localiza a mineradora Água Branca, o acesso é realizado por uma estrada de terra, denominada de Barro Preto (Figuras 20 e 21); além disso, observa-se alta quantidade de resíduos, portanto, esses são dois fatores propícios a poluição do ar. Cabe destacar também, que próximo à mina há uma área de cultura semi-perene (cana-de-açúcar).



Figura 20 – Resíduos em área de mineração



Figura 21 – Cana-de-açúcar próximo à mineração

Na área de mineração 2 (Figura 22 e 23) o acesso a mineração é pela estrada municipal Carmelo Fior.



Figura 22 – Alta quantidade de resíduos



Figura 23 – Formação de lago

A mineração da área 2 apresenta alta quantidade material sem nenhuma cobertura, ou seja, o local é propenso a poluição do ar; a cava da mina atingiu o lençol freático ocasionando a formação de um lago com tonalidade verde. Essa mineração encontra-se em frente as indústrias do Grupo Ceral (Ceral Pisos, Luna e Rosagrês).

Na área de mineração 3 (Figura 24), o acesso também ocorre pela estrada municipal Carmelo Fior.



Figura 24 – Pátio de secagem em área de mineração

A área é fechada e a entrada é permitida apenas as pessoas autorizadas; observa-se na imagem (Figura 24) um pátio de secagem a céu aberto; os pátios de secagem localizam-se próximo as minas e a argila passa por uma pré-secagem, ficando exposta ao sol por dias, semanas ou meses; durante esse período permanece coberto para evitar nova absorção de umidade e facilitar o carregamento dos caminhões que o transportam (OLIVEIRA, 2015); tal mineração encontra-se próxima a indústria cerâmica Cecafi.

A outra área de mineração (4) do município de Cordeirópolis/SP localiza-se na região sul, na área compreendida pela ZEEEA (Figura 25). O acesso a ZEEEA ocorre pela estrada municipal Hugo Bacochina (COR-364), no sentido ao município de Limeira/SP.



Figura 25 – Zona Especial de Exploração e Extração de Argila (ZEEEA)

Na ZEEEA (único local autorizado para a extração de argila próxima a área urbana, conforme demonstra a Figura 19), observa-se que ocorreu a retirada da camada do solo formando uma cava, a qual atingiu o lençol freático, gerando lagos de tonalidade verde; nessa área, observou-se à deposição de resíduos, como também a falta de vegetação arbórea.

Além das 4 áreas de mineração, há no município outros 5 locais de antiga mineração, que estão sob domínio da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para que sejam implementadas ações para a sua conservação e recuperação. Contudo, observou-se em trabalhos de campo que os locais de antiga mineração (Quadro 22) não estão totalmente recuperados, e não possuem a cobertura de vegetação necessária para sua recuperação.

No total, observaram-se 9 locais vinculados a atividade minerária no município (Figura 26).

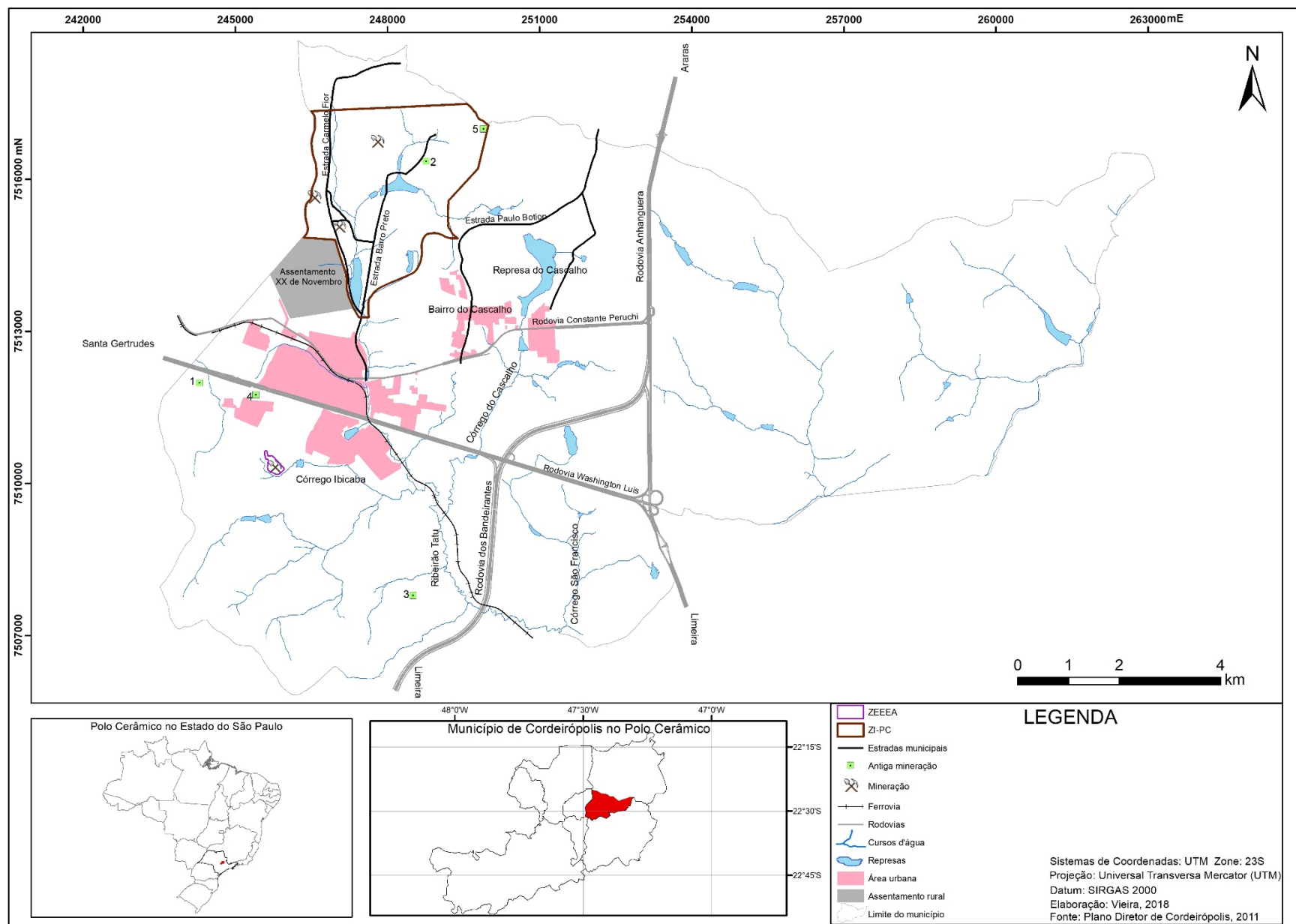


Figura 26 – Localização das áreas de mineração e antiga mineração em Cordeirópolis/SP

Quadro 22 – Aspectos das áreas de antiga mineração do município de Cordeirópolis/SP

Aspetos Mineração	Vegetação	Hidrografia (Formação de lagos)	Resíduos	Acesso	Imagem
Área 1	Parcial, com pequenas porções de vegetação arbórea	Sim	Sem resíduos	Rodovia Washington Luís	
Área 2	Parcial, com vegetação arbórea, mas com predominância de gramínea	Sim	Sem resíduos	Estrada Barro Preto	
Área 3	Região coberta por vegetação rasteira, próxima a APP do Ribeirão Tatu	Não	Alta quantidade de resíduos e lixo	Rodovia Cássio de Freitas Levy	
Área 4	Vegetação parcial	Sim	Baixa quantidade de resíduos	Rodovia Washington Luís	
Área 5	Vegetação parcial	Sim	Devido à distância, não foi possível observar resíduos	Estrada Barro Preto Difícil acesso, não foi possível chegar próximo ao local	

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Os locais de antiga mineração no município de Cordeirópolis/SP estão sob o domínio da CETESB e são considerados áreas de interesse ambiental antrópico, conforme o artigo da Lei complementar nº 178, de 29 de dezembro de 2011 – Zoneamento de uso e ocupação do solo (CORDEIRÓPOLIS, 2011).

As áreas de antiga mineração apresentam pequenas parcelas com vegetação arbórea e gramínea no entorno, mas o restante das áreas (incluindo a cava) encontra-se desprovido de vegetação, portanto, apresentam divergências quanto às recomendações de proteção e conservação dessas áreas.

Para recuperar as áreas de mineração é necessário minimizar a poluição hídrica e a erosão. Além disso, é recomendável a implantação de cobertura vegetal por toda a área. De acordo com a Constituição Federal Brasileira (1988), a recuperação das áreas de mineração e possíveis danos e prejuízos a terceiros, que resultarem, direta ou indiretamente da lavra, é de responsabilidade do empreendedor das indústrias de extração mineral.

Propondo evitar novos impactos ambientais, é necessário que as intervenções humanas sejam planejadas com objetivos claros de ordenamento territorial, tomando-se como premissas as potencialidades dos recursos naturais e humanos e as fragilidades dos ambientes (ROSS, 1994).

5.6. Análise do uso e ocupação das terras do perímetro urbano de Cordeirópolis/SP: cenários de 1988 e 2010

A análise de diferentes cenários possibilita monitorar as mudanças que ocorrem no território. Assim, é possível acompanhar as transformações ocorridas ao longo do tempo (FLORENZANO, 2007).

Desse modo, visando identificar os reflexos do desenvolvimento econômico do polo cerâmico no crescimento urbano de Cordeirópolis/SP, analisou-se o uso e ocupação das terras no limite do perímetro urbano do município. Para tanto, selecionou-se o cenário de 1988 (Figura 27), que antecede ao intenso desenvolvimento do setor cerâmico e, o de 2010 (Figura 28), mais recente.

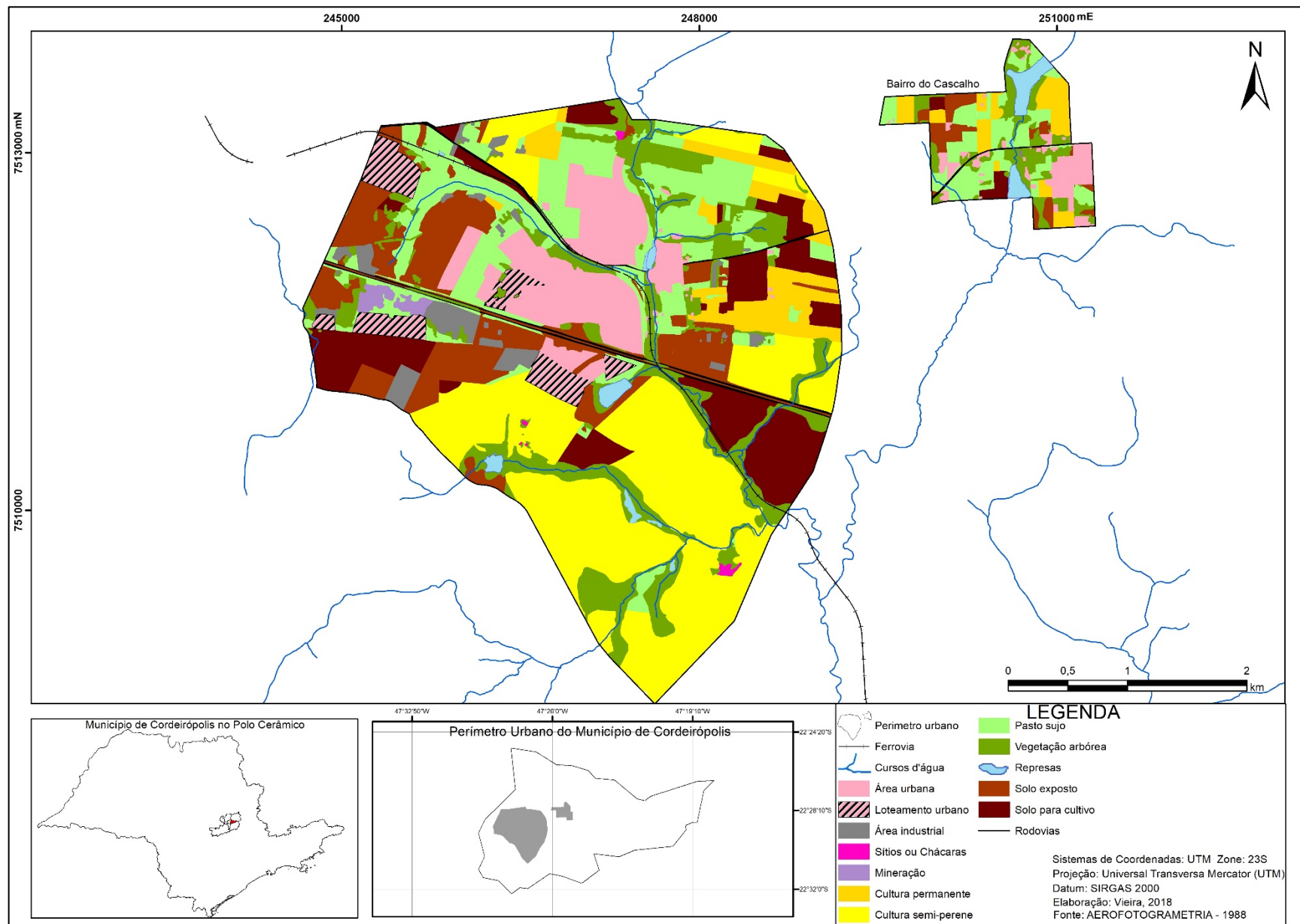


Figura 27 – Mapa de uso e ocupação das terras do perímetro urbano de Cordeirópolis – 1988

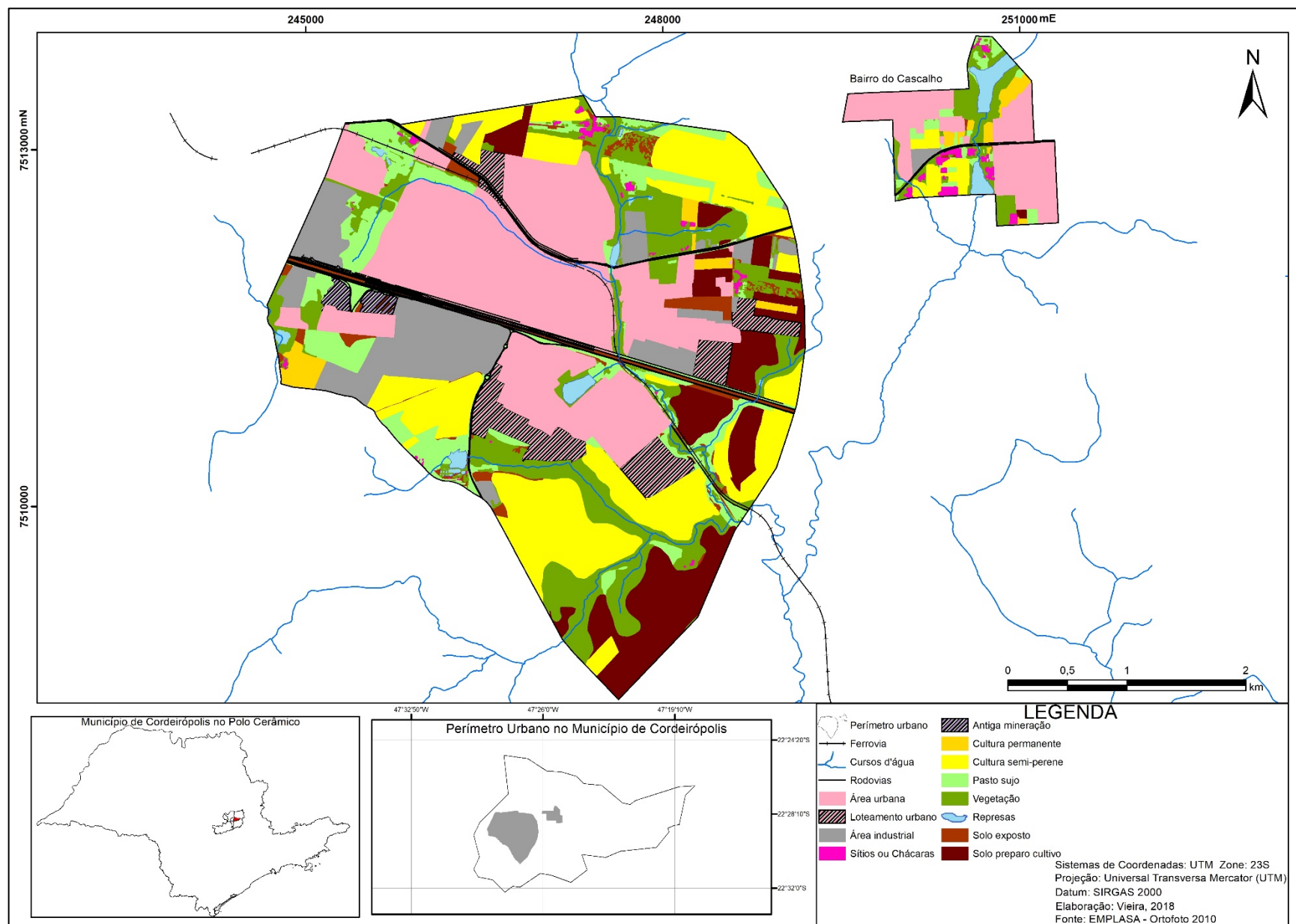


Figura 28— Mapa de Uso e Ocupação das Terras do Perímetro Urbano de Cordeirópolis – 2010

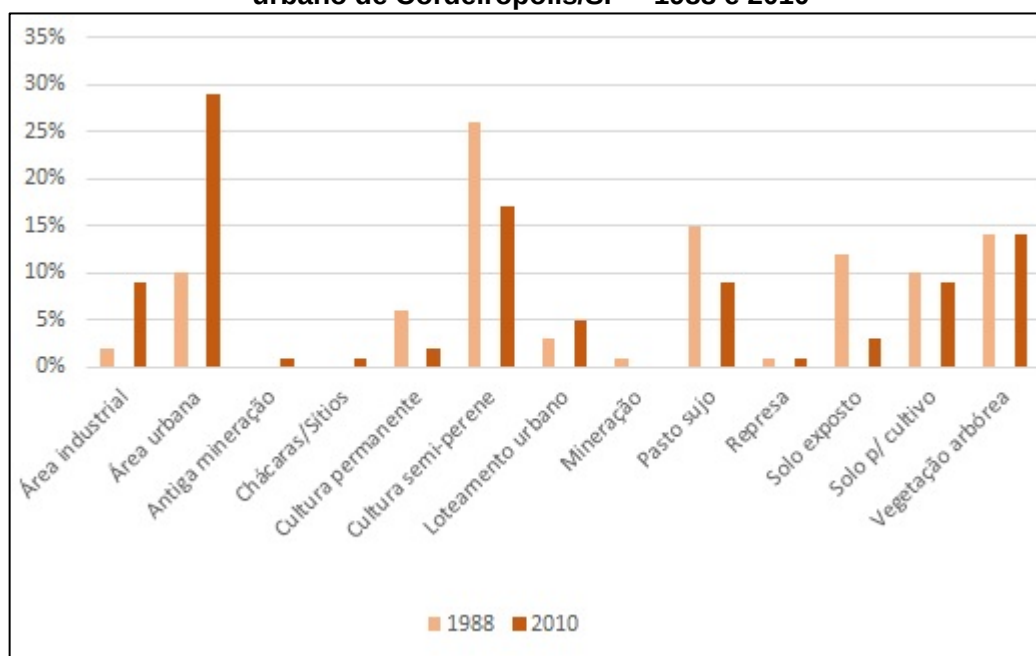
A extensão territorial e a percentagem das classes de cobertura da terra dos cenários de 1988 e 2010, no perímetro urbano de Cordeirópolis/SP, estão evidenciadas no Quadro 23 e no Gráfico 3.

Quadro 23 – Extensão territorial das classes de uso e ocupação das terras do perímetro urbano de Cordeirópolis: cenários de 1988 e 2010

Grupo	Classes	Área (km²) 1988	% em 1988	Área (km²) 2010	% em 2010
Atividade antrópica não agrícola	Área urbana	1,52	10	4,61	29
	Loteamento urbano	0,5	3	0,72	5
	Área industrial	0,34	2	1,42	9
	Sítios ou Chácaras	0,01	0,08	0,1	1
	Mineração	0,08	1	-	-
	Solo Exposto	1,87	12	0,5	3
	Antiga mineração	-	-	0,09	1
Atividade antrópica agrícola	Cultura permanente	0,92	6	0,25	2
	Cultura semi-perene	4,04	26	2,69	17
	Solo para cultivo	1,68	10	1,51	9
Mata	Vegetação arbórea	2,25	14	2,25	14
	Pasto Sujo	2,44	15	1,42	9
Água	Represas	0,13	1	0,22	1
Total		16,05	100%	16,05	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Gráfico 3 - Percentagem das classes de uso e ocupação das terras no perímetro urbano de Cordeirópolis/SP – 1988 e 2010



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Nota-se que no cenário de 1988 as áreas agrícolas possuíam a maior extensão territorial do perímetro urbano (26%). As classes Cultura semi-perene, cultura permanente e solo de preparo para o cultivo representavam 4,14km², 0,92km², e 1,68km² respectivamente, totalizando 42% de toda a área do perímetro urbano.

Apesar da extensa área ocupada pela agricultura, o perímetro urbano comportava na época uma grande área de vegetação, constituída pela vegetação arbórea (2,25km²) e pasto sujo (2,44km²), ou seja, 29% do total do perímetro urbano, sendo que a maior parte se encontrava nas APP.

Uma das classes de maior representação era o solo exposto com 1,87km² ou 12% do terreno do perímetro urbano. A atividade de mineração no perímetro urbano ocupava apenas 0,08km², ou seja, 1% da área.

Em 1988 a população urbana de Cordeirópolis/SP era de 9.675 habitantes e a população rural de 3.189 habitantes (SEADE, 2010); a extensão territorial da área urbana (10%) e dos loteamentos urbanos (3%) correspondia a 2,02km², ou seja, apenas 13% do perímetro urbano.

O cenário de 2010 apresentou mudanças de uso no perímetro urbano. As áreas agrícolas apresentaram variação e diminuíram 14% no período de 1988-2010; as classes de cultura semi-perene, solo preparado para o cultivo e cultura permanente passou a ocupar 2,69km², 1,51km² e 0,25km² (4,45km²), respectivamente, correspondendo a 28% da área.

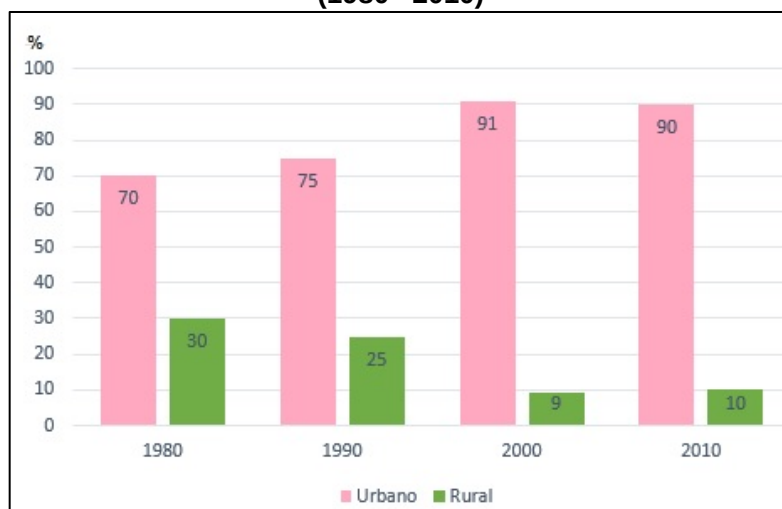
As classes de vegetação, compostas por vegetação arbórea e pasto sujo diminuíram significativamente de (1,02km²); essas ocupavam em 2010, 3,67km² (23%) da área total, porém no cenário de 1988 abrangiam 4,69km² (29%).

A vinda das indústrias cerâmicas trouxe mudanças significativas para o território de Cordeirópolis/SP, acarretando alterações nos tipos de usos das terras urbanas e na extensão ocupada por cada classe temática. A classe área industrial aumentou de 2% para 9%, aumentado de 0,34km² (1988) para 1,42km² (2010).

Em 2010 o número de habitantes da cidade de Cordeirópolis/SP atingiu 18.905 e a população rural 2.143 habitantes, o que representava uma taxa de 90% da população urbana; na década de 1980 a população urbana era de 70% (Gráfico 4). O aumento populacional acarretou mudança nas seguintes classes: área urbana e loteamento urbano, os quais passaram a ocupar uma área de 5,34km² ou 34% do perímetro urbano, quase o triplo da área ocupada por estas classes em 1988 (13%).

O solo exposto apresentou uma expressiva redução, pois ocupava 12% da área perímetro urbano em 1988 e em 2010 passou a ocupar apenas 3% do perímetro urbano, alteração relacionada ao crescimento urbano e industrial de Cordeirópolis/SP.

Gráfico 4 – Percentagem da população urbana e rural do município de Cordeirópolis/SP (1980– 2010)



Fonte: SEADE (2010)

A análise de ambos os cenários (1988-2010) possibilitou verificar as mudanças ocorridas nas classes de uso no perímetro urbano de Cordeirópolis/SP. Assim, observou-se o aumento da área urbana em consequência da vinda de mais indústrias para a região e, conseqüentemente, a diminuição das áreas verdes e agrícolas.

5.7. Análise da evolução urbana de Cordeirópolis/SP

A importância do estudo de evolução urbana está relacionada ao conhecimento da intensidade da ocupação da cidade e do direcionamento da expansão urbana de Cordeirópolis/SP, permitindo-se identificar quais bairros se expandiram e, principalmente, analisar a evolução urbana após o desenvolvimento do polo cerâmico de Santa Gertrudes/SP, processo que se intensificou a partir da década de 1980.

Assim, elaborou-se uma coleção de mapas representativa da expansão urbana do município, separadas por décadas (1950-2007) (Figura 29), visando quais bairros foram criados em Cordeirópolis/SP, a extensão territorial ampliada em cada década e em qual direção seguiu a expansão urbana do município.

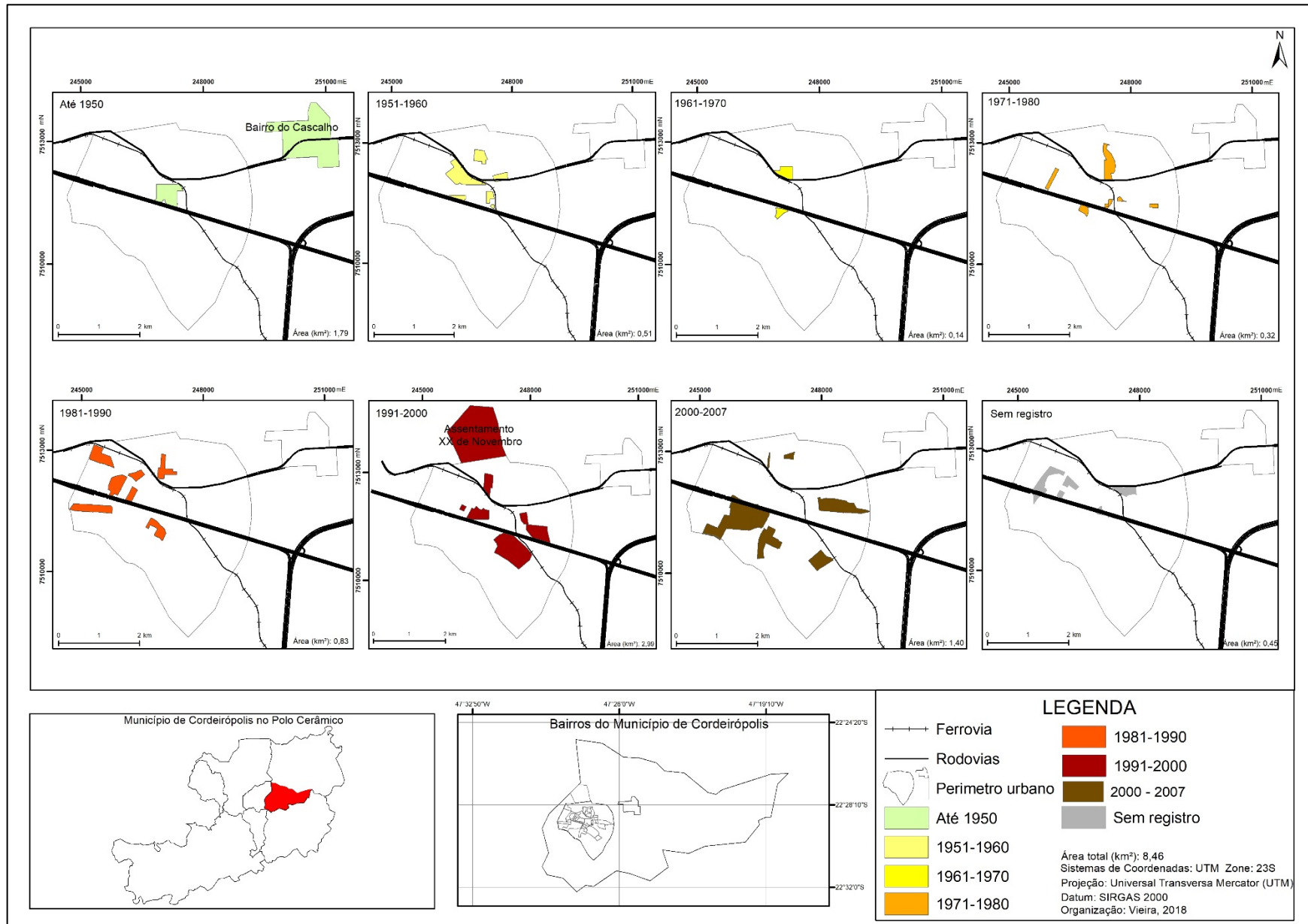


Figura 29 – Mapa da evolução urbana de Cordeirópolis/SP

Até 1950 as primeiras habitações formavam a área central do perímetro urbano de Cordeirópolis/SP e o distrito do Cascalho ocupando uma área de 1,79km².

No período de 1951 e 1960, houve um adensamento urbano, especialmente nos setores norte, leste e oeste (nas proximidades com a ferrovia e a rodovia que liga o centro urbano e o Distrito de Cascalho). Nessa época, surgiram 6 novos bairros (área de 0,51km²): Vila Lúcia, Vila Santo Antônio, Vila Nova Brasília e Vila Nossa Senhora Aparecida, além dos loteamentos Jardim Planalto e Vila Pereira, os quais se situavam além da ferrovia, portanto a uma certa distância da malha urbana existente.

Até 1950 a economia na região era baseada na produção do café, a qual a partir de 1960, foi substituída pela lavoura canavieira. O trabalho com a cana-de-açúcar proporcionou aos trabalhadores, que antes moravam nas áreas rurais, viverem na cidade (IAOCHITE, 2008), acelerando o processo de urbanização. Desse modo, no período entre 1961 e 1970 instalaram-se os bairros Jardim Bela Vista e Vila dos Pinheiros com uma área de 0,14km², os quais se limitavam com os bairros Vila Nossa Senhora Aparecida, ao Sul e com o Jardim Planalto, ao Norte.

Na década de 1970, a área urbana cresceu 0,32km², através da criação das Vilas Primavera, Botion e do bairro Odécio Roland. Ainda, foi instalada a Vila São José, situada no sul do Centro Urbano, às margens das Rodovias Washington Luís (SP-310) e Hugo Bacoquina (COR-364), que liga Cordeirópolis a Limeira.

Contudo, a partir da década de 1980 houve uma intensificação na instalação de bairros (principalmente no período de 1980 a 2000, época que inúmeras indústrias cerâmicas começaram a se instalar na região), com uma tendência desses novos bairros ocuparem áreas cada vez mais periféricas (IAOCHITE, 2008). Entre 1981 a 1990 foram instaladas a Vila das Palmeiras e os Jardins Módolo, Cordeiro, Eldorado e o Residencial Florença, bem como houve o desmembramento do bairro Mendes e da Vila São José I e II, aumentando a área urbana em 0,83km². Esses bairros ocuparam os setores oeste, noroeste, sudoeste e norte do perímetro urbano, às margens das rodovias.

No período seguinte, entre 1991 e 2000, foram implantados os Jardins Jafet, Progresso, São Paulo e Vila Olímpia e os Conjuntos Habitacionais Ângelo Bettin, Bela Vista, Santa Luzia e Vila Paraíso, ampliando a área urbana nas porções sul, oeste, leste e noroeste, nas margens das rodovias. Assim, a área urbana expandiu 1,18km². Vale ressaltar, que nesse período houve a criação do assentamento rural

XX de novembro, na porção norte do perímetro urbano, ocupando uma área de 1,81km².

A partir do ano 2000 ocorreu a construção dos bairros Vila Dona Levy, Jardim Flamboyant, Portal das Torres e Jardim São Francisco, ampliando mais 0,79km² da área urbana nos setores sudoeste, leste e sudeste, nas margens da rodovia Washington Luiz. Além disso, houve a criação do Loteamento Industrial e Comercial Flaminio de Freitas Levy e do Distrito Industrial II, abrangendo uma extensão territorial de 0,7km².

No mapa de evolução urbana de Cordeirópolis/SP (Figura 29) observa-se a intensa expansão urbana nas últimas décadas, especialmente nas décadas de 1980 e 1990. Atualmente, a área urbana do município ocupa 6,01km² (Quadro 24), o que corresponde a 6% da área total do município.

Quadro 24 – Área de Expansão Urbana de Cordeirópolis/SP por décadas

Período	Área (km²)
Até 1950	1,79
1951 – 1960	0,51
1961 – 1970	0,14
1971 – 1980	0,32
1981 – 1990	0,83
1991 – 2000	1,18
2001 – 2007	0,79
Sem Registro	0,45
Total	6,01

Elaborado pelo autor (2018)

Entre o período de 1950 a 1979 ocorreu um crescimento contínuo, porém com a instalação de poucos bairros, sendo todos ao redor do centro e ao norte da rodovia Washington Luís. A partir da década de 1980 houve um crescimento exponencial de bairros, principalmente no período de 1980-1999 (15 novos bairros), período de expansão industrial no município, principalmente, das indústrias cerâmicas (IAOCHITE, 2008). Nesse período, iniciou-se a ocupação da parte sul do município, após a rodovia Washington Luís, com a criação dos bairros Jardim Progresso, Vila São José II e Jardim Cordeiro.

A partir de 2000 houve a criação de 8 bairros novos, além do Distrito Industrial II, o qual se localiza na região sul. Através dos trabalhos de campo realizados entre

2015 e 2018, verificou-se que o crescimento tem sido intenso e contínuo, podendo-se destacar a criação de novos loteamentos na região sul da área urbana e a expansão de bairros como o Jardim Progresso, Vila Dona Levy e Jardim São Francisco.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da década de 1980, Cordeirópolis/SP, apresentou um novo cenário de uso e ocupação do solo. O rápido crescimento populacional, a criação do assentamento rural XX de Novembro, a instalação de distritos industriais, áreas de expansão industrial do polo cerâmico, zona industrial do polo logístico empresarial, áreas de cavas de argila, dentre outras singularidades, configuraram numa situação de fragilidade ambiental, na qual é percebida pela população local e demanda métodos apropriados para a avaliação desta fragilidade.

Os resultados obtidos nesta tese permitiram averiguar e elaborar uma análise integrada sobre os aspectos físicos e antrópicos envolvidos nas transformações da área de estudo, pois implica em compreender a relação entre as variáveis (litologia, solos, relevo e atividade antrópica) e a dinâmica que envolve as indústrias cerâmicas e a mineração.

A adaptação das nomenclaturas e tonalidades das classes temáticas dos mapas gerados, utilizando-se os procedimentos definidos por Anderson et al. (1979), Florenzano (2008), Rosa (2009), SIBCS (2016), IBGE (2013), CPRM (2014), e a Lei de nº 2780 de 29/12/2011 – “Parcelamento do solo e urbanizações espaciais”, demonstraram-se cabíveis de aplicação, permitindo-se flexibilidade em relação as especificidades do objeto de análise (município de Cordeirópolis/SP) e confiabilidade nos dados gerados, com respaldo da literatura analisada: Iaochite (2008); IPT (2012); Rosa (2009) Ross (1994, 1995, 2009, 2012 2014); Santos e Ross (2012); Spörl e Ross (2004); Spörl (2007); Florenzano (2008); dentre outras.

A utilização das geotecnologias, destacando-se produtos de sensoriamento remoto de alta resolução (Ortofotos e Imagens aerofotogramétricas), GPS e SIG, demonstraram a importância dessas ferramentas nas análises espaciais, além de contribuir para a elaboração de mapas temáticos derivados (fragilidade ambiental natural e emergente; expansão industrial; localização das indústrias cerâmicas; etc.), os quais se constituem em documentos cartográficos fundamentais para o adequado planejamento territorial.

Sobre os mapas relacionados aos aspectos naturais, o mapa de litologia abrangeu 7 formações geológicas, com predominância territorial da Formação Corumbataí e do Grupo Serra Geral. Vale ressaltar, que a argila utilizada nas indústrias cerâmicas é extraída da formação Corumbataí; o mapa de solos demonstrou 4 tipos: Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho Amarelo, Gleissolos e

Argissolos, com destaque para o solo Latossolo Vermelho, o qual abriga a área urbana e todas as áreas de mineração; o mapa de declividade foi importante, pois através da sua análise pode observar como o relevo do município de Cordeirópolis/SP é plano, com as áreas íngremes em fundos de vale; Tais aspectos foram importantes para analisar as características físicas do município e através da integração desses aspectos foi possível elaborar o mapa de fragilidade ambiental natural

A fragilidade ambiental natural, proposta metodológica empírica elaborada por Ross (1994), a variável relevo ou classes de declividade é muito expressiva para determinar a fragilidade ambiental, mas como o objeto de estudo deste trabalho, o município de Cordeirópolis/SP, possui um relevo plano, optou-se por determinar influências semelhantes aos mapas físico-naturais (litologia, solos e declividade).

O mapa de uso e ocupação das terras de Cordeirópolis/SP, demonstrou como o espaço do município é ocupado, predominância da cultura semi-perene e as áreas de vegetação (vegetação arbórea) próximo a drenagem, em locais de APP. Com a integração do mapa de uso e ocupação das terras ao mapa de fragilidade ambiental natural, elaborou-se o mapa de fragilidade ambiental emergente

Na elaboração do mapa de fragilidade ambiental emergente optou-se por uma influência superior ao mapa temático de uso e ocupação das terras (60%); porém o resultado quanto a classe de mineração não foi condizente com a realidade, pois tal atividade apresenta inúmeros impactos ambientais, ou seja, fragilidade ambiental muito forte (5), porém no mapa de fragilidade ambiental emergente teve a classificação de fragilidade forte (4). A metodologia empírica de fragilidade ambiental, elaborada por Ross (1994) é de suma importância para delimitar a vulnerabilidade do local a processos erosivos, em escalas abrangentes, porém apresenta limitações quanto a fragilidade em áreas com mineração, pois tal atividade é complexa e inúmeros impactos só podem ser analisados com trabalhos de campo (poeira, odor, tráfego intenso, etc.).

Para a elaboração dos mapas de fragilidade ambiental, utilizou-se a análise multicritério, a qual apresentou limitações para analisar a região de entorno ou vizinhança da mineração, ou seja, áreas próximas das minas (até 1km).

Com base nos resultados, foi possível verificar, que a exploração da argila, muitas vezes ultrapassou o poder de resiliência do local, acarretando em profundas alterações na superfície, sobretudo no entorno da mineração, enfatizando-se:

retirada da vegetação; remoção dos solos, criando-se grandes cavas da mineração; alteração hidrológica (formação de lagos, etc.) e corte de taludes.

Também, constatou-se na literatura que as ações relacionadas a mineração causam inúmeros impactos a população local, como: contaminação de cursos d'água e do ar; poluição sonora, devido ao trabalho de máquinas; e transtorno no trânsito, relacionado ao tráfego de caminhões das indústrias cerâmicas.

Diante do exposto, devem-se adotar ações para minimizar os impactos ambientais que ocorrem nas áreas de mineração, destacando-se o aumento da cobertura vegetal, que serve de barreira e filtros de sedimentos; filtros em chaminés; sistemas de drenagem evitando-se o rebaixamento do lençol freático; limitar o tráfego de caminhões a horários específicos e umidificar as vias nestes momentos; e evitar a criação de pátios de secagem a céu aberto;

O mapeamento da evolução urbana de Cordeirópolis (cenários de 1988 e 2010) foram fundamentais para a compreensão das modificações ocorridas no perímetro urbano do município, devido ao desenvolvimento industrial. Essa análise foi complementada pela análise da evolução urbana (período entre 1950-2010) permitindo-se espacializar e mensurar a expansão da cidade, além de se identificar a direção do crescimento urbano no período. Os trabalhos de campo foram de suma importância para a validação dos mapas e para o conhecimento acerca da realidade do município de Cordeirópolis/SP.

Os dados permitiram compreender como as ações humanas afetam os recursos naturais e assim, promover a intervenção no sentido de mitigar os impactos ambientais.

A análise da fragilidade ambiental promove diretrizes ao planejamento de uso e ocupação das terras, no sentido de garantir a manutenção do equilíbrio ambiental, auxiliando na tomada de decisão, que requer a consideração de inúmeros fatores relacionados ao ambiente e as ações antrópicas (geologia, solos, declividade, uso das terras).

Acredita-se que a principal contribuição do trabalho foi constatar que não há áreas apropriadas a mineração (não importa a fragilidade), pois é considerada uma atividade altamente impactante. Como também, avaliar as limitações da metodologia de fragilidade ambiental em caracterizar áreas como atividade minerária em escalas de grande detalhe.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEP - Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa. Disponível em: <http://www.abep.org>. Acesso em: 10 de agosto de 2016.

ALBANO, M. P. **A importância do planejamento urbano ambiental – a habitação social e a expansão urbana em Presidente Prudente-SP**. 2013. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento), Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2013.

ALMEIDA, J. F. de. **Ortofotos digitais**. 1999. Dissertação de Mestrado (Ciências Geodésicas). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

ANDERSON, J. R.; HARDY, E. E.; ROACH, J. T.; WITMER, R. E. **Sistema de classificação d uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados e sensores remotos**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

AQUINO, C. M. S de.; VALLARES, G.S. **Geografia, Geotecnologias e Planejamento Ambiental**. Revista geografia. Londrina, v.22, nº1, p.117-138, 2013.

ASPACER (Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento). Disponível em: <http://www.aspecer.com.br>. Acesso em: 06 de agosto de 2016.

BACANI, V. M.; SAKAMOTO, A. Y.; LUCHIARI, A.; QUÉNOL, H. **Sensoriamento remoto e SIG aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica**. Revista Mercator. Fortaleza, v. 14, nº2, p.119-135, 2015.

BAENINGER, R. **Deslocamentos populacionais, urbanização e regionalização**. In: Encontro nacional sobre migração. São Paulo, 1995.

_____. Crescimento das cidades: metrópole e interior do Brasil. In: Baeninger, R. (org.). **População e Cidade: subsídios para o planejamento e para as políticas sociais**. Campinas: Núcleo de Estudos de população-NEPO/Unicamp, 2010.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 9ª ed. São Paulo: Ícone, 2014.

BIAS, E. de S.; BRITES, R. S.; ROSA, A.N de. C. S. Imagem de Alta Resolução Espacial. Cap.15, 2014 In: MENESES, P.R. ALMEIDA, T.de. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: CNPq, 2012, p.249-267.

Brasil (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1998**. Brasília: Diário Oficial da União, 1988.

BRASIL. Congresso Nacional. **Decreto nº89.817, de 20 de junho de 1984**. Estabelece as instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Brasília, DF, 1984. Disponível em

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm>. Acesso em: 12/12/2017

BRITO, F.; HORTA, C. J. G.; AMARAL, E. F. de L. **A urbanização recente no Brasil e as aglomerações metropolitanas.** Disponível em: <http://www.abep.nepo.unicamp.br/iussp2001/cd/GT_Migr_Brito_Horta_Amaral_Text.pdf> Acesso em 20 de abril de 2017.

CÂMARA, G. et al. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica.** DPI: INPE, 1998.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, V. M. A. **Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação.** 1ª ed. São José, dos Campos. INPE. 2001.

CANO, W.; PACHECO, C. A. P.; ZIMMERMANN, G.; SEMEGHINI, U. C. O processo de urbanização paulista no período 1970-89. In: SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Planejamento e Gestão. Fundação SEADE. **Cenários da urbanização paulista: documento básico.** São Paulo: SEADE, 1992. (Coleção São Paulo no Linear do Século XXI, v.5).

CEREDA JUNIOR, A. **Análise de fragilidade ambiental com métodos multicritério – críticas e proposta metodológica.** 2011. Tese (Engenharia Urbana) Centro de Ciência Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

CHRISTOFOLETTI, S. R.; MORENO, M. M. T. **Sustentabilidade da Mineração no Polo Cerâmico de Santa Gertrudes, São Paulo – Brasil.** Cerâmica Industrial, São Paulo, v.16, nº3, p.1-8, 2011.

CHRISTOFOLETTI, S. R.; SOBRINHO, J. M. A.; SOUZA, M. H. O.; MORENO, M. M. T. **Impactos positivos e negativos da atividade minerária no APL de Santa Gertrudes – SP.** Cerâmica Industrial, v.17, nº3, p. 32-38, 2012

COFREP, F. P. **Fundamental of GIS: applications with ArcGIS.** Murcia: Ediloja, 2018.

CORDEIRÓPOLIS. Prefeitura Municipal. **Parcelamento do Solo e Urbanizações Especiais.** Cordeirópolis, 2011.

_____. **Plano diretor do município de Cordeirópolis.** Cordeirópolis, 2011.

_____. **Zoneamento de Uso e Ocupação do SOLO.** Cordeirópolis, 2011

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T. G.; BARBOSA, C. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico- Econômico e ao Ordenamento Territorial.** São José dos Campos: INPE, 2001.

CROSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.** Edição revisada, Instituto de Geociências – UNICAMP, 1999.

CUNHA, A. de C. da. **Estudo de Autodepuração Hídrica do Ribeirão Tatu Utilizando o Modelo de Streeter & Phelps.** 2016. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2016.

CUNHA, E. R. da.; BACANI, V. M.; AYACH, L. R. **Geoprocessamento aplicado à análise da fragilidade ambiental.** Revista Anpege, v.9, nº12, p.89-105, 2013.

CUTTILLAS, P. P.; ROJAS, J. C. G.; FERRANDO, J. A. P. La teledetección en la planificación territorial. Aplicación de técnicas de clasificación para la elaboración de cartografía de los usos del suelo. IN: GARCÍA, C. C.; ROGEL, Y. A.; PÉREZ, C. G. **El empleo de los SIG y la teledetección en planificación territorial.** Universidad de Murcia: Departamento de Geografía, 2004.

De BIASI, M. de. **A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção.** Revista do Departamento de Geografia da USP. São Paulo, nº 6, p. 45 – 61, 1977.

EASTMAN, J. R. Decision Support: Decision Strategy Analysis. In: CLARK UNIVERSITY (org.). **IDRISI Andes Guide to GIS and Image Processing.** Worcester: Clark Labs, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. Brasília, 2013.

FALEIRO, F. F.; LOPES, L. M. **Aspectos da mineração e impactos da exploração de quartzito em Pirenópolis-GO.** Revista Ateliê Geográfico, v.4, nº11, p. 148-162, 2010.

FERREIRA, C. C. **Geotecnologias aplicada a Criação e Organização de Banco de Dados Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú - MS/BR.** 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia), Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, 2011.

FERREIRA, G.C. **Relatório Final de Pesquisa.** Processo DNPM – Argila para Cerâmica Vermelha. Rio Claro, 2007.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais.** São Paulo: Oficina de textos, 2002.

_____. **Iniciação em Sensoriamento Remoto.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

FORNAZIEIRO, M. P. A.; PANCHER, A. M. **SIG para estudos de fragilidade ambiental aplicados ao turismo.** In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 4. 2012, Bonito. Anais... Bonito:2012, p.210-220.

FUINI, L. L. **Estudo do mercado de trabalho em Arranjo Produtivo Local (APL): Território e produção cerâmica em Santa Gertrudes/SP**. Revista Estudos Geográficos. Rio Claro, nº5, p.87-100, 2013.

GARCIA, L. B. dos R. **O passado e o presente: Santa Gertrudes – seu povo e sua história**. Rio Claro: Editora Gráfica e Expressão, 2003.

GONÇALVES, R. **Globalização e desnacionalização**. São Paulo: Paz e Terra, 1999.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. 11ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia ambiental**. 6ªed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

IAOCHITE, J. C. **Novos tempos e antigas espacialidades - o polo cerâmico e as inércias espaciais no contexto da produção do espaço urbano de Santa Gertrudes – SP**. 2008. 112 f. Tese (Doutorado em Geografia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE – Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/cordeiropolis/panorama>> Acesso em: 08 de dezembro de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE –Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/panorama>> Acesso em: 11 de julho de 2018.

IBGE. **Manual Técnico do Uso da Terra**. ed.3, n.7. Rio de Janeiro, 2013.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Formulação do plano diretor de mineração dos municípios de Santa Gertrudes, Cordeirópolis, Ipeúna, Iracemápolis e Rio Claro – Relatório Final**. Prefeitura Municipal de Santa Gertrudes, 2012.

_____. **Plano Diretor do Polo Minero-Cerâmico de Santa Gertrudes: Bases Técnicas e Desafios**. In: Workshop sobre Mineração em Santa Gertrudes e Região. Santa Gertrudes, 2012.

JANUZZI, P. de M.; MIRANDA, W. L. de.; SILCA, D. S. G. da. **Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: Aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações**. Informática Pública, v.11, nº1, p.69-87, 2009.

JULIANO, P. G. R. do P. **Meio ambiente e relações internacionais: uma discussão sobre a crise ambiental e a ausência de uma organização internacional para meio ambiente no âmbito das Nações Unidas**. In: 3º ENCONTRO NACIONAL ABRI, 3., 2011, São Paulo. Anais... São Paulo: Associação Brasileira de Relações Internacionais Instituto de Relações Internacionais - USP, 2011, p.1-18.

JURAS, I. da A. G. M. Os impactos da indústria no meio ambiente. In: GANEN, R. S. **Políticas setoriais e meio ambiente**. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2015, cap. 2. p. 47-83.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes.1928.

LAZZARI, F. M.; SOUZA, A. S. **Revolução verde: impacto sobre os conhecimentos tradicionais**. In: 4º Congresso Internacional de Direito e Contemporaneidade, Santa Maria/RS, 2017. Santa Maria: UFSM, 2017.

LEAL, G. C. S. de G.; FARIAS, M. S. S de.; ARAÚJO, A. de F. **O processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano**. Revista Qualitas. Campina Grande/PB, v.7, nº1, p.1-11, 2008.

LEAL, P. R. G. **Controle de qualidade em Cartografia: Proposta metodológica para avaliação das cartas topográficas do mapeamento sistemático nacional**. 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LEVIGHIN, S. C.; CAMARGO, J.C.G. Problemas Ambientais e Impactos Sociais Provocados pela Atividade Ceramista nos Município de Santa Gertrudes e Cordeirópolis (SP). Parte 3, 2006. In: GERARDI, L. H. de O.; CARVALHO, P. F. de (org.). **Geografia: ações e reflexões**. Rio Claro: AGETEO, 2006.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Sistemas e ciência da Informação Geográfica**. Revisão técnica: Heinrich Hasenack, Eliseu José Weber. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

LORETI JUNIOR, R.; FILHO, R. S.; CALTABELOTI, F. P. **Informe de recursos minerais**. Programa Geológico do Brasil. Série Rochas e Minerais Industriais, nº11, São Paulo: CPRM, 2014.

MANZANO, B. C. **Avaliação dos potenciais citotóxico, genotóxico e mutagênico das águas do Ribeirão Tatu, região de Limeira/SP, após o recebimento de efluentes urbanos**. 2010. Dissertação (Mestrado Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

MAGUIRE, D.J. **An Overview and definition of GIS**. Longman: London, 1992.

MANIAES, J. C. **As indústrias cerâmicas e a mineração em Cordeirópolis/SP**. [Entrevista cedido à] Paulo Henrique Vieira; Andréia Medinilha Panher. 2015. Entrevista transcrita, sem publicação.

MARICATO, E. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. Petrópolis: Vozes, 2001.

_____. **Metrópole, legislação e desigualdade.** Revista Estudos Avançados. São Paulo, v.17, p. 151-167, 2003.

_____. **Urbanismo na periferia do mundo globalizado: metrópoles brasileiras.** Revista São Paulo em Perspectiva. São Paulo, v.14, nº4, p.21-33, 2000.

MASSA, E. M.; ROSS, J. L. S. **Aplicação de um modelo de fragilidade ambiental relevo-solo na Serra da Cantareira, Bacia do Córrego do Bispo, São Paulo/SP.** Revista do Departamento de Geografia-USP. São Paulo, v.24, p. 57-79, 2012.

MECHI, A.; SANCHEZ, D. L. **Impactos ambientais da mineração do Estado de São Paulo.** Revista Estudos Avançados, v.24, p.209-220, 2010.

MENDONÇA, F. **Impactos socioambientais urbanos.** 1ª reimpressão. Curitiba: Editora UFPR, 2011.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T de. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto.** Brasília: UnB, 2012.

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente: doutrina, jurisprudência, glossário.** São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2005.

MIRANDOLA - AVELINO, P. H. **Análise Geo - Ambiental Multitemporal para fins de Planejamento Ambiental: Um exemplo aplicado à Bacia Hidrográfica do Rio Cabaçal Mato Grosso - Brasil.** 2006 Tese de Doutorado em Geografia do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

MORETTI, R. de S. **Loteamentos: Manual de recomendações para elaboração de projeto.** 2ª ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1987.

_____. **Normas Urbanísticas para habitação de interesse social: recomendações para elaboração.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1997.

MOTTA, et al. **Característica do polo de revestimento cerâmico de Santa Gertrudes – SP, com ênfase na produção de argua.** Cerâmica Industrial, v.9, nº1, p. 1-6, 2004.

MOURA, A.; C.; M. **Geoprocessamento na Gestão e Planejamento urbano.** 3ªed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2014.

MOURA, A.; C.; M.; JANKKOWSKI, P. **Contribuições aos estudos de análises de incertezas como complementação às análises multicritérios - “sensitivity analysis to suitability evaluation”.** Revista Brasileira de Cartografia, nº 68, p.665-684, 2016.

NEVES, R. B.; PEREIRA, V.; GOMES COSTA, H. **Auxílio multicritério à decisão aplicado ao planejamento e gestão na indústria de petróleo e gás.** Production. v.24, nº1, p.43-53, 2015.

OLIVEIRA, M. **Caracterização mineralógica e química das fontes de poeira e sua influência na atmosfera da região do polo cerâmico de Santa Gertrudes (SP)**. 2015. Tese de Doutorado – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2015.

PABLO, C. L.; PINEDA, F. D. **Análisis multivariante del territorio para su cartografía ecológica**. Ensayo preliminar en la provincia de Madrid Simpósio de Recursos Hídricos. Anales de Geografia de la Universidad Complutense, Madrid, 1985.

PANCHER, A. M. **Geotecnologias na análise da influência do polo cerâmico de Santa Gertrudes na expansão urbana regional: ênfase aos impactos socioambientais**. 2013. Projeto de Iniciação Científica- CNPq. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista.

_____. **Os reflexos do desenvolvimento da indústria cerâmica na urbanização nos municípios do polo cerâmico de Santa Gertrudes/SP**. In: XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro, 2017.

PASCHOAL, L. G. **Estudo dos efeitos da criação de morfologias antropogênicas em área de mineração**. 2014. Tese de Doutorado - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2014.

PENTEADO, O. M. M. **A bacia de sedimentação de Rio Claro, Estado de São Paulo**. Revista Geographica da Sociedade de Geografia de Lisboa, Lisboa, 1969.

ROCHA, R. R. da. **Propriedades químico-mineralógicas e cerâmicas de rochas da formação Corumbataí: aplicação na diversificação de produtos**. 2012. Tese de Doutorado – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.

ROLNIK, R. São Paulo, início da industrialização: o espaço é político. In: Lúcio Kowarick. (org.). **As Lutas Sociais e a Cidade**. São Paulo: Paz e Terra/ UNRISD, 1988.

ROSA, R. **Análise Espacial em Geografia**. Revista da ANPEGE. v. 7. nº 1. P.275-289. 2011

_____. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 6 ed. Uberlândia: EDUFU, 2009.

ROSA, M. R.; ROSS, J. L. **Aplicação de SIG na Geração de Cartas de Fragilidade**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, nº 13, 1999.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. Revista do Departamento de Geografia. n. 8, p.63-74. 1994.

_____. **Análises e Sínteses na Abordagem Geográfica da Pesquisa para o Planejamento Ambiental**. Revista do Departamento de Geografia da USP. São Paulo. nº9. p.65-75, 1995.

_____. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental.** São Paulo: Oficina de textos, 2009.

_____. **Geomorfologia Ambiente e Planejamento.** 9ed. 1ª reimpressão. São Paulo: Contexto, 2014.

_____. **Landsforms and Environmental Planning: Potentialities and Fragilities.** Revista do Departamento de Geografia da USP. São Paulo. Volume especial 30 anos, p.38-51, 2012.

ROSSETI, L. A. F. G. **Modelagem dinâmica espacial de mudanças no uso do solo urbano: contribuição metodológica.** 2011. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

ROY, B. **Multicriteria Methodology for Decision Aiding.** Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1996.

RUPPENTHAL, J. E. **Gestão ambiental.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2014.

SANTOS, J. de. O. **Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos.** Revista MERCATOR. Fortaleza, v.14, nº2, p.75-90, 2015.

SANTOS, J. de O.; ROSS, J. L. S. **Fragilidade Ambiental Urbana.** Revista da ANPEGE. v.8, nº10, p.127-144, 2012.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira.** 5ed. 2ª reimpressão. São Paulo, Hucitec, 2009.

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura. Coordenadoria de Pesquisa Agropecuária. Instituto Agrônômico. **Levantamento Semidetalhado dos Solos de Estado de São Paulo.** São Paulo, 1985. 2 Cartas de Solos. Digitais. Escala 1:50.000.

SÃO PAULO. Secretaria de Economia e Planejamento. Coordenadoria de Ação Regional Divisão de Geografia. **Plano Cartográfico do Estado de São Paulo.** São Paulo, 1979. 10 Cartas Topográficas. 66cm x 86cm. Escala 1:10.000.

SARTORI, A. A. da C.; SILVA, R. F. B. da.; ZIMBACK, C. R. L. **Combinação linear ponderada na definição de áreas prioritárias à conectividade entre fragmentos florestais em ambiente SIG.** Revista Árvore. Viçosa, v.36, nº6, p.1079-1090, 2012.

SEADE – Sistema Estadual de Análise de Dados. Disponível em: <<http://produtos.seade.gov.br/produtos/imp/>>. Acesso em: 14 de junho de 2015.

SILVA, A. M., SCHULZ, H.E., CAMARGO, P.B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas.** 2ªed. São Carlos: RIMA, 2007.

SILVA, F. da. **Zoneamento Ambiental do APA do Vacaçaí-Mirim de acordo com a análise da fragilidade socioambiental**. 2015. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

SILVA, W. G. da. **A industrialização do estado de São Paulo e sua relação com a especialização na produção de matéria-prima do centro-oeste brasileiro: uma análise do período de 1930 a 1970**. In: XIX ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA. nº 19, 2009. São Paulo. Anais...São Paulo, 2009, p.1-27.

SOARES, F. B.; LEAL, A. C. **Planejamento ambiental da bacia do Balneário da Amizade nos municípios de Álvares Machado e Presidente Prudente – São Paulo**. In: FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA, 2., 2011, Tupã. Anais... Tupã: Anap, 2011. p. 75-93.

SOUZA, C. R. **A presença de negro na história de Cordeirópolis. Trabalho de Conclusão de Curso de Pedagogia**. 2000. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

SPÖRL, C. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais**. 2007. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas-USP, São Paulo, 2007.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. **Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos**. In.: GEOUSP-Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 15, pp.39-49, 2004.

TAMIAZO, P. C. **Por uma história de Cordeiro(polis): reunião de textos inéditos e publicados na imprensa**. Edição do Autor. Cordeirópolis, 2003.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

TROMBETA, L. R.; LEAL, A.C. **Análise da fragilidade potencial e emergente do relevo da unidade de gerenciamento de recursos hídricos Pontal do Paranapanema/São Paulo**. Caderno Prudentino de Geografia. Presidente Prudente, vol. Especial, nº36, p.159-173, 2014.

UFSCAR. **Leitura Técnica da Realidade Municipal**. Cordeirópolis, 2007.

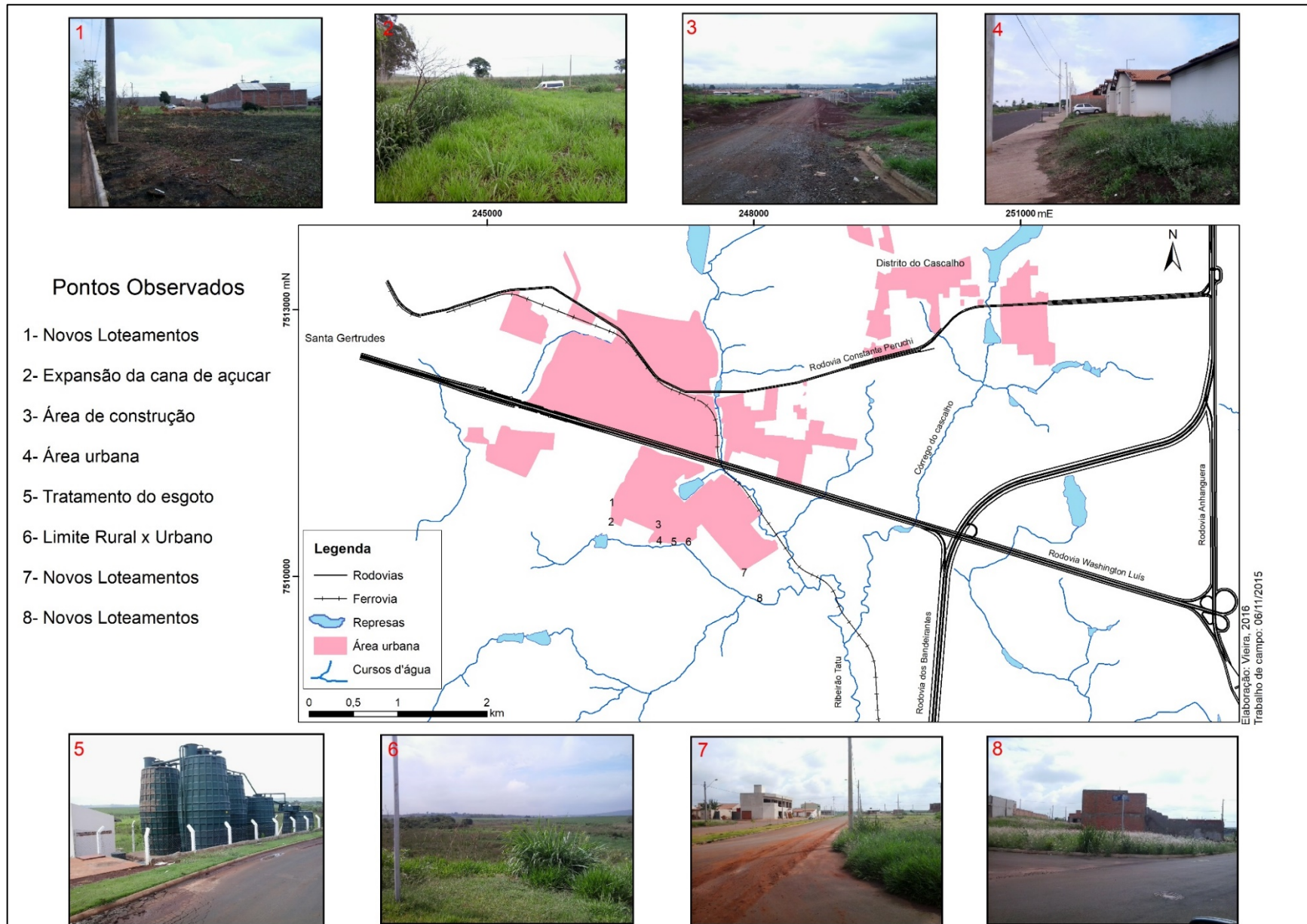
VALERIANO, M. de M. Dados Topográficos. Cap.3, 2008. IN: FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. (org). São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

WHATELY, M.; DINIZ, L. T. **Água e esgoto na grande São Paulo: situação atual, nova lei de saneamento e programas governamentais propostos**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2009.

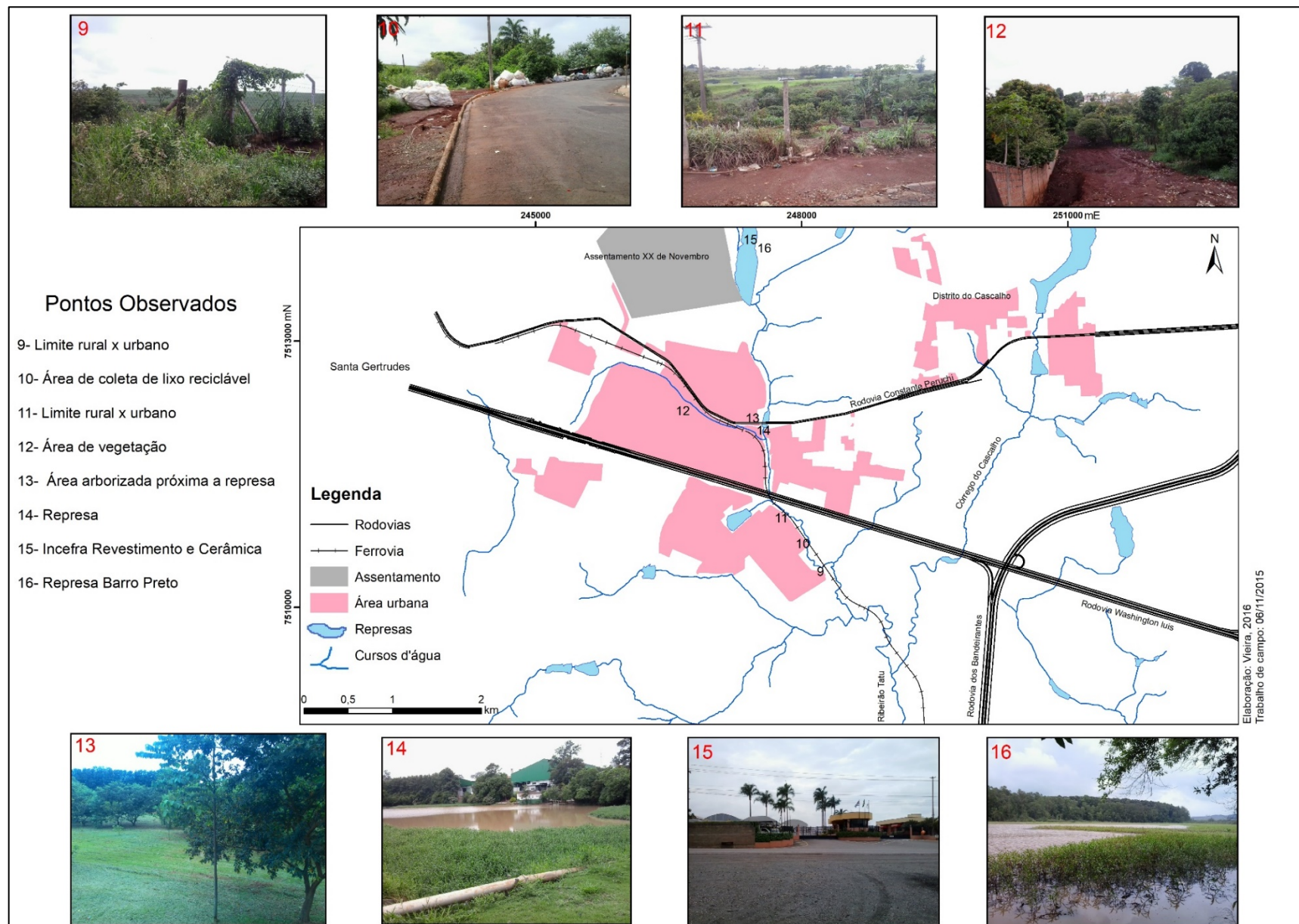
WRUBBLACK, S. C.; MERCANTE, E.; VILAS BOAS, M. A. **Mapping of use and occupation of the soil and irrigation water quality in the city of Salto do Lontra-Paraná, Brazil**. Revista Eng. Agric. Jaboticabal, v.34, nº5, p.1024 – 1037, 2013.

Apêndice

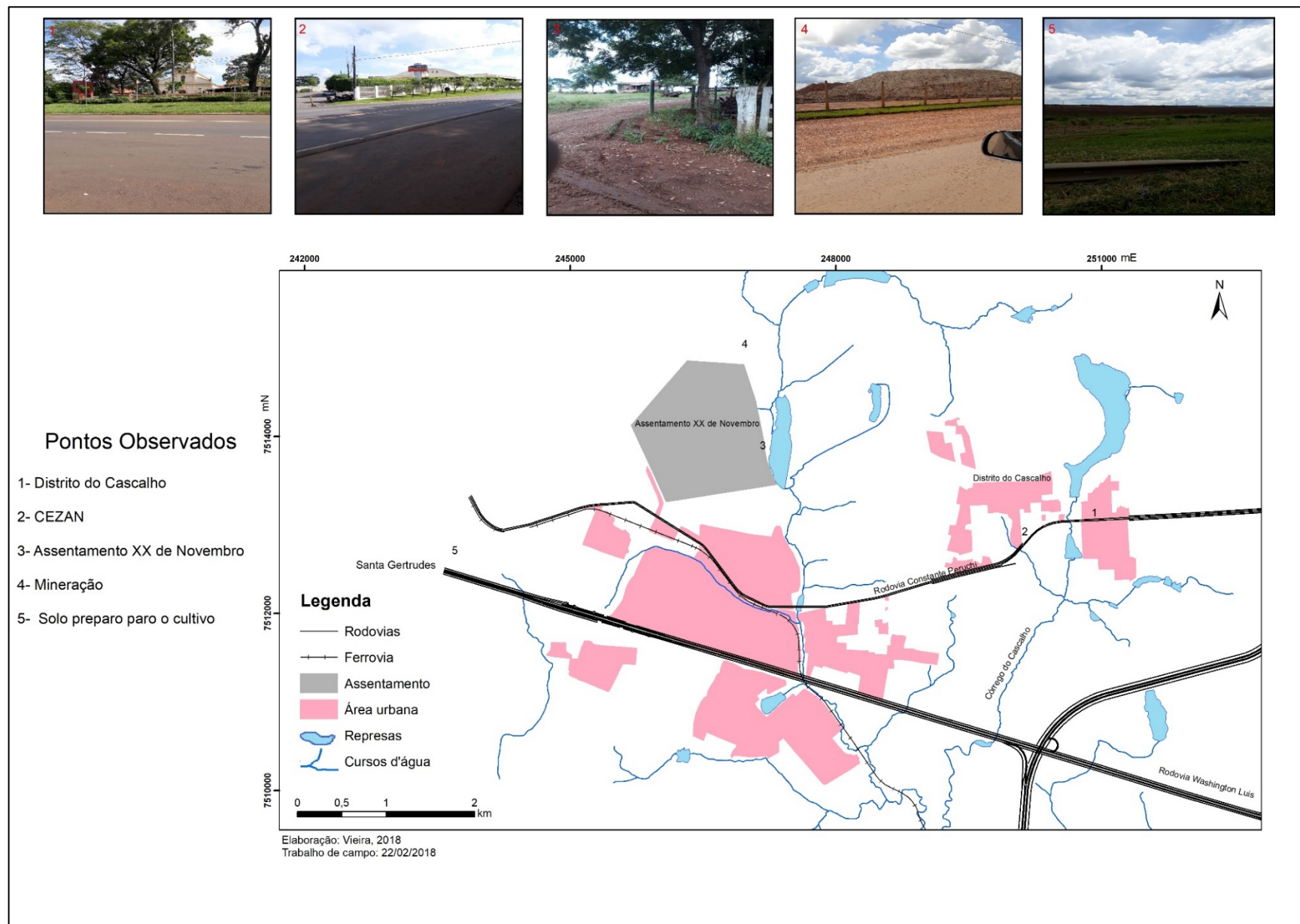
Trabalhos de Campo

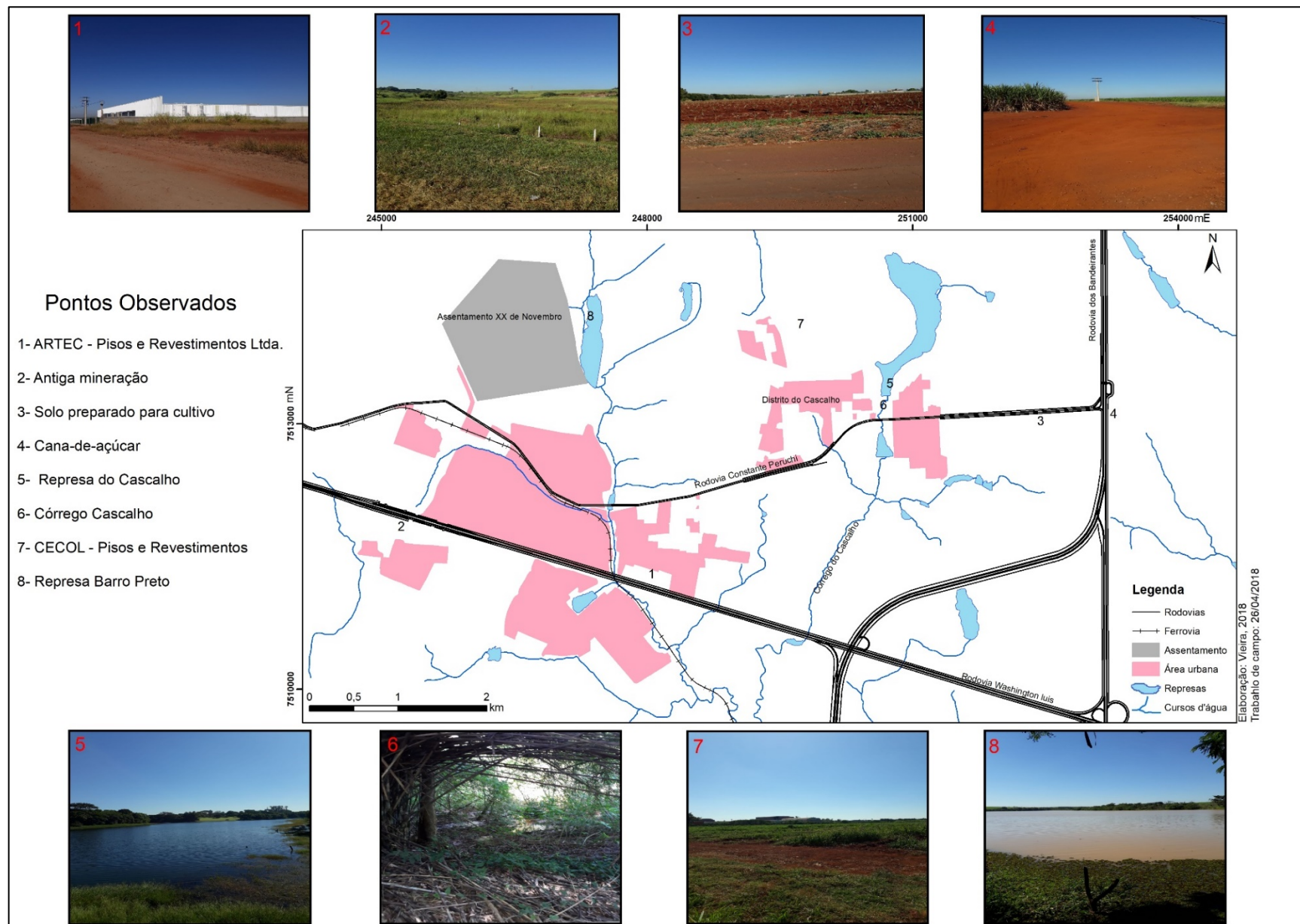


Trabalho de campo realizado em 06/11/2015

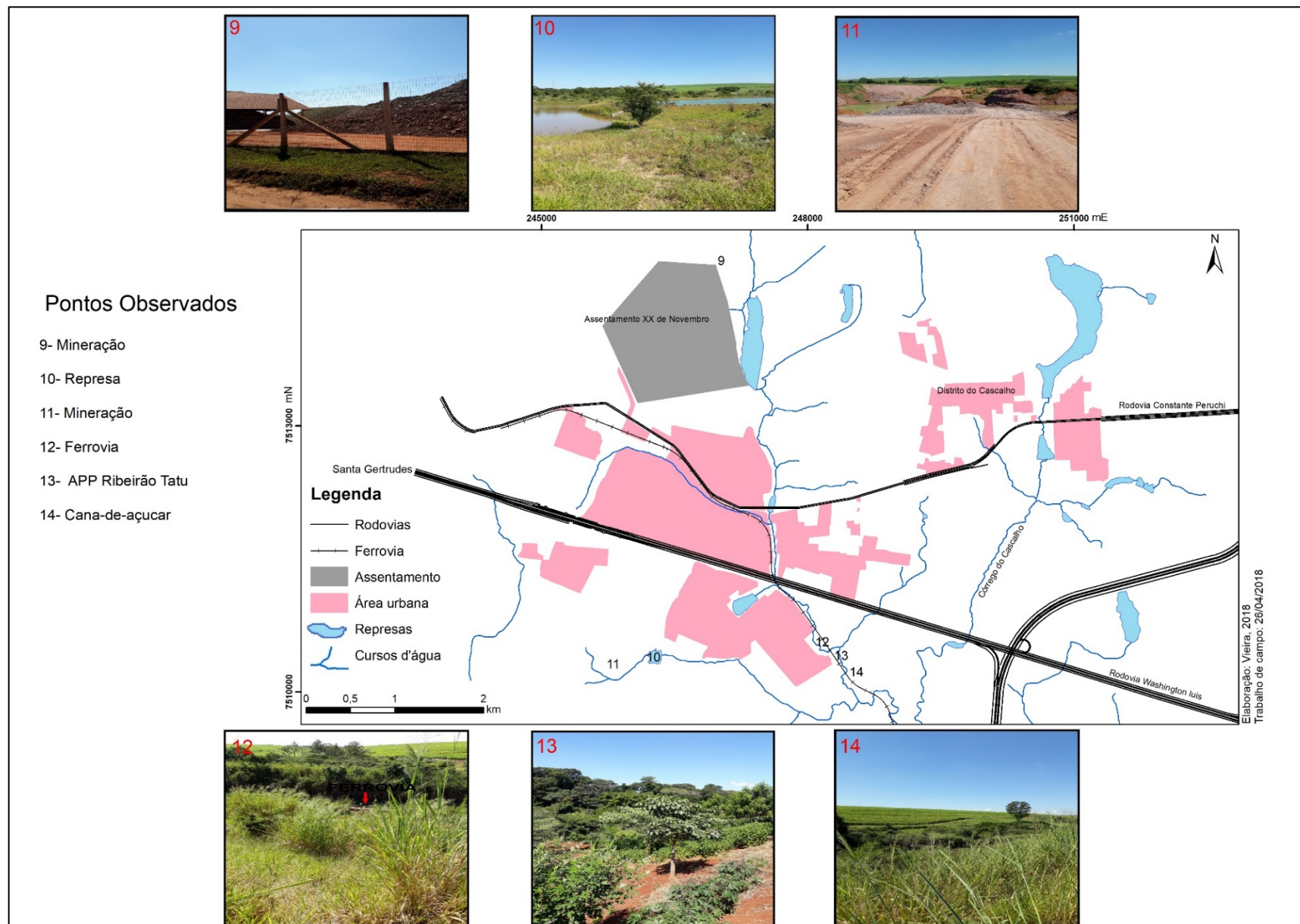


Trabalho de campo realizado em 06/11/2015

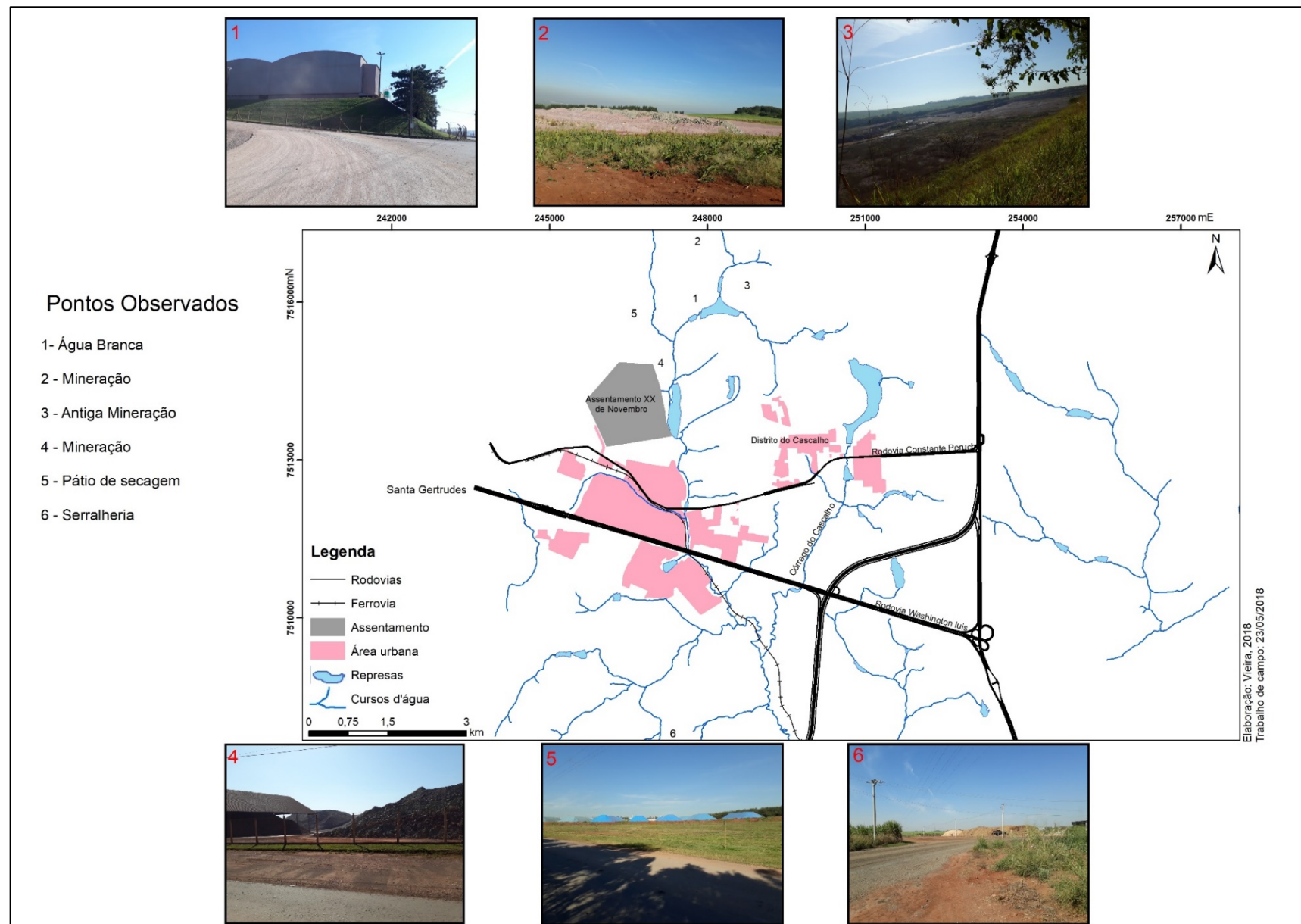




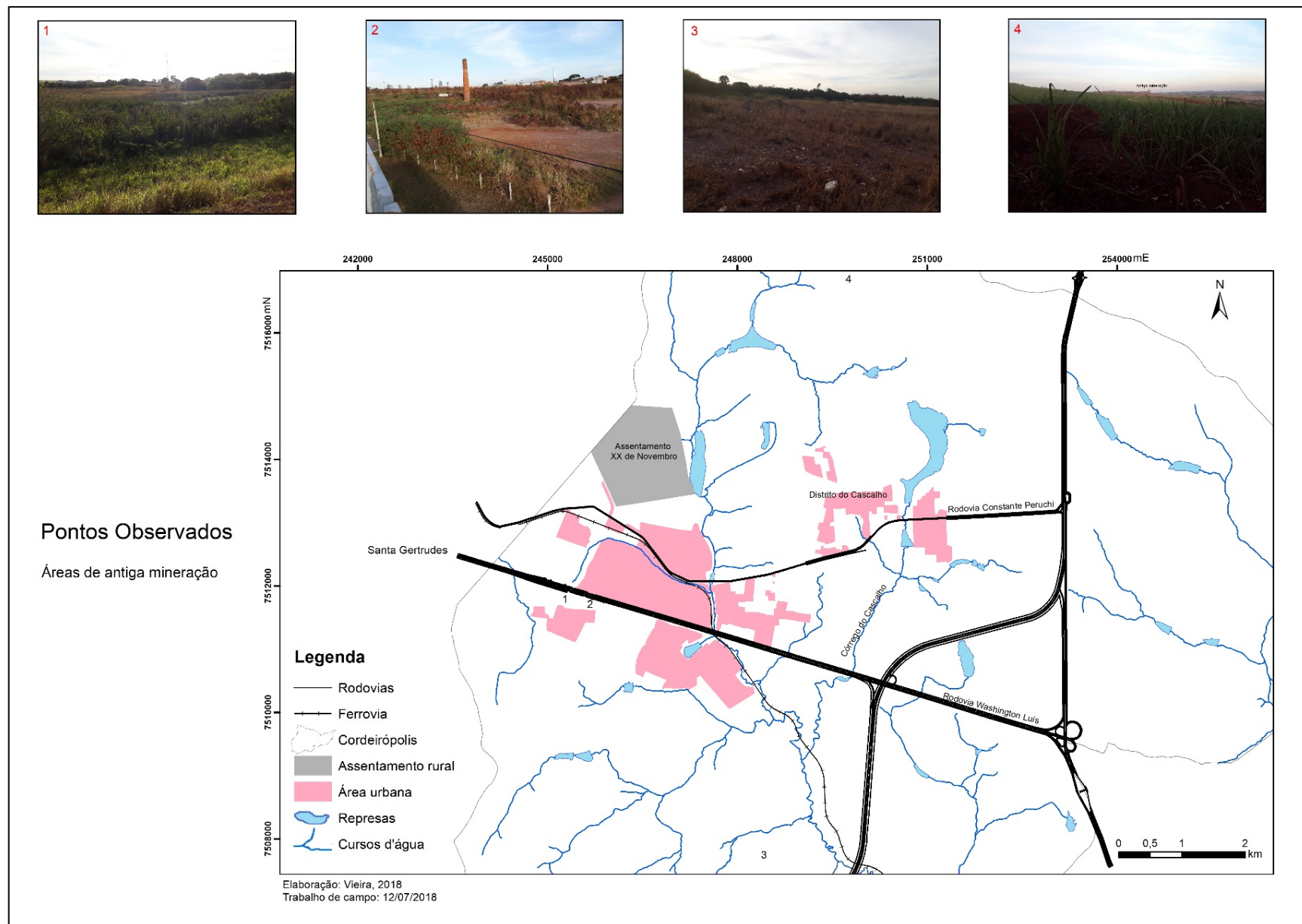
Trabalho de campo realizado em 26/04/2018



Trabalho de campo realizado em 26/04/2018



Trabalho de campo realizado em 23/05/2018



Trabalho de campo realizado em 12/07/2018

Apêndice

Entrevista com João Cesar Maniaes, responsável pela Secretaria de Obras e Planejamento da Prefeitura de Cordeirópolis.

A referida entrevista deu suporte teórico e serviu de confirmação de algumas informações sobre o município de Cordeirópolis/SP, auxiliando nos trabalhos de campo e no mapa de uso e ocupação das terras.

ENTREVISTA – PREFEITURA MUNICIPAL DE CORDEIRÓPOLIS

Entrevistado: João Cesar Maniaes

Secretaria de Planejamento

No dia 25/04/2016, o discente Paulo Henrique Vieira e a docente Andréia Medinilha Pancher, do programa de pós-graduação em Geografia, da UNESP de Rio Claro SP, realizaram uma entrevista com o encarregado da Secretaria de Planejamento João Cesar Maniaes, da prefeitura municipal de Cordeirópolis.

1) Dados sobre o desenvolvimento do polo cerâmico, a partir da década de 1980:

a) Quais os problemas relacionados à localização das indústrias na área urbana?

- Todas as indústrias têm que ficar a 1km de distância da área urbana, conforme o Plano Diretor do município de 2011, ficando localizadas na área do polo cerâmico. As indústrias que se encontravam na área urbana antes dessa determinação continuam em seu local, mas proibidas de ampliar seu estabelecimento.

b) Há bairros onde predominam os trabalhadores da indústria cerâmica? Qual é a procedência destes?

- Sim, apesar do bairro não ser completamente de moradores da cerâmica, os bairros Jardim Eldorado e Jardim Cordeiro são bairros onde a maioria de seus moradores são trabalhadores das indústrias cerâmicas. A maioria dos habitantes que vieram trabalhar nas indústrias é do Estado de Minas Gerais.

2) Expansão urbana:

a) Houve uma intensificação do crescimento da cidade após o amplo desenvolvimento do polo (década de 1980)?

- Sim, muito. O crescimento da população está diretamente ligado às atividades industriais. Outro motivo de crescimento foi a instalação de inúmeras transportadoras no município.

b) O Crescimento do polo cerâmico e a instalação de dois distritos industriais trouxeram muitos problemas no trânsito dentro da malha urbana?

- Sim, na verdade a mobilidade urbana é o principal problema enfrentado pelo município de Cordeirópolis, principalmente entre as 12h e às 17 horas, horários de saída dos trabalhadores das indústrias cerâmicas. Isso se deve pelo fato do tráfego intenso de caminhões e dos trabalhadores. Para melhorar isso seria necessária a construção do viaduto, mas que custa milhões.

3) Quais os problemas ambientais e sociais decorrentes da atividade cerâmica e do crescimento urbano?

a) Existem áreas abandonadas onde havia extração mineral? Caso tenha quais os procedimentos realizados para a recuperação de tais áreas.

- Sim, quando isso acontece a CETESB faz a intervenção, e toma os devidos procedimentos como o aterro e reflorestamento da área. Todas as áreas de antiga extração mineral estão sob o controle da CETESB. Porém, as antigas cavas não foram totalmente aterradas.

b) Poluição: ar, solo, água, sonora (ruído dos caminhões).

- Desses o principal problema é o das partículas da atividade cerâmica no ar, como também do transporte que levanta poeira. Devido a esses fatores, na cidade ocorrem inúmeros problemas respiratórios, principalmente em crianças.

c) Instalação de indústrias ou área urbana em APP.

- Isso não ocorre. Antigamente havia ocorrências de pecuaristas e agricultores na região, mas eles foram retirados. Atualmente ocorrem ocupações irregulares na APP, especialmente num trecho da Peruchi.

d) Reflorestamento das nascentes dos cursos hídricos do município, principalmente do Ribeirão Tatu.

- Algumas empresas cerâmicas e uma de papel fizeram o reflorestamento de nascentes próximas as suas instalações. Apesar de fazer parte do planejamento administrativo, a prefeitura ainda não começou a realizar ações para o reflorestamento.

e) Processos erosivos.

- Não, acho que não ocorrem.

f) Problemas sociais: habitação, infraestrutura (coleta de lixo, saneamento básico, escolas, unidades de saúde, etc.).

- Devido ao intenso aumento populacional, o município é carente em habitação. Com a instalação de indústrias e rodovias, o terreno do município ficou caro dificultando a construção de casas populares.

- A coleta de lixo é controlada pelo município, inclusive o lixo hospitalar. Os resíduos são depositados em um aterro controlado pela CETESB.

- Saneamento básico e abastecimento de água – o município possui uma ETA localizada na área central da cidade. Em razão da crise hídrica, a ETA foi modernizada a partir de 2005, investindo-se em equipamentos para bombeamento. No período de estiagem prolongada (2013-2015), o município aproveitou as águas armazenadas em antigas cavas, bombeou as águas do ribeirão Tatu, bem como da represa do Barro Preto. Atualmente, está sendo construída outra ETA, mas afastada da área urbana. Também, há um plano de construção de uma ETE, cujo depende dos recursos do governo do estado de São Paulo. A prefeitura tem uma autarquia com o SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto), para o tratamento de água e esgoto.

- A principal fonte hídrica do município provém da represa do Cascalho, além do ribeirão do Tatu. Em 2005 foi feita uma modernização na distribuição de água para que não faltasse água para a população devido ao problema de “reservação”, já que inúmeras casas não possuem caixas d’água.

- As escolas são bem estruturadas, tanto municipais quanto as estaduais. Existe um bom tratamento dos funcionários, nunca houve reclamação.

- As unidades de saúde são uma das melhores da região, inclusive ocorre um convênio com unidades no município de Rio Claro.