

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA**

**EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DE SOLO NO MUNICÍPIO DE PIRACAIA –
SP: PERÍODO DE 1982 ATÉ 2020**

MILTON GIMENEZ MELERO

São Paulo

2023

**EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DE SOLO NO MUNICÍPIO DE PIRACAIA –
SP: PERÍODO DE 1982 ATÉ 2020**

MILTON GIMENEZ MELERO

**Dissertação de mestrado apresentada
ao Programa de Pós-Graduação em
Saúde Pública para a obtenção do
título de Mestre em Ciências.**

Área de concentração: Saúde Pública

**Orientador: Prof. Dr. Wanderley da
Silva Paganini**

Versão Original

São Paulo

2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo da Publicação Ficha elaborada pelo Sistema de Geração Automática a partir de dados fornecidos pelo(a) autor(a) Bibliotecária da FSP/USP: Maria do Carmo Alvarez - CRB-8/4359

Melero, Milton Gimenez

Evolução do uso e ocupação de solo no município de Piracaia – SP: período de 1982 até 2020 / Milton Gimenez Melero; orientador Prof. Dr Wanderley da Silva Paganini. - São Paulo, 2023. 151 p.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

Versão original

1. Município de Piracaia (SP). 2. Sistemas de Informações Geográficas (SIG). 3. Uso do Solo (Piracaia - SP). 4. Proteção dos Mananciais. 5. Segurança Hídrica. I. Paganini, Prof. Dr. Wanderley da Silva, orient. II. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: MELERO, Milton Gimenez

Título: Evolução do uso e ocupação de solo no município de Piracaia – SP: período de 1982 até 2020

Dissertação apresentada a Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências, São Paulo, 2023.

Aprovado em: _____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, especialmente a minha querida mãe Ana Gimenez Melero que sempre incentivou o aprendizado, também aos meus novos amores: Simone e Mariana pela compreensão nas minhas ausências.

Agradeço ao meu orientador, Professor Dr. Wanderley da Silva Paganini, a quem admiro pela carreira vitoriosa na iniciativa privada e na academia, pelo acolhimento, orientações e companheirismo em momentos difíceis.

Desejo expressar minha gratidão ao Professor Rodrigo Ferraz Moreira por ter compartilhado sua experiência profissional na forma de orientações precisas, gentileza pessoal e dedicação de tempo que colaboraram muito para o desenvolvimento deste trabalho.

A Professora Dr^a. Miriam Moreira Bocchiglieri agradeço pelos valiosos aconselhamentos, sempre com muito carinho e doçura.

Aos professores e colegas das disciplinas que cursei pela boa convivência e conhecimento adquirido, também as (aos) funcionárias (os) da Secretaria da Pós-Graduação da Faculdade de Saúde Pública pela ajuda e orientações nos processos acadêmicos.

RESUMO

MELERO, M. G. - **Evolução do uso e ocupação de solo no município de Piracaia – SP: período de 1982 até 2020** – 151 p – Dissertação de mestrado - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

O Município de Piracaia está localizado na Região Administrativa de Campinas no Estado de São Paulo, a sede administrativa fica a 89 km da cidade de São Paulo, segundo os dados do IBGE a população era de 26.029 habitantes para o ano 2022. Sua área administrativa engloba três represas componentes do Sistema de Abastecimento Cantareira: Jaguari, Jacareí e Cachoeira em terreno com topografia montanhosa e fortemente ondulada. O município possui característica de uso e ocupação de solo misto entre propriedades de produção rural e ocupações urbanas (região periurbana) e vem enfrentando um intenso processo de urbanização no território. O objetivo deste trabalho foi avaliar a evolução do uso e ocupação de solo no município, com foco nos vetores de urbanização. Com base na tendência apurada foram produzidos cenários evolutivos prospectivos para os anos de 2040 e 2060. Materiais bibliográficos, cartografia básica e imagens de satélites compuseram a base de dados do projeto. As imagens de satélite foram submetidas ao processo de classificação digital para a elaboração dos usos e ocupação do solo para os anos 1982, 1990, 2000, 2010 e 2020. O resultado desta fase demonstrou uma significativa tendência de evolução no processo de urbanização no município, sobretudo na região do entorno das represas Jaguari e Jacareí, fato que não ocorre na região homóloga da represa Cachoeira. Uma das causas dessa diferenciação poder-se-ia explicar no sistema de gestão e monitoramento ambiental implementado para a proteção do manancial. Os cenários evolutivos sugerem a implementação de medidas de governança socioambiental, como as dispostas no Decreto Estadual número 65.244/2020, que aprovou e instituiu o Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira e que se apresenta como instrumento eficaz para a proteção dos atributos ambientais da região estudada, sem abrir mão do desenvolvimento econômico e social.

Palavras-chave: Município de Piracaia (SP), Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Uso e Ocupação de Solo, Proteção dos Mananciais, Segurança Hídrica, Governança Socioambiental e Serviços Ecossistêmicos.

ABSTRACT

MELERO, M. G. - **Evolution of land use and occupancy in the municipality of Piracaia – SP: period from 1982 to 2020** – 151 p – Master's thesis – Faculty of Public Health, University of São Paulo, São Paulo, 2023.

The Municipality of Piracaia is located in the Administrative Region of Campinas in the State of São Paulo, Brazil. The administrative headquarters are situated 89 kilometers away from the city of São Paulo. According to IBGE data, the population was 26.029 inhabitants for the year 2022. Its administrative area encompasses three reservoirs that are part of the Cantareira Water Supply System: Jaguari, Jacareí, and Cachoeira, situated in terrain characterized by hilly and strongly undulating topography. The municipality has a mixed land use and occupancy pattern, with a blend of rural production properties and urban developments (peri-urban region), and it has been undergoing a significant urbanization process within its territory. The objective of this study was to assess the evolution of land use and occupancy in the municipality, with a focus on urbanization trends. Based on the observed trends, prospective evolutionary scenarios were developed for the years 2040 and 2060. Bibliographic materials, basic cartography, and satellite images as its data foundation. Satellite images underwent a digital classification process to determine land uses and occupancy for the years 1982, 1990, 2000, 2010, and 2020. The results of this phase demonstrated a significant trend of urbanization in the municipality, particularly in the vicinity of the Jaguari and Jacareí reservoirs, phenomenon that does not occur in the homologous region of the Cachoeira reservoir. One of the causes of this differentiation could be explained by the environmental management and monitoring system implemented to protect the reservoir. The evolutionary scenarios suggest the implementation of socio-environmental governance measures, as established in State Decree number 65.244/2020, which approved and established the Management Plan for the Cantareira System APA (Environmental Protection Area). This management plan is an effective instrument for preserving the environmental attributes of the studied region without sacrificing economic and social development.

Keywords: Municipality of Piracaia (SP), Geographic Information Systems (GIS), Land Use, Watershed Protection, Water Security, Socio-environmental Governance, and Ecosystem Services.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação das classes do Macrozoneamento do Plano Diretor de Piracaia (SP).....	29
Figura 2 - Representação do zoneamento da APA Sistema Cantareira no limite municipal de Piracaia (SP).....	34
Figura 3 - Representação das províncias geológicas do município de Piracaia (SP).	56
Figura 4 - Representação das classes de solos do município de Piracaia (SP).....	58
Figura 5 - Representação das unidades geomorfológicas do município de Piracaia (SP).....	60
Figura 6 - Representação das superfícies de elevação do terreno (TIN) do município de Piracaia (SP).....	62
Figura 7 - Representação das declividades do terreno do município de Piracaia (SP).	63
Figura 8 - Representação das classes da instabilidade potencial das unidades ecodinâmicas do município de Piracaia (SP).....	66
Figura 9 - Representação das classes da instabilidade potencial das unidades ecodinâmicas do município de Piracaia (SP).....	67
Figura 10 - Representação da população de Piracaia (SP) por faixa etária.....	71
Figura 11 - Crescimento populacional de Piracaia (SP) entre 1970 até 2022.....	72
Figura 12 - Evolução do PIB per capita de Piracaia de 2010 até 2019.....	73
Figura 13 - Comparativo dos indicadores vitais e de atendimento à saúde no município de Piracaia e no Estado de São Paulo.....	75
Figura 14 - Representação gráfica do esquema de adução dos represamentos do Sistema Cantareira.....	78
Figura 15 - Representação gráfica da distribuição espacial do Sistema Cantareira..	79
Figura 16 - Representação da evolução do uso e ocupação de solo de Piracaia (SP) – Ano 1982.....	81
Figura 17 - Representação da evolução do uso e ocupação de solo de Piracaia (SP) – Ano 1990.....	83

Figura 18 - Representação da evolução do uso e ocupação de solo de Piracaia (SP) – Ano 2000.....	85
Figura 19 - Representação da evolução do uso e ocupação de solo de Piracaia (SP) – Ano 2010.....	87
Figura 20 - Representação da evolução do uso e ocupação de solo de Piracaia (SP) – Ano 2020.....	89
Figura 21 - Representação da ocupação urbana para o ano 1982.....	91
Figura 22 - Representação da ocupação urbana para o ano 1990.....	92
Figura 23 - Representação da ocupação urbana para o ano 2000.....	93
Figura 24 - Representação da ocupação urbana para o ano 2010.....	94
Figura 25 - Representação da ocupação urbana para o ano 2020.....	95
Figura 26 - Representação da evolução da ocupação urbana para o período de 1982 até 2020 com cortes temporais de vinte anos.....	97
Figura 27 - Representação gráfica da evolução da ocupação urbana para o período de 1982 até 2020.....	98
Figura 28 - Representação do macrozoneamento do Plano Diretor de Piracaia (SP) e ocupação urbana relativa ao ano 1982.....	101
Figura 29 - Representação do macrozoneamento do Plano Diretor de Piracaia (SP) e ocupação urbana relativa ao ano 1990.....	102
Figura 30 - Representação do macrozoneamento do Plano Diretor de Piracaia (SP) e ocupação urbana relativa ao ano 2000.....	103
Figura 31 - Representação do macrozoneamento do Plano Diretor de Piracaia (SP) e ocupação urbana relativa ao ano 2010.....	104
Figura 32 - Representação do macrozoneamento do Plano Diretor de Piracaia (SP) e ocupação urbana relativa ao ano 2020.....	106
Figura 33 - Representação do zoneamento da APA Sistema Cantareira e APPs de hidrografia no limite municipal de Piracaia (SP).....	107
Figura 34 - Representação do zoneamento da APA Sistema Cantareira, APPs de hidrografia e Ocupações Urbanas relativas ao ano 2020 do município de Piracaia (SP).....	109
Figura 35 - Representação do crescimento da área de ocupação urbana entre os anos 2010 e 2020 no município de Piracaia (SP).....	111

Figura 36 - Representação do melhor cenário para proteção dos atributos ambientais conforme Plano Diretor Municipal e Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira.	113
Figura 37 - Figura da projeção das curvas de crescimento urbano para a bacia hidrográfica das represas Jaguari e Jacareí no município de Piracaia (SP), em metros quadrados, para elaboração dos cenários futuros (<i>worst e middle cases</i>) para os anos 2030 até 2060.....	117
Figura 38 - Figura da projeção das curvas de crescimento urbano para a bacia hidrográfica do rio Cachoeira no município de Piracaia (SP), em metros quadrados, para elaboração dos cenários futuros (<i>worst e middle cases</i>) para os anos 2030 até 2060.....	118
Figura 39 - Figura da projeção das curvas de crescimento urbano para a bacia da Represa Cachoeira no município de Piracaia (SP), em metros quadrados, para elaboração dos cenários futuros (<i>worst e middle cases</i>) para os anos 2030 até 2060.	119
Figura 40 - Desenvolvimento urbano diagnostica para o município de Piracaia (SP) até o ano 2020, ponto de partida para a elaboração dos cenários futuros para os anos 2040 até 2060.....	121
Figura 41 - Cenário Prospectivo da evolução urbana para o município de Piracaia (SP), versão <i>worst case</i> para o ano 2040.....	122
Figura 42 - Cenário Prospectivo da evolução urbana para o município de Piracaia (SP), versão <i>worst case</i> para o ano 2060.....	123
Figura 43 - Cenário Prospectivo da evolução urbana para o município de Piracaia (SP), versão <i>middle case</i> para o ano 2040.....	124
Figura 44 - Cenário Prospectivo da evolução urbana para o município de Piracaia (SP), versão <i>middle case</i> para o ano 2060.....	125
Figura 45 - Síntese dos cenários prospectivos <i>middle e worst cases</i> para o ano 2060 relativo a representação da possível evolução urbana para a bacia hidrográfica das represas Jaguari e Jacareí no município de Piracaia (SP).....	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre características de métodos de cenários e projeções.	40
Tabela 2 - Variáveis utilizadas para a geração das categorias de enquadramento da Instabilidade Potencial.....	65
Tabela 3 - Evolução do uso e ocupação de solo de Piracaia (SP) – Ano 1982.....	82
Tabela 4 - Evolução do uso e ocupação de solo de Piracaia (SP) – Ano 1990.....	84
Tabela 5 - Evolução do uso e ocupação de solo de Piracaia (SP) – Ano 2000.....	85
Tabela 6 - Evolução do uso e ocupação de solo de Piracaia (SP) – Ano 2010.....	87
Tabela 7 - Evolução do uso e ocupação de solo de Piracaia (SP) – Ano 2020.....	89
Tabela 8 - Quantificação da evolução da ocupação urbana de Piracaia - período 1982 até 2020.....	97
Tabela 9 - Crescimento urbano de Piracaia (SP) em metros quadrados durante os anos 1982 até 2020.....	115
Tabela 10 - Projeção do crescimento urbano para a bacia hidrográfica das represas Jaguari e Jacareí no município de Piracaia (SP), em metros quadrados, para elaboração dos cenários futuros (worst e middle cases) para os anos 2030 até 2060.	116
Tabela 11 - Projeção do crescimento urbano para a bacia hidrográfica do rio Cachoeira no município de Piracaia (SP), em metros quadrados, para elaboração dos cenários futuros (<i>worst e middle cases</i>) para os anos 2030 até 2060.....	117
Tabela 12 - Projeção do crescimento urbano para a bacia hidrográfica da represa Cachoeira no município de Piracaia (SP), em metros quadrados, para elaboração dos cenários futuros (<i>worst e middle cases</i>) para os anos 2030 até 2060.....	118

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	18
2.1 Objetivo Geral.....	18
2.2 Objetivos Específicos.....	18
3 JUSTIFICATIVA.....	19
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
4.1 O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO.....	20
4.1.1 Processo de urbanização e possíveis eventos adversos para a saúde pública e ambiental.....	21
4.1.2 O Plano Diretor como instrumento de planejamento físico territorial.....	24
4.1.3 Plano de Manejo, instrumento de gestão para as UC.....	32
4.1.4 Cenários evolutivos prospectivos.....	39
4.2 GEOPROCESSAMENTO E GEOTECNOLOGIAS.....	42
4.2.1 Sistemas sensores.....	43
4.2.2 Georreferenciamento.....	44
4.2.3 Classificação digital de imagens.....	44
4.2.4 Sistemas de informações geográficas (SIG).....	45
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	47
5.1 Materiais.....	47
5.1.1 Imagens de satélites.....	47
5.1.2 Cartografia básica.....	47
5.1.3 Equipamentos e logiciais.....	48
5.2 Métodos.....	49
5.2.1 Entrada de dados no sistema.....	49
5.2.2 Georreferenciamento das imagens.....	50
5.2.3 Classificação digital das imagens.....	51
5.2.4 Edição dos dados.....	52
6 CARACTERIZAÇÃO SOCIOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE PIRACAIA (SP)....	55

6.1 Meio abiótico.....	55
6.1.1 Geologia.....	55
6.1.2 Pedologia.....	56
6.1.3 Geomorfologia.....	58
6.1.4 Modelagem numérica de terreno - elevação (TIN) e declividade (MNT) ..	61
6.1.5 Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial.....	63
6.2 Meio biótico.....	68
6.2.1 Vegetação.....	68
6.2.2 Fauna.....	69
6.3 Meio Socioeconômico.....	70
6.3.1 População.....	70
6.3.2 Educação e renda.....	72
6.3.3 Saúde.....	73
6.3.4 Município de Piracaia e o Sistema de abastecimento Cantareira.....	75
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	80
7.1 Representação da evolução do uso e ocupação do solo, dinâmica espacial das classes durante o período de estudo.....	80
7.1.1 Representação do uso e ocupação do solo para o ano 1982.....	80
7.1.2 Representação do uso e ocupação do solo para o ano 1990.....	82
7.1.3 Representação do uso e ocupação do solo para o ano 2000.....	84
7.1.4 Representação do uso e ocupação do solo para o ano 2010.....	86
7.1.5 Representação do uso e ocupação do solo para o ano 2020.....	88
7.2 Representação da evolução dos agrupamentos urbanos durante o período de estudo.....	90
7.2.1 Representação da evolução da ocupação urbana para o ano 1982.....	90
7.2.2 Representação da evolução da ocupação urbana para o ano 1990.....	91
7.2.3 Representação da evolução da ocupação urbana para o ano 2000.....	92
7.2.4 Representação da evolução da ocupação urbana para o ano 2010.....	93
7.2.5 Representação da evolução da ocupação urbana para o ano 2020.....	94
7.2.6 Representação da evolução da ocupação urbana para o período de 1982 até 2020 com cortes temporais de vinte anos.....	96

7.3 Análise integrada entre a evolução da ocupação urbana e os zoneamentos estabelecidos pelo Plano Diretor do Município de Piracaia (SP) e Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira.....	98
7.3.1 Evolução da ocupação urbana em relação ao Plano Diretor de Piracaia.....	99
7.3.2 Espacialização da ocupação urbana em relação ao Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira.....	106
7.4 Cenários evolutivos prospectivos da ocupação urbana para os anos de 2040 e 2060 no Município de Piracaia (SP).....	111
7.4.1 Representação do cenário “ <i>Best Case</i> ” para o Município de Piracaia (SP)	112
7.4.2 Representação dos cenários “ <i>Worst e Middle Cases</i> ” para o Município de Piracaia (SP).....	113
8 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	129
9 REFERÊNCIAS.....	134
ANEXO 01: Fotos tiradas pelo autor para ilustração de fenômenos espaciais e das categorias de uso e ocupação de solo.....	142

1 INTRODUÇÃO

O município de Piracaia está localizado na Região Administrativa de Campinas no Estado de São Paulo, fica a 89 km de distância da cidade de São Paulo, a população registrada no mais recente censo foi de 26.029 habitantes (IBGE, 2022). Engloba três represas componentes do Sistema de Abastecimento Cantareira em sua região administrativa: Jaguari, Jacareí e Cachoeira em terreno com topografia montanhosa e fortemente ondulada, variando a altitude entre 600 e pouco mais de 1.600 metros. O município possui característica de uso e ocupação de solo misto entre propriedades de produção rural e ocupações urbanas (região periurbana) e vem enfrentando um intenso processo de urbanização do território.

Nesse contexto, as alterações no uso e na cobertura das terras nas regiões de transição urbano – rural (periurbanas) modificam o acesso aos serviços ambientais (serviços ecossistêmicos) que são as contribuições diretas e indiretas fornecidas pela natureza para a sustentação da vida no planeta. Os serviços ecossistêmicos são classificados em:

- Serviços ecossistêmicos de provisão - Podem ser expressos na produção de alimentos, biomassa, produtos de origem animal, água potável, entre outros;
- Serviços ecossistêmicos de regulação - Tem como exemplo as florestas que regulam o ciclo hidrológico e a qualidade do ar;
- Serviços ecossistêmicos de manutenção - São os necessários para que os outros serviços ecossistêmicos existam: formação de solos, habitas e ciclo dos nutrientes e;
- Serviços ecossistêmicos culturais - São imateriais, entretanto produzem bem-estar físico e conforto psicológico, como exemplo de serviços desta categoria destacam-se as paisagens com suas belezas cênicas, as atividades de recreação e turismo em ambientes naturais, entre outros (ANDRADE & ROMEIRO, 2009; METZGER, 1999; ROSS, 1994).

Hoje, entender o processo de evolução no espaço do Município de Piracaia (SP), onde os assentamentos urbanos, a dinâmica do uso e cobertura do solo e sua estrutura de organização no território, assim como a interferência no meio ambiente (impactos socioambientais) é de vital importância e torna-se um desafio dentro da lógica da sustentabilidade, sobretudo em áreas de proteção de mananciais (DORADO, 2018).

Dentro de uma abordagem política e econômica, o processo de urbanização é reflexo da relação direta que existe entre a cidade e a região onde está inserida. Esse processo traz consigo a consequente mudança nos usos do solo, impactos socioambientais e pressão por recursos naturais (LIMONAD, 2005). Já do ponto de vista ecológico, o processo de urbanização produz mudanças na paisagem¹, altera a composição da diversidade biológica e aumenta a pressão sobre os serviços ambientais.

A análise das correlações ou *trade-offs* entre o uso e a cobertura do solo, seus câmbios e as análises espaciais e temporais para o diagnóstico dos vetores de crescimento urbano e suas consequências são os elementos focais deste trabalho, haja vista que os mananciais localizados na área administrativa do município de Piracaia – SP, recorte do objeto de pesquisa desta dissertação de mestrado, estão submetidos aos fenômenos do aumento populacional, crescimento da área de ocupação urbana e avanço sobre as áreas protegidas pela legislação para a sustentabilidade dos recursos hídricos e proteção dos mananciais.

Dois instrumentos de gestão territorial, de forma mais objetiva, gravam sobre o município, o Plano Diretor de Piracaia promulgado no ano 2007 e o recém-aprovado Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira (ano 2020), que terá seus possíveis efeitos em tempo futuro, assim, o diagnóstico da evolução urbana do município foi comparado com o disposto no Plano Diretor Municipal, instrumento legal criado para esta finalidade.

Em outro ponto do trabalho, as normas específicas que constam do zoneamento do Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira foram utilizadas para comparar o resultado do processo de urbanização do município de Piracaia (ano

¹Paisagem para FORMAM & GODRON (1986) refere-se a uma área heterogênea formada por agrupamentos de ecossistemas que se repetem de uma maneira similar de uma região a outra e interagem entre si.

2020), a sobreposição espacial dos planos de informação revelou significativa intersecção entre os *layers* na região da Zona de Proteção de Atributos do entorno das Represas Jaguari e Jacareí, na região da represa Cachoeira essa questão não existiu.

Considerando como base o desenvolvimento do processo de urbanização durante o lapso de tempo estudado, foram elaborados três cenários evolutivos prospectivos para representar a possível ocupação urbana do município nos anos 2040 e 2060, um cenário conservador e outros dois com curvas de desenvolvimento do processo de urbanização, para orientar a criação destes cenários foi utilizada a metodologia sugerida por MAZZEO (2012) tomando-se por base o regramento instituído pelo Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira, alguns cenários mais aderidos a legislação outros menos.

Na conclusão do trabalho recomenda-se a observação do disposto no Decreto Estadual nº 65.244/2020 que instituiu o Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira que, salvo melhor juízo, se constitui em instrumento eficaz para a proteção socioambiental não apenas do município de Piracaia (SP), bem como, da região de inserção do município e da população do Estado de São Paulo abastecida pelas águas do Sistema Cantareira.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Caracterizar, analisar e diagnosticar as condicionantes ambientais para a proteção dos mananciais e a dinâmica espaço-temporal do uso e ocupação do solo do município de Piracaia – SP, visando a proteção e sustentabilidade dos recursos hídricos e serviços ecossistêmicos.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar a dinâmica espacial da evolução do uso e ocupação do solo, sobretudo a ocupação urbana, através de modelos qualitativos e quantitativos para a representação dos cenários evolutivos no uso e ocupação de solo do município de Piracaia – SP, para os anos de 1982, 1990, 2000, 2010 e 2020.
- Analisar as condicionantes ambientais previstas nas políticas locais e regionais (Plano Diretor do município de Piracaia – SP e Plano de Manejo da APA do Sistema Cantareira), com base no diagnóstico realizado na etapa anterior, para verificar sua eficácia para a proteção e sustentabilidade dos mananciais inseridos no município de Piracaia – SP.
- Desenvolver três propostas de cenários futuros tendo como eixo de desenvolvimento a manutenção dos vetores de crescimento da ocupação urbana diagnosticada, esses cenários representarão as tendências para os anos de 2040 e 2060. Um terceiro cenário (conservador) representará as condicionantes ambientais segundo a legislação vigente (Municipal, Estadual e Federal) para a proteção ambiental da região de estudo.
- Recomendar medidas de proteção e monitoramento para a sustentabilidade dos mananciais do município de Piracaia – SP, considerando os resultados obtidos nas etapas anteriores.

3 JUSTIFICATIVA

Os elementos fundamentais desta dissertação de mestrado consistem no enfrentamento do desafio do crescimento urbano com sustentabilidade, qualidade hídrica e segurança dos mananciais para o abastecimento dos sistemas de tratamento de água. Para isso foram utilizadas metodologias interdisciplinares para a geração de conhecimento, resultados e formulação de propostas para modelos de uso e ocupação de solo que deem respostas às necessidades da população por qualidade de vida, na forma mais eficaz e eficiente, gerando modelos de cidades seguras e resilientes.

Nesse contexto, a análise da problemática que decorre do descontrole nos fenômenos do crescimento urbano, sobretudo do uso e ocupação do solo em regiões sensíveis, da sobrecarga na capacidade de suporte dos serviços ecossistêmicos que afetam a sustentabilidade ambiental nas regiões periurbanas, tiveram poucas iniciativas de pesquisa e, merecem a mesma relevância que se confere às regiões com urbanização consolidada, que em origem foram, em algum momento, regiões periurbanas conforme a dos mananciais inseridos na região político-administrativa do município de Piracaia – SP.

Este trabalho pretende alertar para a necessidade da implementação de governança ambiental, em tempo adequado, a fim de evitar riscos à saúde pública e possíveis ações desconexas da gestão pública e, seu eterno consertamento significativamente mais custoso para a gestão dos sistemas de abastecimento público, como aconteceu nos mananciais da Capital paulista, sobretudo nas regiões das represas Guarapiranga e Billings (TAGNIN, 2005).

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

A Organização das Nações Unidas (ONU) acompanha o fenômeno da concentração da população em regiões urbanas do planeta com o projeto *World Urbanization Prospect*, na edição denominada *World Urbanization Prospect: The 2018 Revision* que demonstra que 55% da população mundial reside em áreas urbanas e que as regiões que mais concentram pessoas vivendo dessa forma são a América do Norte com 82% da população, depois a América Latina e Caribe 81%, Europa com uma concentração de 74% e na Oceania 68% da população reside em áreas urbanas.

No Brasil segundo os dados da Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílio (PNAD) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano 2015 a concentração de população em áreas urbanas era de 84,75%, na região sudeste do país a concentração populacional registrava 93,14% das pessoas vivendo em regiões urbanas (PNAD, 2015). Essa dinâmica no modo de vida, transição do meio rural os centros urbanos, teve origem no significativo crescimento demográfico das décadas 1960 (36,7%), 1970 (33,1%) e 1980 (28,2%) e, em outra vertente, no processo de industrialização do país que se intensificou no mesmo período gerando oportunidades de trabalho nos centros urbanos enquanto que novas tecnologias e maquinário substituíram a necessidade de mão de obra intensiva no campo.

Esses fenômenos deram causa a um processo migratório em busca de melhores oportunidades de emprego e conforto, todavia, o planejamento urbano não acompanhou a velocidade do desenvolvimento dessa dinâmica socioeconômica, gerando pressões sobre a ocupação do solo e pressão insustentável sobre os recursos naturais. Como consequências sobrevieram impactos negativos na qualidade dos serviços dos sistemas de abastecimento de água tratada e da coleta e tratamento do esgoto, uma vez que a implementação desses empreendimentos não conseguiu acompanhar a demanda por esses serviços (VIERIA & MORAIS, 2005).

Assim, o fornecimento de água para consumo humano vem enfrentando, faz algumas décadas, enorme pressão entre a capacidade de produção de água pelos mananciais e a demanda dos consumidores, sobretudo nas regiões metropolitanas.

Fatores de diversas ordens influenciam neste processo que se estabelece desde a qualidade da água bruta disponível nos mananciais até a velocidade na qual se consolidam os assentamentos urbanos, que por muitas vezes avançam sobre as áreas protegidas pela legislação para a produção de água para abastecimento público (CARMO, 2005; LICCO, 2005), esse fenômeno está ocorrendo com os mananciais situados na região administrativa do município de Piracaia – SP o que pode aumentar o risco à saúde pública da população abastecida pelas águas desse sistema produtor.

4.1.1 Processo de urbanização e possíveis eventos adversos para a saúde pública e ambiental

A preocupação com os efeitos na saúde provocados pelas condições ambientais esteve presente desde a antiguidade. O binômio saúde/meio ambiente foi relatado por Hipócrates (460 a.C – 377 a.C) em sua obra “Ares, águas e lugares” destacando a influência de fatores ambientais para o diagnóstico e tratamento das doenças, recomendando atenção para os efeitos dos eventos climáticos, meteorológicos e observação às exposições para as substâncias presentes no ambiente de convivência (CAIRUS & RIBEIRO, 2005). A partir dos séculos XVIII e XIX, os problemas ambientais começaram a ser associados à saúde pública devido às condições de vida e de trabalho com a intensificação dos processos de industrialização e conseqüente urbanização, sobretudo no Ocidente.

Atualmente, as cidades materializam as mudanças causadas pelos sistemas político-econômicos com suas altas densidades populacionais provocadas em grande medida pelo êxodo rural acentuado entre os séculos XIX e XX e, o novo fenômeno dos meios de produção em face das tecnologias de informação associadas às automatizações eletromecânicas que agora tem substituído mão de obra nas cidades.

Mais recentemente, sobretudo para o extrato econômico denominado “classe média/alta” a pandemia COVID 19 fortaleceu a busca/aquisição de imóveis situados em ambientes com paisagem e recursos naturais disponíveis (vegetação e água em regiões periurbanas), características muito comuns aos condôminos residenciais classificados como empreendimentos de “alto padrão” que tiveram grande expansão

nos lançamentos na região objeto desta pesquisa, mais especificamente, na orla dos reservatórios Jaguari e Jacaréí.

DORADO (2017) entende que processos que alteram as paisagens e diversidade biológica tornaram-se desafios dentro da lógica da sustentabilidade pois aumentam a pressão sobre os serviços ambientais, gerando o questionamento sobre a irreversibilidade na deterioração desses sistemas ecológicos. Na mesma linha de pensamento, FREITAS et al. (2019) apresenta que o desenvolvimento econômico, social e tecnológico das cidades e suas franjas de expansão urbana geraram impactos sobre o meio ambiente que colaboraram para a intensificação do processo das mudanças climáticas, gerando agravos à saúde pública e ambiental.

A saúde ambiental, antes relacionada quase que exclusivamente ao saneamento e a qualidade da água, incorporou outras dimensões que envolvem poluição química, pobreza, equidade, condições psicossociais e sistemas de governança que possam garantir, ou pelo menos oportunizar, expectativa de vida saudável. A Organização Mundial de Saúde (OMS,1993 – apud RIBEIRO, 2004) avançou nesse conceito ampliado e definiu saúde ambiental como *“todos os aspectos da saúde humana, incluindo a qualidade de vida, que estão determinados por fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e psicológicos no meio ambiente. Também se refere à teoria e prática de valorar, corrigir, controlar e evitar aqueles fatores do meio ambiente que, potencialmente, possam prejudicar a saúde de gerações atuais e futuras”*.

Em evolução dessa linha de pensamento abrangente sobre o conceito de saúde ambiental PAGANINI, BOCCHIGLIERI, PITOMBO (2023) avançam no tema da saúde pública apresentando o contexto de saneamento, saúde e meio ambiente como elementos inter-relacionados, dependentes e indissociáveis. Essa idéia/conceito que é a saúde ambiental colaborando para robustecer a saúde pública (instância maior dessa escala) guarda estreita relação com o objeto de pesquisa desta dissertação, haja vista que o avanço da ocupação urbana e outras formas de antropização do ambiente (agricultura, mineração, industrialização), sem atendimento aos pressupostos da legislação que regulam essas atividades econômicas, causam perturbações nos ecossistemas quebrando o equilíbrio dos ciclos essenciais da vida, os ciclos biogeoquímicos, que são responsáveis pela perenidade dos serviços ecossistêmicos.

Os mesmos autores citados no parágrafo anterior, de forma muito oportuna e didática discorrem sobre os conceitos de poluição e contaminação das águas sob o ponto de vista ecológico, em breve relato, a poluição pode ser atribuída a qualquer alteração da composição e das características da água que cause perturbação no ecossistema, em continuidade, os autores evoluem para o conceito de contaminação *que “está associado ao lançamento à água de elementos que sejam nocivos à saúde do homem ou dos animais e vegetais que consomem essa água, independente de estes viverem ou não no ambiente aquático”* (PAGANINI, BOCCHIGLIERI, PITOMBO, 2023). Duas observações complementares são acrescentadas pelos autores: a ação direta de microrganismos patogênicos e ou a produção, por estes, de substâncias tóxicas nocivas ao homem ou aos animais aquáticos, e a presença de elementos ionizantes e radioativos também são classificados como contaminantes da água.

Outro fenômeno que afeta a saúde ambiental e tem vínculo com o processo de antropização do ambiente: aumento da população que produz despejos diretos de efluentes domésticos nos corpos d'água, da produção agrícola regional sem observação das boas práticas para o processo produtivo, da atividade industrial com despejos ou emissões irregulares, alguns casos de mineração ou atividades minerária e, de forma significativa, a poluição difusa (poluentes de várias origens depositados ao longo do tempo que são carregados desde o ar ou do solo para os corpos hídricos) colaboram para a eutrofização da águas que é o crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, a níveis tais que sejam considerados como causadores de interferências com os usos desejáveis do corpo hídrico ocasionada pelo excesso de nutrientes, sobretudo nitrogênio e fósforo (THOMANN & MUELLER, 1987).

Nesse contexto de intervenções de toda a sorte sobre o ambiente, o desafio da gestão da saúde ambiental para áreas urbanas e periurbanas, sobretudo às regiões submetidas a processos que degradem a qualidade ambiental, está em propor políticas de desenvolvimento, com governança ambiental, que viabilizem a prática de soluções tecnológicas, instalações físicas e ações socialmente adequadas para produzir cidades mais saudáveis e resilientes, foco central desta pesquisa que busca contribuir para a construção de um olhar interdisciplinar, integrado e contextualizado sobre as dimensões de saúde e meio ambiente em uma perspectiva de traçar medidas mitigadoras para esses problemas gerados pela antropização dos

territórios e suas consequências sobre a saúde pública, bem como dos outros seres vivos que habitam a região e dependem dos serviços ecossistêmicos ali produzidos.

4.1.2 O Plano Diretor como instrumento de planejamento físico territorial

O Plano Diretor é um dos instrumentos legais que integram o gerenciamento municipal, tem foco no planejamento dos aspectos físicos territoriais, portanto, deve contemplar toda a área do município e ser o instrumento básico da política de desenvolvimento urbano e rural (BRASIL, 2001). Segundo o *caput* do artigo 182 da Constituição Federal “*A política de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes.*” Em complemento, o inciso primeiro do mesmo artigo constitucional, grava a obrigatoriedade do Plano Diretor para cidades com mais de vinte mil habitantes e que seja aprovado pela Câmara Municipal; No inciso segundo incumbe ao município a definição de exigências que fundamentem a ordenação da cidade e delineiem o cumprimento da função social da propriedade urbana (BRASIL, 1988).

Já a Lei Federal nº 10.257/2001 conhecida como Estatuto da Cidade avança no regramento para elaboração de planos diretores e grava novas exigências que estão estabelecidas no texto do Artigo 40 - “*O plano diretor, aprovado por lei municipal, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana.*”

§ 1º *O plano diretor é parte integrante do processo de planejamento municipal, devendo o plano plurianual, as diretrizes orçamentárias e o orçamento anual incorporar as diretrizes e as prioridades nele contidas.*

§ 2º *O plano diretor deverá englobar o território do Município como um todo.*

§ 3º *A lei que instituir o plano diretor deverá ser revista, pelo menos, a cada dez anos.*

§ 4º *No processo de elaboração do plano diretor e na fiscalização de sua implementação, os Poderes Legislativo e Executivo municipais garantirão:*

I – a promoção de audiências públicas e debates com a participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade;

II – a publicidade quanto aos documentos e informações produzidos;

III – o acesso de qualquer interessado aos documentos e informações produzidos.”

Em complemento, o Estatuto da Cidade dispõem no seu artigo 41 sobre outras condições nas quais os municípios necessitarão elaborar planos diretores e no artigo 42 é apresentado o conteúdo mínimo para a elaboração de um plano diretor.

O município de Piracaia (SP) promulgou seu Plano Diretor em 25 de julho de 2007 por meio da Lei Complementar nº 45/2007, que declarou no Título I – Disposições Gerais do Plano Diretor, Capítulo II – Dos Objetivos, no artigo quarto elenca os objetivos do seu Plano Diretor:

- I - ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade;*
- II - identificar as efetivas potencialidades do Município e estabelecer estratégias para o seu desenvolvimento;*
- III - explicitar as diretrizes do desenvolvimento e da expansão urbana;*
- IV - garantir condições que assegurem o bem-estar da população do Município, proporcionando um meio ambiente saudável, agradável, que garanta ao cidadão usufruir seus direitos básicos garantidos pela Constituição Federal;*
- V - distribuir os usos e intensidades de ocupação do solo urbano de forma compatível com o meio ambiente, a infraestrutura, a vizinhança e as funções sociais da cidade como um todo, assegurando equilíbrio entre os espaços abertos e os construídos;*
- VI - distribuir de forma justa os benefícios e ônus do processo de urbanização;*
- VII - regularizar a produção, construção e utilização do solo urbano e rural;*
- VIII - preservar e recuperar o patrimônio paisagístico, arquitetônico, o acervo histórico e cultural do Município;*
- IX - ampliar as possibilidades de acesso à terra urbana e a moradia, para as populações de média e baixa renda:*
 - a) os programas habitacionais para a população de baixa renda deverão seguir os seguintes critérios:*
 - só poderá se cadastrar e participar do referido programa o munícipe que comprovadamente resida no município há mais de 7 (sete) anos e cujos integrantes da unidade familiar não possuam nenhum imóvel em qualquer localidade;*
 - somente poderá participar do referido programa a família cuja renda não ultrapasse 5 (cinco) salários mínimos;*
 - deverá ser efetuado cadastro único dos indivíduos contemplados junto ao programa habitacional para evitar a efetivação e impedir a contemplação ou o benefício mais de uma vez;*
- X - otimizar os deslocamentos entre locais de trabalho e habitações, entre os bairros, e entre estes e o centro da cidade;*
- XI - integrar a iniciativa privada aos processos de transformação do Município.”*

Focando nos temas tratados no Plano Diretor Municipal que possuem vínculo direto com essa pesquisa, no Título III, Capítulo I – Do Meio Ambiente possui dez artigos com significativa abrangência de temas, no artigo 28 apresenta que a Política de Meio Ambiente articula-se com as diversas políticas de gestão e proteção ambiental municipal, no artigo 29 estabelece as diretrizes da Política Ambiental de Piracaia, passando por temas importantes como o estabelecimento do zoneamento ambiental compatíveis com as diretrizes para ocupação do solo, controle do uso e da ocupação do solo nos mananciais, a recuperação e o aumento das áreas verdes, a minimização dos impactos negativos originados pelas atividades minerárias, o controle da poluição da água e da contaminação do solo e subsolo, da preservação e o reflorestamento das matas ciliares entre outros temas importantes.

No artigo 30 são apresentados os objetivos da Política de Meio Ambiente Municipal são listados onze objetivos diretos sendo que alguns são desdobrados em objetivos indiretos que avançam em detalhamento sobre os primeiros, como são muitos e reconhecidamente importantes, sinteticamente, pode-se chamar a atenção para a presença do interesse (objetivo primeiro) em preservar, proteger e recuperar o meio ambiente e a paisagem urbana, preservar as bacias hidrográficas dos mananciais compatibilizando ações de proteção e preservação com o desenvolvimento econômico e com o uso e a ocupação do solo, preservação, proteção, recuperação e implantação de área de cobertura vegetal em cabeceiras de drenagem por meio do estabelecimento de programas de recuperação próprios ou oriundos de parcerias com a iniciativa privada (utilizando incentivos fiscais e tributários), provendo a gestão participativa (menciona governo estadual, municipal e sociedade civil) a fim de preservar e despoluir os Rios Cachoeira e Atibainha e demais rios presentes no território municipal.

No artigo 31 são constituídas as Áreas de Preservação Permanente (APP), estabelecendo larguras mínimas em projeção horizontal no entorno da faixa marginal medida, a partir do nível mais alto dos limites dos leitos dos cursos d'água, com largura mínima de trinta metros para cada uma das margens do Rio Cachoeira, Rio Atibainha e demais cursos d'água existentes dentro dos limites municipais; Para as nascentes, ainda que intermitentes, APP em faixa de raio mínimo de cinquenta metros em torno das nascentes ou "olho d'água"; Para os lagos e lagoas naturais metragem mínima de trinta metros para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas e cem metros para as que estejam em áreas rurais, fazendo

exceção aos corpos d'água com até vinte hectares de superfície cuja faixa de proteção será em raio de cinquenta metros. Ainda estabelece APP para lagos e lagoas artificiais em faixa mínima de trinta metros para os que estejam em áreas urbanas consolidadas e de cem metros para as áreas rurais ou com restrição à urbanização. Por fim, estabelece APP para as áreas inundáveis dos córregos e planícies aluvionais compreendidas no perímetro urbano do município.

O artigo 32 versa sobre intervenções em APP, proibindo a remoção de cobertura vegetal (exceto as autorizadas pelo poder público estadual), proíbe também o reflorestamento com espécies de eucaliptos e gramíneas, faz clara menção para que a recomposição em regiões degradadas seja realizada com plantas nativas.

Do artigo 33 até o 39 o tema tratado é a constituição da APA Piracaia e demais providências de gestão da Unidade de Conservação em relação ao uso e ocupação do solo. No artigo 33 é apresentado que o território municipal de Piracaia está contido por outras APAs de regimento estadual, daí o poder público piracaense resolveu criar a APA Piracaia sob a determinação de proteger e conservar a qualidade ambiental, os sistemas naturais e a qualidade de vida da população local.

Os artigos 34 e 35 discorrem sobre a regulamentação das atividades econômicas no âmbito da APA, sugerem o zoneamento ecológico-econômico para disciplinamento das atividades nas áreas rurais, além da adoção de boas práticas conservacionistas para a proteção do solo, água e ar e belezas cênicas. Estabelece que para atividades industriais potencialmente poluidoras será exigido licença ambiental baseada na lei 6.938/1981 e licença especial emitida pela entidade administradora da APA Piracaia.

Os artigos 36 e 37 disciplinam sobre projetos de urbanização no âmbito municipal, institui que nenhum empreendimento poderá ser implantado sem autorização da entidade administradora da APA Piracaia e, se em área rural necessitarão de aprovação no INCRA, consta no Plano Diretor a exigência mínima de:

- “a) implantação de sistema de coleta e tratamento de esgoto;*
- b) lotes de tamanho mínimo suficiente para o plantio de árvores em, pelo menos, 20% (vinte por cento) da área do terreno;*
- c) programação de implantação de áreas verdes, com o uso de espécies nativas;*

d) o arruamento deverá ser feito em topografias com, no máximo, 10% (dez por cento) de inclinação.”

Por fim, os artigos 38 e 39 tratam de sistemas de gestão operacional e vigilância na APA Piracaia.

O Plano Diretor de Piracaia evolui por diversos temas como recursos hídricos, saneamento, drenagem urbana, gestão de resíduos sólidos que possuem vínculo com essa pesquisa, não obstante a importância desses temas, eles serão tratados no contexto conjuntural quando tiverem interseção com as questões relativas as políticas de desenvolvimento urbano de Piracaia.

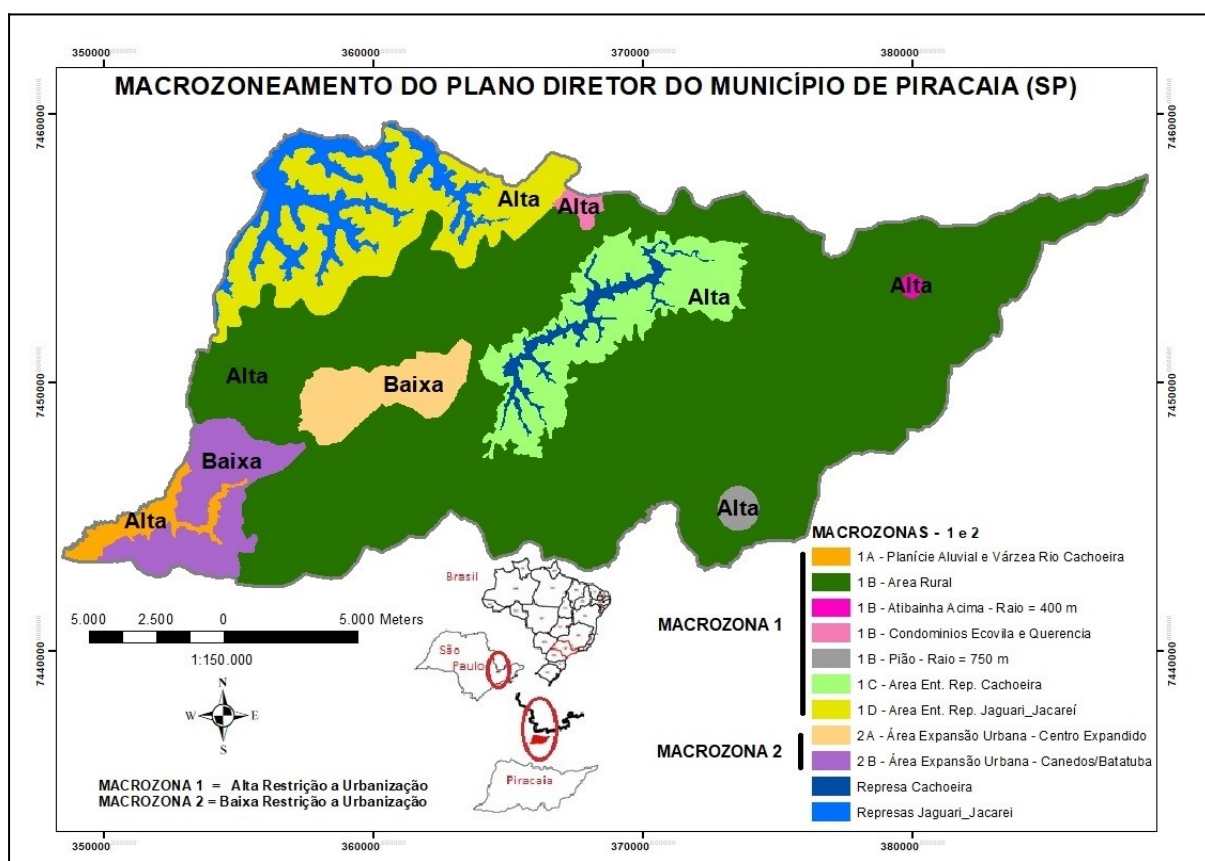
Segundo o Plano Diretor são objetivos estratégicos para a promoção do desenvolvimento urbano a consolidação do município como polo de serviços de turismo e lazer, bem como, atrair empresas de que operam com alta tecnologia a fim de estimular a expansão empresarial gerando oportunidades de emprego e renda para os habitantes. A gestão municipal tem claro que para conseguir esses objetivos necessitará de apoio de outras instituições públicas e privadas para constituir um programa permanente de capacitação para a força de trabalho piracaense.

Também são reconhecidos como objetivos estratégicos do Plano Diretor o controle do adensamento habitacional, a urbanização de áreas com ocupações irregulares (favelas e áreas invadidas) em regiões nas quais a implantação de tecnologias seja possível e, controlar focos de ocupação em áreas impróprias para a urbanização como as de preservação dos mananciais e dos recursos hídricos, também nas áreas com potencial risco geológico.

Pelo apresentado, a concepção do Plano Diretor está fundamentada na ideia da conservação e proteção dos recursos ambientais naturais (vegetação, recursos hídricos, beleza cênica, solo e qualidade de ar), sem abrir mão de políticas de desenvolvimento como a geração de emprego/renda e expansão dos processos de ocupação urbana, para isso a gestão municipal subdividiu o território em três categorias: Área Urbana e de Expansão Urbana, Área Rural e Área de Proteção Ambiental do Entorno da Represa Cachoeira, cabe observar que não há menção sobre Área de Proteção Ambiental no Entorno das Represas Jaguari e Jacareí, essa região foi incluída na área de Expansão Urbana, fato que parece fragilizar o processo de proteção ambiental anunciado como objetivo número um do Plano Diretor. Esses três compartimentos de uso de solo foram organizados em duas

categorias territoriais: Macrozona 1 - Macrozona com Alta Restrição à Urbanização e Macrozona 2 - Macrozona com Baixa Restrição à Urbanização, a espacialização das macrozonas está representada na figura 1.

Figura 1 - Representação das classes do Macrozoneamento do Plano Diretor de Piracaia (SP).



Fonte: Elaboração do autor com dados do Plano Diretor de Piracaia (SP).

O artigo 61 do Plano Diretor subdivide a Macrozona 1 – Alta Restrição à Urbanização em quatro subcategorias que remetem aos tipos de uso e ocupação de solo permitidos, a variação se dá entre tipologias (A até D):

- Tipo 1 (A) – Várzeas ou Planícies Aluviais – Regiões com processos sazonais de enchentes que precisam obedecer diretrizes específicas para ocupação: baixíssimas taxas de ocupação e impermeabilização do solo e que não impliquem em assentamentos permanentes de população, excetuando as áreas já ocupadas na

promulgação da Lei, que serão submetidas a estudos e projetos específicos para reurbanização a fim de evitar os prejuízos decorrentes das inundações periódicas a que se encontram sujeitas.

- Tipo 1 (B) – Áreas de Proteção a Mananciais – Zona Rural - Correspondente a área rural do município, constituída pela totalidade do território municipal, excluídas as áreas de células urbanas que são representadas pela categoria 2 (Macrozona om Baixa Restrição à Urbanização);
- Tipo 1 (C) - Áreas de Proteção a Mananciais – Área de Preservação Ambiental - Corresponde a Zona Especial de Preservação Ambiental (ZEPA) no entorno da Represa Cachoeira, no documento recebeu a denominação de Parque Cachoeira;
- Tipo 1 (D) – Áreas de Proteção a Mananciais - Corresponde a área do entorno da Represa Jaguari e Jacareí que no artigo 62, alínea b condiciona a urbanização dessa região ao adequado equacionamento da coleta e disposição dos esgotos, através de sistemas de tratamento individuais para os terrenos com mais de 1.000m² , ou de sistemas coletivos que exportem os efluentes para fora da bacia de captação ou cujos efluentes sofram tratamento de nível adequado para o respectivo lançamento nos corpos d'água da bacia, sem prejuízo da qualidade de água captada.

O artigo 63 do Plano Diretor discorre sobre a Macrozona 2, denominada Macrozona com Baixa Restrição à Urbanização, o artigo define essas regiões como porções do território municipal cujas características físicas são favoráveis à instalação de assentamentos urbanos, ressalvadas as áreas definidas como de preservação permanente. Correspondem espacialmente aos núcleos urbanos dos bairros Pião, Canedos-Batatuba, Atibainha Acima, Bairro da Eco Vila Clareando, Centro Expandido de Piracaia e a Área do Entorno da Represa Jaguari-Jacareí, atribuindo a legislação que essas áreas são passíveis de receber incremento na urbanização a curto e médio prazo em decorrência da Prefeitura Municipal de

Piracaia e suas concessionárias operarem nas regiões, podendo atender, no âmbito dos seus projetos vigentes, à demanda de obras e serviços necessários para as atividades urbanas nelas previstas.

Ressalva também a legislação (artigo 67) que caberá ao responsável pelo empreendimento imobiliário a ser licenciado em Áreas de Expansão Urbana arcar com o custeio da instalação da rede de serviços de infraestrutura no local (eletricidade e rede de abastecimento e coleta de esgoto), bem como, com os custos das suas extensões até as conexões com as redes de serviço existentes, outro requisito é observar as boas práticas construtivas a fim de possibilitar a maior infiltração de águas pluviais no solo evitando a formação de processos erosivos.

O artigo 68 retoma foco na Macrozona 1 - Alta Restrição à Urbanização e discorre sobre a classe de zoneamento Área Rural, destinada principalmente as atividades agrossilvopastoris que devem adequar-se a preservação da qualidade e integridade dos córregos e nascentes que contribuem para o abastecimento das represas. Não obstante estarem classificadas como Áreas Rurais podem, também, receber equipamentos urbanos isolados, todavia exige que os loteamentos residenciais e demais empreendimentos tenham sistemas próprios para coleta e tratamento de esgotos e que estes sejam aprovados pelo poder municipal (artigo 82, inciso III).

Por fim, as Zonas Especiais de Preservação Ambiental (ZEPA) visam garantir a manutenção de áreas especialmente necessárias a existência do patrimônio ambiental a ser preservado, são destinadas a implantação de usos que garantam a manutenção de superfícies permeáveis e com baixíssimos índices de ocupação que permitam a proteção dos atributos ambientais, corredores verdes e azuis a fim de produzir a conectividade ecológica. São usos permitidos: parques públicos, instituições públicas de pesquisa ambiental ou empreendimentos privados de turismo e lazer como clubes recreativos. No Plano Diretor são mencionados como representantes dessa categoria o Parque Ecológico Municipal e sua zona de expansão ao longo da APP do Rio Cachoeira (ZEPA I); A ZEPA II – Parque Municipal da Represa Cachoeira que compreende desde as margens da Represa Cachoeira até a estrada que a contorna, é permitido a instalação de instituição pública de pesquisa ambiental que propicie áreas de visitação e implantação de projetos educacionais e outras práticas de cunho preservacionista e pesquisa

científica. Por fim, as Reservas Ambientais Dispersas (ZEPA III) compostas pela Área do entorno do Canal de Desemboque entre a Represa Cachoeira e a Represa Atibainha, a Mata do Santo Cruzeiro, a Mata do Jardim Monte Cristo e a Mata da Boa Vista são regiões extensas de mata nativa que o município protege com a finalidade de preservar a biodiversidade ali existente. Nessa classe de zoneamento não são permitidos loteamentos urbanos (artigo 88 do Plano Diretor).

4.1.3 Plano de Manejo, instrumento de gestão para as UC

A Lei Federal nº 9.985/2000 que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) estabeleceu no inciso XVII do segundo artigo que o Plano de Manejo é um documento técnico mediante o qual, com fundamentos nos objetivos de uma Unidade de Conservação (UC) deve ser estabelecido seu zoneamento e demais normas que presidem o uso da área e o manejo dos recursos naturais ali existentes, inclusive, pode propor a implantação de estruturas físicas necessárias a gestão da UC. A mesma legislação federal definiu as Áreas de Proteção Ambiental (APA) como Unidade de Conservação de Uso Sustentável que são caracterizadas por extensas áreas constituídas por terras públicas e privadas que apresentam certo grau de ocupação humana, dotada de atributos bióticos, abióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e bem-estar das populações humanas.

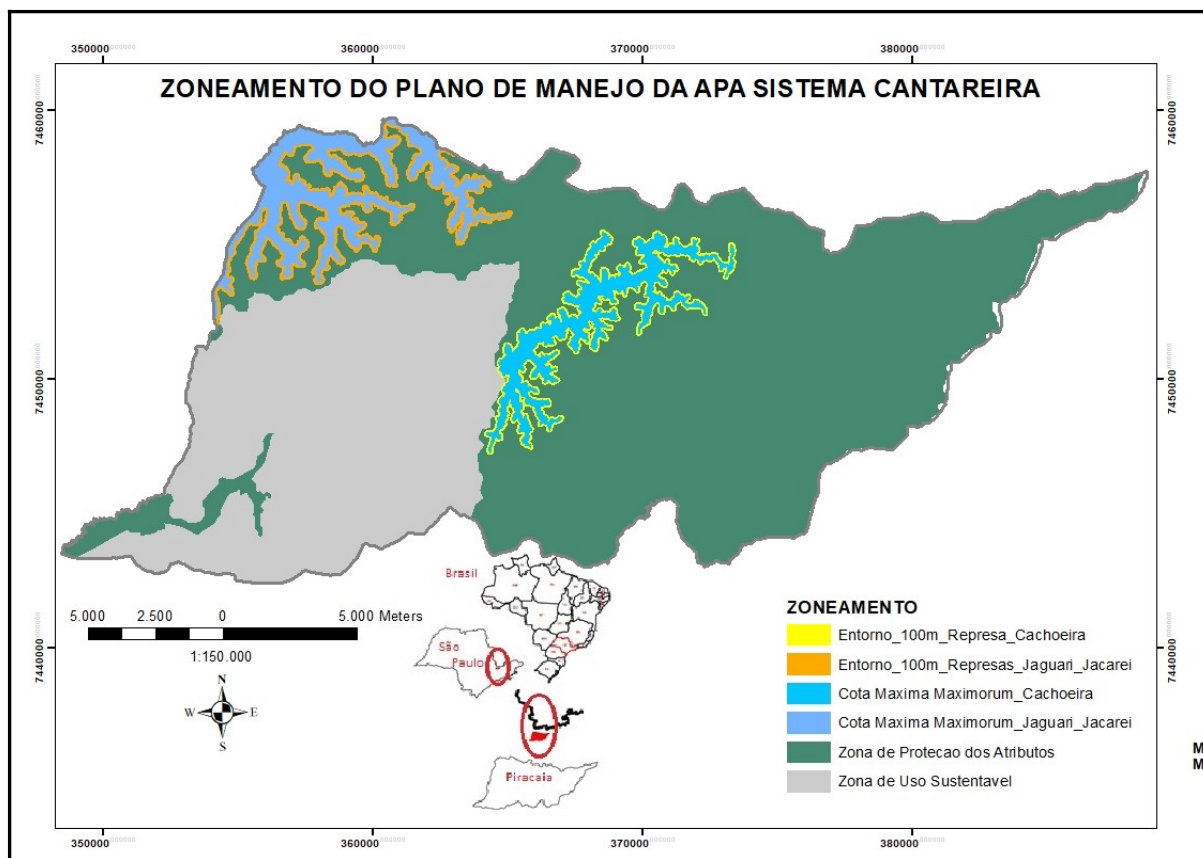
A instituição das APAs têm como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, os recursos hídricos e a paisagem, disciplinando o processo de ocupação e assegurando a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. Para a gestão desse tipo de UC deverá ser instituído um Conselho Gestor composto por representantes dos órgãos públicos, das organizações da sociedade civil e da população residente, a presidência do Conselho Gestor caberá ao órgão responsável pela administração da APA (BRASIL, 2000).

No estado de São Paulo a Lei nº 10.111/1998 instituiu a Área de Proteção Ambiental Sistema Cantareira (SP) que se estende sobre terras públicas e privadas dos municípios de Mairiporã, Atibaia, Nazaré Paulista, Piracaia, Vargem e Bragança Paulista, possui área de 254.027,50 ha, inserida nas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 5 (Piracicaba, Capivari e Jundiaí) e UGRHI 6 (Alto Tietê), podendo ser acessada pelas Rodovias Fernão Dias e Dom Pedro I.

Em 14 de outubro de 2020 o Governo do Estado de São Paulo promulgou o Decreto número 65.244 que aprovou o Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira elencando como objetivos da UC: Assegurar a sustentabilidade dos recursos hídricos representados pelas sub-bacias do Juqueri, Jaguari e Atibaia, com especial foco no abastecimento público de água de qualidade fornecido pelos reservatórios da UC; Compatibilizar o desenvolvimento dos municípios e das atividades econômicas com a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais da APA; Conservar a diversidade biológica entre a Serra da Cantareira e a Serra da Mantiqueira.

O zoneamento da APA Sistema Cantareira foi delimitado cartograficamente em escala 1:50.000 atendendo a critérios técnicos como relevo, hidrografia, UCs de proteção integral existentes no perímetro delimitado, existência de áreas urbanizadas e presença de patrimônio histórico-cultural. Foram estabelecidas três classes de zoneamento que serão detalhadas a partir do próximo parágrafo: Zona de Uso Sustentável (ZUS), Zona de Proteção de Atributos (ZPA) e Zona de Proteção Especial (ZPE). No Plano de Manejo da APA existe também a previsão do desenvolvimento de projetos pontuais que acontecerão em áreas específicas que receberam três titulações: Área de Interesse para Recuperação (AIR), Área de Interesse Histórico-Cultural (AIHC) e Área de Interesse para a Conservação (AIC). Como o termo remonta, áreas são porções territoriais que podem ser destinadas a implantação de programas e projetos prioritários (para a gestão da UC), portanto, dentro das três classes de zoneamentos acima apresentadas poderão ser estabelecidos projetos pontuais em áreas de interesse que serão declaradas conforme a tipologia da ação e tempo de desenvolvimento (Governo do Estado de São Paulo, 2020), a figura 2 representa as classes de zoneamento da APA sistema Cantareira.

Figura 2 - Representação do zoneamento da APA Sistema Cantareira no limite municipal de Piracaia (SP).



Fonte: Elaboração do autor com dados do Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira.

A Zona de Uso Sustentável (ZUS) abrange cerca de 44,41% da UC, o uso do solo e ocupação são diversificados entre áreas agrícolas, pastagens, pontos com lavras de mineração e partes dos núcleos urbanos dos municípios de Bragança Paulista, Mairiporã e Atibaia, já no município de Piracaia a inserção do núcleo urbano consolidado é completa. O objetivo geral desta classe de zoneamento é compatibilizar os diferentes usos existentes minimizando os impactos negativos sobre os recursos ambientais, como objetivos específicos são apresentados no Plano de Manejo da APA:

- *“Conciliar qualquer atividade humana com os objetivos da Unidade de Conservação;*
- *Fomentar a adoção de boas práticas e o manejo adequado ao desenvolvimento de qualquer atividade produtiva;*
- *Incentivar a recuperação e conservação da cobertura florestal e recuperar áreas degradadas;*

- *Subsidiar os municípios na elaboração das políticas públicas que tratam do uso e ocupação do solo de forma a compatibilizarem com as especificidades ambientais da Unidade de Conservação.”*

Para essa classe de zoneamento foram estabelecidas normas específicas para parcelamento de solo e loteamentos que devem observar a legislação vigente e utilizar boas práticas de projeto que permitam maior infiltração de água no solo, recomposição da vegetação com espécies nativas e instalação de sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgotos em conformidade com as regras municipais e ou das concessionárias. Nas áreas urbanas já consolidadas devem ser estabelecidos programas de melhorias e ampliação na rede de coleta e tratamento dos esgotos, bem como, na eficiência da tecnologia utilizada. No caso de renovação de licenças ou novas obras de utilidade pública ou interesse social devem ser instaladas medidas para controle para tráfego de produtos perigosos (bacias de retenção para casos de vazamentos), medidas mitigadoras para impactos em fauna silvestre e programas de educação ambiental, entre outras boas práticas, comuns neste tipo de prestação de serviço.

Já as atividades agrossilvopastoris devem utilizar práticas para conservação, uso e manejo de solo e água para evitar a instalação de processos erosivos, compactação de solo, utilização de queimadas, evitar o uso de agrotóxicos, poluição e a destinação inadequada de resíduos gerados pelas atividades do empreendimento, entre outras boas práticas do setor produtivo.

Em caso de supressão de vegetação nativa, intervenções em APPs, quando permitidas pela legislação vigente, corte de árvores nativas isoladas e ou supressão de vegetação nativa e a compensação de Reserva Legal devem ser prioritariamente realizadas dentro da sub-bacia hidrográfica, no caso da recomposição acontecer fora dessa abrangência devem ser observadas as disposições legais para o caso.

A Zona de Proteção de Atributos (ZPA) abrange cerca de 50,70% da área da UC e corresponde a região onde estão concentrados os fragmentos de vegetação e corpos hídricos (atributos a serem protegidos), incluindo os quatro reservatórios de água que abastecem a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), parte das bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Nessa classe de zoneamento o relevo possui inclinações altas e muito altas com perigo de escorregamentos, o terreno declivoso dessa região conecta a Serra da Cantareira

com a Serra da Mantiqueira. Em termos de zoneamento e proteção essa é a região crucial para que se atinja os objetivos do zoneamento e do estabelecimento da APA Sistema Cantareira, são objetivos específicos dessa classe estabelecidos no Plano de Manejo:

- *“Proteger os recursos hídricos que contribuem para os reservatórios de abastecimento de água;*
- *Proteger e recuperar a flora e fauna nativa;*
- *Conservar os atributos naturais que conectam a Serra da Mantiqueira e Serra da Cantareira;*
- *Conservar a quantidade e qualidade dos recursos hídricos;*
- *Incentivar a adequação das atividades econômicas à conservação dos recursos hídricos e da biodiversidade.”*

Por ser crucial para o funcionamento da APA a Zona de Proteção de Atributos (ZPA) possui extensa normatização específica que vai desde proibição de cultivo, manejo, criação de elementos biológicos exóticos até a impossibilidade de realização de espetáculos pirotécnicos sonoros com utilização de fogos de artifício, evidente, não cabe juízo de valor, essas linhas serviram apenas para demonstrar a magnitude da preocupação que os técnicos que desenvolveram o plano de manejo dedicaram para a elaboração do trabalho, a síntese da normatização é apresentada na sequência, para mais detalhamento é aconselhado recorrer ao documento completo (Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira).

As obras, atividades e empreendimentos, incluindo os de utilidade pública e interesse social devem compatibilizar-se com os objetivos da ZPA implementando as boas práticas construtivas e mitigando impactos em beleza cênica, intervenções em fragmentos de vegetação nativa (inclusive em APP), dinâmica superficial de solos, emissões atmosféricas, ruídos e vibrações, proteção de fauna inclusive capacitando funcionários para evitar atropelamentos e pesca.

Não são permitidas o corte e a supressão de vegetação primária ou nos estágios médios e avançados de regeneração, excetuando-se casos de utilidade pública quando comprovada a inexistência de alternativa locacional. As atividades e empreendimentos minerários devem, o quanto possível, adequar-se aos objetivos estabelecidos para a ZPA e utilizar procedimentos de gestão compatíveis com a preservação ambiental. Quando do encerramento das atividades devem recompor, dentro do possível, a região da lavra com os elementos de solo estocados e

recobrimento de vegetação nativa, no plano de manejo existe significativo detalhamento para essas ações.

Para os cuidados com os recursos hídricos está indicado que nas intervenções e manutenções dos tanques de aquicultura devem possuir medidas mitigadoras para perdas de matéria orgânica e nutrientes, tratamento de efluentes e realizar monitoramento para PT, DBO, NT, N. Amoniacal, Nitrato, Nitrito, PH, condutividade elétrica, sólidos em suspensão e clorofila. Não sendo permitido a atividade de aquicultura em tanques nos reservatórios de abastecimento.

Um significativo avanço do Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira foi a delimitação da faixa de proteção permanente em cem metros no entorno de cada reservatório a partir da cota Máxima Maximorum e a aplicação das seguintes normas específicas nessa região:

“a) A cobertura vegetal deve ser mantida em, pelo menos, 80% (oitenta por cento) da faixa, devendo ser adotadas medidas de recuperação e manutenção, de modo a contribuir com sua recarga hídrica;

b) Os empreendimentos habitacionais não devem exceder a taxa de densidade populacional de 8 habitantes por hectare;

c) Não será permitido, para fins de implantação de empreendimentos habitacionais, o parcelamento do solo, em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento);

d) Não são permitidas atividades que gerem efluentes líquidos sanitários e industriais, exceção feita aos empreendimentos habitacionais e empreendimentos de atividades náuticas as quais se referem os itens b e f;

e) As atividades permitidas nos termos da alínea 'd', devem implantar, de forma particular e localizada, infraestrutura de captação de água e tratamento dos esgotos, conforme estabelecido nas normas NBR-7.229/1982, 7.229/1993 e 13.969/97, ou outras que vierem a substituí-las;

f) Os empreendimentos de atividades náuticas devem: (i) Implantar sistema de tratamento de efluentes; (ii) Manter cadastro atualizado das embarcações e proprietários; (iii) Manter programa de controle das encostas nos ancoradouros; (iv) Manter Alvará de funcionamento expedido pela Prefeitura; (v) Possuir Autorização ou Licenças Ambientais, conforme estabelecido pela Resolução SMA 102/103 ou norma que vier a substituí-la; (vi) Manter o cadastro atualizado, bem como Certificado de Regularidade expedido pela Marinha do Brasil, de acordo com a NORMAN n.03, ou norma que vier a substituí-la;

g) Não é permitido o uso de agrotóxicos e fertilizantes para atividade agropecuária intensiva;

h) Não é permitida a disposição de resíduos sólidos sem tratamento adequado, conforme disposto na legislação vigente;

i) A ampliação de empreendimentos ou atividades regularmente existentes na data de publicação deste decreto, só será admitida mediante a eliminação ou redução das desconformidades;

j) Não são permitidos novos empreendimentos de mineração e a ampliação dos já existentes;

Os empreendimentos contíguos à faixa do entorno dos 100 m a partir da cota Máxima Maximorum de que trata o inciso XXII devem observar as disposições das alíneas 'b', 'c' e 'l' do inciso XXII.

§ 1º - As disposições das alíneas 'a' e 'b' do inciso XXII deste artigo não se aplicam às edificações existentes e aprovadas até a edição deste Decreto.”

Por fim a Zona Sob Proteção Especial (ZPE) abrange aproximadamente 4,88% da área da APA e corresponde às Unidades de Conservação de Proteção Integral e as Terras Indígenas homologadas inseridas no perímetro da UC, tem como objetivo o reconhecimento e fortalecimento dos territórios protegidos que visam preservar os recursos naturais ali existentes, são UCs de uso indireto e possuem regramentos específicos que regem as suas gestões conforme orienta a Lei Federal 9.985/2000.

As disposições gerais do Plano de Manejo orientam que as ações necessárias para a implementação do zoneamento e programas de gestão previstas no Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira deverão ser executadas de forma integrada pelas instituições que compõem o Sistema Ambiental Paulista e seus parceiros, são eles:

- Programa de Manejo e Recuperação – Objetiva assegurar a conservação da diversidade biológica e as funções dos ecossistemas por meio de recuperação ambiental e manejo sustentável dos recursos naturais, especialmente nas APPs.
- Programa de Desenvolvimento Sustentável – Objetiva incentivar a adoção de alternativas sustentáveis de produção compatíveis com o atributo e com as demandas socioeconômicas da população.
- Programa de Interação Socioambiental – Objetiva estabelecer por meio das relações entre os diversos atores do território, os pactos sociais necessários para garantir o atingimento do objetivo superior da UC.

- Programa de Pesquisa e Monitoramento – Objetiva produzir e difundir conhecimentos que auxiliem a gestão da UC em suas diversas ações.
- Programa de Proteção e Fiscalização – Visa garantir a integridade física, biológica e cultura da UC.

4.1.4 Cenários evolutivos prospectivos

Na gramática da língua portuguesa os termos projeção e cenário são classificados como polissêmicos pois possuem diferentes interpretações dependendo do contexto no qual estão sendo empregados (PEREZ, 2022). Segundo GODET e DURANCE (2011) já nas reflexões de Aristóteles (384 a 322 a.C.) se encontrava a ideia de desenvolvimento de cenários, nos relatos do filósofo havia uma distinção sobre a causa eficiente (a que provoca o efeito) e a causa final (ou resultado) de um projeto ou ação.

Segundo consta do relatório da consultoria *EY-Building a Better Working World* (EY-BBWW, 2018) relativo a elaboração de cenários de ambiência externa e desenvolvimento econômico para o Estado do Ceará (Brasil), no quadro de comparação entre as características técnicas para a elaboração de projeções e cenários há indicação que o uso de projeções são mais adequadas quando o horizonte de ação está circunscrito ao médio e curto prazos (seis meses até um ano), haja vista que as projeções buscam quantificar indicadores e diagnosticar premissas quando as principais forças que determinam o ambiente se mantêm, em decorrência de se assentarem, principalmente, em índices e indicadores sujeitos a ajustes no mercado econômico. Em avanço, segundo a instituição citada, os cenários não podem ser tomados como previsões de futuro e sim como a articulação de possibilidades futuras com base em dados e experiências robustas e testadas que atendam a um determinado objetivo, como exemplo, o desenvolvimento econômico ou crescimento populacional de uma região ante um vetor de expansão territorial ou injeção de capital que dê oportunidade a geração de empregos e renda, a tabela 1 apresenta uma comparação entre as principais características dos cenários e das projeções.

Tabela 1 - Comparação entre características de métodos de cenários e projeções.

Características dos Métodos de Cenários	Características dos Métodos de Projeções
São hipóteses sobre o futuro	São predições sobre o futuro
São divergentes entre si	Consideram uma visão única do futuro
São construídos sobre uma visão sistêmica da realidade	São construídas sobre uma visão segmentada da realidade
Podem capturar mudanças substanciais do padrão atual	Não capturam mudanças substanciais no padrão atual

Fonte: Adaptado de EY-BBWW, 2018.

MASCARENHAS (2015) relata que as primeiras experiências com cenários prospectivos, como conhecemos hoje, datam do período da segunda guerra mundial, aproximadamente nos anos 1940, com desenvolvimentos americanos, alemães e franceses com vistas às estratégias militares. Fato emblemático no campo dos cenários prospectivos foram as pesquisas levadas a termo pelos físicos nucleares do “Manhattan Project” (embrião do programa nuclear americano) que estudaram os efeitos da acumulação e dispersão de energia a partir de células de hidrogênio, os resultados mais expressivos deste “cenário de tristeza e horror”, foram as detonações nucleares nas cidades de Hiroshima e Nagasaki no Japão (DAVIS, 1968 apud XIANG & CLARKE, 2003).

RINGLAND (2002) define que cenários são a representação de possíveis futuros que podem ser utilizados para orientar as decisões sobre investimentos e governança, na mesma linha SCHWARTZ (2000) propõem cenários como ferramentas para organizar e ordenar as percepções sobre ambientes futuros alternativos.

Segundo GODET (1993, 2000) um cenário prospectivo não é a realidade futura mas um meio para representar a possível evolução de um evento ou fenômeno na escala temporal, para isso, necessário se faz entender a situação atual, os vetores e dinâmicas que provocaram essa condição e articular essas forças de forma a descrever a passagem da situação atual, ponto de origem ou tempo zero, para a situação futura.

MAZZEO (2012) desenvolveu cenários (prospectivos) para a evolução de cidades europeias, o autor relata no desenvolvimento do trabalho a existência de etapas com dinâmicas diferentes no crescimento das cidades ao longo do período de estudo, essa abordagem pareceu adequada aos modelos de cenários que se pretendeu elaborar para a representação do fenômeno do crescimento urbano, “futuro”, do município de Piracaia (SP).

No trabalho, MAZZEO (2012), sugere a realização de uma etapa prévia para caracterização da dinâmica do processo evolutivo, essa caracterização propiciará significativo conhecimento sobre a dinâmica de desenvolvimento local e poderão ser observadas e definidas as principais variáveis que possuíram interferência para a geração do atual estado da arte, que será considerado o tempo zero da etapa futura, assim, com os resultados desse diagnóstico passar-se-á para a modelagem dos cenários futuros. O autor orienta que se elaborados vários vieses de cenários evolutivos prospectivos pode-se enfrentar dificuldades no entendimento das principais forças que impactam a paisagem, por esse motivo sugere que sejam desenvolvidos três cenários: um otimista denominado *Best Case*, outro pessimista denominado *Worst Case* e um intermediado denominado *Middle Case*, que representariam:

- *Best Case* – É um cenário que remete a quase perfeição (otimista), neste cenário o foco está na resolução dos principais problemas que atuam sobre o objeto de estudo, no caso de Piracaia (SP) esse cenário seria a representação do cumprimento da legislação que regula o uso e ocupação do solo promovendo a recuperação das regiões nas quais houve avanço sobre áreas protegidas ou eleitas como de alta prioridade de conservação;
- *Worst Case* – É um cenário que remete ao agravamento da atual situação (pessimista), neste cenário o desenvolvimento urbano de Piracaia (SP) avançaria, levando em consideração a maior intensidade de crescimento observada nos dados históricos, ou seja, seria um prosseguimento da tendência dos vetores de crescimento no seu pico de evolução e forma de desenvolvimento, em alguns momentos, ao sobrepasso da lei;

- *Middle Case* – É um cenário intermediário entre os anteriores que pode ser produzido considerando-se o valor da média representativa de crescimento da urbanização e atendimento aos ditames da legislação vigente para a instalação futura, todavia, sem recuperação de áreas atualmente ocupadas em sobrepasso da legislação. Neste cenário, na bacia hidrográfica das represas Jaguari e Jacareí a APP de cem metros a partir da cota máxima *maximorum* dos mananciais determinada pelo nas normas específicas do Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira seria respeitada para a distribuição das possíveis novas ocupações urbanas no entorno dos reservatórios.

Por fim, MAZZEO (2012) sugere que na etapa de análise dos cenários deverá ser atribuída pelo colegiado de avaliação uma maior ou menor probabilidade de ocorrência da encenação, que se traduz na quantificação da credibilidade para a concretização dos pressupostos apresentados, possibilitando a estimativa de um nível de risco associado a cada opção de cenário apresentada.

4.2 GEOPROCESSAMENTO E GEOTECNOLOGIAS

Para o desenvolvimento das atividades desta pesquisa a utilização das geotecnologias facilitaram a produção, análise, cruzamento e comparação de dados e dos fenômenos diagnosticados na paisagem, durante o lapso temporal proposto, possibilitando a interpretação do espaço geográfico com maior agilidade subsidiando o diagnóstico dos vetores de pressão e das condicionantes ambientais para a proteção da qualidade de água dos mananciais do município de Piracaia – SP.

O avanço tecnológico na área da informática contribuiu para consolidar o uso do termo geoprocessamento que, segundo CAMARA e MEDEIROS (1998), trata-se de uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas, influenciando de maneira crescente as mais variadas áreas do conhecimento, sobretudo a cartografia, a biologia, os transportes, as comunicações, a geração de energia, as análises dos recursos naturais, entre outros segmentos.

4.2.1 Sistemas sensores

A descoberta do processo fotográfico, no século XVIII foi, provavelmente, o passo mais significativo para a geração de mapas e demais processos cartográficos conforme a metodologia que conhecemos hoje. COUTINHO (1997, apud LILLESAND & KIEFER, 1994; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1986), retratou em seu trabalho da seguinte maneira: “...nascida no ano de 1839 com a descoberta do processo fotográfico por Nicephore Niepce, William Henry Fox Talbot e Luis Jacques Mande Daguerre, a fotografia foi responsável pelos principais avanços na aquisição de dados da cobertura terrestre. A primeira fotografia aérea conhecida foi tirada em 1858, por um fotógrafo de Paris chamado Gaspard Felix Tournachon. Voando em um balão, ele tirou uma fotografia da superfície da cidade de Bievre, França, a 80 metros de altura. A utilização de aviões como plataforma para a aquisição de fotografias aéreas ocorreu somente seis anos após a invenção deste aparelho, quando Wirbur Wright, em 24 de Abril de 1909, tirou uma fotografia durante um sobrevôo sobre a cidade de Centocelli na Itália...”.

No século XX, a confecção de mapas topográficos e temáticos foi intensificada pelo uso da fotogrametria, definida como a ciência que permite executar medições precisas utilizando fotografias métricas (IBGE, 1999). Embora esse processo apresente uma série de aplicações nos mais diferentes campos e ramos da ciência, como na topografia, astronomia, medicina, meteorologia e tantos outros, tem sua maior aplicação no mapeamento topográfico, tendo por finalidade determinar as formas, dimensões e posições dos objetos contidos na fotografia, através de medidas efetuadas sobre a mesma. A conjunção do processo fotogramétrico e da tecnologia da aviação possibilitou o surgimento da aerofotogrametria, ou seja, da ciência da elaboração de cartas mediante fotografias aéreas tomadas com câmaras aerotransportadas (eixo ótico posicionado na vertical), utilizando-se aparelhos e métodos estereoscópicos (IBGE, 1999).

No século passado a significativa evolução das tecnologias da informação viabilizaram o desenvolvimento de sistemas sensores suborbitais (em geral aerotransportados) e dos sistemas orbitais (satélites) que possibilitaram a tomada de informações de alvos por meio de sensoriamento remoto que, conforme Novo (1998), pode ser definido como a aquisição de informações sobre objetos sem contato físico com eles. Ou ainda, como sendo a utilização de sensores para a

aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto com eles. Os sensores seriam os equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações (NOVO, 1998).

A evolução dos sistemas sensores disponibilizou um acervo bastante significativo de informações relativas aos processos e fenômenos ambientais. Não obstante a preponderância dos sistemas sensores formadores de imagens é importante ter em conta que outros sistemas geradores de dados numéricos (ou tabulares) também colaboram para o entendimento dos fenômenos ambientais.

4.2.2 Georreferenciamento

Georreferenciamento, também conhecido como registro de imagens, compreende transformações geométricas que relacionam coordenadas geográficas (latitude e longitude) da cena do sensor remoto (ou parte dela). Essa transformação corrige distorções existentes na imagem, causadas no processo de sua formação, pelo sistema sensor e por imprecisão dos dados de posicionamento da plataforma (COUTINHO, 1997; INPE, 2003).

4.2.3 Classificação digital de imagens

A classificação de imagens multiespectrais consiste em atribuir a cada pixel de cada banda da imagem a um agrupamento baseado nos valores de sua intensidade espectral, formando assim zonas homogêneas chamadas classes (CROSTA, 1992). Conforme INPE (2003), os sistemas de processamento de imagens podem compor essas classes sob duas formas de classificação quanto a disponibilidade de amostras de treinamento:

- Classificação não supervisionada: Neste tipo de classificação cada pixel da imagem é associado a uma classe (agrupamento espectral) pelo próprio Sistema, que por meio dos seus algoritmos gera a quantidade de agrupamentos necessários;
- Classificação supervisionada: Neste tipo de classificação é fornecido ao sistema de processamento de imagens amostras de treinamento previamente selecionadas, determinando assim o número de classes

ou agrupamentos sob as quais se pretende que a imagem seja representada. Parâmetros estatísticos de densidade e probabilidade processam o agrupamento dos pixels sob as amostras de treinamento oferecidas.

Para CROSTA (1992), ao optar pela utilização da técnica de classificação supervisionada de imagens é indicado que o operador tenha razoável conhecimento da verdade de campo da região de estudo, bem como, ter conhecimento dos padrões presentes na imagem que se pretende classificar. Desta forma pode-se identificar as regiões de amostras de treinamento para o número de classes temáticas segundo as quais se pretende que a imagem seja representada.

4.2.4 Sistemas de informações geográficas (SIG)

A representação da superfície terrestre sempre foi objeto de interesse desde as civilizações anteriores a era cristã. Na evolução dos processos de representação cartográfica, coube aos gregos a criação dos primeiros sistemas de projeção fundamentados matematicamente (JOLY, 1990).

No século XV houve importante descoberta do astrônomo polonês Nikolai Kopermik propondo o sistema heliosíncrono sobre a gravidade da Terra em relação ao Sol e, até o final do século XVII, a cartografia esteve voltada para além do continente europeu visando as navegações, o comércio e as descobertas. Com o processo de colonização, os mapeamentos voltaram-se para os limites internos do continente devido a necessidade do conhecimento das terras e das suas potencialidades econômicas e ambientais (ENCARTA, 2.002).

Durante vários séculos a aquisição de informações sobre o posicionamento geográfico dos fenômenos ambientais e outros objetos dispostos pelo terreno esteve centrada na interpretação da paisagem pelo viajante que as representavam em formato gráfico, sendo esta uma das mais antigas formas de comunicação visual (CAMARA & MEDEIROS, 1998).

Com a crescente demanda por produtos cartográficos e a evolução dos computadores digitais, durante a década de 1960 foram desenvolvidos os primeiros sistemas matemáticos visando facilitar o desenvolvimento e ou substituição de algumas tarefas manuais para a produção de mapas, sobretudo, integrar dados

espaciais e numéricos em sistemas para desenhos assistidos por computador (Computer Aided Design – CAD) (BURROUGH, 1986).

O estabelecimento dessa nova alternativa tecnológica gerou necessidade de sistemas para armazenamento, análise manipulação dos dados e que permitissem a produção de relatórios e sistemas de visualização dos resultados, aliados a evolução dos computadores pessoais e sistemas sensores, foram desenvolvidos os primeiros Sistemas de Informações Geográficas (SIG) que influenciaram as áreas da cartografia, planejamento territorial e urbano, transportes, recursos naturais, entre outras (CAMARA & MEDEIROS, 1996).

Os Sistemas de Informações Geográficas são conjuntos manuais ou computacionais de procedimentos desenvolvidos para trabalhar com dados referenciados por coordenadas geográficas ou espaciais (ARONOFF, 1989). Segundo COWEN (1998) os Sistemas de Informações Geográficas permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e formatos em bancos de dados georreferenciados, tornando possível a automatização da produção de documentos cartográficos e sobretudo, subsidiando o processo de tomada de decisões em um ambiente de respostas a problemas.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

O acervo que compõem a base de dados deste trabalho foi desenvolvido em duas fases, em primeiro momento foram coletados os materiais cartográficos de origem externa (secundários) que foram convertidos em planos de informações de interesse da pesquisa. Na segunda fase foram utilizadas rotinas de processamento digital de imagens, produção e edição de arquivos vetoriais, bem como técnicas de análise espacial para gerar a base de dados utilizada no trabalho.

5.1 Materiais

No desenvolvimento do trabalho foram utilizados materiais na forma de imagens de satélites (digitais), planos de informação de cartografia básica (meio físico e digital), equipamentos de tecnologia de informação, bem como, recursos bibliográficos (físicos e digitais).

5.1.1 Imagens de satélites

Foram adquiridas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) imagens de satélite da série LANDSAT (*Land Remote Sensing Satellite*) que deram suporte para a representação dos usos de solo da escala temporal e, no serviço de disponibilização de imageamento da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) uma porção de cena do sistema ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*), com a qual foram gerados os arquivos para a representação dos elementos da topografia do terreno da área de estudo;

- Cena LANDSAT ano1982 – LANDSAT_3_MSS, órbita/ponto 235/076;
- Cena LANDSAT ano1990 – LANDSAT_5_TM, órbita/ponto 219/076;
- Cena LANDSAT ano 2000 – LANDSAT_5_TM, órbita/ponto 219/076;
- Cena LANDSAT ano 2010 – LANDSAT_5_TM, órbita/ponto 219/076;
- Cena LANDSAT ano 2020 – LANDSAT_8_OLI, órbita/ponto 219/076;
- Cena ASTER ano 2013 – ASTER_GDEM_V003, polígono APA Cantareira.

5.1.2 Cartografia básica

Foram utilizadas as seguintes fontes cartográficas, topográficas e iconográficas:

- Mapa do macrozoneamento do município de Piracaia – SP, figura constante dos anexos do Plano Diretor, escala 1:10.000, digitalizada pelo pesquisador;
- Mapa do arruamento do município de Piracaia – SP, baixado em www.openstreetmap.org - *Open Street Map* (OSM), escala 1:1000, vetorial;
- Mapa pedológico do Estado de São Paulo, EMBRAPA solos, escala 1:500.000, vetorial;
- Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, EMBRAPA solos, escala 1:500.000, vetorial;
- Plano de informação representando as Áreas de Preservação Permanentes das represas Jaguari, Jacareí e Cachoeira, SABESP, escala 1:50.000, vetorial;
- Plano de informação representando o limite administrativo do município de Piracaia (SP), elaborado a partir do macrozoneamento do Plano Diretor, elaborado pelo pesquisador (fonte primária), escala 1:10.000, vetorial;
- Plano de informação do Cadastro Ambiental Rural (CAR) do município de Piracaia (SP), Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento, escala 1:5.000, vetorial.

5.1.3 Equipamentos e logiciais

Para a representação cartográfica da área de estudo no lapso temporal proposto foram utilizados hardwares, softwares e sistemas de conexão de dados, os principais foram:

- Microcomputador – Sistema Windows 10, processador core i7, 24GB RAM;
- Software SPRING versão 4.0,
- Software ArcGis ArcMap versão 10;
- Software Global Mapper versão 12.0 demonstrativa,
- Software Envi versão 4.7 demonstrativa,
- Pacote Office 365 - Microsoft;
- Conexão com a rede mundial de computadores (WEB).

5.2 Métodos

Inicialmente foi realizada uma fase laboral para revisão bibliográfica e discussão com o Professor Orientador sobre procedimentos metodológicos adequados para o avanço do trabalho. O pesquisador realizou duas visitas a campo para reconhecimento e conferência da acurácia do processamento das imagens.

Devido a magnitude das informações e a diversidade de origens contidas no acervo do projeto, foi indicada a conversão de todos os planos de informação para um único tipo de arquivo, com a finalidade de tornar a interação com a base de dados mais amigável. Dada a disponibilidade do aplicativo *ArcGis ArcMap* versão 10, a opção metodológica foi pela conversão da base de dados vetorial para arquivos do tipo *Shapefile* (extensão .shp).

5.2.1 Entrada de dados no sistema

Para a fase de ajuste no georreferenciamento das imagens e processamento dos dados relativos aos usos e coberturas de solo no corte temporal proposto foi utilizado o aplicativo SPRING versão 4.0. A entrada de dados seguiu o procedimento de rotina do aplicativo que determina a criação de um diretório para arquivar o banco de dados, indicação da área de abrangência do projeto através dos pares de coordenadas que recobriam o retângulo envolvente da latitude e longitude da área de estudo e a determinação as categorias que abrigariam os planos de informação constituintes do projeto para o início do trabalho (INPE, 2003).

O procedimento para o registro das imagens foi iniciado pela importação do segmento da imagem do satélite LANDSAT (cena ortorretificada com resolução especial de 14,5 metros relativa à quadrícula S 23-20) para o banco de dados do projeto criado no aplicativo de processamento de imagens (SPRING, v4.0). A opção metodológica de utilizar essa imagem ortorretificada como base para registro dos arquivos está fundamentada na correlação espacial necessária às etapas temporais do trabalho, cabe ressaltar que a cena ortorretificada possui acurácia no posicionamento espacial que possibilitou a identificação de alvos para os cinco momentos temporais do trabalho.

5.2.2 Georreferenciamento das imagens

O processo de georreferenciamento das cenas da série LANDSAT que compõem a base de dados do projeto teve início utilizando para a entrada dos dados em ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas) o aplicativo IMPIMA, versão 4.0, parte integrante do Sistema de Processamento de Informações Geográficas versão 4.0 – (SPRING v4.0, 2003).

Esse aplicativo possibilitou a conversão dos arquivos das imagens digitais do formato TIF para o formato GRIB (*Gridded Binary*). Esse formato de arquivo, onde os valores de ponto da grade são expressos em modo binário, destina-se a aumentar o desempenho da transmissão e economizar memória no armazenamento, visto que é uma forma compactada de dados (INPE, 2003).

O SPRING v4.0, software de domínio público desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foi o aplicativo utilizado para o processo de registro de imagens (georreferenciamento).

O método de registro utilizado foi o “modo tela”, através do qual o operador identifica com o cursor um ponto na tela principal de trabalho e a correspondente é indicada na tela de registro da imagem. Durante o processo de registro, após o terceiro ponto de controle o sistema passou a estimar a localização dos novos pontos em regiões próximas às que efetivamente seriam as corretas, foram utilizados 31 de pontos de controle para o registro de cada cena.

Ao término do processo de registro das imagens, o passo seguinte foi a importação destas imagens registradas para o sistema. O SPRING v4.0 possui uma função customizada para fazer tal importação e ao final dessa rotina as cenas tornaram-se planos de informação individuais no projeto.

Concluída a etapa de georreferenciamento das cenas, foram realizados os recortes dos planos de informações em porção homóloga ao retângulo envolvente relativo ao limite administrativo do município de Piracaia (SP), esse procedimento foi realizado a fim de reduzir a quantidade de área nas cenas que seriam submetidas aos procedimentos para a classificação digital das imagens.

5.2.3 Classificação digital das imagens

As imagens de sensoriamento remoto são captadas em sua maior parte, por sensores passivos. Semelhantes ao do processo fotográfico, esses sensores dependem da absorção da luz refletida pelos alvos presentes na superfície imageada. Neste trabalho foi utilizado o imageamento multiespectral originado pelo sistema LANDSAT, as cenas digitais foram fornecidas pelo Departamento de Geração de Imagens do INPE (DGI-INPE), a fase do imageamento utilizado compreende a faixa espectral entre 0,45 e 0,73 μm , distribuída por três bandas, sendo duas na região do visível e uma em infravermelho próximo, produzindo imagens com 256 tons de cinza (8 bits).

A opção metodológica foi executar uma classificação supervisionada pelo método da máxima verossimilhança (MaxVer), para representar a região de estudo segundo sete classes temáticas:

- Antropizado: essa classe representa as regiões com mosaico de agricultura e pastagem, a representação destes elementos da paisagem podem ser observados no Anexo 01 – fotos números 03 até 10;
- Arbórea: representa as áreas com vegetação lenhosa com porte aproximado de seis metros de altura, as fotos para a visualização dos elementos da paisagem desta classe estão no Anexo 01 – fotos números 11 até 14;
- Arbustiva: representa regiões nas quais se desenvolve um processo de regeneração/sucessão na vegetação, a composição dos elementos desta categoria podem ser vistos no Anexo 01 – fotos números 15, 16 e 17;
- Herbácea: representa áreas cobertas por gramíneas e capim alto, a ilustração fotográfica pode ser observada no Anexo 01 – fotos números 18, 19 e 20);
- Solo Exposto: são regiões sem cobertura no solo, geralmente em transição de culturas ou antecedendo processos de ocupação urbana, as fotografias sob números 21 até 28 do Anexo 01 ilustram os elementos da paisagem desta categoria;

- Urbano: regiões com áreas urbanas consolidadas ou em processo de evolução, os elementos da paisagem que representam esta categoria pode ser observados no Anexo 01 – fotos 29 até 56) e;
- Água: representa as áreas cobertas pelos corpos hídricos dos reservatórios d'água da área de estudo, as fotos sob números 01 e 02 do Anexo 01 ilustram essa categoria.

Cabe ter em conta que existe um limite técnico de detecção desses elementos do espaço devido a resolução espacial do sistema sensor que produziu as imagens (cenas) em “*pixels*” de trinta metros.

O método de classificação da máxima verossimilhança (em inglês, “*maximum likelihood*”), é o método de classificação pixel a pixel mais utilizado em dados de sensoriamento remoto. O critério estatístico da decisão para qual classe o pixel será agrupado considera a ponderação das distâncias entre as médias dos níveis digitais das amostras de cada classe (INPE, 2003).

Dessa forma para cada classe temática foi necessário adquirir amostras de treinamento na imagem para abastecer o sistema fazendo com que esse pudesse calcular as médias dos valores dos “*pixels*” para cada classe. Quando cada classe foi devidamente abastecida, as amostras de teste apresentaram coerência próxima a 93% dos valores dos “*pixels*” agrupados. As figuras sob número 12 até 16 que constam do Capítulo 7, subitem 7.1, apresentam os resultados dessa fase do trabalho.

A edição dos dados foi realizada no SIG ArcGis ArcMap versão 10. Para a conversão dos planos de informações que foram gerados no aplicativo SPRING v4.0 para o formato nativo do SIG (*shapefile*) foi utilizada a função de exportação para *Shapefile* presente no aplicativo SPRING v4.0.

5.2.4 Edição dos dados

O trabalho de edição foi realizado no aplicativo ArcGis – ArcMap versão 10, que é um Sistema de Informações Geográficas (SIG), pertencente a classe dos sistemas conhecidos como Desktop Mapping, desenvolvido pela corporação americana ESRI (*Environmental Systems Research Institute, Inc*).

O *ArcGis ArcMap* versão 10 tem uma arquitetura de armazenamento de arquivos diferente do modo com o qual o SPRING v4.0 trabalha. No *ArcGis ArcMap* 10, os dados são gerenciados por *Maps*, que são arquivos de textos funcionando como uma espécie de roteadores e indicando onde os dados que fazem parte do trabalho estão arquivados.

O SIG *ArcGis ArcMap* versão 10 trabalha com dados de representação matricial e vetorial. Para CAMARA e MEDEIROS (1998), na representação matricial o espaço é representado como uma matriz P (m, n) composta de m colunas e n linhas, onde cada célula possui um número de linha, um número de coluna e um valor correspondente ao atributo, cada célula é individualmente acessada pelas suas coordenadas. A representação vetorial é definida por TEIXEIRA e CHISTOFOLETI (1997) como uma estrutura de dados baseada em coordenadas, comumente usadas para representar os elementos de um mapa, sendo cada elemento representado por uma lista ordenada de coordenadas x e y .

Os procedimentos de edição tiveram início pelo acionamento do *ArcCatalog*, visando identificar o arquivo a ser carregado no sistema. O procedimento seguinte foi a determinação do sistema de projeção (UTM) e do datum horizontal (SIRGAS 2000) pelo qual o trabalho foi representado, função realizada pelo módulo *ArcToolbox*. No módulo *ArcMap* foram realizados os procedimentos para a entrada dos dados no sistema, a função *Add Theme* foi acessada pelo menu *File* ou pelo botão customizado.

No *ArcGis ArcMap* v10 foram carregados os dados espaciais relativos à cobertura de solo, geologia, pedologia, geomorfologia, modelagem de terreno, declividades, instabilidade potencial das unidades ecodinâmicas, classes dos zoneamentos, bem como as imagens LANDSAT de cada etapa temporal da região do trabalho. Foram realizados procedimentos para edição, cruzamento, tabulação dos dados e a produção dos layouts que estão apresentados no Capítulo 07, subitens 7.2 e 7.3, que compõem este documento.

Utilizando o mesmo aplicativo foram empregadas técnicas de análise espacial para elaborar os cenários prospectivos evolutivos que representaram as possíveis paisagens do recobrimento urbano no município de Piracaia (SP) para os

anos de 2040 e 2060, nesta etapa foram utilizados os recursos da extensão *Spatial Analyst*, sobretudo o conjunto de ferramentas *Analysis Tools* para gerar os três cenários que MAZZEO (2012) denomina: *Best Case*, *Worst Case* e *Middle Case*, a evolução desta fase do trabalho está representada no capítulo 7, subitem 7.4 desta dissertação.

6 CARACTERIZAÇÃO SOCIOAMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE PIRACAIA (SP)

Piracaia é um município brasileiro do estado de São Paulo, posicionado na latitude 23°03'14" sul e na longitude 46°21'29" oeste, localizado na Região Administrativa de Campinas faz limite com Joanópolis ao norte, Nazaré Paulista e Bom Jesus dos Perdões ao sul, Igaratá a leste, Bragança Paulista a oeste e Vargem a noroeste.

As principais vias de acesso para o município de Piracaia são: SP-060 (Rodovia Presidente Dutra) / BR-381 (Rodovia Fernão Dias) / SP-063 (Padre Aldo Bollini) e SP-065 (Rodovia José Augusto Freire). Fica a 89 km de distância da cidade de São Paulo (Rodovia Fernão Dias), a 85 km de Campinas (Rodovia D. Pedro I) e a 30 km de Bragança Paulista por estradas vicinais.

6.1 Meio abiótico

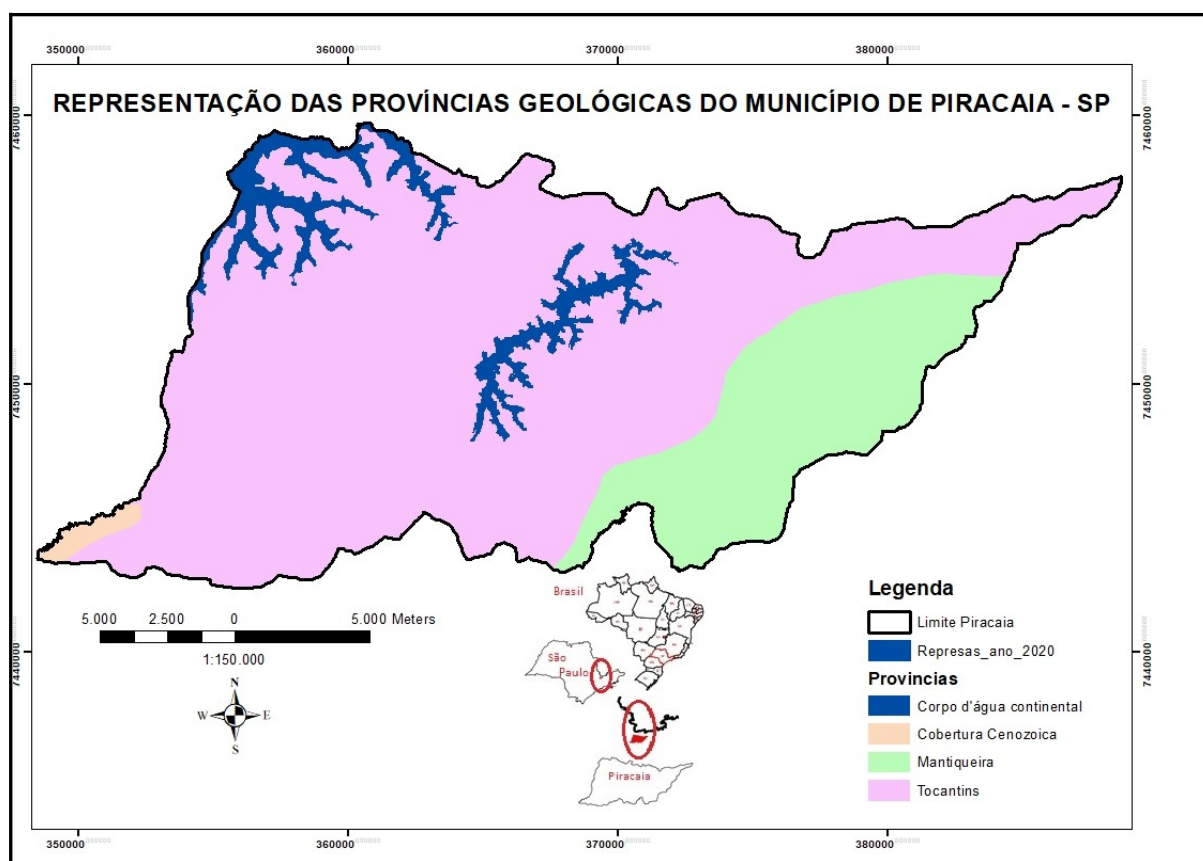
6.1.1 Geologia

A região de abrangência do Sistema Cantareira, sob o ponto de vista geológico, é resultante de processos orogênicos com grande variabilidade de rochas que foram submetidas magmatismos e variados graus de metamorfismo que geraram rochas metamórficas, tendo como as principais: a gnaiss, a ardósia e o mármore. Outro efeito desses metamorfismos é a grande deformação provocada por dobramentos e cisalhamentos que geram relevos de diferentes características (ALMEIDA, 1969).

Segundo IBGE (2020) geologicamente o município de Piracaia está inserido na unidade superior Complexo Socorro-Guaxupé, unidade geotectônica Cinturão Neoproterozoico, com o território dividido em três províncias estruturantes: Tocantins com dominância em três quartos do espaço do município (subprovíncia estrutural Socorro-Guaxupé), na região sudeste há um recobrimento da província Mantiqueira que se estende por aproximadamente um quarto do terreno, nessa região a subprovíncia estrutural é Embu - Rio Negro - Paranapiacaba, por fim, no extremo noroeste do município observa-se um pequeno fragmento de Cobertura Cenozóica que possui subprovíncia de mesmo nome, a figura 3 apresenta a distribuição dos elementos constituintes do espaço.

Conforme PERROTTA et al., 2006 devido à característica de formação em camadas irregulares, as rochas aren quartzosas da região de estudo, quando submetidas ao processo do intemperismo produzem solos predominantemente arenosos e ou siltico-argilosos. Os solos arenosos são bastante permeáveis e com baixa capacidade de retenção hídrica (perdem água rapidamente após as chuvas), apresentando baixa capacidade de reter e fixar nutrientes e matéria orgânica, são ácidos e respondem mal a adubação, caracterizando-os como solos inadequados para agricultura intensiva, principalmente, para o cultivo de espécies e ciclo curto (plantas de raízes curtas), refletindo assim em baixa produtividade agrícola.

Figura 3 - Representação das províncias geológicas do município de Piracaia (SP).



Fonte: Elaborado pelo autor com base no plano de informação de IBGE, 2020.

6.1.2 Pedologia

O solo é um recurso natural finito que serve de filtro para limpar a água e o ar, reciclar nutrientes, produzir alimentos e prestar outros serviços ecossistêmicos, na escala de tempo da vida humana é não renovável (IAC, 2015). Conforme EMBRAPA (2020) os tipos de solos presentes na área administrativa de Piracaia

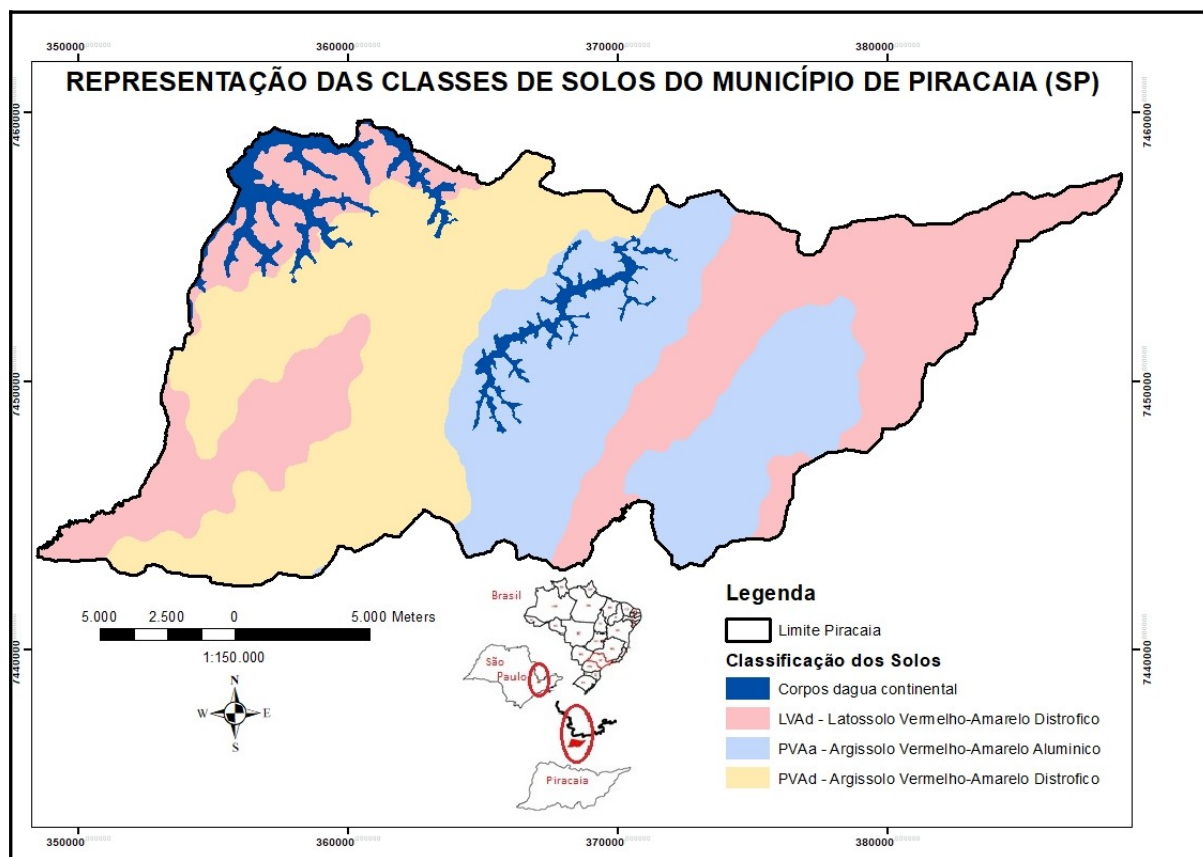
são: Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, Argissolo Vermelho Amarelo Alumínico e Argissolo Vermelho Distrófico.

Os Latossolos Vermelho Amarelo são solos minerais, com pouca diferenciação entre os horizontes (ou camadas), profundos e uniformes em características de cor e textura homogêneas, em geral estão associados aos relevos planos, suavemente ondulados ou ondulados (declividades de 0 a 20%), bem drenados e originalmente cobertos por florestas semidecíduas ou por cerrados. Quimicamente são solos ácidos (principalmente os distróficos) e com baixos teores de fósforo, sendo indicada a fertilização corretiva frequente (adubação fosfatada), caso da região administrativa do município de Piracaia (SP). Outra limitação ao uso agrícola para esta classe de solo é a alta permeabilidade que produz baixa quantidade de água disponível para as plantas, essa característica os leva a ser utilizados com pastagem o que pode gerar compactação (IAC, 2015; EMBRAPA, 2013), as fotos sob números 03 até 09 do Anexo 01 ilustram a ocorrência dessa classe de uso no município.

Já os Argissolos Vermelho Amarelos são solos minerais com significativa diferenciação entre as camadas (horizontes) que podem apresentar aumento abrupto nos teores de argila em profundidade, nos horizontes mais superficiais os argissolos podem ser arenosos e apresentar cascalhos e calhaus (IAC, 2015). Ocorrem em relevos mais íngremes e dissecados nas quais originalmente a vegetação era do tipo florestas, as principais restrições ao uso agrícola são relacionadas a fertilidade e a susceptibilidade à erosão, que para o controle exige práticas intensivas de manejo (EMBRAPA, 2013), a foto número 107 do Anexo 01 ilustra a ocorrência de processo erosivo.

A figura 4 apresenta a distribuição espacial dos tipos de solo no município, a categoria Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico recobre 34,50% da área com 133.099.179m². Em ordem de grandeza o Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico aparece na sequência com 31,92% do recobrimento perfazendo 123.142.588 m² de área. Para finalizar a categoria Argissolo Vermelho Amarelo Alumínico se distribui em 109.577.599 m² contando com 28,40%, os restantes 5,18% da área municipal tem recobrimento por corpos d'água.

Figura 4 - Representação das classes de solos do município de Piracaia (SP).



Fonte: Elaborado pelo autor com base no plano de informação de IBGE, 2020.

6.1.3 Geomorfologia

O município de Piracaia está assentado em região de ocorrência do domínio morfoestrutural dos Cinturões Móveis Neoproterozoicos que se estende por toda a área de influência da APA Sistema Cantareira, compreendendo seus planaltos, depressões interplanálticas e alinhamentos serranos (IBGE, 2009). Segundo IPT (2012) essa região apresenta modelagem de relevo com topos convexos, encostas íngremes e vales profundos com elevada densidade de drenagem, essas características podem favorecer processos de escorregamentos (instabilização gravitacional).

Conforme IBGE (2020) na região administrativa do município de Piracaia (SP) o domínio Cinturões Móveis Neoproterozoicos apresenta quatro unidades geomorfológicas que estão representadas na figura 05:

- Planalto de Monte Verde: Os terrenos que compreendem essa unidade foram considerados como parte do Planalto de Campos de Jordão no mapeamento

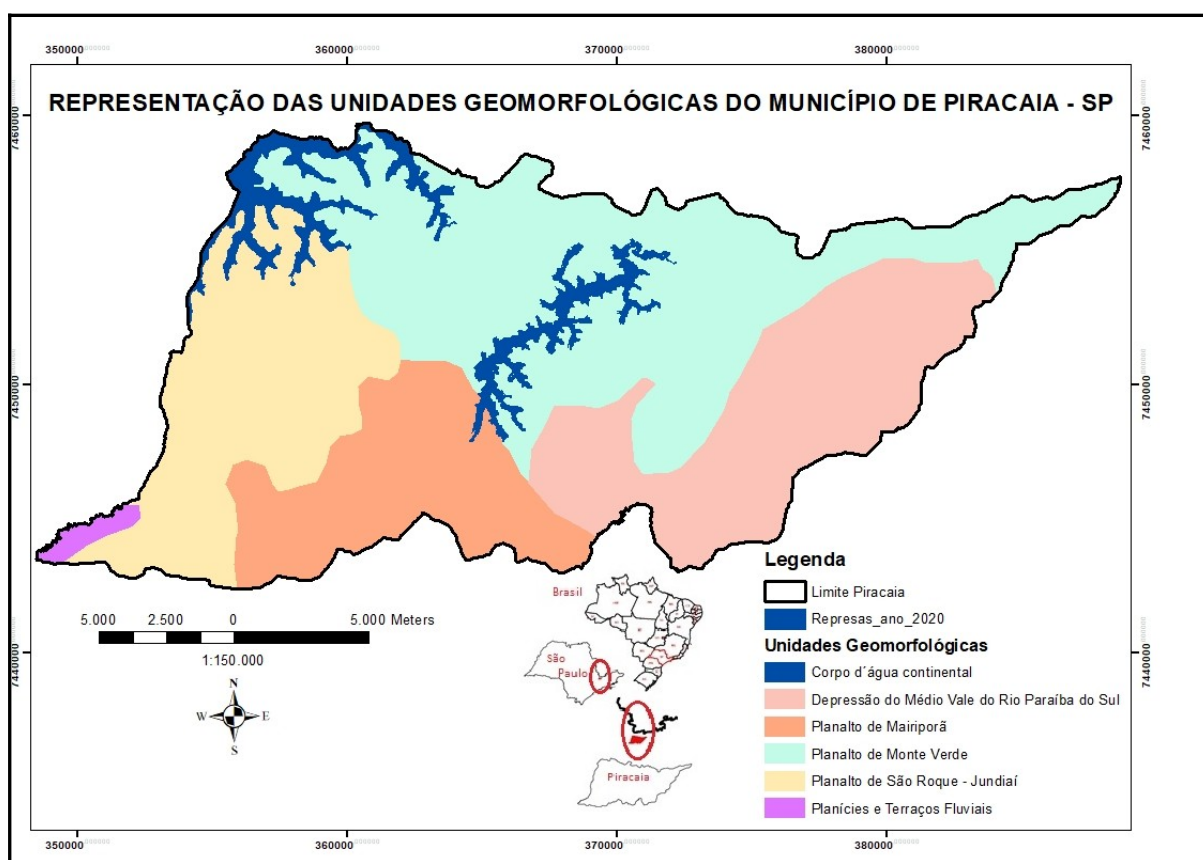
do projeto RADAM-BRASIL do ano 1983, todavia IBGE (2020) resolveu separá-las devido a algumas diferenças geomorfológicas e à descontinuidade gerada pelo vale estrutural de direção N-S no qual a calha do Rio Sapucaí-Mirim separou as unidades, a leste permaneceu o Planalto Campos do Jordão e a oeste surgiu o Planalto de Monte Verde com seus morros e colinas com alta densidade de drenagem (dimensão dos interflúvios entre 250 e 750m) e fraco aprofundamento das incisões (valores entre 50 e 100m), entretanto, com linhas de cumeada alinhadas, mais expressivamente, na direção ENE-OSO (IBGE, 2020).

- Planalto de São Roque – Jundiá: Essa unidade geomorfológica tem como característica médio aprofundamento e alta densidade de drenagem com vales estruturais e linhas de cumeada em direções diversas, exceto as que originam a Serra do Japi. Nessa unidade quase todas as formações geológicas possuem idade neoproterozoica e disposição alongada devido a ação dos ciclos orogênicos (IBGE, 2020);
- Planícies e Terraços Fluviais: A formação de planícies e terraços fluviais está associado a ajustes em eventos tectônicos jovens (neotectônica) sendo acelerados por processos de evolução de meandros. A colmatagem nas planícies e terrenos fluviais é processada através de sedimentos em suspensão, arrastamento e saltação de material grosseiro, os leitos dos rios são balizados por cordões arenosos e suas margens podem ter aspecto de veredas com bordas arenosas e substrato turfoso. Níveis de argilas, siltes e areais são intercaladas por matérias orgânicas e concreções ferruginosas originando neossolos flúvicos e gleissolos (IBGE, 2020);
- Depressão do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul: Esta unidade geomorfológica é composta por morros baixos e colinas com modelados dissecados homogêneos com topos convexos, formada por rochas cristalinas envolvem as bacias sedimentares de Resende e Taubaté. A ação do clima úmido deu origem a alterações no manto que formaram solos bem desenvolvidos, em geral latossolos vermelhos-amarelos, esse manto vem recebendo retrabalhamentos através de processos erosivos de encostas como terracetes, ravinas e voçorocas que lançam sedimentos no sopé das encostas e nos fundos de vales. Estes fluxos de sedimentos, em conjunto

com os transportes fluviais, compõem alvéolos e planícies fluviais, principalmente ao longo dos segmentos retilíneos de canais (IBGE, 2020).

- Planalto Mairiporã: Representa a extremidade sul da Região da Mantiqueira Meridional, sua formação está vinculada aos processos de soerguimento das serras do Mar e da Mantiqueira. A característica do relevo apresenta escarpas e linhas de cumeadas com aprofundamentos e densidade de drenagem elevadas que dão origem a vales bastante encaixados, todavia não apresentam tendência de direcionamento para os corpos de drenagem. Geograficamente compreende a região da serra da Cantareira (região norte da cidade de São Paulo – SP) avançando nesse sentido até as proximidades da represa de Nazaré Paulista, formando um conjunto topográfico mais elevado na paisagem, exceto na intersecção com o Planalto de Monte Verde que está inserido no contexto de elevações pertencentes à Mantiqueira Meridional.

Figura 5 - Representação das unidades geomorfológicas do município de Piracaia (SP).



Fonte: Elaborado pelo autor com base no plano de informação de IBGE, 2020.

6.1.4 Modelagem numérica de terreno - elevação (TIN) e declividade (MNT)

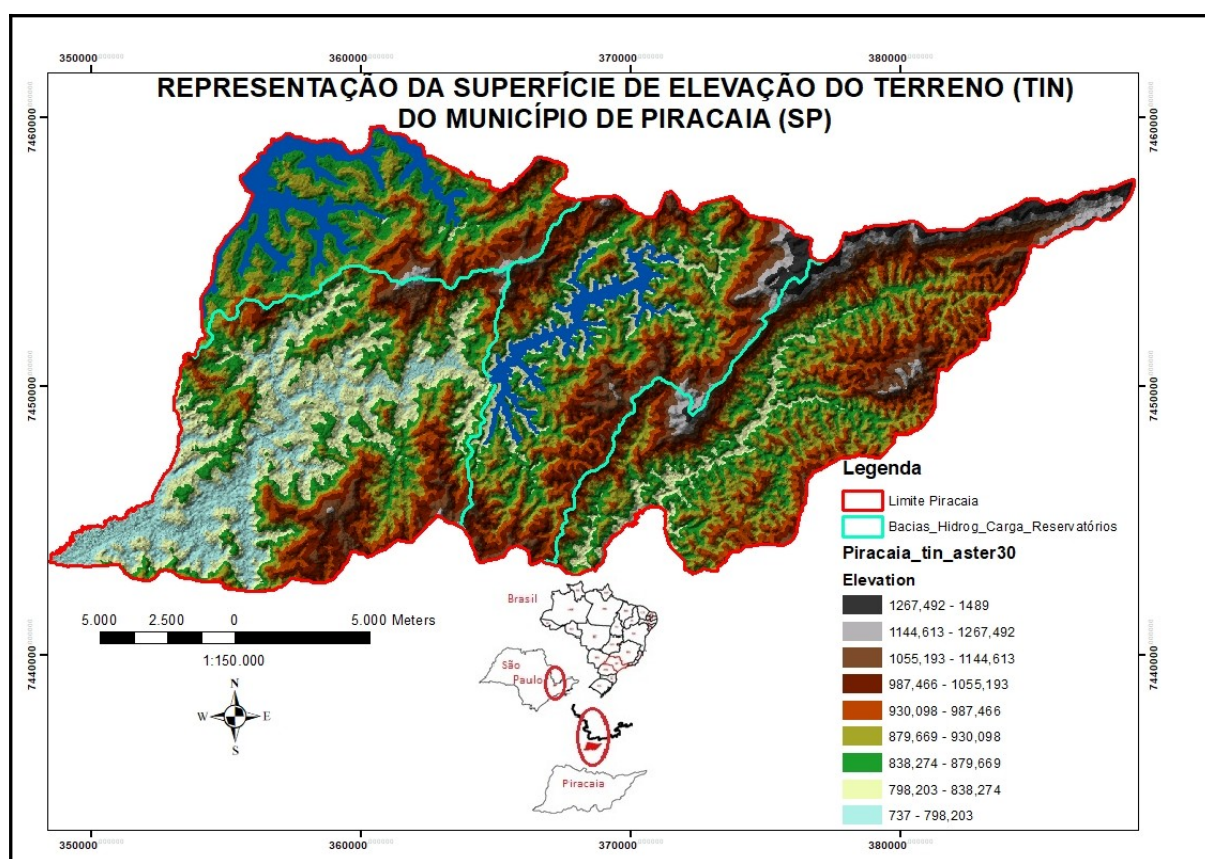
Compreender a complexidade do relevo constitui etapa fundamental para o estabelecimento de um planejamento socioambiental que atenda aos anseios do desenvolvimento econômico sem colocar em risco o capital ambiental e ou os serviços ecossistêmicos que se desenvolvem no espaço geográfico. Os modelos numéricos de terreno ajudam a entender a disposição dos elementos no espaço, esses produtos podem ser elaborados sob diversas formas de representação, neste trabalho foram utilizados o modelo de elevação tridimensional (*Triangular Irregular Network – TIN*), e o modelo de declividade do terreno em percentual de inclinação.

Os produtos foram gerados a partir da manipulação de dados no ambiente de informações geográficas, *ArcGis ArcMap* - versão 10.1, pacotes da extensão *3D Analyst (Toolbox)*, ferramentas *TIN* e *Slope* (ESRI, 2008). Os dados da superfície do terreno foram extraídos em uma porção de imagem do sistema ASTER-Gdem-V3 , tomada sobre o território de Piracaia (SP) no ano 2013.

Foram executados os procedimentos determinados pela rotina do aplicativo SIG e o resultado do processamento (*TIN*) foi classificado em sete categorias utilizando o método de quebras naturais (*Jenks*) para representar a superfície do terreno. Na figura 6 pode-se observar além dos complexos montanhosos os compartimentos nos quais estão inseridas as bacias hidrográficas de carga do sistema de drenagem e acumulação de água (linhas azuis-claras intensas). Na porção leste do município de Piracaia (SP) a bacia hidrográfica do Rio Atibainha apresenta um vale encaixado no qual as águas fluem a caminho da Represa de Atibaia. Na porção central do município a bacia de carga da Represa Cachoeira está protegida por formações montanhosas em um terreno de relevo bastante ondulado, é possível observar o entalhe geográfico de entrada e saída da água do compartimento hidrográfico. Na porção centro-oeste do município de Piracaia (SP) está a região com as menores ondulações, fato que pode ter colaborado para o estabelecimento da significativa ocupação urbana instalada nesta parte do município. Por fim, na porção piracaiense da bacia hidrográfica das Represas Jaguari-Jacareí (essas represas contam com área em outros municípios), o terreno é bastante inclinado e quase não possui regiões planas, esse composto geográfico lindeiro aos braços das represas produz significativa beleza cênica que tem sido

explorada pelo setor imobiliário com a inserção de loteamentos para condomínios residenciais, as fotos sob números 41 até 54 do Anexo 01 ilustram a inserção do fenômeno na paisagem.

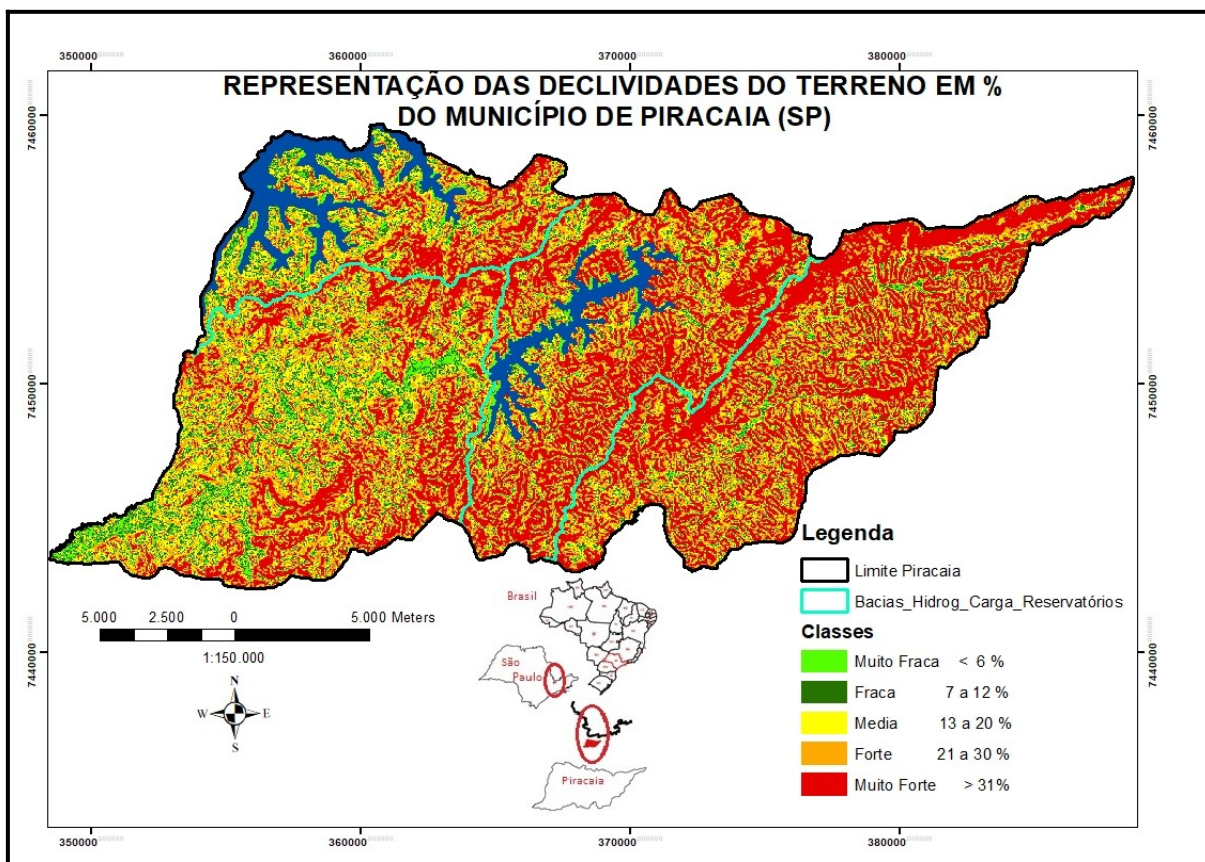
Figura 6 - Representação das superfícies de elevação do terreno (TIN) do município de Piracaia (SP).



Fonte: Elaborado pelo autor com base nas informações espectrais da Cena Aster Gdem_v3 – Ano 2013 - NASA.

Na figura 7 está representada a distribuição das declividades na área administrativa do município, não obstante as planícies quase inexistirem, pode-se observar que as regiões com menores declividades, representadas em tons esverdeados (conforme legenda da figura 09), predominam na porção centro-oeste e noroeste do município, exatamente nessas regiões tem ocorrido processos de expansão urbana, sobretudo nas décadas mais recentes. Cabe ressaltar que nas proximidades da Represa Cachoeira existem áreas com as mesmas características geográficas, todavia, não são observados focos de ocupação urbana naquela região, mais adiante no estudo serão apontados possíveis fatores que colaboram para essa questão.

Figura 7 - Representação das declividades do terreno do município de Piracaia (SP).



Fonte: Elaborado pelo autor com base nas informações espectrais da Cena Aster Gdem_v3 – Ano 2013 - NASA.

6.1.5 Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial

Conforme apresentado nos subitens anteriores (meio biótico e abiótico), a região na qual está inserido o município de Piracaia (SP) apresenta a característica de relevo ondulado, solos pobres (ácidos) e cobertura vegetal significativamente alterada. Conforme OLIVEIRA et al., 2008 a alteração da paisagem dos diferentes ecossistemas da região teve início com o ciclo econômico do café no final do século XIX, a chegada de um ramal da rede ferroviária da São Paulo Railway no ano de 1872 possibilitou a expansão cafeeira e a formação de olarias que provocaram a derrubada de matas e a primeira transformação da paisagem da região. O declínio da cultura cafeeira devido a competição com novas regiões mais produtivas e o agravos impetrados pela crise da bolsa de valores em 1929 transformou as lavouras da região para ciclos produtivos de cereais e leguminosas, outra atividade que

ganhou expressão foi a pecuária para a produção de leite, estabelecendo a característica dominante de pastagens para a região.

Segundo ROSS (1994) os ambientais naturais mostravam-se em estado de equilíbrio dinâmico até que as sociedades humanas passaram a intervir, cada vez mais intensamente e de forma mais complexa, na exploração dos recursos naturais; O desenvolvimento tecnológico, científico e econômico dos últimos cento e cinquenta anos produziu ciclos econômicos significativos e, de outro lado, intensos processos de degradação ambiental que muitas vezes não surtiram a mesma intensidade de efeito no aspecto do acúmulo de riqueza por parte da população local. Em face a essas questões ROSS (1994) propôs o Planejamento Físico Territorial na expectativa de ultrapassar os limites dos interesses mais voltados ao desenvolvimento econômico e tecnológico, a fim de sobrepesar as limitações dos recursos naturais, sobretudo, as fragilidades dos ambientes naturais em diferentes escalas de abordagem.

Na visão de ROSS (1994; 2012) e GRIGORIEV (1968) os planejamentos territoriais não poderiam ser formulados a partir de uma leitura estática do ambiente e sim, levando-se em conta a complexidade dos fluxos de matéria e energia na faixa compreendida entre a parte superior da litosfera e a baixa atmosfera (estrutura físico biótica), esses autores referem essa região como “Estrato Geográfico da Terra”.

Nessa linha de pensamento, TRICART (1977), preconiza o conceito de Unidades Ecodinâmicas para analisar as fragilidades e ou potencialidades dos recursos naturais, partindo do pressuposto que as trocas de energia se processam em relações de equilíbrio dinâmico (gerando unidades ecodinâmicas estáveis), entretanto, esse equilíbrio pode ser alterado por atividades antrópicas e ou fenômenos naturais extremos (terremotos, furacões, atividades vulcânicas, outros) gerando desequilíbrios temporários ou permanentes (produzindo unidades ecodinâmicas instáveis). Em evolução ao uso desse conceito ROSS (1994; 2012) estabeleceu que a fragilidade das unidades ecodinâmicas fossem classificadas levando em consideração o grau de estabilidade ou instabilidade dos ambientes, para isso sugeriu a aplicação de um gradiente de variação para as características físicas e bióticas do terreno: uso e cobertura do solo, declividade, solos, erodibilidade, outros. O desenvolvimento desse trabalho de categorização tem por

fim o estabelecimento de cinco classes: 1 – Muito Fraca; 2 – Fraca; 3 – Média; 4 – Forte e 5 – Muito forte.

Para a operacionalização dessa metodologia procede-se uma associação numérica entre os diferentes *layers*, representando-os com um dígito para a intensidade de dissecação do relevo (variando de 1 a 5), outro para a susceptibilidade à erosão dos tipos de solo (de 1 a 5) e outro dígito para identificar o grau de proteção do solo pelo tipo de vegetação (natural ou cultivada) no mesmo gradiente de variação, sempre variando do menos susceptível ao mais susceptível. Assim, são produzidos conjuntos arábicos de três dígitos, que se combinam formando valores entre 111 (mais protegido) até o valor extremo de 555 em que todas as variáveis são absolutamente desfavoráveis para a manutenção da estabilidade do ambiente (ROSS, 1994; 2012).

Essa metodologia foi aplicada na região administrativa do município de Piracaia para a identificação das regiões estáveis ou instáveis, foram utilizados os *layers* georreferenciados produzidos neste estudo, a tabela 2 apresenta as variáveis utilizadas para a geração do regramento que determinou o enquadramento do ambiente nas cinco classes, conforme ilustrado na figura 8.

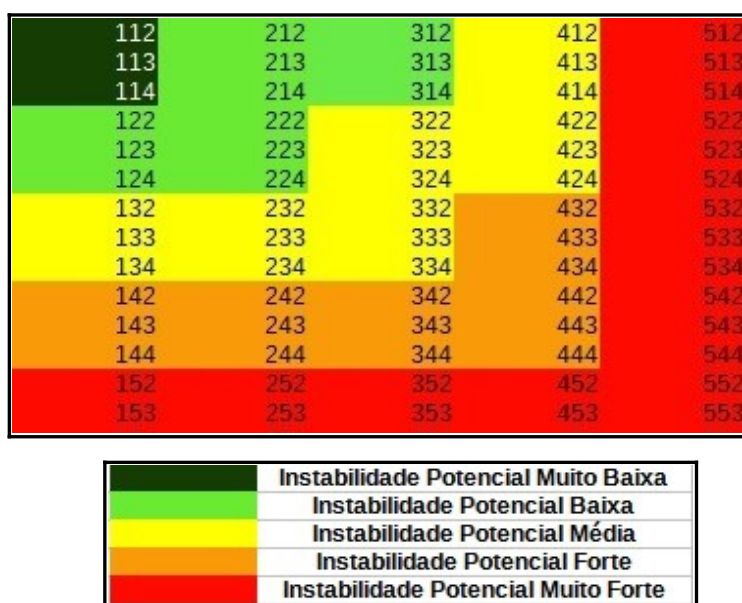
Tabela 2 - Variáveis utilizadas para a geração das categorias de enquadramento da Instabilidade Potencial.

Variáveis

Grau de Instabilidade	Uso do solo	Declividade (%)	Solo
1	Arbóreo	> 6	Sem ocorrência
2	Rio/Lago	7 a 12	Argissolos
3	Reflorestamento	13 a 20	Latossolos
4	Mosaico Agropecuária	21 a 30	Sem ocorrência
5	Urbano/Solo Exposto	> 30	Sem ocorrência

Fonte: ROSS (1994; 2012).

Figura 8 - Representação das classes da instabilidade potencial das unidades ecodinâmicas do município de Piracaia (SP).



Fonte: ROSS, 1994.

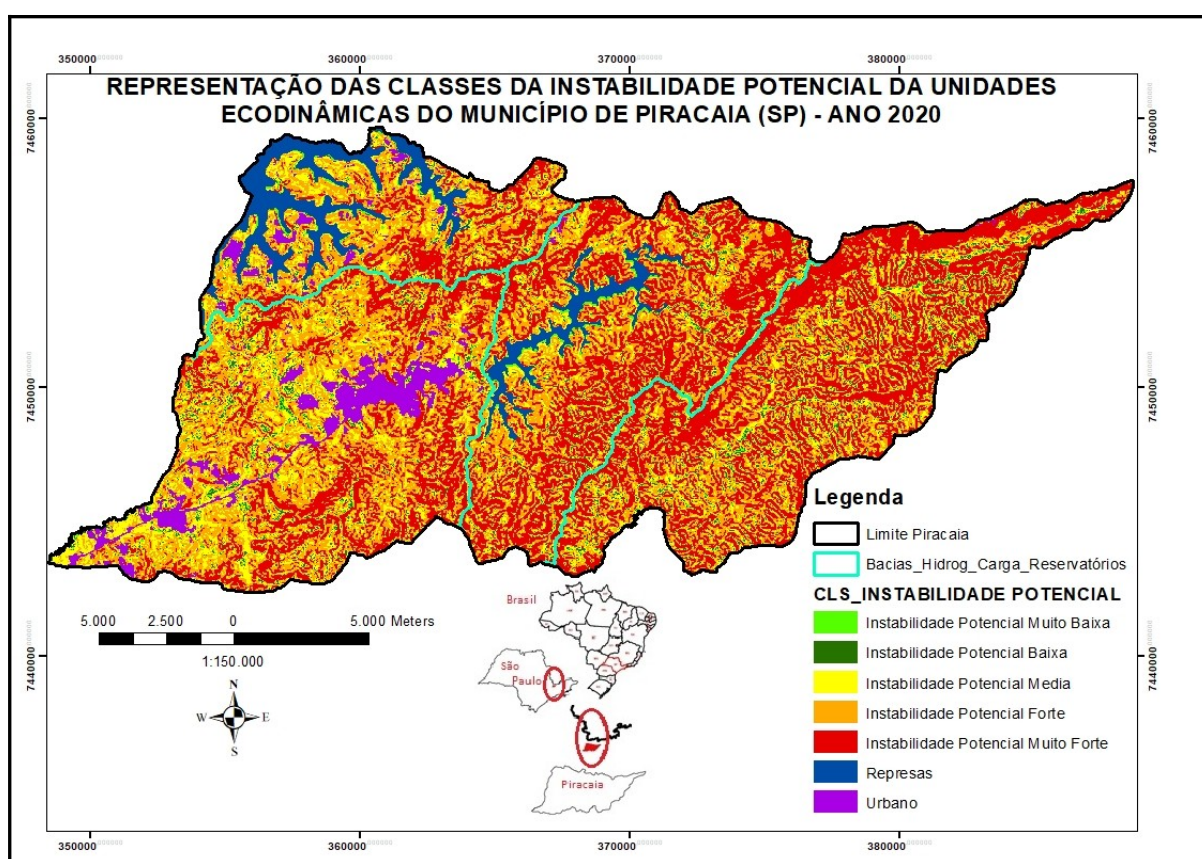
O resultado do cruzamento dos *layers* produziu conjuntos de três números arábicos que variaram no intervalo de 112 até 553, esse gradiente possibilitou a classificação do espaço através da atribuição de pesos que ordenaram as variáveis em uma sequência numérica na qual o primeiro dígito fez referência ao uso do solo, o segundo representou a declividade do terreno e o terceiro o tipo de solo, assim, a combinação arábica 112 indica que a cobertura do solo é da classe arbórea, a declividade está no intervalo de até seis graus e o tipo de solo é argissolo, por assim, corresponde a uma Unidade Ecodinâmica de Instabilidade Potencial Muito Baixa. Já a sequência arábica 553 indica uma Unidade de Instabilidade Potencial Muito Forte onde a cobertura do solo é significativamente antropizada, o relevo possui alta declividade e o tipo de solo é mais frágil a processos erosivos (latossolos).

Conforme apresentado na figura 9 o município de Piracaia (SP) possui significativa área classificada na categoria Instabilidade Potencial Muito Forte, mais concentrada na região das bacias hidrográficas de carga da represa Cachoeira e do Rio Atibainha. A jusante da Represa Cachoeira, na bacia de contribuição que abastece o seguimento do Rio Cachoeira a dominância se dá pela categoria de Instabilidade Potencial Forte, nessa região o relevo é menos dissecado e o solo é do

tipo argissolo na maior parte desta bacia hidrográfica; Fator importante a observar é a significativa mancha de expansão urbana que se estabelece pelo eixo da Rodovia Jan Antonin Bata, esse fenômeno antrópico ocupou as áreas de menor declividade do município (proximidades da planície do curso do Rio Cachoeira), fato que pode ser observado recorrendo ao apresentado na figura 09 (representação das declividades).

Por fim, a região de contribuição da bacia hidrográfica das Represas Jaguari-Jacareí demanda muita atenção pois o relevo é bastante dissecado, a cobertura vegetal foi muito alterada pelo incremento das pastagens. Na observação da figura 9 pode-se observar um mosaico de gradiente com manchas vermelhas que indicam Instabilidade Potencial Muito Forte, permeadas por manchas alaranjadas (Instabilidade Potencial Forte), condição agravada pelo conjunto de ocupações urbanas em áreas lindeiras às represas, fato que gera preocupação adicional.

Figura 9 - Representação das classes da instabilidade potencial das unidades ecodinâmicas do município de Piracaia (SP).



Fonte: ROSS, 1994.

6.2 Meio biótico

6.2.1 Vegetação

Segundo a classificação dos biomas brasileiros do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1999) a região do município de Piracaia está inserida no domínio da Floresta Atlântica que se subdivide em Floresta Ombrófila Densa (FOD), Floresta Ombrófila Mista (FOM) e Floresta Estacional Semidecidual (FES). Mais especificamente a vegetação do município tem a característica de ecótono ou região de tensão ecológica entre a Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional Semidecidual (ALMEIDA et. al, 2011). VELOSO (1992) classifica a vegetação local como Floresta Estacional Semidecidual Montana devido a elevação do terreno (acima de 500 metros de altitude) e dupla estacionalidade climática, com chuvas intensas no verão e secas acentuadas durante o período de inverno.

AGUIRRE (2012) avança no detalhamento das FES apresentando que a porcentagem de árvores caducifólias, neste subtipo de vegetação, fica entre 20 e 50% das espécies e que consiste em estratégia de sobrevivência para esse tipo de vegetação visto que:

- A retenção de folhas traria dificuldades para o desempenho das plantas durante o período seco devido a redução da umidade no ambiente;
- As plantas ficariam mais expostas a ação danosa de herbívoros devido a pouca oferta de folhas na comunidade;
- Fica reduzido o gasto energético vinculado à necessidade competitiva da planta manter suas folhas para o estabelecimento ou manutenção do espaço nas copas.

No Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental do Sistema Cantareira (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2020), no capítulo 2 (Meio Biótico) subitem 2.1 (Vegetação) também é reconhecida a dificuldade para a classificação entre essas fisionomias naturais devido ao gradiente e dinâmica de distribuição espacial das espécies que caracterizam essas formações florestais. Outros fatores mencionados como elementos dificultadores para a classificação fisionômica são:

- A intensa ação antrópica que a cobertura vegetal tem sofrido na região de estudo;

- A invasão de espécies exóticas;
- Lacunas no conhecimento fitogeográfico e;
- Ausência de dados edáficos e climáticos em escala adequada.

6.2.2 Fauna

Conforme ALMEIDA et al. (2011) levantamentos e publicações sobre avifauna na região administrativa de Piracaia são escassos, por esse motivo houve a necessidade da ampliação da escala de abordagem do espaço geográfico para representar a riqueza de espécies catalogadas na região.

Segundo GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO (2020) devido à diversidade de habitats presentes nos municípios integrantes da APA Sistema Cantareira, sobretudo pelos diferentes tipos de vegetação e corpos d'água foram registradas 680 espécies de vertebrados: 443 espécies de aves, 107 espécies de mamíferos, 61 espécies de répteis, 41 espécies de anfíbios e 28 espécies de peixes.

Outros fatores que contribuem para essa riqueza de espécies decorre da variação altitudinal da região que diversifica o tipo de cobertura vegetal e a oportunidade das rotas migratórias de espécies vindas do hemisfério norte (Oliveira et al., 2016): a águia-pescadora (*Pandion haliaetus*), o maçarico-grande-de-perna-amarela (*Tringa melanoleuca*), maçarico-de-perna-amarela (*Tringa flavipes*), maçarico solitário (*Tringa solitaria*), o papa-lagarta-de-asa-vermelha (*Coccyzus americanus*) e o falcão-peregrino (*Falco peregrinus*) que nas áreas urbanas predam os pombos domésticos (*Columba livia*) e outros animais. Existe também um grupo de aves migratórias que se reproduzem na região durante a estação chuvosa (setembro até abril) e depois migram para o Brasil central ou para a Amazônia (SOMENZARI et al., 2018). Na região da APA Sistema Cantareira observam-se também as espécies endêmicas da Mata Atlântica do sudeste brasileiro, tais como o beija-flor-de-topete-verde (*Stephanoxis lalandi*), a choquinha-da-serra (*Dryophila genei*), o quetedo-sudeste (*Microspingus lateralis*), a catita-nariguda (*Monodelphis pinocchio*) e o sagui-da-serra-escuro (*Callithrix aurita*).

Das 28 espécies de peixes presentes na hidrografia da região destacam-se os lambaris (*Astyanax altiparanae*, *Astyanax bockmanni*, *Astyanax scabripinni*), a traíra (*Hoplias malabaricus*), o cascudo (*Hypostomus ancistroides*), a tuvira (*Gymnotus carapo*), os mandizinhos (*Pimelodella gracilis* e *Pimelodella meeki*) e os

bagrinhos (*Imparfinis mirini* e *Taunayia bifasciata*), entre outros (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2020).

Não obstante os esforços dos órgãos ambientais, existem espécies exóticas invasoras registradas na região da APA Sistema Cantareira, alguns já incorporados nos hábitos da sociedade como o gato doméstico (*Felis catus*) e o cachorro-doméstico (*Canis lupus*) para os quais é recomendado aos moradores locais a guarda responsável dos animais. Problema ambiental mais significativo na região é causado pela presença de “javaporcos” (*Sus scrofa*) que aumentam a predação de animais pequenos (domésticos, granjeiros e pecuários), bem como alteram o ecossistema aquático devido ao hábito de chafurdar nas áreas de nascentes; Outro impacto significativo que esse animal causa é ser vetor de doenças para os mamíferos nativos da região.

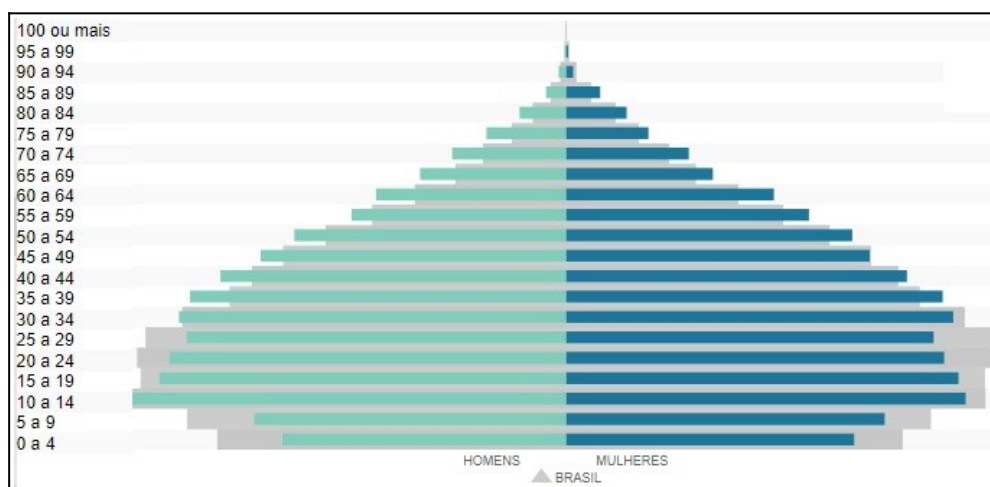
A caça, a captura de animais relacionados a aspectos culturais e consumo de carnes exóticas, bem como a pesca predatória também são atividades ilícitas combatidas e estão em declínio na região devido à intensificação do monitoramento e a maior conscientização das pessoas, também, o agravamento das punições previstas na legislação podem ter contribuído para a diminuição das atividades danosas.

6.3 Meio Socioeconômico

6.3.1 População

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística a população de Piracaia no ano 2022 foi de 26.029 habitantes distribuídos em faixas etárias conforme detalha a figura 10; A densidade demográfica calculada com dados do censo 2022 foi de 67,51 habitantes/km² e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) registrou 0,739 (IBGE, 2022).

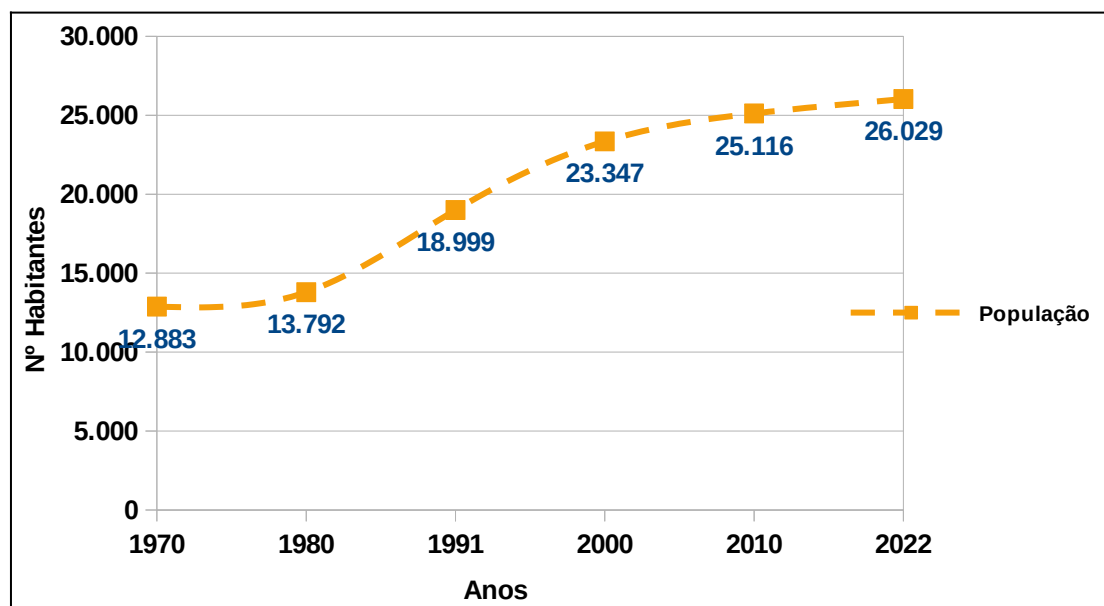
Figura 10 - Representação da população de Piracaia (SP) por faixa etária.



Fonte: IBGE, 2022.

Piracaia teve crescimento de 102% na população durante o período de 1970 até o ano 2022, em 1970 a população contava com 12.883 pessoas, no censo de 1980 foram registrados 13.792 habitantes que significou um crescimento populacional da ordem de 6,5%. Na década de 1990 o aumento populacional foi de 27,40% (18.899 pessoas), na abertura dos anos 2000 o número de habitantes registrou 23.347 pessoas que representou crescimento de 18,62%. No censo do ano 2010 o município registrou crescimento de 7,04% (25.116 pessoas), por fim, no ano 2022 a população de Piracaia era de 26.029 habitantes que representa crescimento de 3,50% na década (IBGE, 2022). A figura 11 apresenta graficamente a curva de evolução populacional.

Figura 11 - Crescimento populacional de Piracaia (SP) entre 1970 até 2022.



Fonte: IBGE, 2022.

6.3.2 Educação e renda

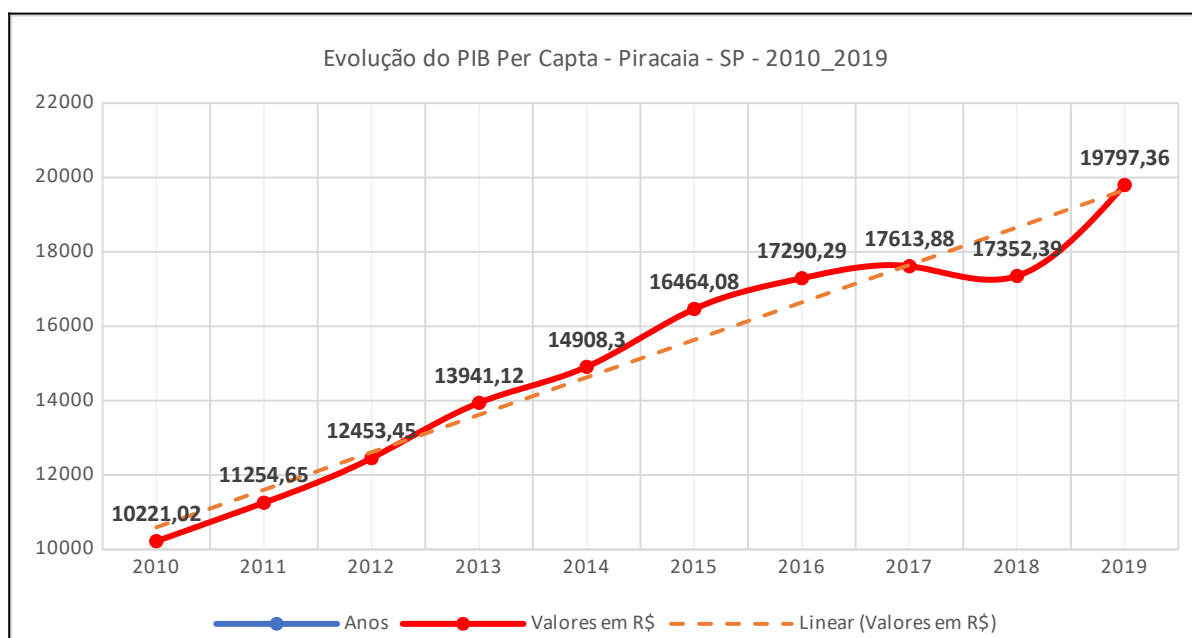
No campo da educação, com dados do ano 2020 o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) para os anos iniciais do ensino fundamental (rede pública) foi de 6,7 que representa a posição de número 230 comparado com os 645 municípios do Estado. Já para os anos finais do ensino fundamental (rede pública) o IDEB caiu para 5,5 e posicionou Piracaia em 165º no Estado. O município conta com 17 estabelecimentos de ensino fundamental e 04 de ensino médio na rede pública, com essa infraestrutura registrou 3.309 matrículas no ensino fundamental (IBGE, 2021).

O Produto Interno Bruto (PIB) per capita no município de Piracaia quase dobrou entre 2010 e 2019, evoluiu de R\$ 10.202,80 para R\$ 19.797,36, a figura 12 representa e curva de evolução. Em termos de rendimentos dos trabalhadores o salário médio mensal pago no município soma 2,0 salários-mínimos, a proporção de pessoas ocupadas em relação à população total registra 20,6% (5.625 pessoas), esses dados comparados com os outros municípios do Estado posicionam Piracaia em 459º e 326º, respectivamente, no rol desses indicadores. Em outra frente de análise, considerando os domicílios com rendimentos mensais de até meio salário-mínimo por pessoa chega-se a 31,6% da população, esses somados aos municípes

que ganham até dois salários-mínimos mensais resulta em 52,2% da população, aproximadamente 14.416 pessoas que recebem até dois salários-mínimos mensais (IBGE, 2021).

O rendimento médio mensal de empregos formais é um dado que possibilita uma análise panorâmica do poder de compra de determinada população, verifica-se o valor R\$ 2.088,24 município de Piracaia que representa 63,5% do valor aferido para o Estado de São Paulo – R\$ 3.287,67 (SEADE, 2019).

Figura 12 - Evolução do PIB per capita de Piracaia de 2010 até 2019.



Fonte: IBGE, 2021.

6.3.3 Saúde

Na área da saúde os registros no Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) do Ministério da Saúde indicam que Piracaia possui quatro Unidades de Saúde em operação:

- Centro de Saúde II – José F. Rosas – Conta com instalações físicas para atendimento ambulatorial em atenção primária, imunização, serviços de atenção ao paciente com tuberculose, serviço de atenção pré natal, parto e nascimento, serviços de atenção em saúde bucal, serviço de atenção psicossocial, para

controle de tabagismo, serviços de diagnóstico por imagem métodos gráficos dinâmicos e serviços de coleta de materiais biológicos. A unidade conta com ambulância e farmácia.

- Unidade Básica de Saúde - José Augusto Peçanha Brandão – Conta com instalações físicas para atendimento ambulatorial em atenção primária, imunização, logística de imunobiológicos, serviços de atenção ao paciente com tuberculose, serviço de atenção pré natal, parto e nascimento, também serviços de coleta de materiais biológicos. A unidade conta com ambulância e farmácia.
- Unidade Básica de Saúde - José Ferreira de Souza - Conta com instalações físicas para atendimento ambulatorial de atenção básica em saúde bucal.
- Centro de atendimento Psicossocial - Zaqueu Henrique - Conta com instalações físicas para atendimento ambulatorial para atenção psicossocial.

Com base nesses registros nota-se que Piracaia não possui estabelecimentos de saúde para atenção secundária na rede municipal, quando necessita desse tipo de serviço recorre às unidades de referência em outros municípios.

Segundo a Fundação SEADE (Sistema Estadual de Análise de Dados), as estatísticas vitais e de saúde do município para o ano 2019 estão sintetizadas na figura 04. Em geral os valores atribuídos ao município são semelhantes aos apurados para o Estado de São Paulo, cabe atenção para o indicador de Taxa de mortalidade da população de 15 a 34 anos (por cem mil habitantes nessa faixa etária) que registra valor 33% acima da média estadual. Já no indicador de Total de leitos (por mil habitantes) o município tem um deficit de 44% se comparado com a média do Estado. Outro indicador que pode revelar dificuldades para o atendimento à saúde no município é a quantidade de médicos e enfermeiros disponíveis, os dados apresentaram que os indicadores Médicos e Enfermeiros (por mil habitantes) encontram-se aproximadamente 80% abaixo da média estadual.

Figura 13 - Comparativo dos indicadores vitais e de atendimento à saúde no município de Piracaia e no Estado de São Paulo.

Indicadores vitais e de atendimento à saúde - Ano base 2019 - SEADE	Piracaia (Município)	São Paulo (Estado)
Taxa de fecundidade geral (por mil mulheres entre 15 e 49 anos)	47,68	48,14
Taxa de natalidade (por mil habitantes)	12,57	13,09
Taxa de mortalidade infantil (por mil nascidos vivos)	12,16	10,93
Taxa de mortalidade na infância (por mil nascidos vivos)	12,16	12,65
Taxa de mortalidade da população de 15 a 34 anos (por cem mil habitantes nessa faixa etária)	149,35	100,31
Taxa de mortalidade da população de 60 anos ou mais (por cem mil habitantes nessa faixa etária)	3.594,77	3.345,57
Leitos SUS (por mil habitantes)	1,1	1,2
Total de leitos (por mil habitantes)	1,4	2,1
Médicos (por mil habitantes)	0,6	2,7
Enfermeiros (por mil habitantes)	0,3	1,5

Fonte: SEADE, 2019.

6.3.4 Município de Piracaia e o Sistema de abastecimento Cantareira

A necessidade da implementação do sistema de abastecimento Cantareira para o atendimento das necessidades de fornecimento de água tratada para parte da Região Metropolitana de São Paulo colocou o município de Piracaia como elemento central (“hub”) do processo de fluxo das águas para o sucesso do projeto de abastecimento, essa preponderância se deu por conta da sua localização estratégica (detalhe na figura 15) e, devido aos atributos do relevo que possibilitou a criação de sistemas de reservação e transporte das águas, por meios naturais e artificiais, até a região de efetivo processo de tratamento e consumo.

Esse movimento político/estratégico deu causa e oportunizou atenção sobre as belezas cênicas do território municipal que somadas às novas condições de acesso viário e presença de maiores volumes de água despertou interesses de

vários tipos sobre o município, como o aumento da oferta de serviços para lazer e turismo, aumento da urbanização devido a criação de polos industriais e novos assentamentos urbanos, esses últimos em grande parte para o atendimento das demandas de mão de obra surgidas em decorrência do aumento do volume de negócios na economia municipal, também, para servir às necessidades dos empreendimentos imobiliários que tiveram oportunidade de surgimento no território municipal, sobretudo em regiões lindeiras às recém-criadas áreas de reservação de água (empreendimentos imobiliários de alto padrão).

Segundo SABESP (2008) história do Sistema de Abastecimento Cantareira pode ser dividido em duas etapas, a primeira com início em 1863 quando o governo da Província de São Paulo contratou um Plano Geral de Abastecimento de Água e Coleta e Disposição de Esgotos e, a segunda, parecida com a que conhecemos hoje, teve início no ano 1962 com a criação da Comissão Especial para o Planejamento das Obras de Abastecimento e Distribuição de Água da Capital (CEPA) que elaborou um projeto de aproveitamento das águas dos rios Juqueri, Atibainha, Cachoeira e Jaguari, com adução prevista de 17 m³/s para o abastecimento de parte da Capital paulista, esse projeto recebeu derivações até chegarmos ao modelo atual.

Os relatos históricos dão conta que sempre houve descompasso entre o processo de crescimento urbano da cidade de São Paulo e a oferta do sistema de saneamento, levando os concessionários contratados, em cada tempo, a buscar por soluções de abastecimento de água em distâncias cada vez maiores (OSEKI, 1992).

Dada a magnitude do projeto o sistema foi desenvolvido em etapas, em 1964 iniciaram-se os procedimentos para o aproveitamento das águas do rio Juqueri, houve nova reformulação e ajustes na proposta técnica e em 1967 constatou-se a possibilidade de aumento da capacidade de adução para 22 m³/s, por fim, em 1969 o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) elaborou o Plano de Desenvolvimento Global dos Recursos Hídricos das Bacias do Alto Tietê e Cubatão (Plano HIBRACE) que determinou nova capacidade adução em 33 m³/s com a ampliação da vazão revertida dos rios Jaguari e Jacaré.

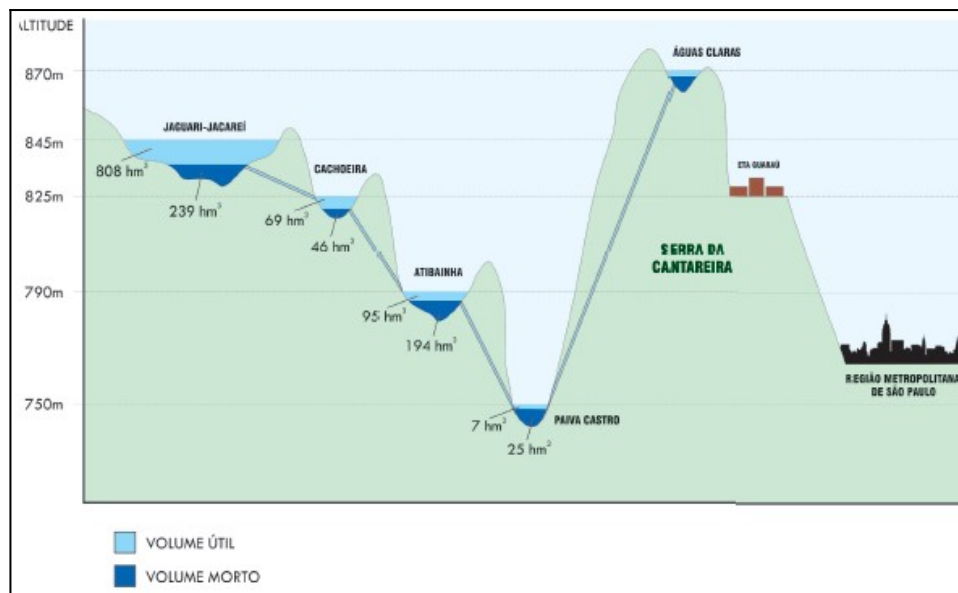
A construção do Sistema Cantareira demandou por muitas obras de engenharia como a retificação de rios, a canalização de corpos d'água (dutos enterrados do tipo túneis) e a criação de reservatórios de acumulação (SABESP,

2008). No mesmo período a região recebeu significativo incremento do sistema viário como a duplicação das Rodovias Dom Pedro I e Fernão Dias entre outras obras viárias de menor porte, porém de maior abrangência geográfica, esses empreendimentos alteraram em diferentes intensidades os meios físico, biótico e socioeconômico da região (HOEFFEL, 2005 et al).

O Sistema Cantareira foi inaugurado no ano 1974, já com a gestão da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), possuindo a seguinte estrutura física:

- Barragens Jaguari e Jacareí (reservatórios e canal de ligação);
- Ligação Reservatórios Jacareí/Cachoeira (túnel 7);
- Barragem e Reservatório do Rio Cachoeira;
- Ligação Reservatório Cachoeira/Rio Atibainha (túnel 6);
- Barragem e Reservatório do Rio Atibainha;
- Ligação dos Rios Atibainha/Juqueri (túnel 5);
- Barragem Paiva Castro e Reservatório do Rio Juqueri;
- Túnel adutor da elevatória (túnel 3);
- Estação Elevatória Santa Inês;
- Ligação Elevatória Santa Inês e Reservat. Águas Claras (túneis 1 e 4);
- Barragem e Reservatório Águas Claras;
- Ligação do Reservatório Águas Claras/Estação de Tratamento de Água do Garaú (túnel 2);
- Estação de Tratamento de Água do Garaú (ETA Garaú), a figura 14 representa o esquema do projeto atual sob o ponto de vista da altitude dos represamentos.

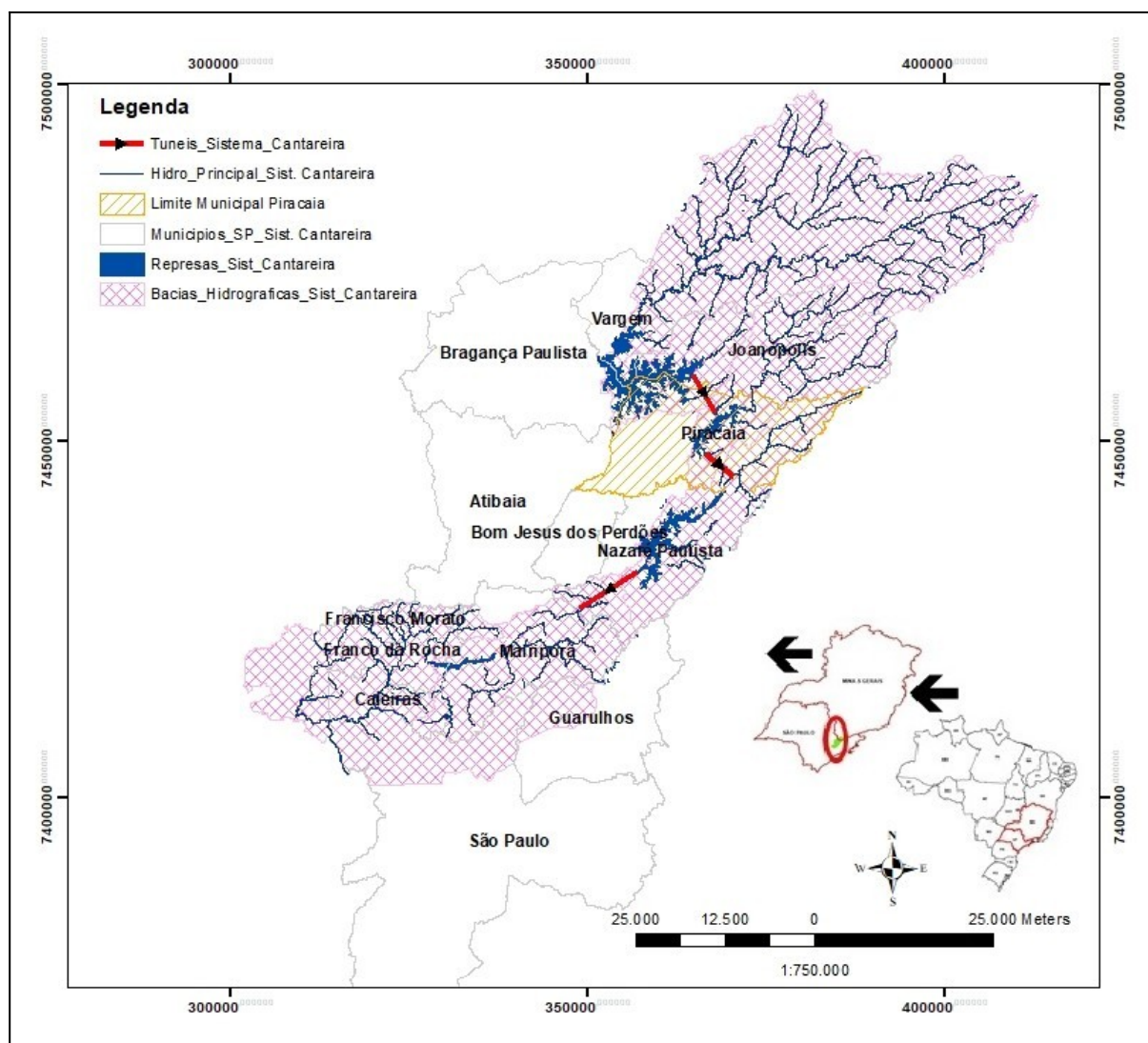
Figura 14 - Representação gráfica do esquema de adução dos represamentos do Sistema Cantareira.



Fonte: ANA/DAEE, *apud* IPE, 2017.

Hoje o Sistema Cantareira produz abastecimento de água para 12 milhões de pessoas que residem em 17 municípios dos Estados de São Paulo (Bragança Paulista, Caieiras, Franco da Rocha, Joanópolis, Nazaré Paulista, Mairiporã, Piracaia e Vargem) e Minas Gerais (Extrema, Camanducaia, Itapeva e Sapucaí-Mirim). Outros municípios que estão fora dessa abrangência geográfica também são beneficiados pelas águas: Francisco Morato, Osasco, Carapicuíba e São Caetano do Sul são completamente atendidos, já as cidades de Guarulhos, Barueri, Taboão da Serra, Santo André e a Capital Paulista são parcialmente abastecidos (SABESP, 2015), a figura 15 representa a distribuição espacial dos elementos do sistema.

Figura 15 - Representação gráfica da distribuição espacial do Sistema Cantareira.



Fonte: Elaboração do autor com dados do IBGE (2020) e ANA (2020).

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo será apresentada a evolução do uso e ocupação do solo do município de Piracaia (SP) durante a escala temporal proposta, os resultados obtidos revelaram significativa dinâmica espacial entre as classes utilizadas para a representação da paisagem. Em primeiro momento serão apresentados os resultados obtidos para a dinâmica espacial das classes durante o período de estudo, na sequência, o trabalho evoluirá aumentando a escala de representação cartográfica dos mapas a fim de dar mais visibilidade para a evolução dos agrupamentos urbanos na região político-administrativa do município. Na fase seguinte foi comparado o resultado do processo de ocupação urbana com as disposições do Plano Diretor do Município de Piracaia (SP), bem como, do regramento estabelecido pelo zoneamento do Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira. No final do capítulo são apresentados os cenários evolutivos prospectivos para a representação da possível ocupação urbana no Município de Piracaia (SP) para os anos de 2040 e 2060.

7.1 Representação da evolução do uso e ocupação do solo, dinâmica espacial das classes durante o período de estudo

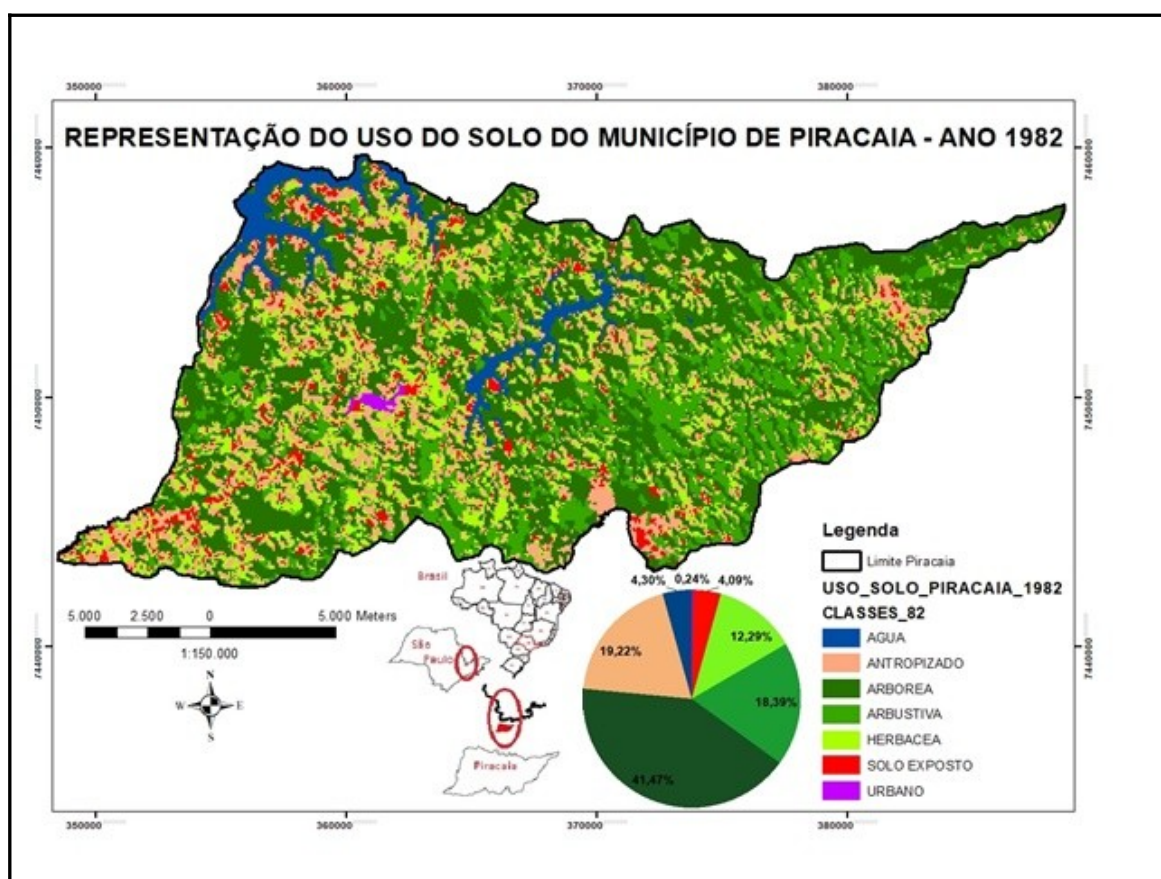
Neste subcapítulo serão apresentados os resultados da evolução do uso e ocupação do solo do município de Piracaia para o lapso temporal entre o ano 1982 e 2020, nesta etapa do desenvolvimento do trabalho será apresentada a dinâmica ocorrida entre as classes da cobertura do solo definidas para o estudo. A escala de abordagem foi 1:150.000 e os resultados expressos na forma de tabelas numéricas e peças gráficas com os percentuais em relação a área do município.

7.1.1 Representação do uso e ocupação do solo para o ano 1982

A figura 16 apresenta o recobrimento da área de estudo no ano 1982 segundo as classes de representação definidas, pode-se observar predominância da classe Arbórea no recobrimento da paisagem, essa classe possuía distribuição aleatória pelo espaço e contava com 41,47% da área total do município, em metros quadrados significava 159.946.158,47. A classe Arbustiva apresentava cobertura de

18,39% da área (70.929.074,93 m²), a classe Herbácea contava com 47.424.384,32 m² (12,29%), ambas distribuídas aleatoriamente sobre o terreno. Somadas as classes da cobertura vegetal atingiam 72,15% do polígono do município (278.299.617,72 m²). A classe Antropizado, que representa o mosaico de agricultura e pastagens contava com 19,22%, numericamente 74.133.877,68 m². Já as classes Solo Exposto e Água detinham 4,09% (15.774.888,59 m²) e 4,30% (16.602.806,44 m²) respectivamente. A classe urbana registrava menos de meio por cento da área municipal, mais especificamente 0,24%, em metros quadrados significava 921.271,04. A tabela 3 sintetiza as informações apresentadas:

Figura 16 - Representação da evolução do uso e ocupação de solo de Piracaia (SP) – Ano 1982.



Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 3 - Evolução do uso e ocupação de solo de Piracaia (SP) – Ano 1982.

CLASSES_1982	ÁREA_m²	PERCENTUAL
Água	16.602.806,44	4,30%
Antropizado	74.133.877,68	19,22%
Arbórea	159.946.158,47	41,47%
Arbustiva	70.929.074,93	18,39%
Herbácea	47.424.384,32	12,29%
Solo Exposto	15.774.888,59	4,09%
Urbano	921.271,04	0,24%
Total	385.732.461,47	100,00%

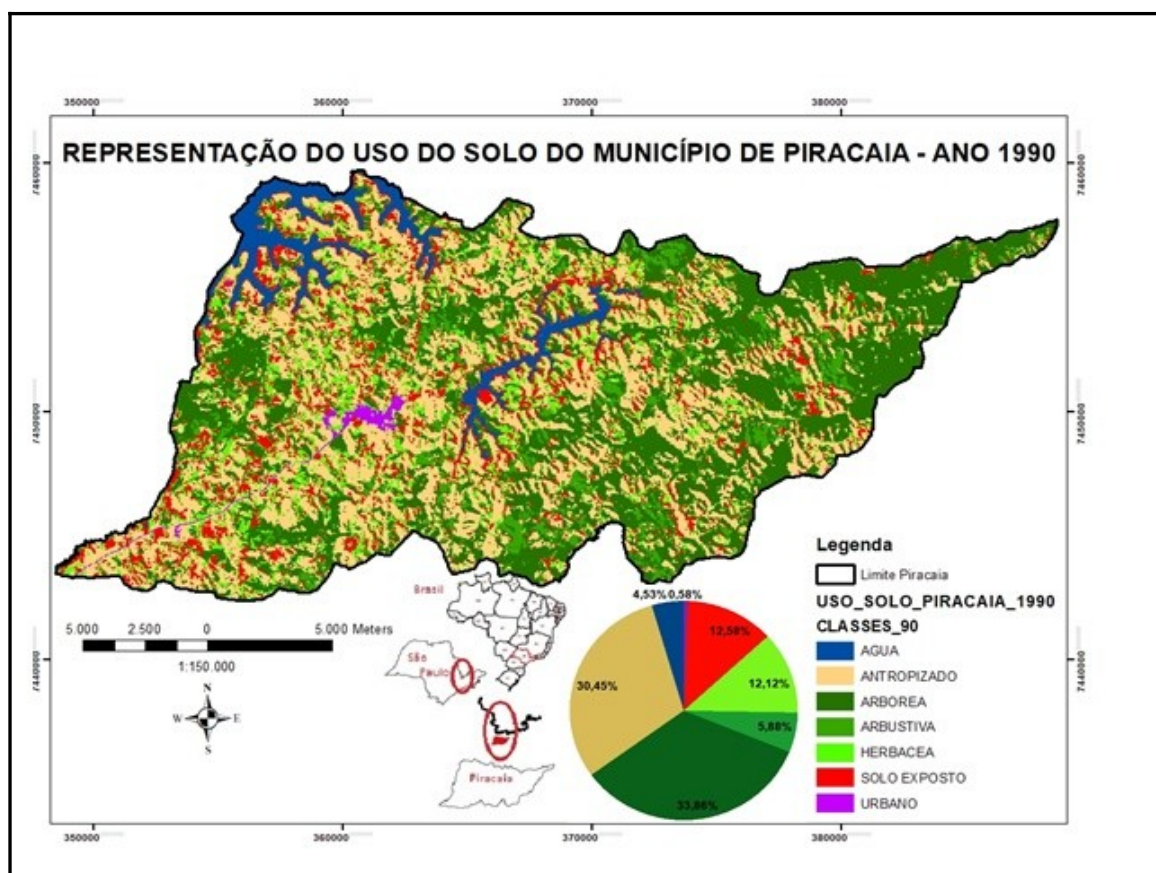
Fonte: Elaboração do autor.

7.1.2 Representação do uso e ocupação do solo para o ano 1990

Na figura 17 pode-se observar significativa dinâmica na cobertura da paisagem em relação ao ano 1982, no período entre 1982 até 1990 houve intenso crescimento da categoria Antropizado que passou a representar 30,45% (117.458.744,04 m²) da área total, nota-se evidente avanço desta categoria sobre as áreas vegetadas que representavam, em somatória, 200.023.952,09 m² ou 51,86% do município neste recorte temporal; Por representação espacial em classes, a classe Arbórea registrava 33,85% (130.598.578,05 m²), Arbustiva contava com 5,88% (22.688.580,33 m²) e a classe Herbácea manteve seu índice na casa dos doze por cento do total da área (12,12% - 46.736.793,71 m²). A classe Solo Exposto que representa terrenos sem cobertura vegetal evoluiu para 12,58 % que representava 48.536.739,45 m², enquanto que a classe Água atingiu 4,53% (17.468.400,96 m²). A categoria Urbano dobrou de tamanho entre 1982 e 1990, contando com 0,58 por cento da área total (2.244.624,93 m²), importante notar que

essa categoria apresentou as primeiras incursões na região da bacia hidrográfica que compõem as represas Jaguari e Jacareí, esse fato pode ser melhor visualizado na figura 22 que apresenta a classe Urbano separada das outras classes na etapa temporal deste ano. A tabela 4 sintetiza os resultados apresentados.

Figura 17 - Representação da evolução do uso e ocupação de solo de Piracaia (SP) – Ano 1990



Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 4 - Evolução do uso e ocupação de solo de Piracaia (SP) – Ano 1990.

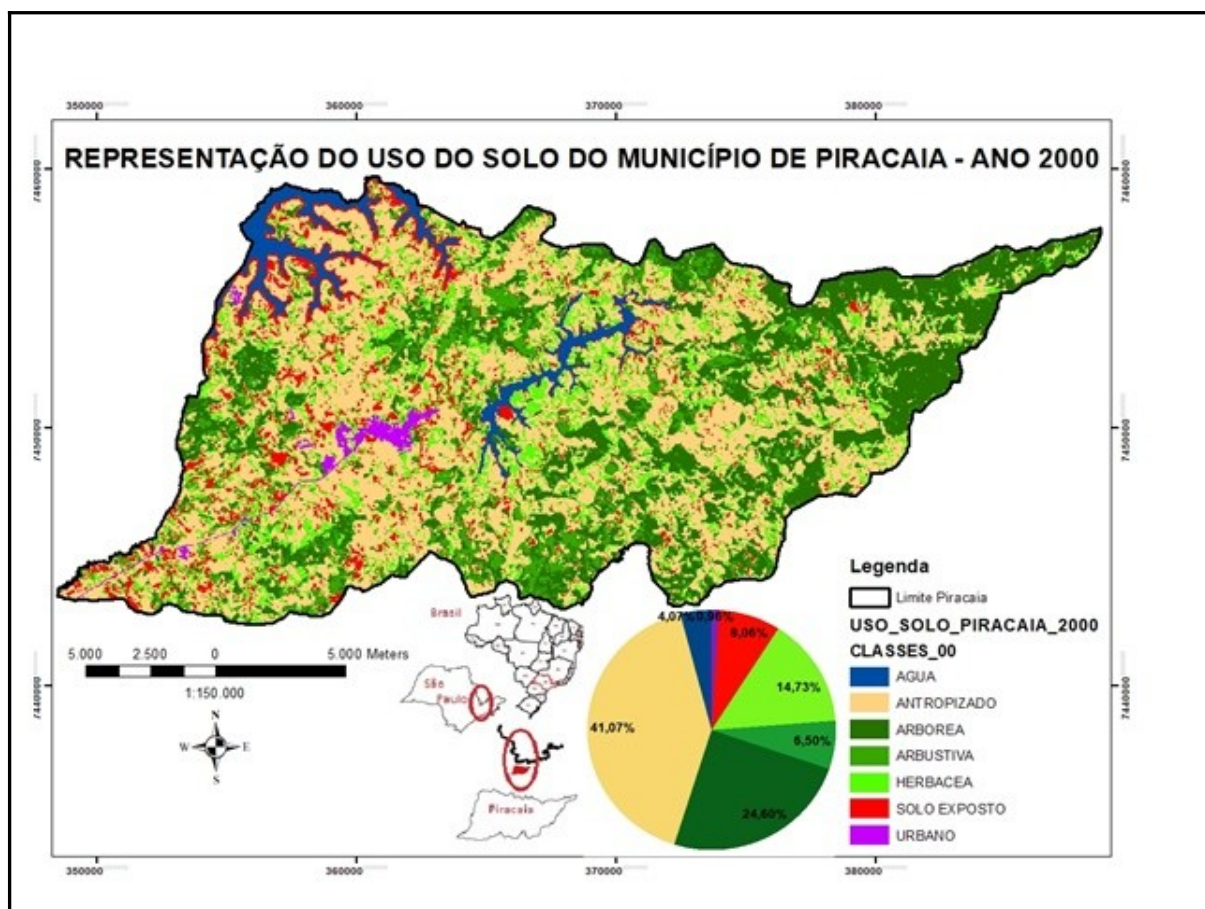
CLASSES_1990	ÁREA_m²	PERCENTUAL
Água	17.468.400,96	4,53%
Antropizado	117.458.744,04	30,45%
Arbórea	130.598.578,05	33,86%
Arbustiva	22.688.580,33	5,88%
Herbácea	46.736.793,71	12,12%
Solo Exposto	48.536.739,45	12,58%
Urbano	2.244.624,93	0,58%
Total	385.732.461,47	100,00%

Fonte: Elaboração do autor.

7.1.3 Representação do uso e ocupação do solo para o ano 2000

A figura 18 representa a manutenção da tendência da década anterior de avanço da categoria Antropizado (mosaico de agricultura e pastagem) sobre as outras categorias, nesta etapa temporal atingiu a maior cobertura das terras chegando a marca de 41,07%, que em área significam 158.415.608,79 m². Esse avanço se deu majoritariamente sobre a classe Arbórea que ficou reduzida a 24,60% (94.904.617,53 m²). Já as categorias Arbustiva e Herbácea apresentaram ligeira evolução atingindo 6,50% (25.089.620,11 m²) e 14,73% (56.829.534,11 m²) respectivamente; Talvez esse crescimento nos índices estejam vinculados a áreas da classe Arbórea que não foram completamente removidas restando fragmentos que foram classificados em categoria menos expressiva em termos de biomassa vegetal (Arbustiva e Herbácea). A categoria Solo Exposto também cedeu área para o processo produtivo agrícola, contando agora com 8,06% (31.102.749,65 m²) do polígono que perfaz o limite da área de estudo. Já a categoria Urbano continuou na tendência de crescimento e se aproximou de um por cento do domínio municipal, chegou a marca de 0,96% (3.700.954,24 m²). A classe que representa os recursos hídricos manteve a estabilidade na casa dos quatro por cento de ocupação, especificamente 4,07% que representa a área de 15.689.377,05 metros quadrados. A tabela 5 sintetiza os resultados apresentados.

Figura 18 - Representação da evolução do uso e ocupação de solo de Piracaia (SP) – Ano 2000.



Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 5 - Evolução do uso e ocupação de solo de Piracaia (SP) – Ano 2000.

CLASSES_2000	ÁREA_m ²	PERCENTUAL
Água	15.689.377,05	4,07%
Antropizado	158.415.608,79	41,07%
Arbórea	94.904.617,53	24,60%
Arbustiva	25.089.620,11	6,50%
Herbácea	56.829.534,11	14,73%
Solo Exposto	31.102.749,65	8,06%
Urbano	3.700.954,24	0,96%
Total	385.732.461,47	100,00%

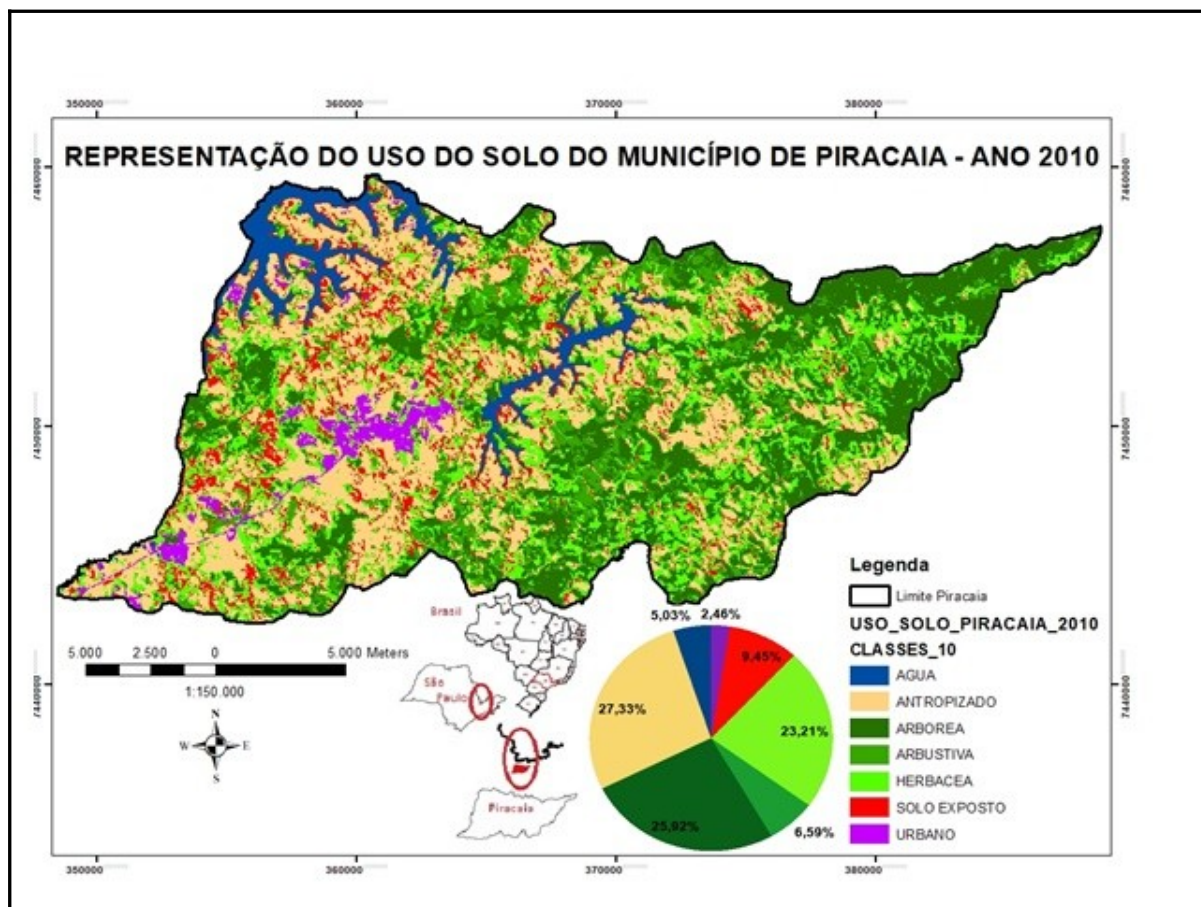
Fonte: Elaboração do autor.

7.1.4 Representação do uso e ocupação do solo para o ano 2010

Na década decorrida entre 2000 e 2010 pode-se observar duas tendências na paisagem representada pela figura 19, a primeira é um processo de recomposição dos fragmentos de vegetação distribuídos pelo município. A segunda tendência é o significativo avanço da categoria Urbano sobre o espaço, essa categoria novamente dobrou de tamanho atingindo quase dois e meio por cento da área municipal, cabe observar a característica espacial de crescimento em anéis circuncisos na região centro-oeste, todavia em área classificada como de expansão urbana no Plano Diretor Municipal; Em outra vertente, pode-se observar a dispersão de novos povoadamentos, sobretudo, na região da bacia hidrográfica das represas Jaguari e Jacareí.

No quadro de quantificação de áreas a classe Arbórea somou 25,92% com área de 100.000.592,21 m², a categoria Arbustiva manteve-se na casa dos seis por cento, mais especificamente 6,59% que significam 25.412.720,24 m² e, o recobrimento Herbáceo avançou para 23,21% (89.531.314,80 m²), somadas essas categorias perfizeram 55,72% do município ou 214.944.627,25 m². A classe que representa as áreas de agropecuária (Antropizado) perdeu áreas para a vegetação e reduziu sua participação para 27,33% da região (105.404.007,49 m²), enquanto que a classe do Solo Exposto registrou pequena evolução atingindo 9,46% (36.465.347,88 m²). A categoria dos recursos hídricos chegou aos 5,03%, maior índice da série histórica, esse percentual significa 19.412.373,43 m². A classe da urbanização novamente dobrou de tamanho na década atingindo 2,46% (9.506.105,42 m²). A tabela 6 sintetiza os resultados apresentados.

Figura 19 - Representação da evolução do uso e ocupação de solo de Piracaia (SP) – Ano 2010.



Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 6 - Evolução do uso e ocupação de solo de Piracaia (SP) – Ano 2010.

CLASSES_2010	ÁREA_m ²	PERCENTUAL
Água	19.412.373,43	5,03%
Antropizado	105.404.007,49	27,33%
Arbórea	100.000.592,21	25,92%
Arbustiva	25.412.720,24	6,59%
Herbácea	89.531.314,80	23,21%
Solo Exposto	36.465.347,88	9,45%
Urbano	9.506.105,42	2,46%
Total	385.732.461,47	100,00%

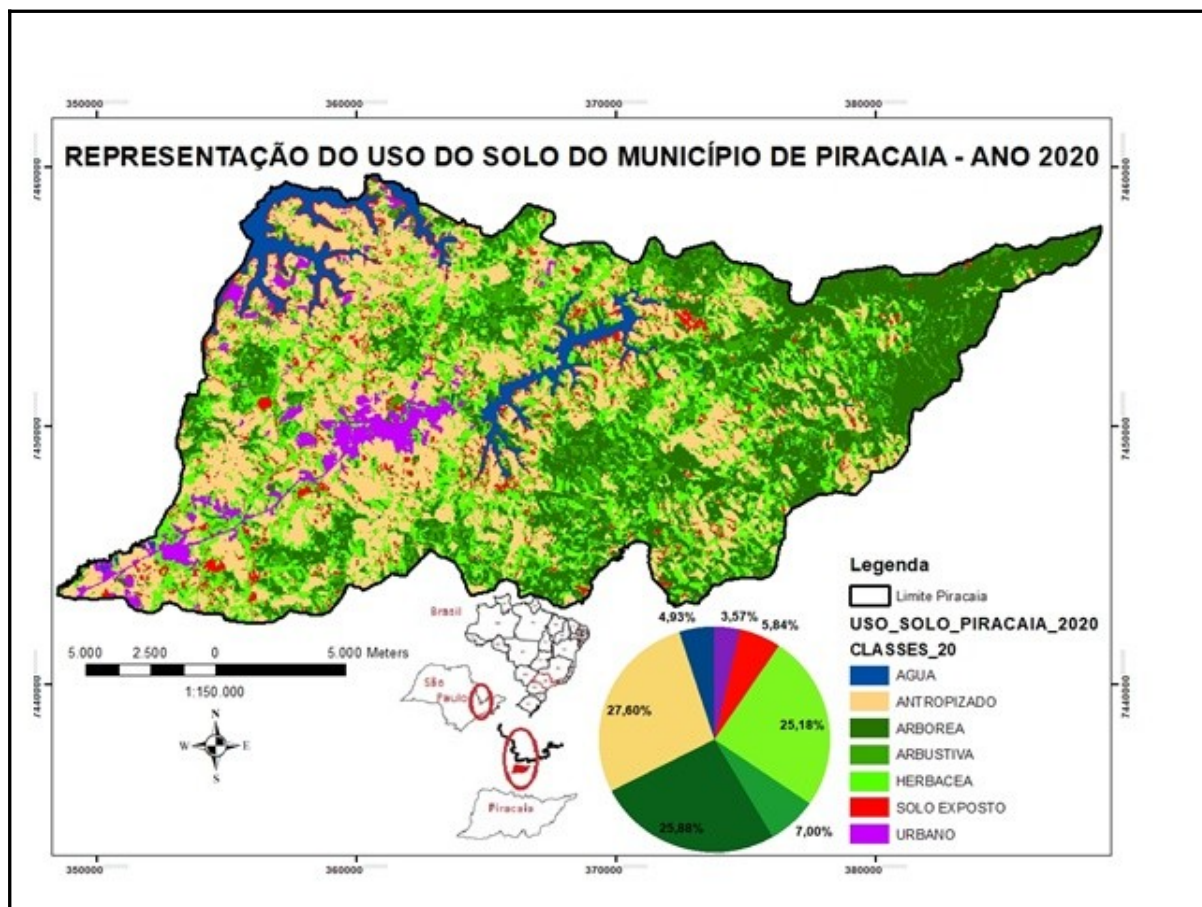
Fonte: Elaboração do autor.

7.1.5 Representação do uso e ocupação do solo para o ano 2020

O uso e cobertura do solo para o ano 2020 está representado na figura 20, pode-se notar que a categoria da classe Urbano consolidou áreas e produziu avanços na forma de inserção de novos povoamentos, sobretudo na região das represas Jaguari e Jacareí chegando ao percentual de 3,57% da área do município. A categoria Arbórea registrou 25,88% (99.826.221,87 m²), a classe Arbustiva manteve a tendência registrando sete por cento do polígono que representam 27.004.529,55 m². A classe Herbácea somou 25,18% (97.109.392,35 m²), já a categoria Antropizado ficou quase estabilizada, cresceu 0,27% e somou 27,60% do total (106.472.587,03 m²); Os polígonos representativos do Solo Exposto somaram 5,84% (22.514.630,62 m²), a categoria Água manteve seu nível em 4,93% (19.015.820,24 m²).

Importante notar que durante todo os recortes apresentados não há menção de processos de ocupação urbana na região da represa Cachoeira. A tabela 7 sintetiza as informações apresentadas.

Figura 20 - Representação da evolução do uso e ocupação de solo de Piracaia (SP) – Ano 2020



Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 7 - Evolução do uso e ocupação de solo de Piracaia (SP) – Ano 2020.

CLASSES_2020	ÁREA_m²	PERCENTUAL
Água	19.015.820,24	4,93%
Antropizado	106.472.587,03	27,60%
Arbórea	99.826.221,87	25,88%
Arbustiva	27.004.529,55	7,00%
Herbácea	97.109.392,35	25,18%
Solo Exposto	22.514.630,62	5,84%
Urbano	13.789.279,81	3,57%
Total	385.732.461,47	100,00%

Fonte: Elaboração do autor.

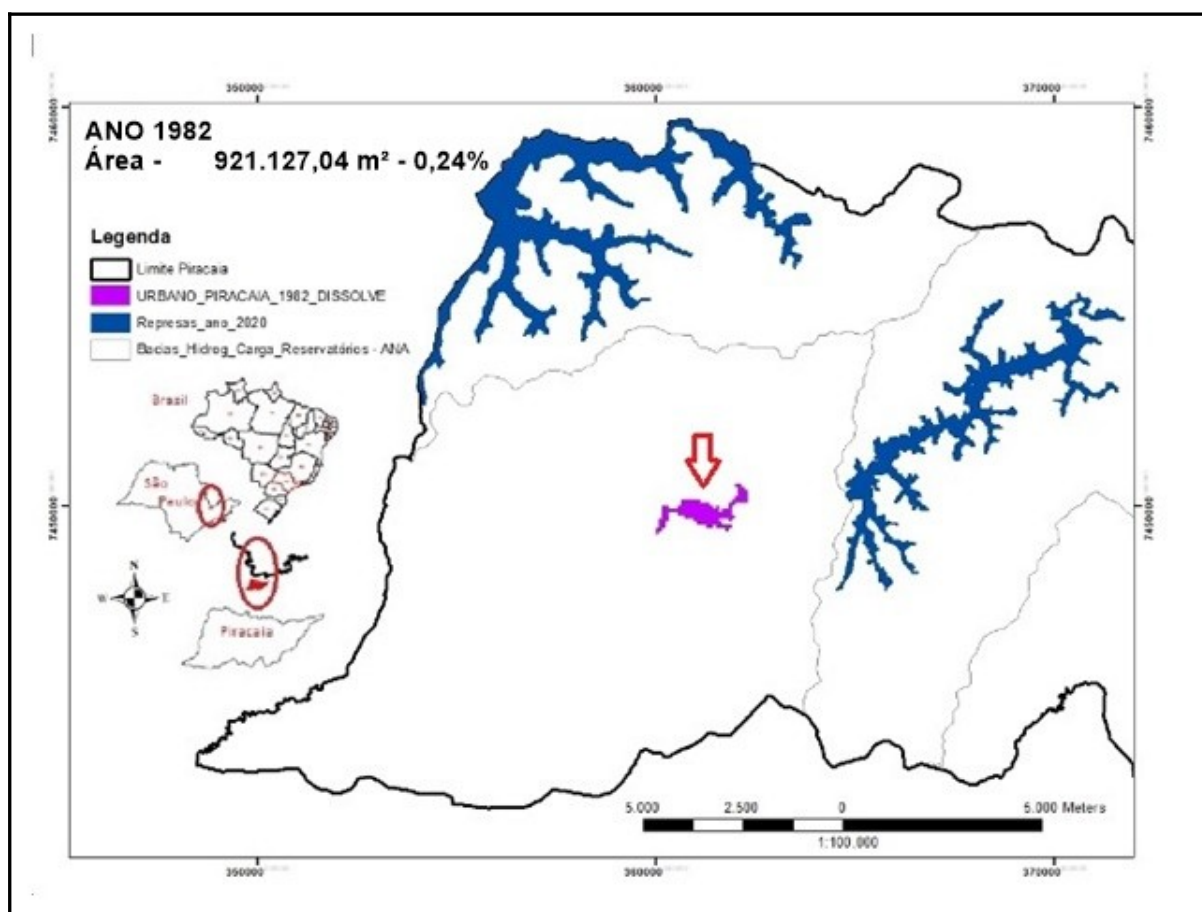
7.2 Representação da evolução dos agrupamentos urbanos durante o período de estudo

Em evolução ao apresentado no subcapítulo anterior e, com a finalidade de tornar mais fácil a visualização da evolução dos agrupamentos urbanos pelo espaço geográfico do município, foram elaborados layouts com a classe urbana separada das outras e representada para cada ano do período de estudo em escala 1:1000.000.

7.2.1 Representação da evolução da ocupação urbana para o ano 1982

Na figura 21 está representada a ocupação urbana no município de Piracaia (SP) relativa ao ano 1982, a mancha urbana estava concentrada na porção centro-oeste do limite administrativo, contava com 921.127,04 m² e representava 0,24% da área municipal, nesta etapa temporal não foram detectados outros agrupamentos com característica de ocupação urbana. Não foi possível detectar na imagem processada a presença da Rodovia Jan Antonin Bata (SP 036) devido a resolução espacial da imagem ser de 80 metros nos sensores da série LANDSAT naquele tempo.

Figura 21 - Representação da ocupação urbana para o ano 1982.

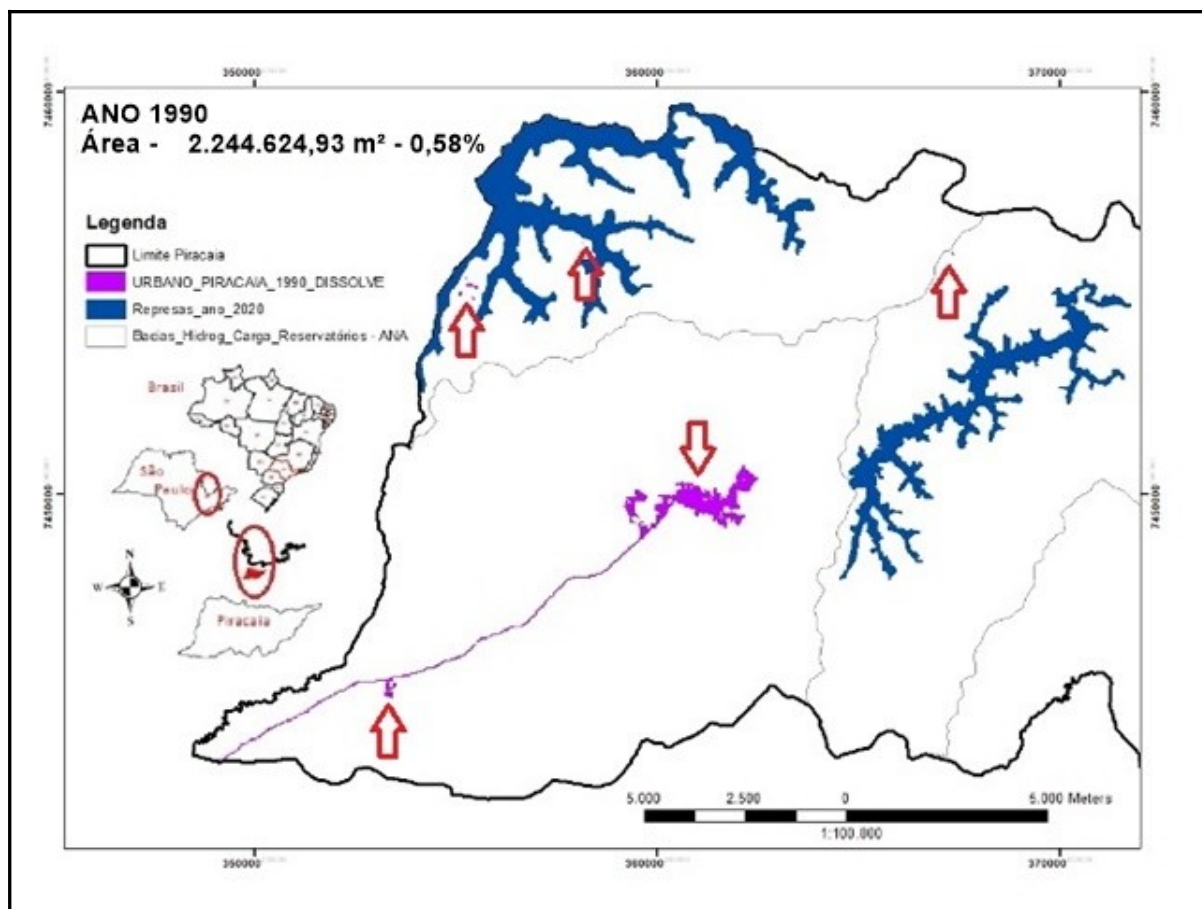


Fonte: Elaboração do autor.

7.2.2 Representação da evolução da ocupação urbana para o ano 1990

No período transcorrido entre 1982 até 1990 teve início o processo de espalhamento da ocupação urbana pelo município, na figura 22 pode-se observar, com a ajuda das setas presentes no layout, os primeiros povoamentos nas proximidades das represas Jaguari e Jacaref. Ainda insipientes se comparados a dimensão municipal, ocupavam 2.244.624,93 m² que representava um pouco mais que meio por cento da área (0,58%).

Figura 22 - Representação da ocupação urbana para o ano 1990.



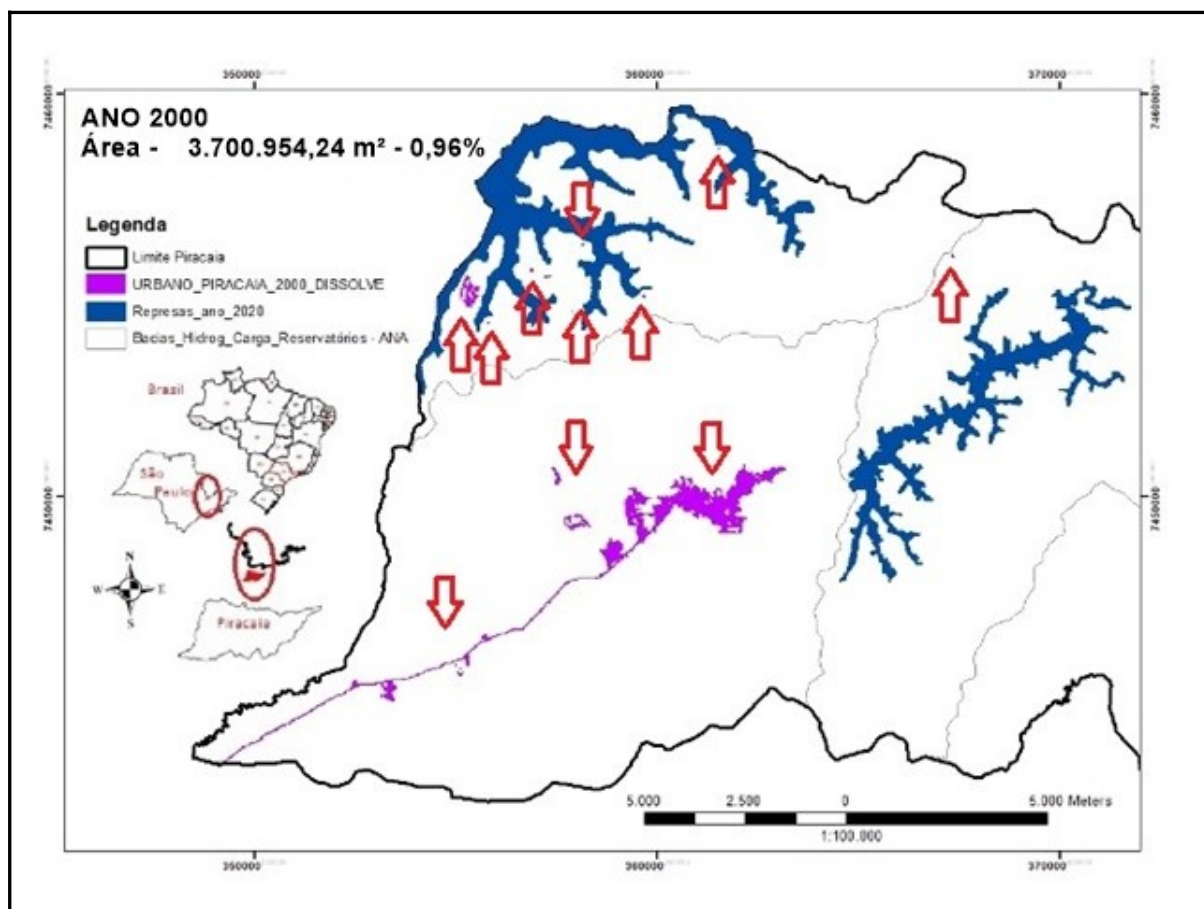
Fonte: Elaboração do autor.

7.2.3 Representação da evolução da ocupação urbana para o ano 2000

Na representação relativa ao ano 2000 torna-se mais evidente o processo de espalhamento da ocupação urbana pelo município, foram detectados diversos novos focos de povoadamentos, sobretudo na região das represas Jaguari e Jacareí.

Em relação a evolução do processo de ocupação chegou-se a casa dos um por cento de ocupação, mais especificamente, 0,96% do polígono municipal, numericamente 3.700.954,24 metros quadrados, a figura 23 ilustra a questão.

Figura 23 - Representação da ocupação urbana para o ano 2000.



Fonte: Elaboração do autor.

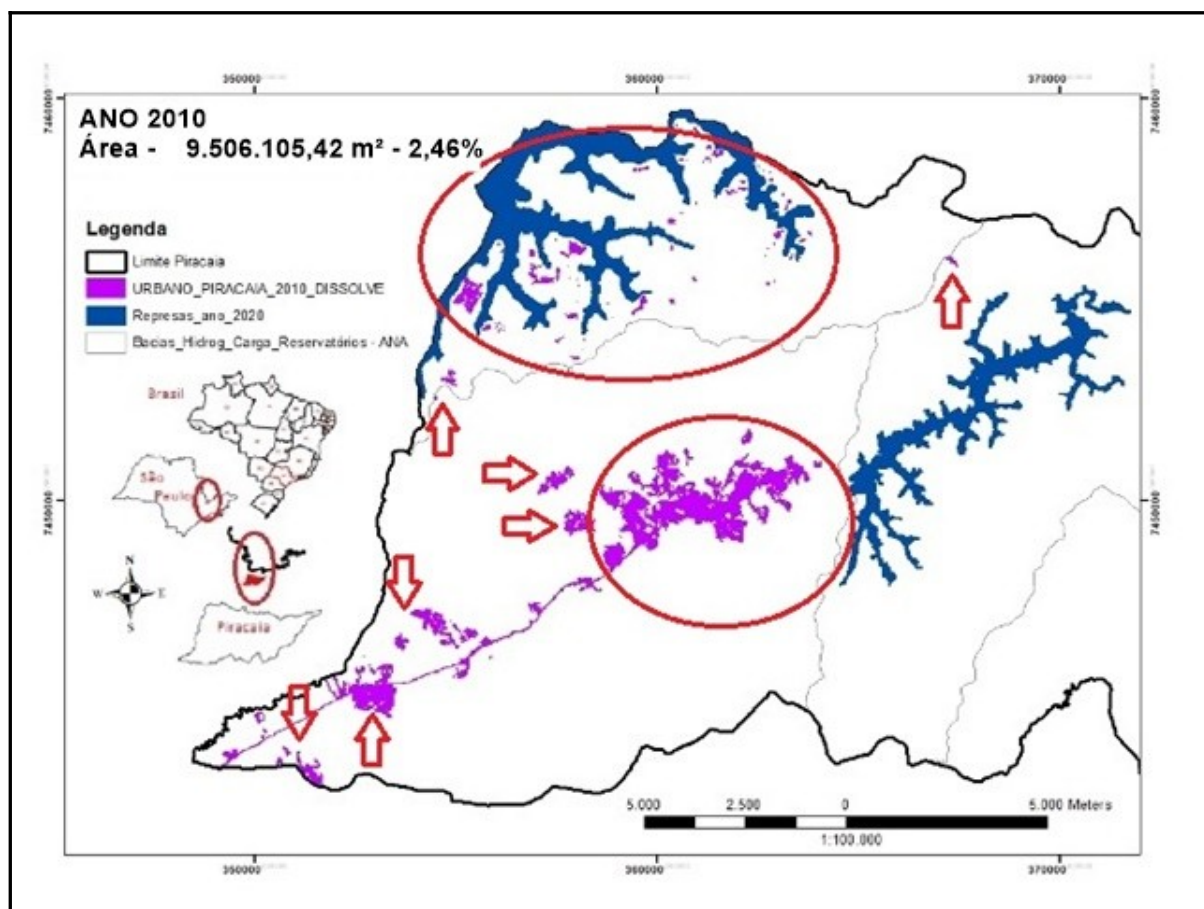
7.2.4 Representação da evolução da ocupação urbana para o ano 2010

Na década transcorrida entre o ano 2000 e 2010 o município de Piracaia (SP) apresentou significativa aceleração no processo da ocupação urbana atingindo o percentual de 2,46 da área administrativa do município (área ocupada pela classe urbana 9.506.105,42 m²). Na figura 24 pode-se observar, em comparação com a figura apresentada no subitem anterior, adensamento nas regiões ocupadas e surgimento de novos focos urbanos (locais demarcados pelas grafos na cor vermelha), sobretudo nas proximidades das represas Jaguari e Jacareí.

Talvez para dar resposta a esse crescimento expressivo da ocupação urbana, no ano 2007 foi promulgado o Plano Diretor Municipal (Lei 45/2007) que estabeleceu o macrozoneamento da cidade. Essa lei, entre outras providências, definiu áreas protegidas nas proximidades das represas Jaguari, Jacareí e

Cachoeira, bem como, estabeleceu regramento para ocupação no eixo da Rodovia Jan Antonin Bata. Pelo que se pode observar na figura 24, talvez, o regramento instituído pelo Plano Diretor Municipal possa não ter sido suficiente para disciplinar a questão.

Figura 24 - Representação da ocupação urbana para o ano 2010.



Fonte: Elaboração do autor.

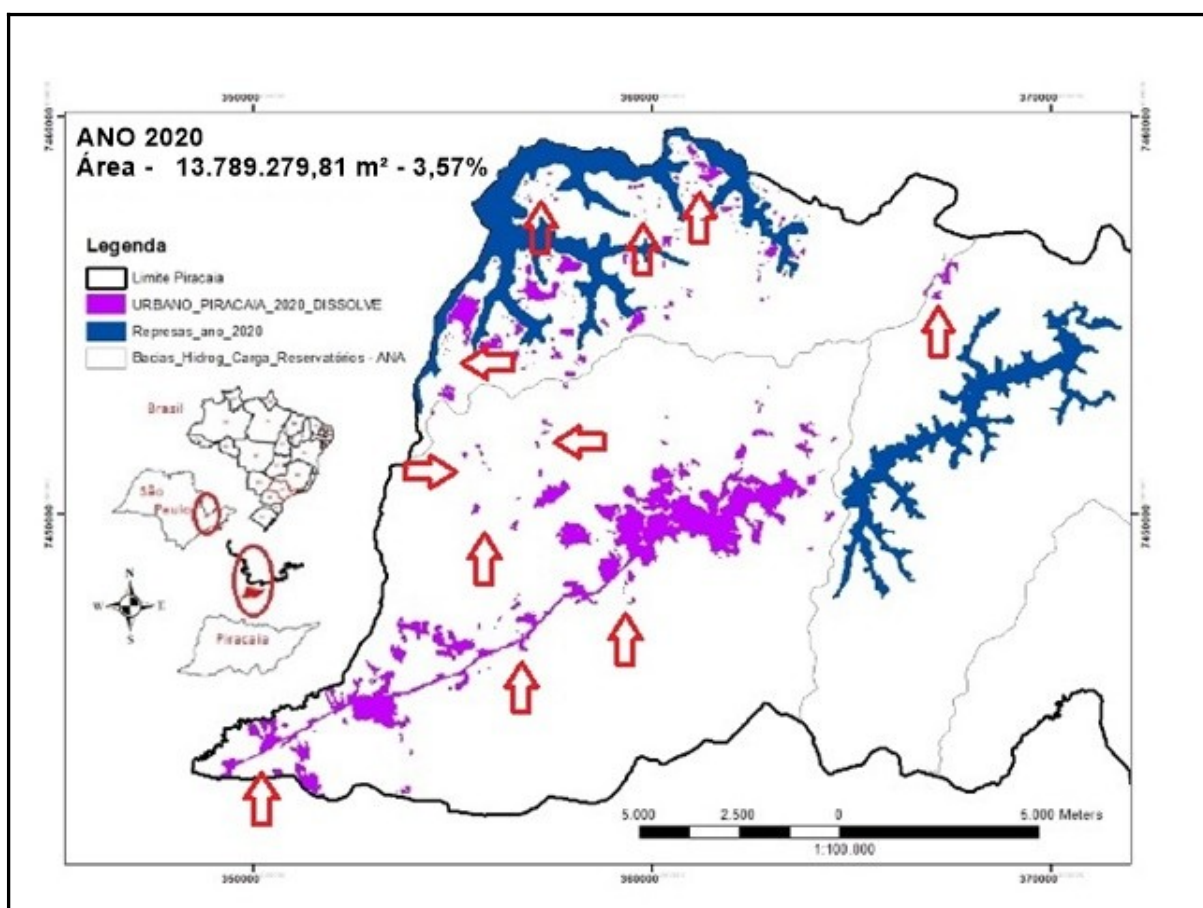
7.2.5 Representação da evolução da ocupação urbana para o ano 2020

No final da série temporal do estudo, a representação da ocupação urbana do município registrou 13.801.473,63 m², o que significa 3,58% da área total. Na figura 25 está representada a distribuição espacial dos assentamentos urbanos que mantém a tendência da década anterior de adensamento nas regiões povoadas e surgimento de novos agrupamentos dispersos pelo espaço municipal.

Fato preocupante pode ser observado na área da bacia hidrográfica das represas Jaguari e Jacareí (linha demarcatória fina em cor cinza na figura 25),

existem vários focos de ocupação da classe urbana nas proximidades dos braços das represas. Nesta etapa temporal como já decorreram 13 anos desde a promulgação do Plano Diretor Municipal pode-se inferir que o diploma legal não foi suficiente para disciplinar, com efetividade, a evolução dos assentamentos urbanos no território municipal, sobretudo nas Áreas de Proteção Permanente (APP) estabelecidas pelo instrumento nas orlas das represas Jaguari e Jacareí. Cabe ressaltar que a mesma proteção foi atribuída e funcionou eficaz para a região da orla da Represa Cachoeira, a diferença que existe entre as duas regiões é que na região da Represa Cachoeira a SABESP é a proprietária da área e mantém um sistema de gestão ambiental para o monitoramento e proteção do manancial.

Figura 25 - Representação da ocupação urbana para o ano 2020.



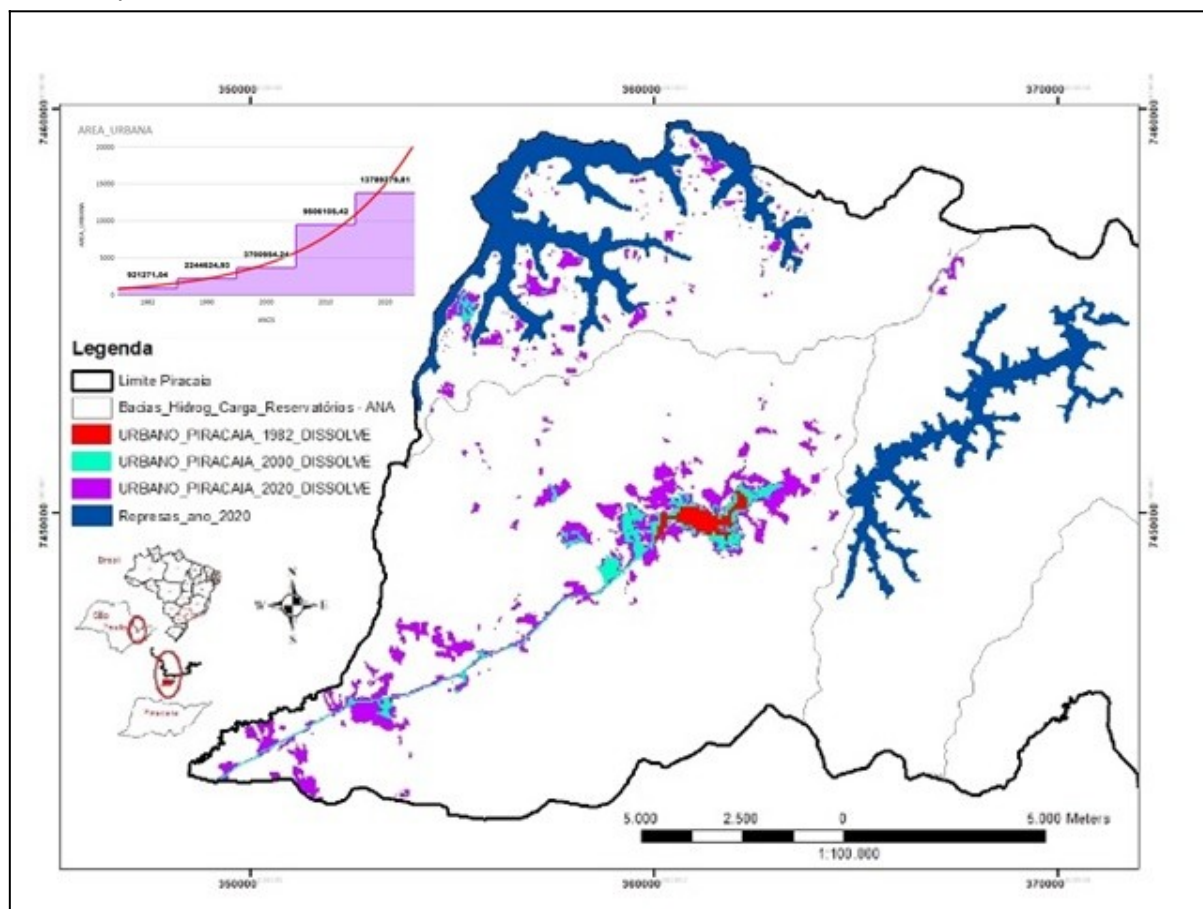
Fonte: Elaboração do autor.

7.2.6 Representação da evolução da ocupação urbana para o período de 1982 até 2020 com cortes temporais de vinte anos

Na figura 26 a informação apresentada nos subitens anteriores foi consolidada em recortes temporais de vinte anos (1982, 2000 e 2020) para ilustrar a temporalidade da ocorrência da evolução do processo de ocupação urbana. Na cor vermelha está representada a região ocupada até o ano 1982, início do período de estudo. Na cor azul-claro estão espacializados os assentamentos ocorridos durante os vinte anos seguintes (entre 1982 até o ano 2000), e, por último, a cor roxa apresenta a ocupação ocorrida nos vinte anos finais do estudo, neste recorte temporal torna-se evidente o fenômeno do espalhamento da urbanização pelo território do município, também a tendência de ocupação urbana nas proximidades das represas Jaguari e Jacareí.

A tabela 8 consolida a evolução quantitativa do processo de ocupação urbana no município, pode-se observar que a cada dez anos a área urbana de Piracaia duplica de tamanho, na figura 27 a linha vermelha aponta a curva tendência para o crescimento urbano no período de estudo.

Figura 26 - Representação da evolução da ocupação urbana para o período de 1982 até 2020 com cortes temporais de vinte anos.



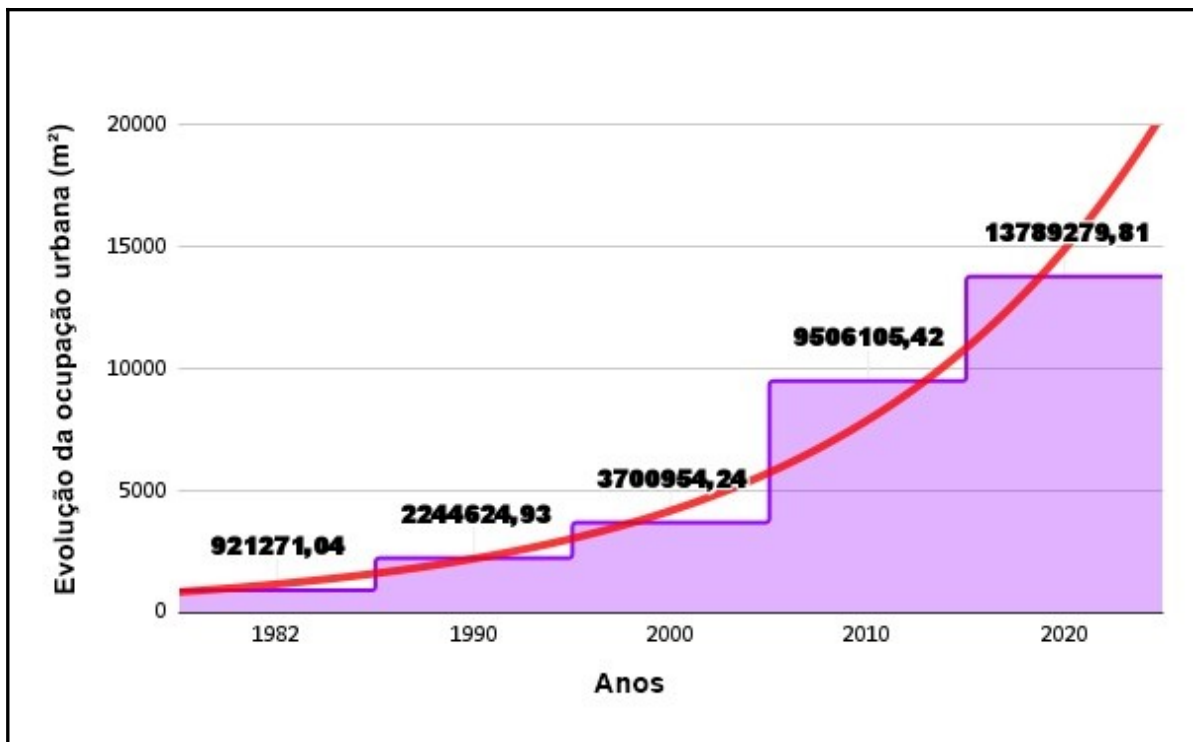
Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 8 - Quantificação da evolução da ocupação urbana de Piracaia - período 1982 até 2020

Anos	Área Urbana (m ²)	Percentual
1982	921.271,04	0,24%
1990	2.244.624,93	0,58%
2000	3.700.954,24	0,96%
2010	9.506.105,42	2,46%
2020	13.789.279,81	3,57%

Fonte: Elaboração do autor.

Figura 27 - Representação gráfica da evolução da ocupação urbana para o período de 1982 até 2020.



Fonte: Elaboração do autor.

Na finalização deste subcapítulo espera-se ter atingido o objetivo de caracterizar o processo de evolução do uso e ocupação de solo no município de Piracaia durante o lapso temporal proposto. Outro fato importante que será objeto de mais detalhamento nos próximos subitens desta dissertação será o entendimento de quais programas e ações tem impedido o avanço do processo de ocupação urbana na bacia hidrográfica da Represa Cachoeira, tem-se a esperança que seja esse o caminho que possibilitará o estabelecimento de uma metodologia para a proteção de mananciais.

7.3 Análise integrada entre a evolução da ocupação urbana e os zoneamentos estabelecidos pelo Plano Diretor do Município de Piracaia (SP) e Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira

Neste subcapítulo pretende-se fazer uma análise integrada entre a evolução do processo de ocupação urbana no município de Piracaia (SP) e a legislação para o disciplinamento do uso e ocupação do solo (municipal e estadual), cabe lembrar

que a representação da dinâmica ocorrida entre as classes da cobertura do solo foi objeto de quantificação e análise no início deste capítulo, por agora, pretende-se discutir os vetores de crescimento e os fatores que possivelmente deram causa ao fenômeno da ocupação urbana no município.

7.3.1 Evolução da ocupação urbana em relação ao Plano Diretor de Piracaia

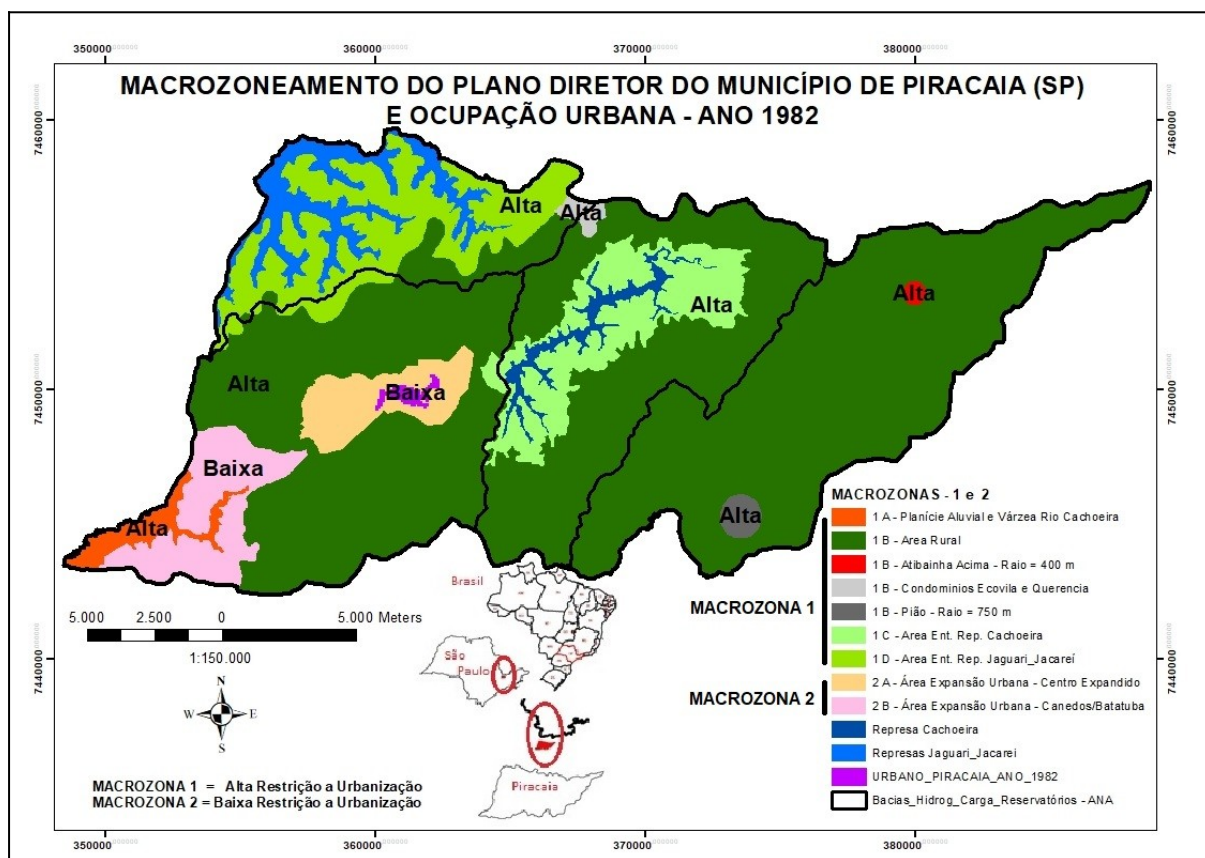
O estudo do processo de evolução urbana do Município de Piracaia (SP) deste trabalho teve início no ano 1982, assim, importante considerar na análise que o Plano Diretor do município foi promulgado no ano 2007, portanto, a representação espacial do processo de ocupação ocorrida até o ano 2000 não estava sob o regimento dessa legislação, todavia, a dinâmica ocorrida durante o lapso temporal entre o ano 1982 (início da representação espacial) até a representação do ano 2000 colabora para a observação dos vetores de desenvolvimento da urbanização, até porque, provável, foi questão chave para que os legisladores do município elaborassem o conjunto de regramentos instituídos pelo Plano Diretor.

Nas figuras 28, 29 e 30 estão sobrepostos ao zoneamento os focos de ocupação urbana diagnosticados para os anos de 1982, 1990 e 2000, nas figuras pode-se observar que o “futuro zoneamento” não teve como critério de compartimentação espacial o delineamento das bacias hidrográficas que contribuem para a recarga dos corpos hídricos inseridos no município. Na documentação do Plano Diretor, a única referência encontrada para o estabelecimento da limitação entre a Área do Entorno das Represas Jaguari e Jacaré (Classe 1 D) e a Área Rural (Classe 1 B), ambas pertencentes do Macrozoneamento 1 – Alta Restrição a Urbanização, consta do artigo 102 do Plano Diretor que trata da Faixa de Ocupação Restrita número 6 que corresponde a 400 metros medidos a partir da cota 850 metros pelo contorno das Represas Jaguari-Jacaré contida nos limites territoriais do município. Reza o artigo que nessa região será permitido apenas o uso de baixíssima densidade residencial (ZR1) e corredores viários do tipo Corredores de Comércio e Serviços 1 (CCS1), desde que a instalação de edificações do tipo residencial seja de baixo impacto ambiental e nunca perigosa ou danosa ao Sistema Cantareira.

Na figura 28 pode-se observar que a ocupação no ano 1982 se restringia a um núcleo urbano na porção central do município, na figura 29 que representa a

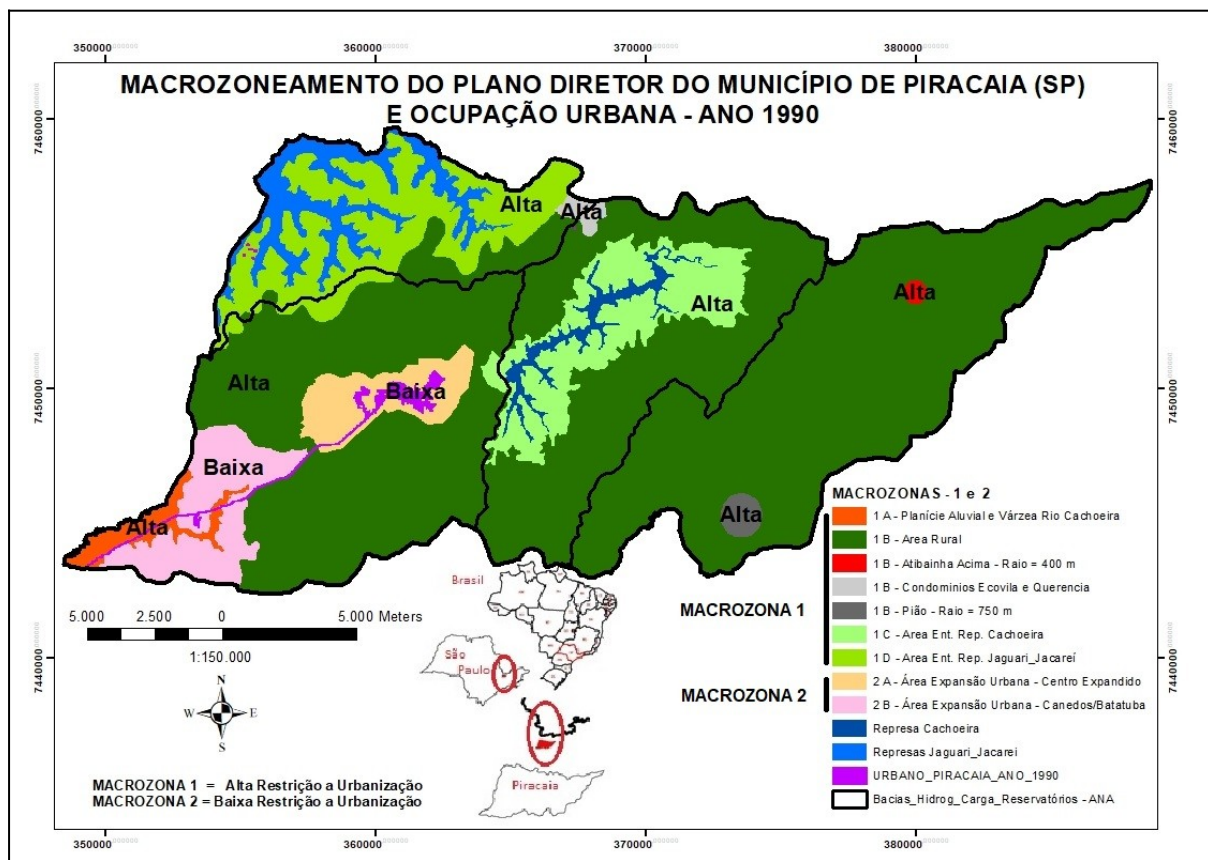
década seguinte já se instalam os primeiros focos de ocupação na orla das represas Jaguari e Jacareí e o eixo da Rodovia Jan Antonin Bata se consolidava como polo atrator de desenvolvimento urbano. Na figura 30 que representa o ano 2000 a tendência de espalhamento da urbanização se mantém, sobretudo, na região das represas Jaguari e Jacareí onde pode-se observar a consolidação de um condomínio residencial que se assemelha a um bairro em região periurbana, bem como, diversos focos de ocupação urbana na região dispersos pelos braços das represas. Importante notar que na região da represa Cachoeira, não obstante estar mais próxima do centro urbano de Piracaia e da Rodovia Jan Atonin Bata não apresenta evento de instalação de ocupação urbana, provavelmente devido ao sistema de gestão e monitoramento ambiental que a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) já mantinha sobre o manancial desde anos anteriores a promulgação do Plano Diretor. O sistema consiste de cercamento com instalação de avisos sobre a proteção ambiental ali impetrada, além da manutenção de um procedimento de controle de acesso e vigilância motorizada que atua vinte e quatro horas por dia. Importante apresentar que a concessionária de saneamento, proprietária da área, realiza programas de reflorestamento para recuperação ambiental de regiões que foram impactadas em tempo anterior a sua gestão sobre a propriedade.

Figura 28 - Representação do macrozoneamento do Plano Diretor de Piracaia (SP) e ocupação urbana relativa ao ano 1982.



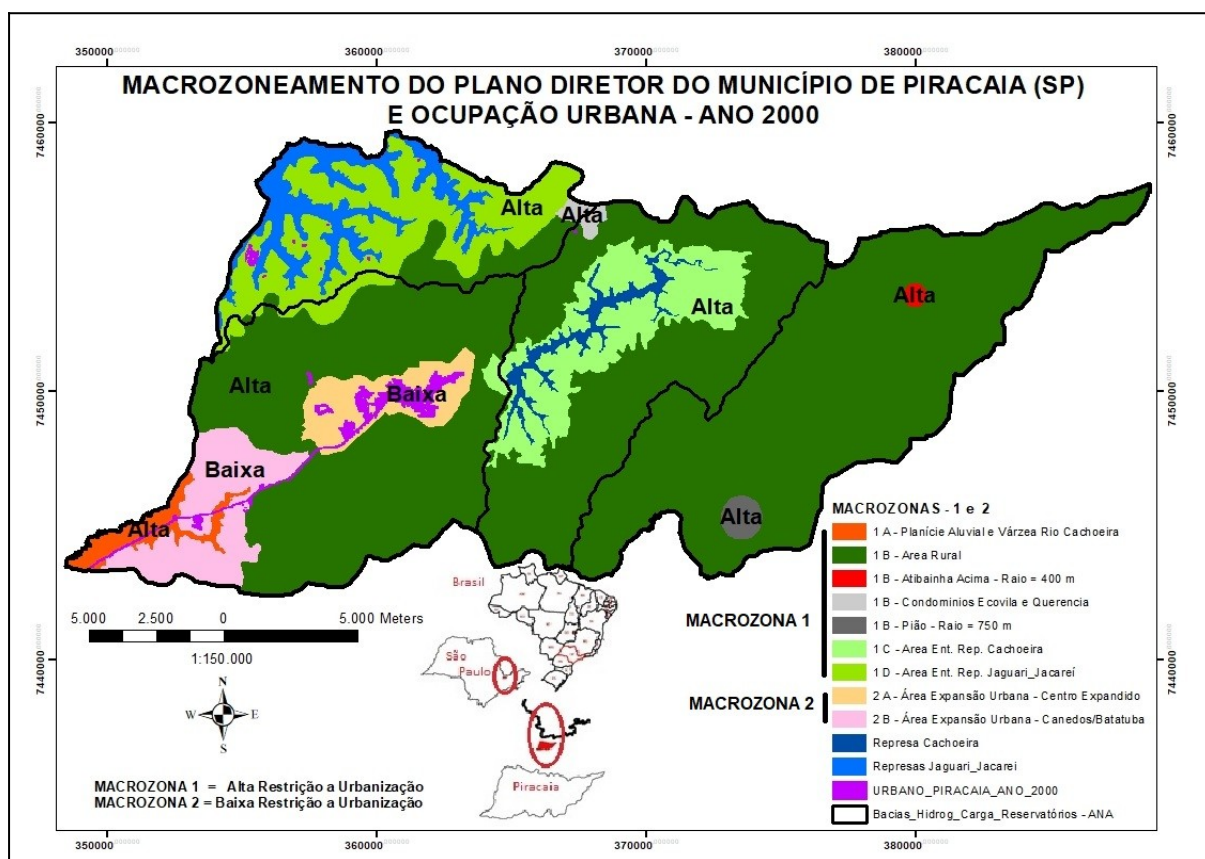
Fonte: Elaboração do autor com dados do Plano Diretor de Piracaia (SP).

Figura 29 - Representação do macrozoneamento do Plano Diretor de Piracaia (SP) e ocupação urbana relativa ao ano 1990.



Fonte: Elaboração do autor com dados do Plano Diretor de Piracaia (SP).

Figura 30 - Representação do macrozoneamento do Plano Diretor de Piracaia (SP) e ocupação urbana relativa ao ano 2000.

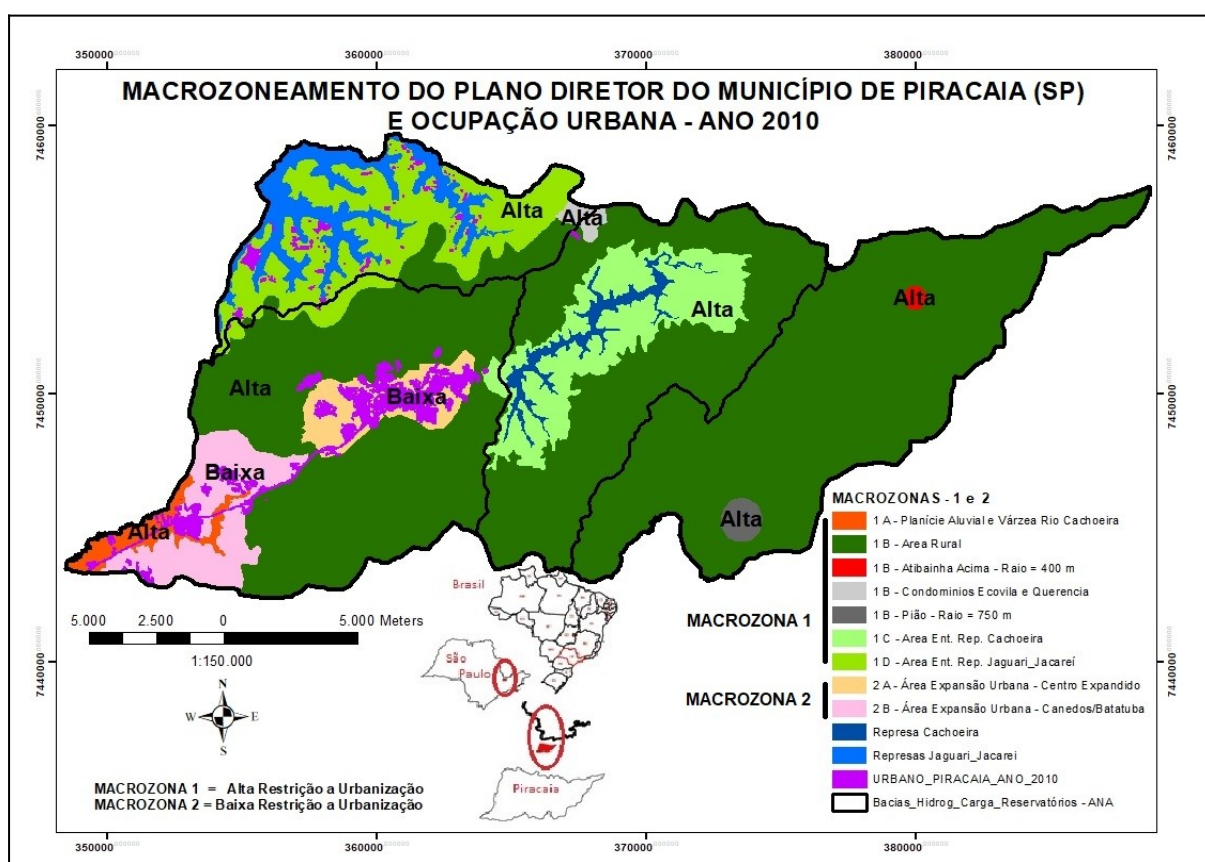


Fonte: Elaboração do autor com dados do Plano Diretor de Piracaia (SP).

Na figura 31 já se pode estabelecer discussão sobre a instituição do macrozoneamento do Plano Diretor de Piracaia (SP) que foi promulgado em julho de 2007 (Lei Complementar Municipal nº 45/2007), portanto no final da década do ano 2010, período no qual o processo de ocupação urbana ganhava significativo incremento, a curva tendencial de crescimento que representa o fenômeno poderá ser revisitada nas figuras 26 e 27 (páginas 94 e 95, respectivamente). Retomando a análise da figura 31 nota-se que o macrozoneamento do recém-instituído Plano Diretor, não obstante sua modernidade, abrangência de temas e preocupação com as questões de sustentabilidade ambiental, já apresentava descompasso entre as áreas determinadas como propícias para o estabelecimento do tipo ocupação urbana e a realidade da dinâmica da ocupação instalada, nota-se profusão de focos de ocupação urbana nos braços das Represas Jaguari e Jacareí (Macrozona 1 –

Classe 1D – Alta Restrição a Urbanização) e na Planície Aluvial do Rio Cachoeira localizada também na Macrozona 1 – Classe 1A – Alta Restrição a Urbanização e determinada como zona não edificante, todavia, a realidade não se havia estabelecido assim e processos de urbanização continuaram se instalando sobre as áreas, nesta escala temporal, recentemente protegidas pela legislação municipal.

Figura 31 - Representação do macrozoneamento do Plano Diretor de Piracaia (SP) e ocupação urbana relativa ao ano 2010.



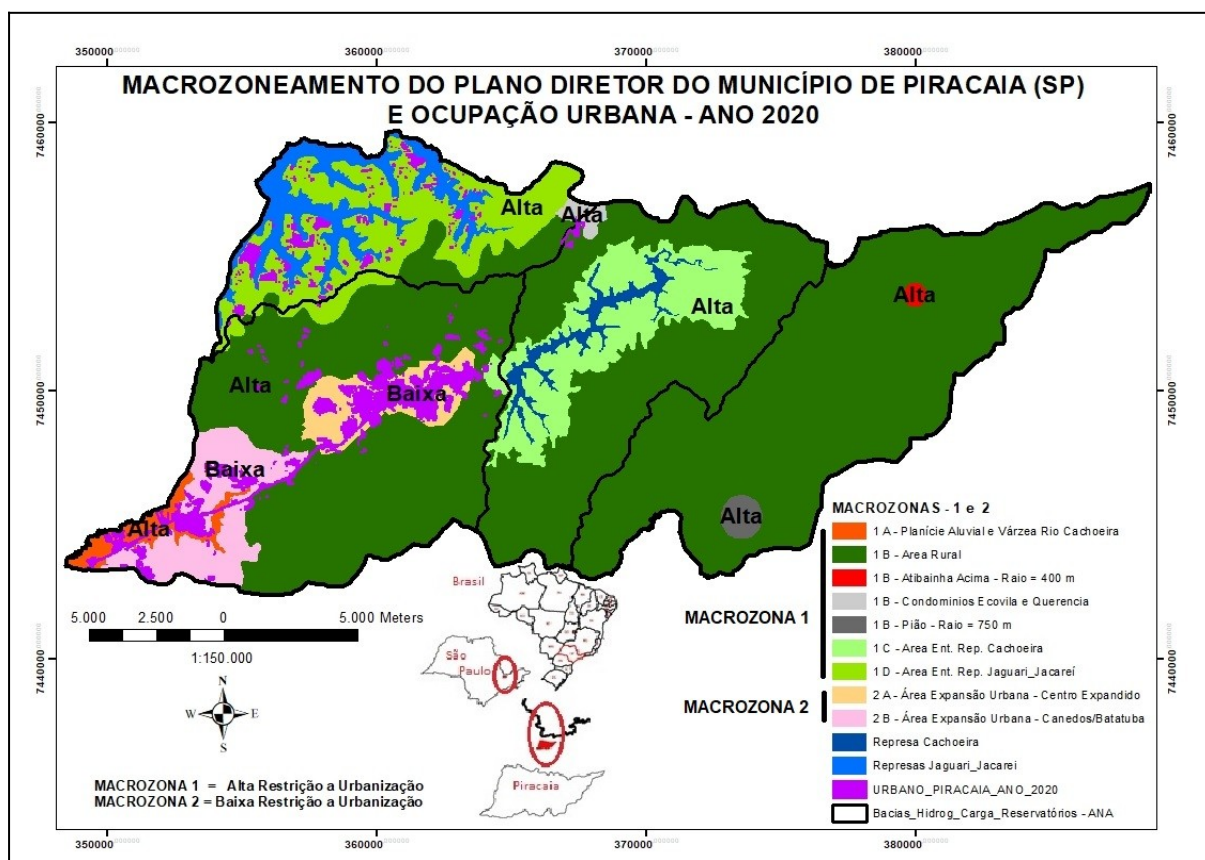
Fonte: Elaboração do autor com dados do Plano Diretor de Piracaia (SP).

Na última fase da escala temporal deste trabalho, o estado da arte do ano 2020 está representado na figura 32, o processo de ocupação urbana tem pouca aderência às áreas determinadas pelo Plano Diretor Municipal com áreas a serem ocupadas por urbanização, denominadas como Macrozona 2 – Baixa Restrição a Urbanização e na antítese, as áreas da Macrozona 1 – Alta Restrição a Urbanização são as que receberam maior pressão do setor imobiliário, sobretudo nas proximidades das represas Jaguari e Jacareí.

Importante observar que a região da Represa Cachoeira se manteve sem a instalação de processos de ocupação urbana, quer sejam na forma de condomínios de alto padrão ou frentes de ocupação na forma clássica de formação de bairros periurbanos, fato que já se observava antes da instituição do Plano Diretor, entretanto, cabe reconhecer que a proteção instituída para a Área do Entorno da Represa Cachoeira pelo Plano Diretor Municipal em Classe 1C – Alta Restrição a Urbanização, em região de proteção de Mananciais, pode ter colaborado para a manutenção da qualidade ambiental da região, estimulando as ações do programa de monitoramento e gestão ambiental que a SABESP desempenha para a proteção do manancial.

Diante do apresentado, cabe reconhecer que a instituição do Plano Diretor Municipal de Piracaia colaborou para a governança do uso e ocupação do solo, todavia, há significativa diferença entre os resultados obtidos se compararmos as duas áreas classificadas como de proteção de mananciais estabelecidas no Entorno das Represas, se por um lado a Represa Cachoeira se manteve bem preservada e protegida, na outra face, o conjunto formado pelas Represas Jaguari-Jacareí está em situação de vulnerabilidade devido à profusão de focos de ocupação urbana que se instalaram na região, sobretudo, nas duas últimas décadas (as fotografias sob número 40 até 57 do Anexo 01 ilustram a ocorrência), fato que pode ter colaborado para a promulgação do Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira em outubro do ano 2020 pelo Governo do Estado de São Paulo.

Figura 32 - Representação do macrozoneamento do Plano Diretor de Piracaia (SP) e ocupação urbana relativa ao ano 2020.

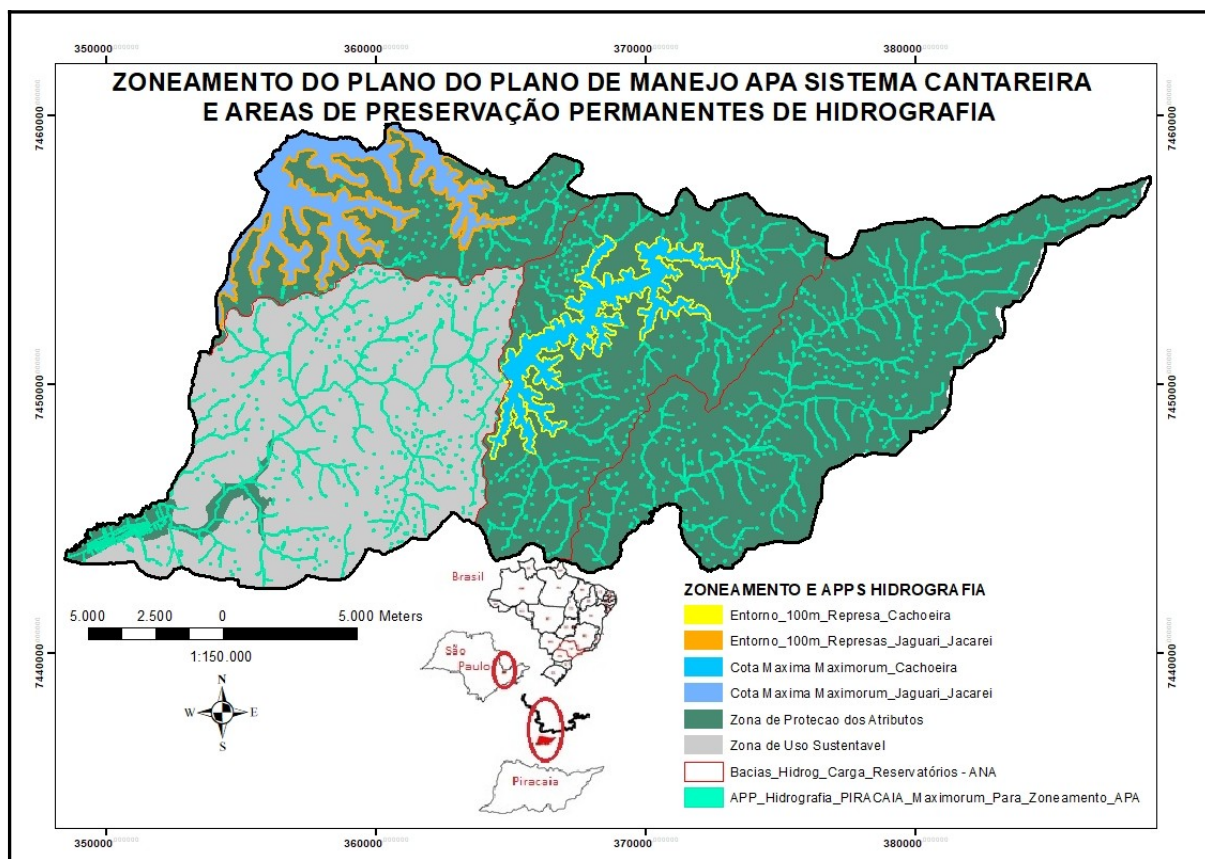


Fonte: Elaboração do autor com dados do Plano Diretor de Piracaia (SP).

7.3.2 Espacialização da ocupação urbana em relação ao Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira

O Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira veio somar aos Planos Diretores municipais sistemas protetivos para os atributos ambientais da região, haja vista que o objetivo primeiro do documento foi assegurar a sustentabilidade dos recursos hídricos das sub-bacias dos Rios Juqueri, Jaguari e Atibaia com foco especial no abastecimento público de qualidade. Na área administrativa do município de Piracaia (SP) o Plano de Manejo da APA colabora na proteção dos reservatórios das Represas Jaguari, Jacareí e Cachoeira que estão inseridos na Zona de Proteção de Atributos da Unidade de Conservação. A figura 33 representa as classes de zoneamento, a divisão das sub-bacias de recarga dos mananciais e as Áreas de Preservação Permanentes dos recursos hídricos conforme estabelecido na legislação das três esferas de governo.

Figura 33 - Representação do zoneamento da APA Sistema Cantareira e APPs de hidrografia no limite municipal de Piracaia (SP).



Fonte: Elaboração do autor com dados do Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira.

Diferente do estabelecido pelo Plano Diretor do município de Piracaia (SP), o Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira utiliza as bacias hidrográficas de recarga dos reservatórios como um dos critérios de compartimentação espacial das classes do zoneamento, na figura 33 pode-se observar a significativa rede hidrográfica e pontos de nascentes registrados no Cadastro Ambiental Rural (CAR) para o município, sobre esses planos de informação foram gerados os mapas de distâncias (*bufers*) relativos aos espaçamentos de proteção previstos na legislação para áreas de proteção permanentes, em conjunto com a área de várzea do Rio Cachoeira que está representada pela Zona de Proteção de Atributos (ZPA) no Plano de Manejo da APA e coincidente com a classe de Área não Edificante no Plano Diretor de Piracaia, portanto também APP relacionada com a presença da

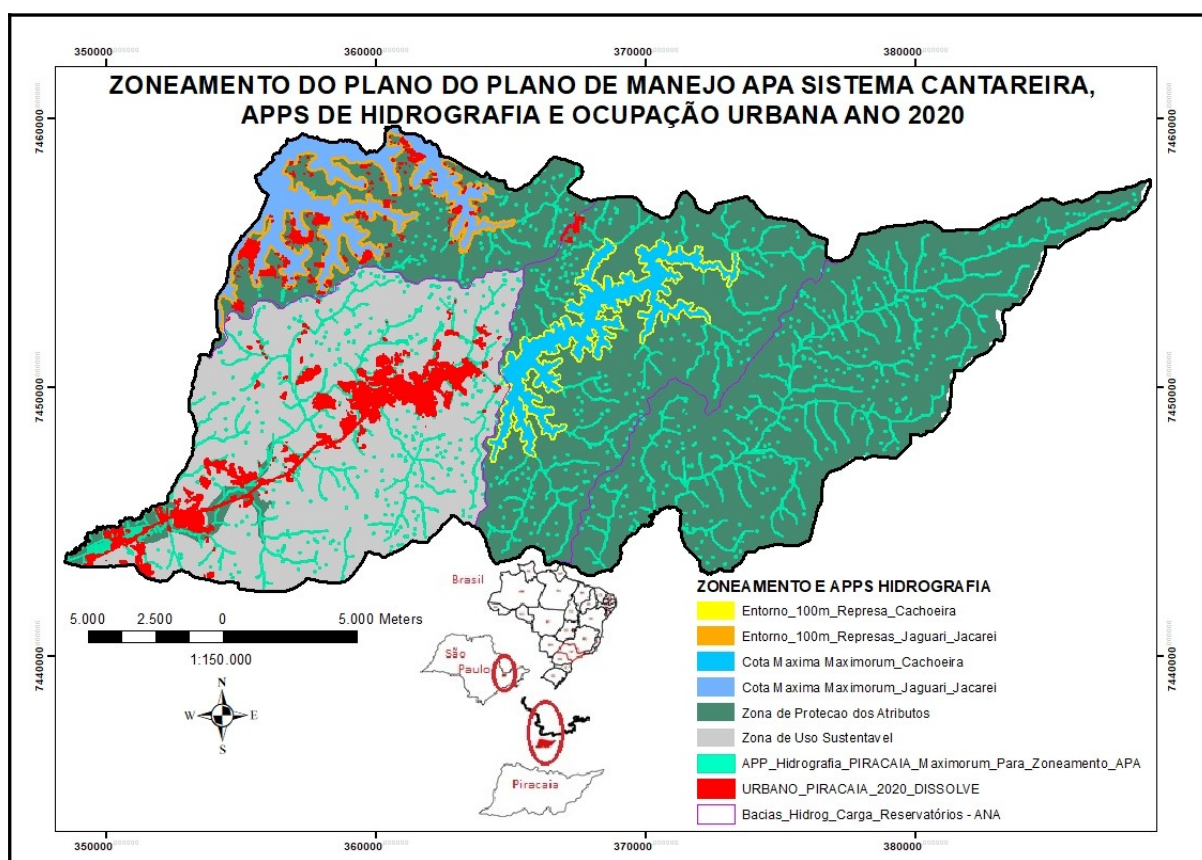
hidrografia, somadas as duas tipologias de classes de proteção perfazem 13,37% da área municipal.

Na figura 34 foi realizada a sobreposição do plano de informação que representa a ocupação urbana do município de Piracaia (SP) para o ano 2020 com os *layers* que contém as classes do zoneamento e APPs instituídas pelo Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira, pode-se observar a existência de sobreposição de ocupações urbanas em APPs na região do Centro Expandido de Piracaia e nas margens dos braços das Represas Jaguari e Jacareí, estes últimos com distanciamento de aproximadamente trinta metros desde a região com presença de água, importante lembrar que a cota de inundação atribuída pelos órgãos governamentais para estes mananciais é de 850 metros, podendo-se inferir que em tempos de cheias essas edificações fiquem mais próximas, ainda, do corpo hídrico, as fotografias sob números 31 até 35 e 47 até 56 constantes do anexo 01 ilustram a ocorrência se repete em outras regiões do manancial.

Um pouco mais distante da região de águas do manancial, outra questão preocupante é a significativa presença de focos de ocupação urbana dispersos dentro da Zona de Proteção de Atributos, em muitos casos sobrepassando a área instituída pela nova classe de proteção de cem metros a partir da cota máxima *maximorum* das Represas Jaguari e Jacareí, como essa ocupação já estava estabelecida na data da promulgação do Plano de Manejo a recuperação destas áreas como APPs poderão se dar, em tempo futuro, no caso de alterações nos projetos construtivos ou renovações de licenciamentos dos empreendimentos ali instalados.

Na mesma figura, a região denominada pelo Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira como Zona de Uso Sustentável, composta pela bacia hidrográfica de carga do rio Cachoeira tem a Rodovia Jan Antonin Bata como polo atrator da urbanização do espaço, essa região é a que concentra as áreas de menores declividades e algumas infraestruturas de redes de utilidades de serviços públicos, portanto, oferece opção de desenvolvimento com menores impactos sobre os recursos ambientais do município.

Figura 34 - Representação do zoneamento da APA Sistema Cantareira, APPs de hidrografia e Ocupações Urbanas relativas ao ano 2020 do município de Piracaia (SP).



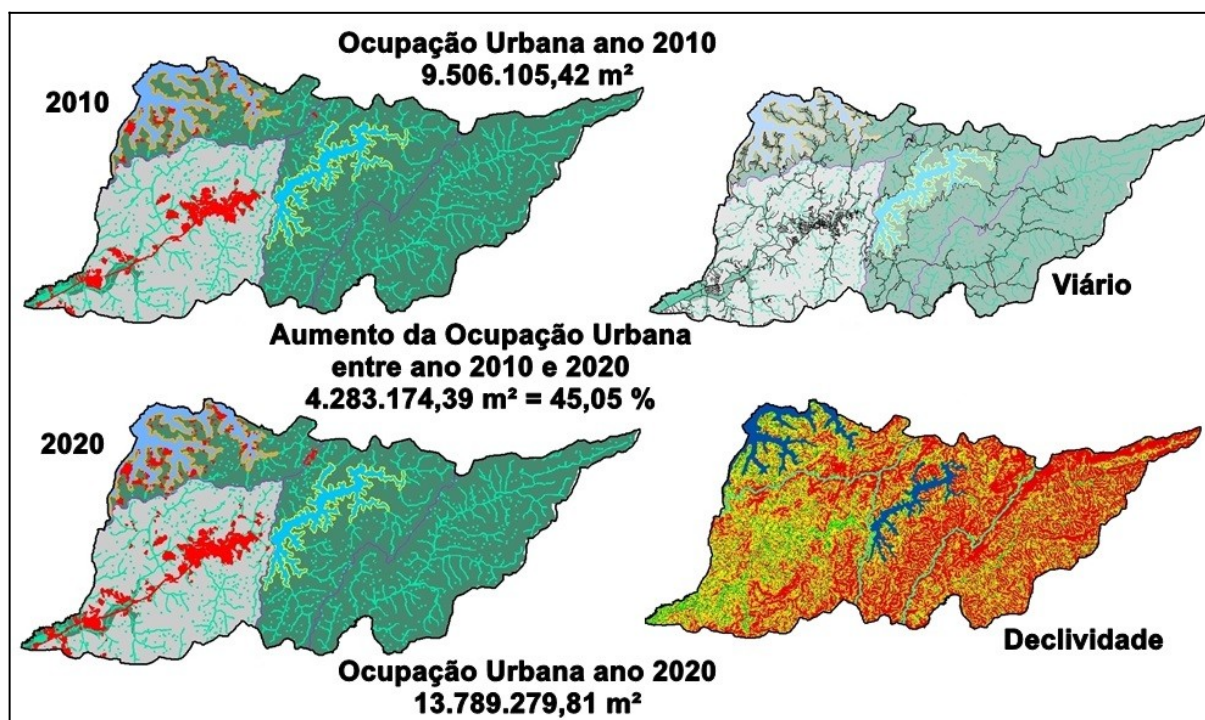
Fonte: Elaboração do autor com dados do Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira.

Na figura 35 está representada, de forma sintética, a evolução da ocupação urbana estabelecida durante o lapso temporal entre os anos 2010 até 2020 no município de Piracaia (SP), existem quatro planos de informação na figura, dois representando os focos de ocupação urbana (cor vermelha), uma com a representação do sistema viário e a quarta figura tem o modelo de declividade do terreno variando em intensidade de inclinação do verde para o vermelho (terrenos mais planos representados na cor verde e os terrenos mais declivosos em vermelho). Pode-se observar que o avanço da ocupação urbana seguiu dois vetores, o primeiro é a presença de sistema viário e o segundo são as áreas com menores declividades (tons verdes), pode-se inferir ainda um terceiro vetor que seria a beleza cênica da paisagem oportunizada pela área do Entorno das Represas Jaguari e Jacareí com seus braços (penínsulas) avançando pelo espelho d'água.

Outra questão que a figura 35 pretende apresentar para reflexão está vinculada ao longo período que decorreu desde a apresentação até a data de aprovação do Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira, o documento demorou cerca de dez anos em processo de tramitação, nesse período o setor imobiliário aproveitou a oportunidade e instalou empreendimentos residenciais na região das Represas Jaguari e Jacareí fazendo com que a área ocupada aumentasse de 9.506.105 m² no ano 2010 para 13.789.289,81 m², promovendo um crescimento de aproximadamente 45% na classe caracterizada pela urbanização. A mesma figura torna evidente a diferença dos modelos de gestão ambiental que atuam para a governança das Represas, se por um lado na bacia de contribuição da Represa Cachoeira não houve instalação de processos de ocupação urbana devido ao sistema de gestão ambiental vigente, na outra vertente, as Represas Jaguari e Jacareí sofreram com a instalação de novos empreendimentos imobiliários, além da ampliação dos já existentes, conforme apresenta sequência de fotografias constantes do Anexo 01 sob números 31 até 56, em detalhe, as fotos 55 e 56 retratam projetos construtivos em evolução.

Como medida para atenuar esse avanço da especulação imobiliária, a concessionária de saneamento tem realizado esforços para adquirir áreas no entorno das Represas Jaguari e Jacareí a fim de colaborar com a governança ambiental da região, numa tentativa de evitar, em tempo futuro, que essa região do sistema Cantareira possa ter as mesmas dificuldades que hoje apresentam os sistemas Billings e Guarapiranga no município de São Paulo.

Figura 35 - Representação do crescimento da área de ocupação urbana entre os anos 2010 e 2020 no município de Piracaia (SP).



Fonte: Elaboração do autor com dados do Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira, Sistema viário *Open Stret Map* e Altimetria extraída pelo autor na cena (ano 2018) do satélite *ASTER – NASA*.

7.4 Cenários evolutivos prospectivos da ocupação urbana para os anos de 2040 e 2060 no Município de Piracaia (SP)

No subitem anterior deste capítulo tratamos das questões vinculadas ao estabelecimento e evolução do Plano Diretor de Piracaia e do Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira, as técnicas computacionais utilizadas para realizar o diagnóstico e representação desses fenômenos do espaço geográfico (eventos passados) tiveram ênfase no processamento digital de imagens e operações do tipo “*overlays*”. Neste capítulo o foco será o desenvolvimento de cenários futuros para a evolução da ocupação urbana de Piracaia (SP) para vinte e quarenta anos à frente (2040 e 2060). Assim como nas etapas anteriores os sistemas de informações geográficas (SIG) e geoprocessamento foram utilizados para produzir informações no banco de dados geográfico elaborado durante a pesquisa, nesta fase do trabalho foram utilizadas técnicas de análise espacial para diagnosticar as possibilidades dos eventos futuros com base nas tendências do passado, essas possibilidades de

desenvolvimento para a representação do futuro possuem várias linhas de pensamento, todavia existe o consenso que para se projetar o futuro é importante ter um bom diagnóstico do passado (RINGLAND, 2002; SCHWARTZ, 2000; GODET, 1993; GODET & DURANCE, 2011; MAZZEO, 2012).

A metodologia utilizada por MAZZEO (2012) para a elaboração de cenários evolutivos prospectivos para algumas cidades europeias revelou-se bastante adequada para a aplicação no estudo da possível evolução da ocupação urbana, em tempo futuro, do município de Piracaia (SP) haja vista a similaridade do tipo de desenvolvimento urbano que o autor relatou com o diagnosticado neste trabalho, zonas periurbanas sendo convertidas em zonas urbanas e zonas rurais que passaram por processo de conversão para loteamentos em propriedades menores, denominadas chácaras, todavia, mais afeitas a condomínios residenciais do que na manutenção da atividade agrícola, o que modifica, significativamente, o tipo do uso e ocupação do solo. Nos subitens a seguir serão representados os cenários segundo a metodologia selecionada.

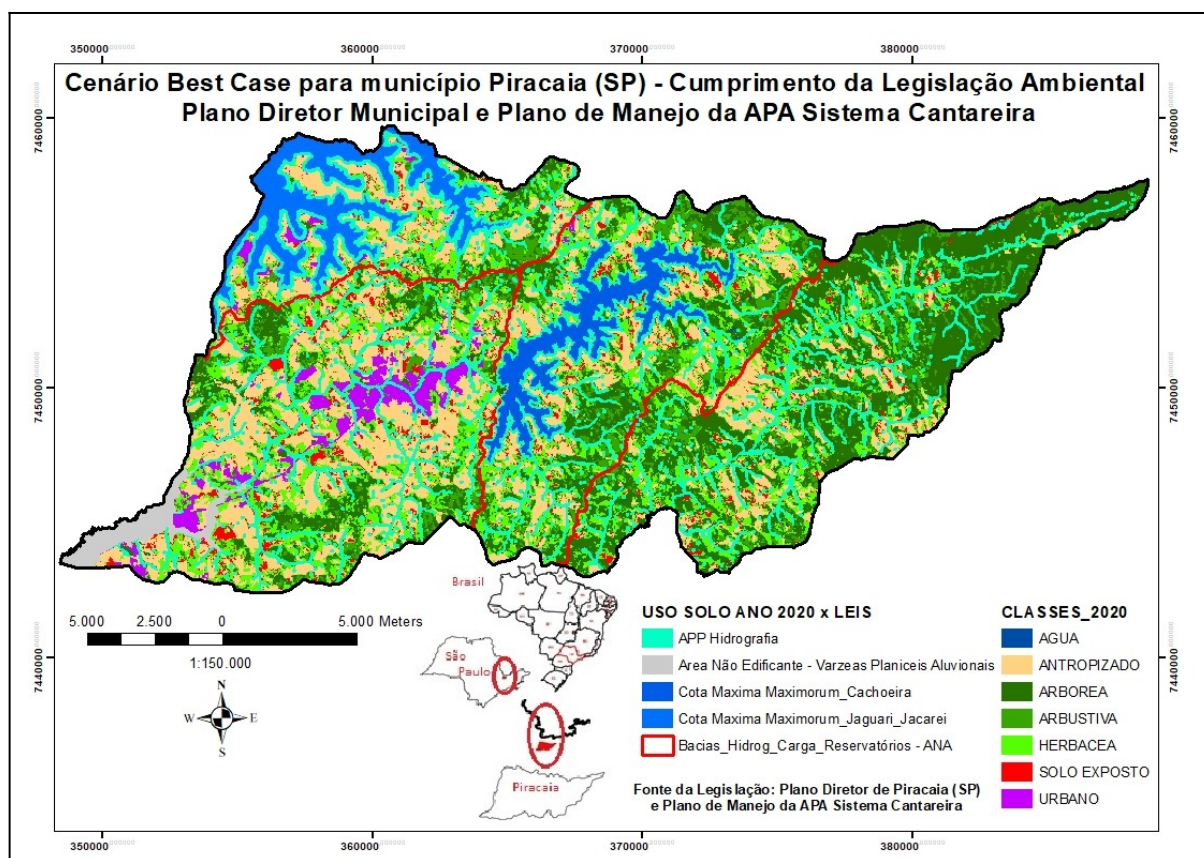
7.4.1 Representação do cenário “Best Case” para o Município de Piracaia (SP)

Em evolução da proposta metodológica para elaboração de cenários prospectivos para a versão *Best Case* (MAZZEO, 2012), em tradução livre Melhor Caso, representaria desenvolver sobre o estado da arte diagnosticado na representação do uso e ocupação de solo para o ano 2020 (figura 20) o ajustamento das não conformidades em relação a legislação vigente, sobretudo as disposições do Plano Diretor municipal e do Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira.

Comparando o diagnosticado com o disposto no Plano Diretor Municipal de Piracaia (SP) seriam readequados os empreendimentos que se instalaram sobre as áreas denominadas não edificantes e instituídas todas as áreas de preservação permanente dispostas na legislação. Em casos de reassentamento das ocupações irregulares e ou subnormais seria observada preferência que essas fossem incorporadas na região estabelecida pelo Plano Diretor Municipal como de Baixa Restrição a Urbanização e em coincidência com a Zona de Uso Sustentável proposta pelo Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira. Essa região de confluência dos zoneamentos está estabelecida em terrenos com baixas declividades e contam com infraestrutura urbana instalada (rede de utilidades e

viário), a figura 36 representa o cenário que se estabeleceria no decorrer do tempo necessário para a regeneração da vegetação nativa, em atendimento ao preconizado pela legislação nos três níveis de governo. Cabe lembrar que no Plano Diretor Municipal de Piracaia (SP) toda a área do município foi declarada como Área de Proteção Ambiental (APA Piracaia) e conta com programas de incentivos fiscais para projetos de recuperação ambiental, o que poderia acelerar o estabelecimento do cenário de melhor caso, que, conforme apresentado na figura 33 representaria intervenção em área de 13,37% do limite administrativo municipal.

Figura 36 - Representação do melhor cenário para proteção dos atributos ambientais conforme Plano Diretor Municipal e Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira.



Fonte: Elaborado pelo autor com apoio em dados do Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira e Plano Diretor de Piracaia (SP).

7.4.2 Representação dos cenários “*Worst e Middle Cases*” para o Município de Piracaia (SP)

Nestes cenários MAZZEO (2012) orienta que seja elaborada a representação do desenvolvimento urbano em duas intensidades de evolução sobre as regiões que atendam aos vetores de crescimento apurados, uma na sua maior expressividade de expansão e outra na média representativa do desenvolvimento diagnosticado durante o período de estudo, no caso do Município de Piracaia (SP) foram quatro décadas de análise que revelaram que a ocupação urbana teve como vetores de crescimento as áreas com os melhores acessos viários e em terrenos de baixas declividades.

Durante os trabalhos para a elaboração do diagnóstico pôde-se observar que o crescimento da urbanização no lapso temporal estudado evoluiu de forma e intensidades diferentes no perímetro municipal, enquanto na região do centro urbano do município (bacia de recarga do Rio Cachoeira) o crescimento se deu na forma de anéis circuncisos (crescimento em expansão de áreas próximas as já consolidadas), nas outras regiões do município o fenômeno do espalhamento, conhecido como *sprawl* urbano (KOWARICK, 1983; ROLNIK, 1997; CARMO, 2005) ocorreu em toda a classe de zoneamento denominada como Zona Rural, sobretudo na região denominada pelo Plano Diretor com Entorno das Represas Jaguari e Jacaréí, em seguimento aos eixos viários que ligam os braços das represas. Na região denominada Entorno da Represa Cachoeira não houve instalação de focos de urbanização (bacia de recarga do reservatório Cachoeira), nessa bacia hidrográfica houve apenas um polo de urbanização que se desenvolveu na região do divisor de águas desta bacia com a que contribui para o reservatório Jacaréí, trata-se de caso excepcional, única ocorrência de crescimento urbano diagnosticada fora de regiões de baixas declividades, cabe ressaltar que o topo de morro onde se instalou esse agrupamento urbano fica longe da área de acumulação das represas, assim, parece interferir pouco na qualidade da água dos reservatórios (Jacaréí e Cachoeira). Esse surgimento urbano é de pequeno porte e sua evolução está limitada pelas condições da declividade do terreno que parece já ter se esgotado.

Para facilitar o estudo da dinâmica de evolução urbana o município foi dividido utilizando os limites das bacias hidrográficas de carga dos corpos hídricos para que se pudesse calcular os valores de crescimento da área ocupada pela

classe urbana (em metros quadrados), a tabela 09 apresenta os valores por década em cada bacia hidrográfica.

Tabela 9 - Crescimento urbano de Piracaia (SP) em metros quadrados durante os anos 1982 até 2020.

Bacias Hidrográficas	Década 1982	Década 1990	Década 2000	Década 2010	Década 2020
Represa Cachoeira	0,00	2.697,11	6.297,27	34.626,83	157.596,82
Repr. Jaguari e Jacareí	0,00	33.267,47	205.242,72	1.138.071,44	2.437.362,69
Rio Cachoeira	921.271,04	2.208.660,35	3.490.623,15	8.333.407,15	11.206.514,13
Total em m²	921.271,04	2.244.624,93	3.702.163,14	9.506.105,42	13.801.473,64

Fonte: Elaboração do autor.

Evoluindo os dados apresentados na tabela 09 em projeção para as décadas seguintes até 2060 foram realizados os cálculos dos valores da possível expansão urbana que serão a base para a representação dos cenários evolutivos dessa classe de ocupação no município de Piracaia (SP), com base nesses valores foram elaborados dois cenários de possibilidades de crescimento, um utilizando progressão aritmética com os valores de crescimento da última década e outro com os valores médios das duas últimas décadas, essa providência foi tomada em atendimento a orientação de MAZZEO (2012) que se deve dar atenção a dinâmica que melhor represente o processo de evolução, sobretudo a periodicidade para a obtenção da média para representação do evento *middle case*. A alternativa de cenário para crescimento geométrico da urbanização foi descartada porque ocuparia toda a área da bacia hidrográfica das Represas Jaguari e Jacareí durante a década de 2040, evidente, essa possibilidade seria inexecuível porque afrontaria todos os regimentos legais em vigência, tornaria a região insustentável sobre o ponto de vista dos serviços ambientais e afastaria o interesse do atual tipo de ocupação urbana estabelecido na região (que recebeu do plano diretor municipal a classificação de baixa intensidade, entretanto já se observa com preocupação a dinâmica evolutiva estabelecida). A alternativa de cálculo pela média das quatro décadas também foi descartada porque apresentava curva de crescimento significativamente menor do

que a existente nas duas décadas mais recentes, sendo pouco provável que essa dinâmica volte a se estabelecer.

Em atendimento a metodologia apresentada por MAZZEO (2012) foram produzidos os valores para a representação dos dois cenários evolutivos prospectivos (*worst e middle cases*) para toda a área administrativa do município de Piracaia (SP), o trabalho foi iniciado pela bacia hidrográfica de carga das Represas Jaguari e Jacareí devido ter sido essa a região com a maior evolução da ocupação urbana durante as décadas do período estudado. Esse índice de evolução foi obtido tomando-se como base a comparação a proporcionalidade da área da bacia hidrográfica em relação ao crescimento da área ocupada pela urbanização durante o período de estudo, cabe ressaltar que a maior intensidade de crescimento urbano nessa bacia hidrográfica se deu na última década (2010/2020).

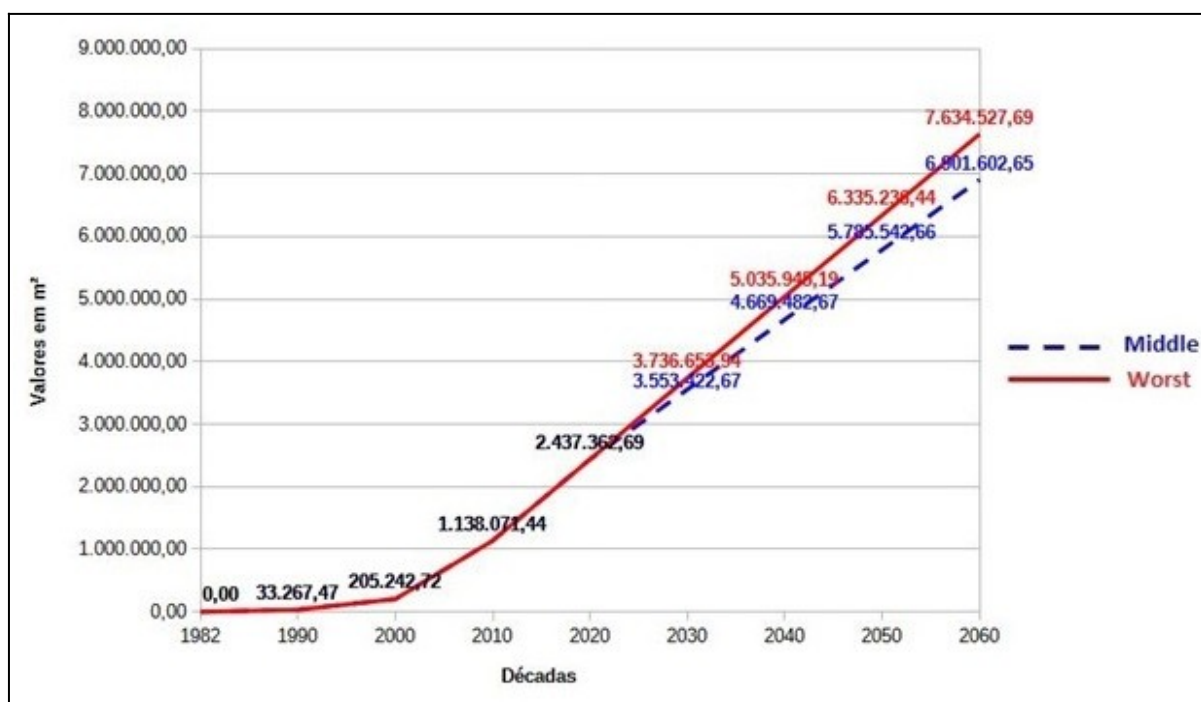
As tabelas 10, 11 e 12 e figuras 37, 38 e 39 apresentam as projeções dos dados para os dois cenários que foram considerados com mais possibilidades de ocorrência nas bacias hidrográficas que compõem o município de Piracaia (SP), segundo a denominação utilizada por MAZZEO (2012) cenários *worst e middle cases*.

Tabela 10 - Projeção do crescimento urbano para a bacia hidrográfica das represas Jaguari e Jacareí no município de Piracaia (SP), em metros quadrados, para elaboração dos cenários futuros (*worst e middle cases*) para os anos 2030 até 2060.

Bacia hidrog. represas Jaguari_Jacareí	Década 2020	Década 2030	Década 2040	Década 2050	Década 2060
Média das duas últimas décadas m² (<i>middle</i>)	2.437.362,69	3.553.422,68	4.669.482,67	5.785.542,66	6.901.602,65
Cresc. igual a última década m² (<i>worst</i>)	2.437.362,69	3.736.653,94	5.035.945,19	6.335,236,44	7.634.527,69

Fonte: Elaboração do autor.

Figura 37 - Figura da projeção das curvas de crescimento urbano para a bacia hidrográfica das represas Jaguari e Jacareí no município de Piracaia (SP), em metros quadrados, para elaboração dos cenários futuros (*worst e middle cases*) para os anos 2030 até 2060.



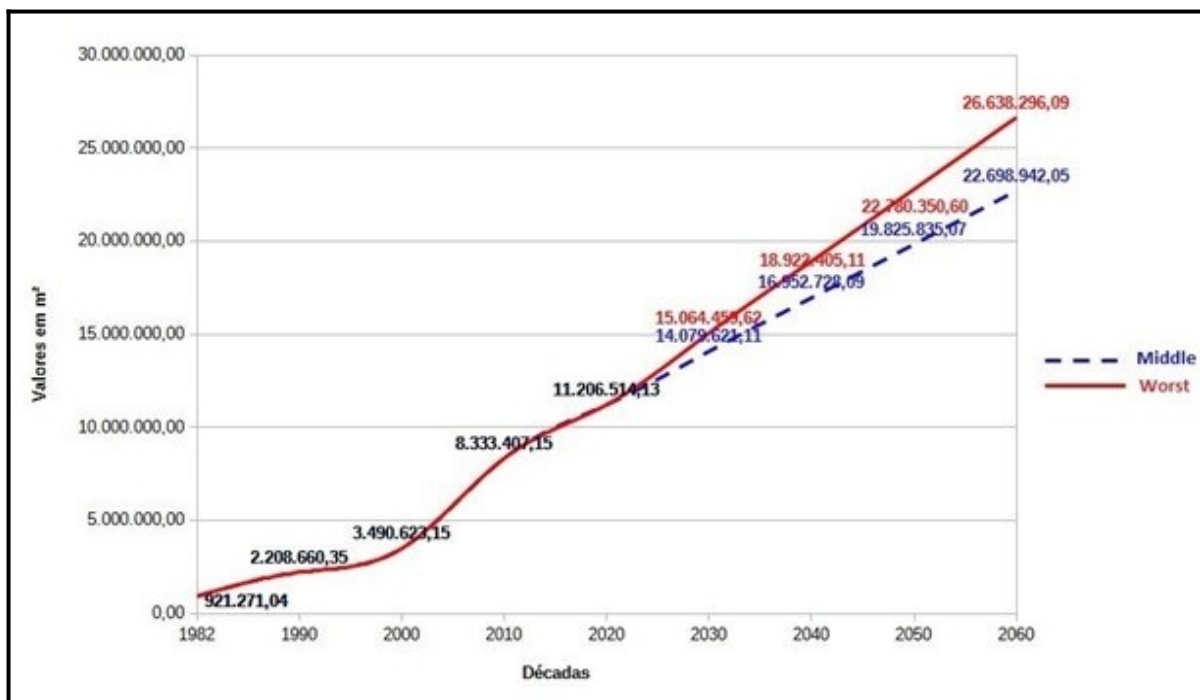
Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 11 - Projeção do crescimento urbano para a bacia hidrográfica do rio Cachoeira no município de Piracaia (SP), em metros quadrados, para elaboração dos cenários futuros (*worst e middle cases*) para os anos 2030 até 2060.

Bacia Hidrográfica do rio Cachoeira	Década 2020	Década 2030	Década 2040	Década 2050	Década 2060
Média das duas últimas décadas m² (worst)	11.206.514,36	15.064.459,62	18.922.405,11	22.780.350,60	26.638.296,09
Cresc. igual a última década m² (middle)	11.206.514,36	14.079.621,11	16.952.728,09	19.825.835,07	22.698.942,05

Fonte: Elaboração do autor.

Figura 38 - Figura da projeção das curvas de crescimento urbano para a bacia hidrográfica do rio Cachoeira no município de Piracaia (SP), em metros quadrados, para elaboração dos cenários futuros (*worst e middle cases*) para os anos 2030 até 2060.



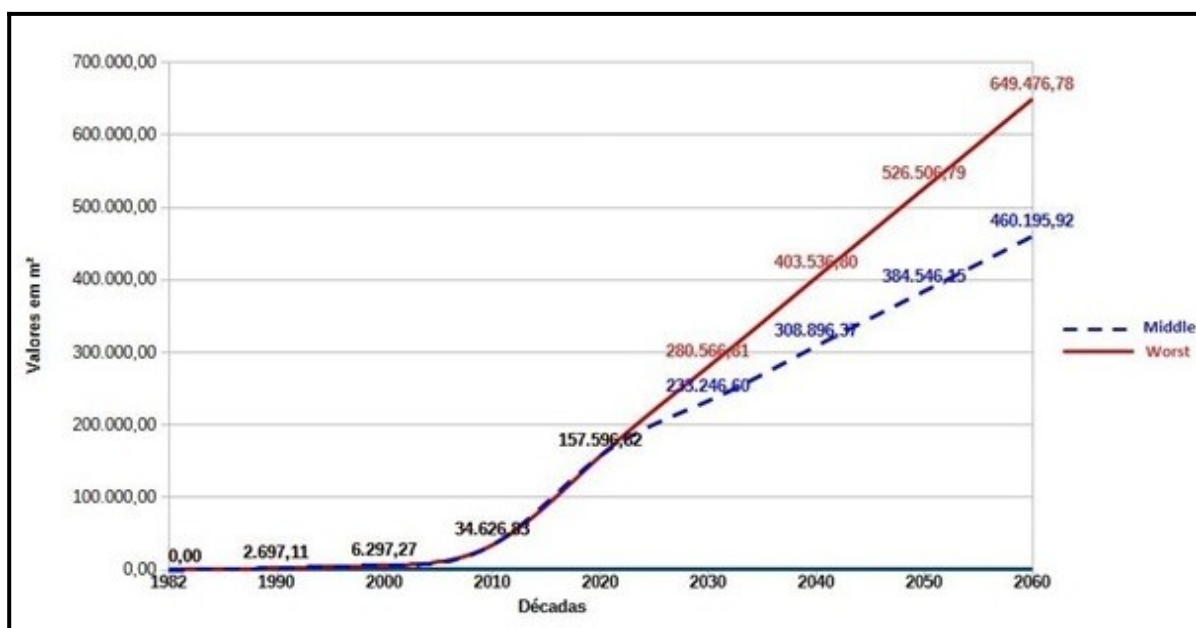
Fonte: Elaboração do autor.

Tabela 12 - Projeção do crescimento urbano para a bacia hidrográfica da represa Cachoeira no município de Piracaia (SP), em metros quadrados, para elaboração dos cenários futuros (*worst e middle cases*) para os anos 2030 até 2060.

Bacia hidrográfica da represa Cachoeira	Década 2020	Década 2030	Década 2040	Década 2050	Década 2060
Média das duas últimas décadas m² (middle)	157.596,82	233.246,60	308.896,37	384.546,15	460.195,92
Cresc. igual a última década m² (worst)	157.596,82	280.566,81	403.536,80	526.506,79	649.476,78

Fonte: Elaboração do autor.

Figura 39 - Figura da projeção das curvas de crescimento urbano para a bacia da Represa Cachoeira no município de Piracaia (SP), em metros quadrados, para elaboração dos cenários futuros (*worst e middle cases*) para os anos 2030 até 2060.



Fonte: Elaboração do autor.

As figuras 37, 38 e 39 facilitam a visualização das diferenças nas curvas de evolução da ocupação urbana entre as bacias hidrográficas, pode-se observar que nas regiões do entorno das represas as curvas são sempre crescentes e na região do centro urbano de Piracaia (SP) houve períodos de crescimentos seguidos de estagnações, como um interstício entre os anos 1990 até 2000 e outro de menor intensidade entre os anos 2010 e 2020. Na bacia hidrográfica da represa Cachoeira o foco de urbanização que se deu no topo de morro que faz o divisor de águas entre as bacias hidrográficas (Jacareí e Cachoeira) apresentou um crescimento significativo na última década, entretanto, parece que esse fenômeno será contido pelo esgotamento de terrenos com declividades inferiores a trinta por cento conforme determina o Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira para autorização de novos assentamentos urbanos.

A concepção apresentada nesses dados e figuras colaboraram para o desenvolvimento da próxima fase do trabalho pois propiciaram o entendimento da dinâmica a ser empregada na distribuição espacial das áreas que, supostamente, poderão ser ocupadas dentro de cada bacia hidrográfica. Avante serão apresentados os critérios de análise espacial utilizados nas rotinas do aplicativo de

SIG (*ArcGis ArcMap* - versão 10.1) para propor a distribuição da possível ocupação futura entre os terrenos das bacias hidrográficas.

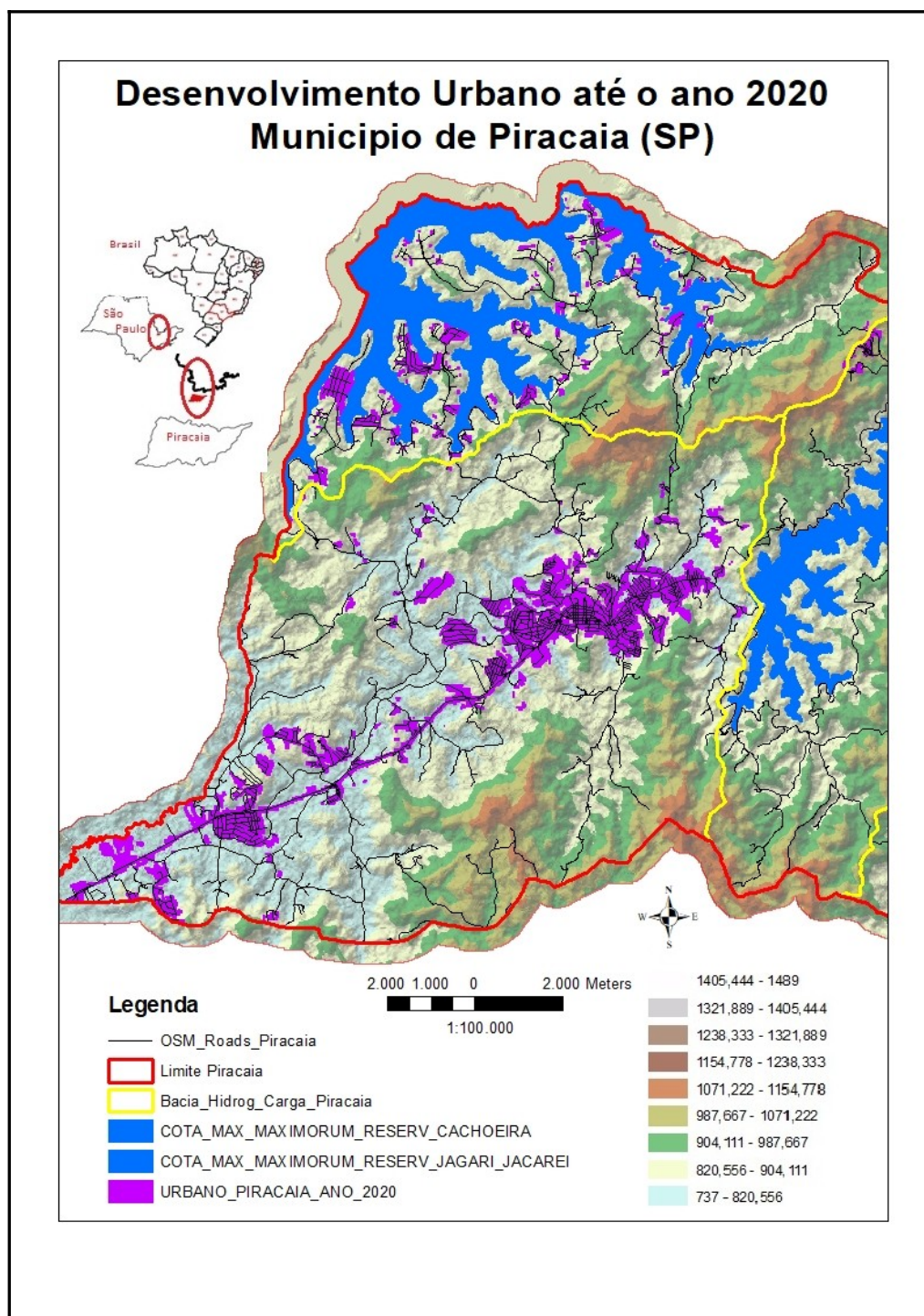
Inicialmente foram identificadas as áreas do município com menos de trinta por cento de inclinação para o atendimento da norma específica estabelecida no Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira para autorização de estabelecimento de novos empreendimentos imobiliários, outro critério utilizado na rotina de análise espacial foi a existência de viário na região, haja vista que esse foi uma constante para a instalação das evoluções urbanas durante o período estudado. Por fim, para traçar os possíveis vetores do crescimento da urbanização foi elaborado um mapa de distâncias no valor de 250 metros (*buffer*) sobre as regiões urbanizadas até o ano 2020 e outro de 100 metros a partir da cota máxima *maximorum* das Represas Jaguari/Jacareí e Cachoeira, relativos às APPs recentemente atribuídas pelo Decreto Estadual 65.244/2020 que instituiu o Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira; Todos esses planos de informações foram submetidos aos critérios de análise espacial no aplicativo *ArcGis ArcMap* (versão 10.1) cuja rotina retornou as possíveis áreas a serem ocupadas.

O passo seguinte foi a distribuição das áreas calculadas na etapa anterior em cada unidade de bacia hidrográfica (valores expressos nas tabelas 10, 11 e 12), a fim de gerar as representações dos cenários de *worst* e *middle cases*, a representação espacial dos cenários prospectivos evolutivos para ocupação urbana na área municipal de Piracaia (SP) constam das figuras:

- 40 (desenvolvimento urbano até o ano 2020);
- 41 (cenário prospectivo – versão *worst case* para o ano 2040);
- 42 (cenário prospectivo – versão *worst case* para o ano 2060);
- 43 (cenário prospectivo – versão *middle case* para o ano 2040);
- 44 (cenário prospectivo – versão *middle case* para o ano 2060).

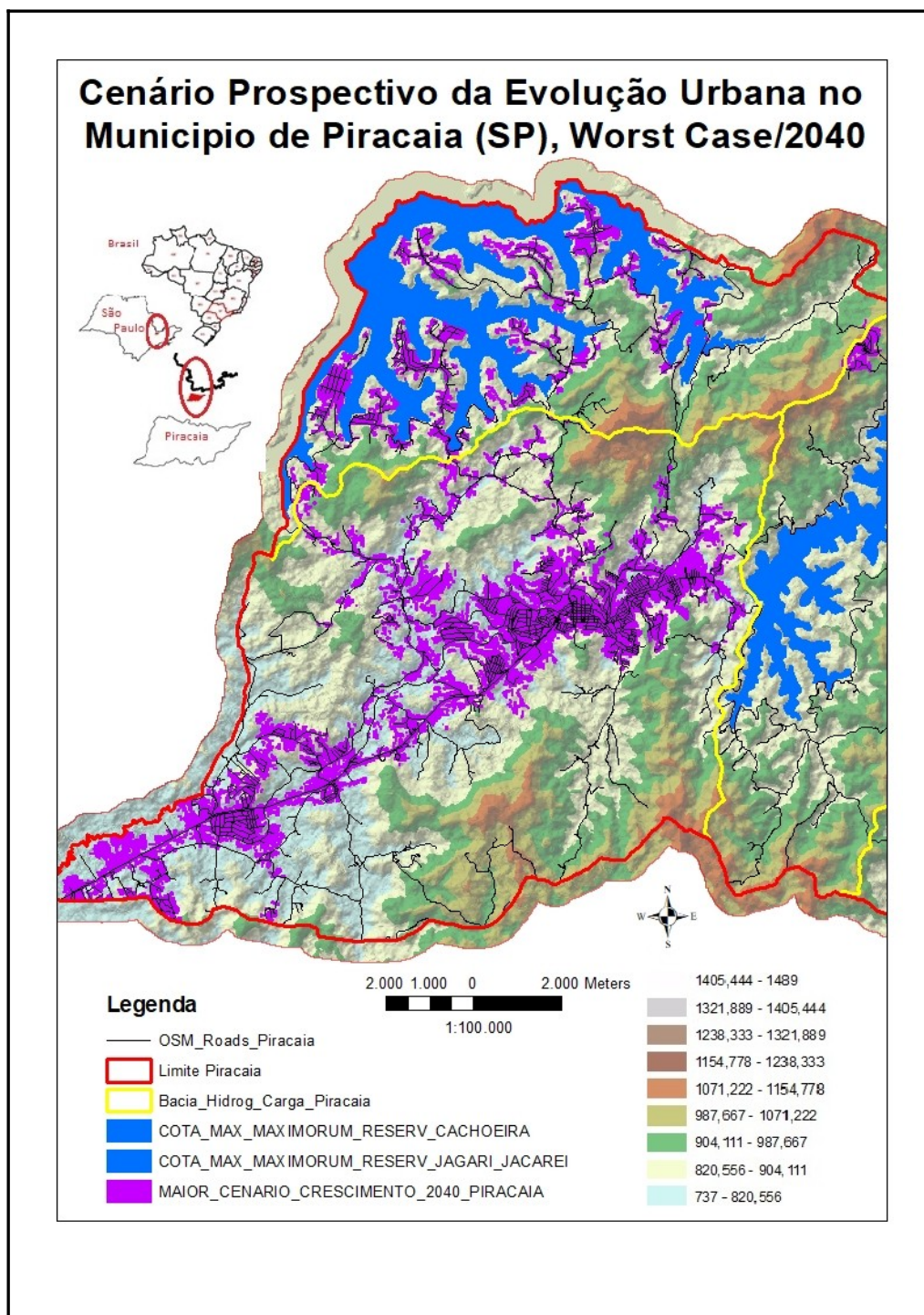
Na sequência do conjunto de figuras estão apostados os comentários sobre a estratégia utilizada para elaborar a evolução dos cenários.

Figura 40 - Desenvolvimento urbano diagnóstica para o município de Piracaia (SP) até o ano 2020, ponto de partida para a elaboração dos cenários futuros para os anos 2040 até 2060.



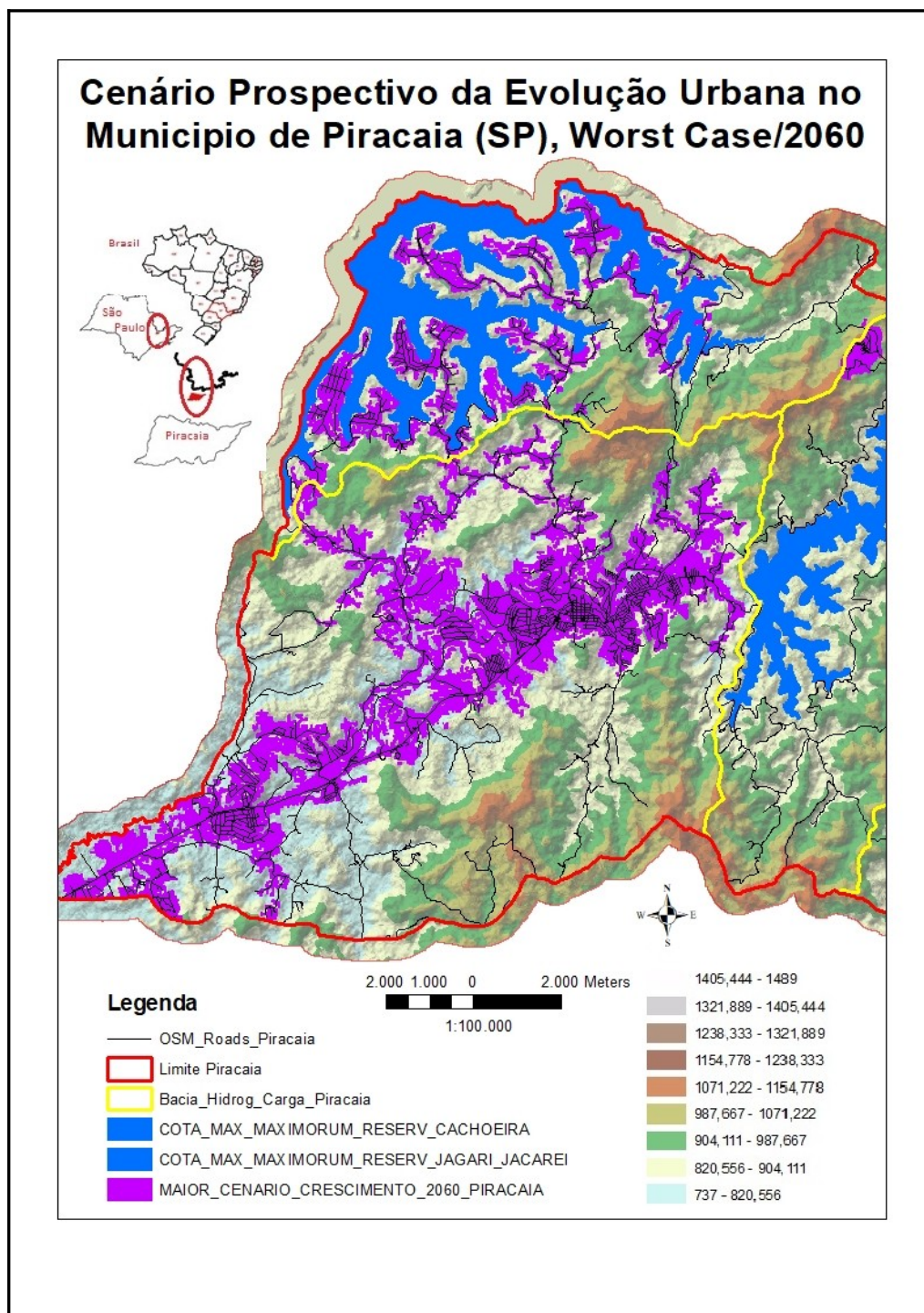
Fonte: Elaboração do autor.

Figura 41 - Cenário Prospectivo da evolução urbana para o município de Piracaia (SP), versão *worst case* para o ano 2040.



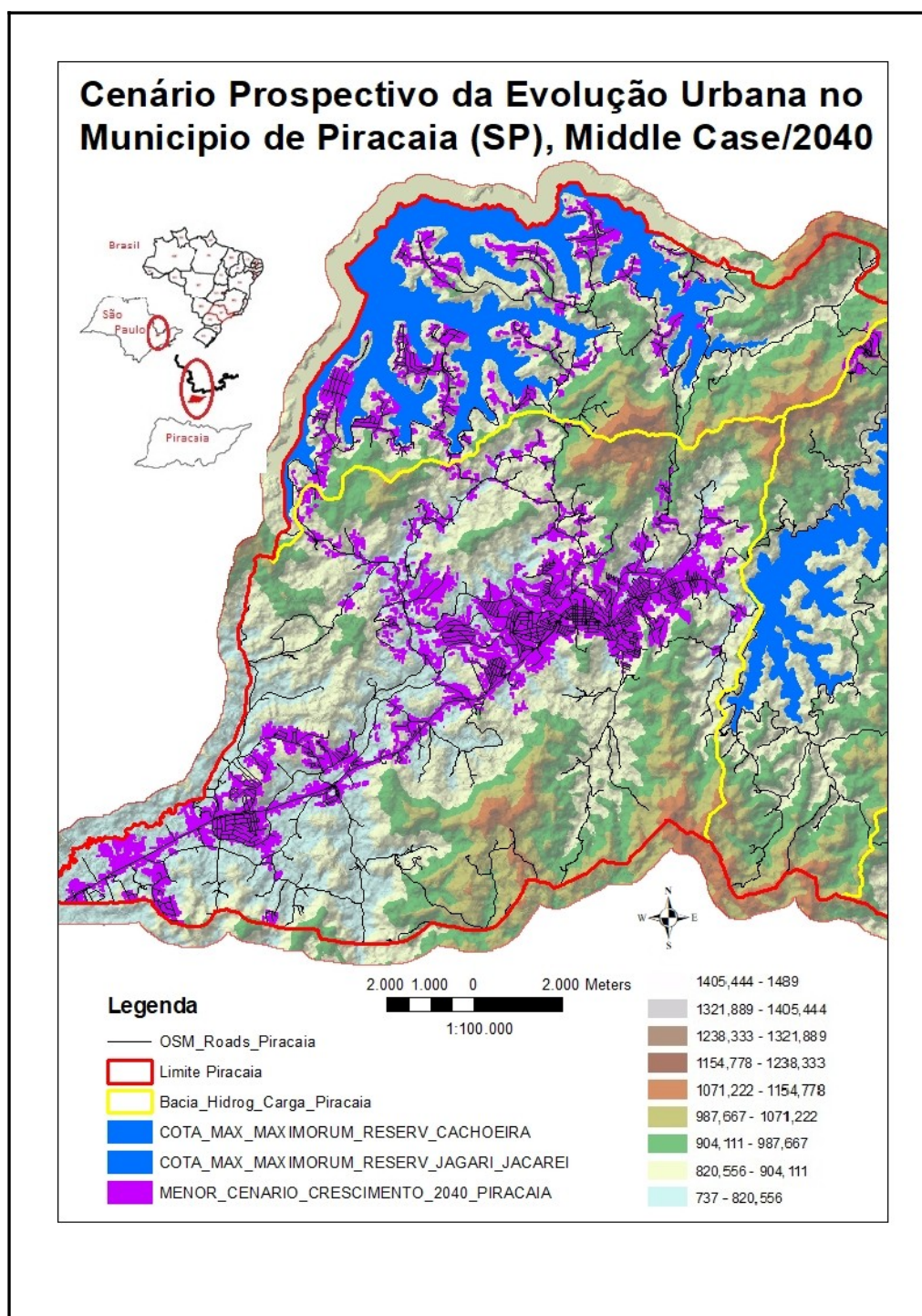
Fonte: Elaboração do autor.

Figura 42 - Cenário Prospectivo da evolução urbana para o município de Piracaia (SP), versão *worst case* para o ano 2060.



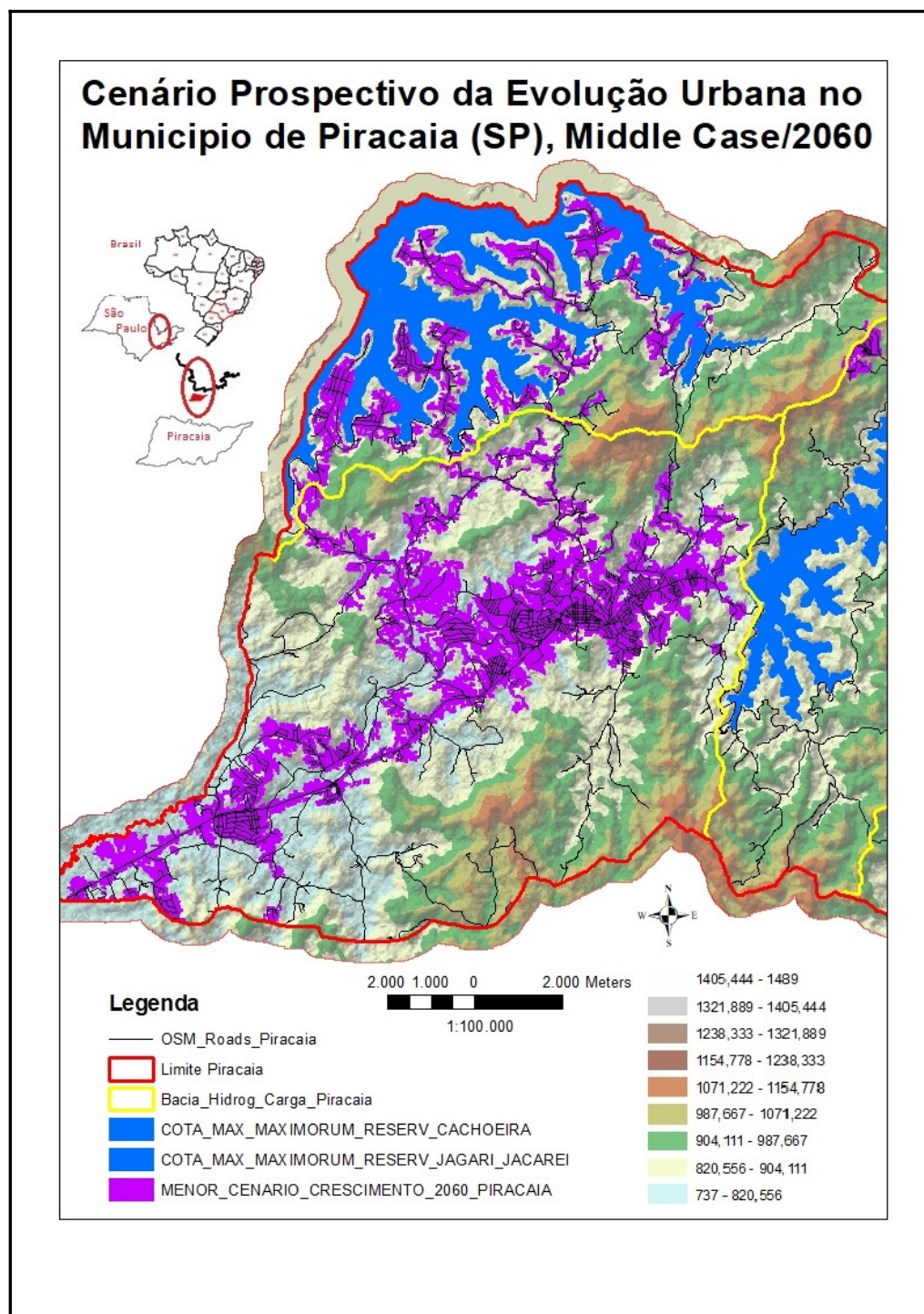
Fonte: Elaboração do autor.

Figura 43 - Cenário Prospectivo da evolução urbana para o município de Piracaia (SP), versão middle case para o ano 2040.



Fonte: Elaboração do autor.

Figura 44 - Cenário Prospectivo da evolução urbana para o município de Piracaia (SP), versão *middle case* para o ano 2060.



Fonte: Elaboração do autor.

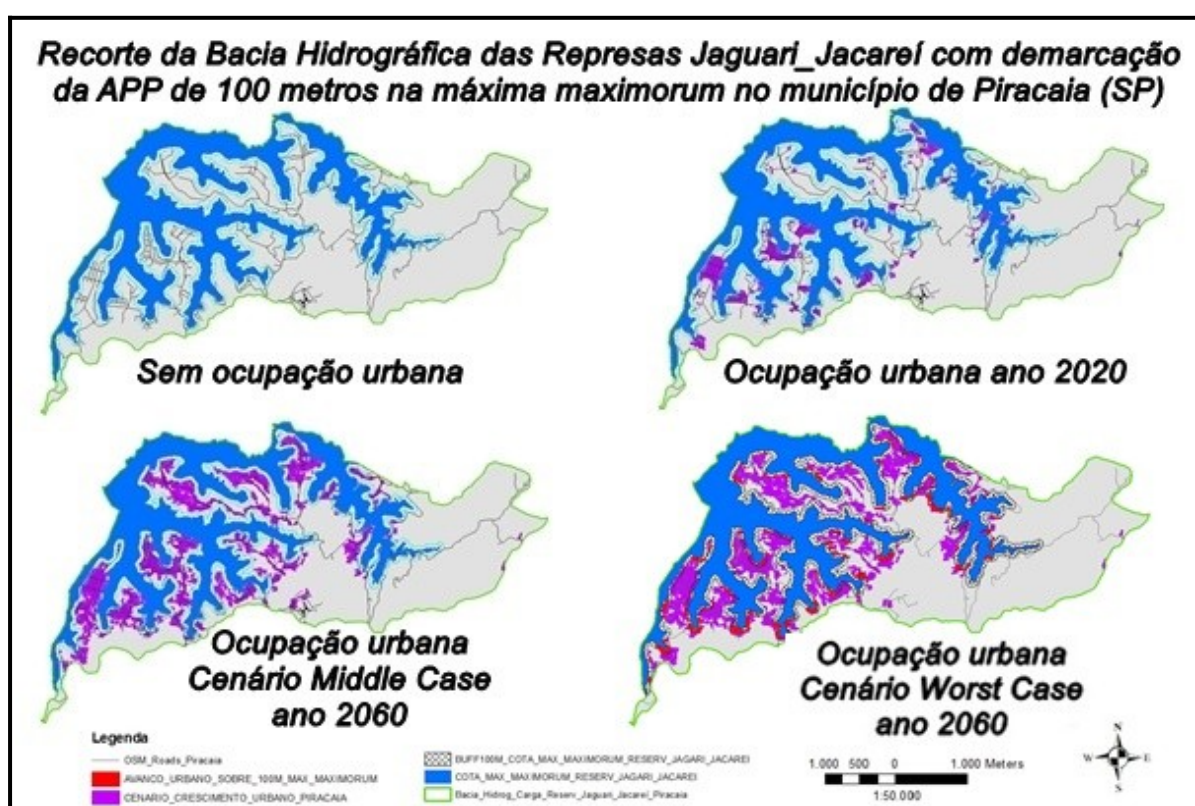
A estratégia utilizada para a elaboração do recobrimento das áreas da ocupação urbana para os cenários prospectivos dos tipos *worst case* e *middle case* seguiram o mesmo critério de análise espacial, entretanto, para a identificação das áreas possivelmente ocupadas houve diferença na interpretação da espacialização dos fenômenos devido a maior ou menor aderência as condicionantes legais.

Para a elaboração do cenário denominado *worst case* MAZZEO (2012) orienta dar prosseguimento ao modelo de desenvolvimento diagnosticado, todavia, na sua maior intensidade de ocupação. Nessa representação foi seguida a tendência de ocupação em sobrepasso a legislação de proteção ambiental para as áreas de proteção permanentes (APP), essa questão fica mais evidente na região do entorno das represas Jaguari e Jacareí que possui ocupações do tipo urbano nas margens dos lagos de acumulação (as fotografias sob números 31 até 56 do Anexo 01 ilustram a questão), casos mais evidentes são os atracadouros para veículos náuticos na forma de *piers* nas regiões dos condomínios residenciais (sequência de fotos números 41, 42, 46 até 51) e nos empreendimentos de prestação de serviços do tipo marinas/pousadas/restaurantes como representam as fotos sob números 34, 37 e 57 do Anexo 01 que retratam a modalidade de prestação de serviço. Nesses casos a ocupação chega nas áreas com água das represas, o que sobrepõem a preservação do atributo vegetal natural esperado para recobrimento das margens dessas regiões, evidente, nem todas as ocupações urbanas demandam desse grau de avanço sobre os mananciais, todavia, nas visitas de campo foi observado que são respeitados, em média, cinquenta metros desde o nível mais frequente do recobrimento das águas, o que pode infringir inclusive a cota determinada como Máxima *Maximorum* estipulada na projeção dos 850 metros para as Represas Jaguari e Jacareí. No entorno da Represa Cachoeira não foi observada ocupação do tipo urbano, portanto, essa questão não preocupa nesse manancial.

Retomando a questão da dispersão das possíveis ocupações urbanas futuras, além do volume (em metros quadrados) a ser ocupado em cada tipo de cenário evolutivo prospectivo foi elaborado um mapa de distâncias com a representação da região de APP de cem metros calculados sobre o valor da extensão da cota Máxima *Maximorum* para as Represas Jaguari e Jacareí, o que produziu significativa diferença (diminuição) na dimensão da área possível para ocupação urbana dentro dessa bacia hidrográfica, a figura 45 ilustra a compressão da área que foi a base para o desenho do cenário *middle case* (que respeitou essa

imposição legal), enquanto que para a elaboração do cenário *worst case* esse regramento não foi respeitado; Nos dois cenários evolutivos prospectivos foi respeitada a regra específica do Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira que proíbe instalação de ocupação urbana em terrenos com declividade igual ou superior a trinta por cento, portanto, todas as áreas em que foram apostadas possíveis frentes de ocupações urbanas têm declividade abaixo deste gradiente legal, a figura 45 apresenta a delimitação das áreas e ocupações nas quais se pode observar os avanços estabelecidos antes do ano 2020 e as possíveis condições prospectivas futuras na bacia hidrográfica das represas Jaguari e Jacaré. Para a bacia hidrográfica da represa Cachoeira não foi gerada esse tipo de ilustração haja vista que não há focos de ocupação urbana no entorno do manancial.

Figura 45 - Síntese dos cenários prospectivos *middle* e *worst cases* para o ano 2060 relativo a representação da possível evolução urbana para a bacia hidrográfica das represas Jaguari e Jacaré no município de Piracaia (SP).



Fonte: Elaboração do autor.

8 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O desenvolvimento desta dissertação permitiu obter a caracterização socioambiental do município de Piracaia (SP), assim como a evolução do uso e ocupação do solo, com intervalos de dez anos, entre 1982 e 2020. Esses produtos, por sua vez, possibilitaram a obtenção de cenários evolutivos prospectivos para desenvolvimento urbano do município com encenação para os anos de 2040 e 2060.

Na fase da caracterização socioambiental do município os resultados mais significativos foram a representação do modelo digital de elevação (*TIN*), o mapa de declividades e o mapeamento das unidades ecodinâmicas de instabilidade potencial, esses produtos, em conjunto com outros planos de informação (pedologia, geologia, geomorfologia, uso e cobertura do solo/ano 2020), demonstraram que o relevo da região é bastante dissecado, os solos são distróficos e propensos a processos erosivos, sobretudo porque a cobertura vegetal foi significativamente alterada. Resulta dessas condicionantes o plano de informação da instabilidade potencial apresentado na figura 9 em que as manchas vermelhas indicam regiões de Instabilidade Potencial Muito Forte (36,82% da área municipal), permeadas por manchas alaranjadas que indicam Instabilidade Potencial Forte (32,42% da área municipal), condição agravada na região da bacia hidrográfica de contribuição das represas Jaguari e Jacareí devido ao conjunto de ocupações urbanas lindeiras aos reservatórios. Esses fenômenos agregados podem afetar a qualidade dos recursos hídricos daqueles mananciais. As fotografias números 40 até 54, constantes do Anexo 01, ilustram a questão.

Durante os procedimentos para a caracterização da dinâmica espacial do uso e ocupação o solo para o período de 1982 até 2020, foram identificados e validados dois vetores de pressão vinculados ao desenvolvimento econômico que exerceram influência sobre a cobertura vegetal do município, um relativo ao processo produtivo do agronegócio e outro vinculado ao ramo da atividade imobiliária. Na análise vinculada ao setor produtivo do agronegócio, a pressão sobre a cobertura vegetal, aqui entendida como a somatória, em percentuais, das áreas ocupadas pelas classes Arbórea, Arbustiva e Herbácea se deu mais significativamente entre 1982 até o ano 2000. Em 1982, início da escala temporal da pesquisa, a cobertura vegetal do município somava 72,15% enquanto a classe Antropizado (que representava a ocupação do agronegócio) registrou 19,22% da área municipal. No recorte temporal para o ano 1990, a cobertura vegetal baixou para 51,86% enquanto o agronegócio

avançou para 30,45% do território. No ano 2000 as áreas destas classes de uso estavam com representação espacial muito próximas, a cobertura vegetal registrou seu pior desempenho marcando 45,83% enquanto que o agronegócio teve seu apogeu de dominação contando com 41,07% do espaço municipal. A partir desse momento, a curva se modificou e a classe da vegetação passou a recuperar espaço, atingindo, em 2010, 55,72% do território, enquanto a cobertura do agronegócio apresentou redução para 27,33%. Por fim, no ano de 2020 a cobertura vegetal recuperou um pouco mais de espaço e registrou 58,06% e o agronegócio manteve estabilidade marcando 27,60% da área municipal. A experiência em dinâmicas de uso e ocupação de solo em áreas rurais infere que esse avanço do setor primário da economia naquela escala temporal, ou seja, entre 1982 e 2000 se deu por causa da fase de ajuste do arcabouço jurídico da Constituição Federal que produziu seus primeiros efeitos da Lei de crimes ambientais nesse período, como consequência o setor primário passou a “devolver” as terras ocupadas em Áreas de Preservação Permanentes (APP) e Reservas legais para as categorias de recobrimento vegetal, pode-se observar que nos anos seguintes o agronegócio ficou contido espacialmente apresentando estabilidade na ocupação de área.

Em complemento a essa questão, cabe observação que houve um declínio de atividades agropecuárias na região do município de Piracaia (SP) que pode estar vinculado a pouca competitividade dos pequenos produtores rurais. Exemplo disso é o setor leiteiro que devido aos altos custos de produção reduziu sua participação no mercado local nas últimas décadas, essas áreas de pastagens, se deixadas em pousio, evoluíram no acúmulo de biomassa vegetal sendo incorporadas em outras das categorias de uso e ocupação do solo do hol deste trabalho (classes representativas das áreas vegetadas).

A outra vertente de dinâmica de ocupação espacial diagnosticada faz relação com a atividade do setor imobiliário, esse setor da economia apresentou uma curva significativamente crescente durante o período de análise desta pesquisa, se em termos percentuais a quantificação da ocupação urbana da área possa parecer pouco expressiva, o poder de transformação do ambiente dessa classe é quase irreversível e muito impactante para a dinâmica produtiva dos serviços ecossistêmicos, haja vista que a urbanização do território traz consigo a necessidade de intenso fluxo de importação de matéria e energia que se traduz na

geração de resíduos e outros efluentes que impactam a sustentabilidade ambiental, sobretudo em áreas de proteção de mananciais como é o caso em tela.

Pelos resultados acima apresentados, a paisagem da região de estudo que no início da escala temporal configurava dominância para a representação florestada e agrária, no final do período estava caracterizada como uma região periurbana com intensa pressão do setor imobiliário avançando em todas as áreas do município, sobretudo na região da bacia hidrográfica de contribuição das represas Jaguari e Jacareí. Em alinhamento com este resultado existe o dado apresentado na página 35 do Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira que declara que os municípios de Piracaia e Joanópolis (SP) não apresentavam área rural desde o ano 2010, apontamento que coincide com os resultados deste trabalho que caracteriza essa década como de intensificação do processo de espalhamento das ocupações urbanas pelo município (*sprawl* urbano), vale ressaltar que a região do entorno da represa Cachoeira manteve-se protegida dessa pressão.

Esse resultado encaminha a segunda linha de pesquisa desta dissertação que foi a análise das condicionantes ambientais previstas nas políticas locais e regionais e sua eficácia para a proteção e sustentabilidade dos mananciais inseridos no município. Pelo exposto no trabalho pode-se observar que somente os efeitos do Plano Diretor Municipal de Piracaia (SP) não foram suficientes para garantir a proteção ambiental e sustentabilidade dos mananciais. O reforço no campo do arcabouço técnico/jurídico propiciado pelo Decreto Estadual nº 65.244/2020 que instituiu o Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira veio contribuir para o desenvolvimento socioambiental da região estabelecendo o zoneamento da Unidade de Conservação que se sobrepõem aos Planos Diretores Municipais, essa sobreposição não é apenas espacial, é regulamentadora, sobretudo, nas disposições da classe de Zoneamento de Proteção de Atributos, instruindo que a legislação nos planos diretores municipais sejam readequadas aos elementos de proteção ambiental estabelecidos pelo citado Decreto Estadual.

Não obstante a importância da instituição do Decreto Estadual nº 65.244/2020 cabe reflexão sobre o longo período que decorreu desde a apresentação até a data da aprovação do Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira, essa demora de aproximadamente dez anos em tramitação deu oportunidade para a instalação de empreendimentos residenciais na região das represas Jaguari e Jacareí fazendo com que a área ocupada aumentasse de 9.506.105 m² no ano 2010 para

13.789.289,81 m² no ano 2020, promovendo um crescimento de aproximadamente 45% na classe caracterizada pela urbanização na região daquelas represas. Neste ponto é importante registrar outro resultado obtido nesta pesquisa que tem vínculo com modelos de governança ambiental, ficou evidente a eficácia do modelo implementado pela concessionária de saneamento na gestão ambiental do entorno da represa Cachoeira, que ficou protegida durante todo o período de estudo e ainda foi objeto de ações de recuperação da vegetação nativa em áreas que foram modificadas em tempo anterior à propriedade das terras.

Em avanço a essa questão, na tentativa de implementar a mesma modelagem de governança ambiental na região do entorno das represas Jaguari e Jacaré a concessionária de saneamento continua realizando esforços para adquirir áreas nas proximidades desses reservatórios, pois claro é que a preservação, além do ganho na qualidade ambiental, acaba tendo menores custos que a necessidade da implementação de sistemas avançados de tratamento para a potabilização da água. Essa ação que é onerosa e às vezes incompreendida, constitui uma tentativa de evitar, em tempo futuro, que essa região do Sistema Cantareira venha a ter o mesmo desfecho que apresentam os sistemas Billings e Guarapiranga no município de São Paulo.

Por fim, o último resultado que este trabalho apresenta tem vínculo com o final do parágrafo anterior, nos cenários evolutivos prospectivos para urbanização do município de Piracaia (SP), dos três cenários apresentados pode-se inferir que o cenário conservador, que representa a recuperação das Áreas de Preservação Permanentes no limite administrativo do município é a menos onerosa pois significa, de um lado, o cumprimento da legislação ambiental das três esferas de governo e de outro a recomposição da vegetação em área que perfaz apenas 13,37% do município. Caso seja implementado esse cenário haverá uma melhor condição para a conservação dos serviços ecossistêmicos que reverterão em proteção dos mananciais, produtividade agrícola e bem-estar para a população residente. Nos outros cenários, que representam o avanço do processo de ocupação com cortes para os anos 2040 e 2060, até mesmo o cenário médio (*middle case*) apresenta risco para a qualidade ambiental dos mananciais da região. Não se trata em pensamento de frear o desenvolvimento da região e sim que ele seja realizado sob a luz da governança ambiental e social, que por certo trará maior "valor agregado"

para os bens materiais da região, sejam eles produtos do setor agropecuário e ou do setor imobiliário.

Neste final do trabalho, como recomendação para que se atinja situação socioambiental de proteção aos atributos ambientais e desenvolvimento econômico, é sugerido o cumprimento do disposto no Decreto Estadual nº 65.244/2020 e outros avanços que a ele se apresentem, haja vista que o estudo que culminou no Plano de Manejo da APA Sistema Cantareira contou com o aporte de conhecimento científico de setores da ciência com notório reconhecimento social e acadêmico. Em avanço, para as outras regiões que não sejam contempladas com Planos de Manejo de Unidades de Conservação pode-se ter como possibilidade de regimento para a governança ambiental os Planos de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas, que suportados em critérios científicos, possam determinar zonas de proteção de atributos em regiões específicas.

Assim, é sugerido a continuidade do trabalho com a realização de pesquisas mais aprofundadas em temas e em escalas de abordagens de maior detalhamento cartográfico para a ampliação do conhecimento que colabore para a proteção e sustentabilidade dos mananciais da região, bem como, para a evolução e refinamento de modelos de gestão ambiental para regiões de mananciais.

9 REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas. 2020 – Boletim diário ANA/DAEE de monitoramento do Sistema Cantareira – setembro de 2020 – disponível em <https://www.ana.gov.br/sala-de-situacao/sistema-cantareira/boletins/diario/boletim-cantareira-1600366450.62.pdf>.

AGUIRRE, A.G., 2012. Dissertação apresentada a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, para a obtenção do grau de Mestre em Ciências – Avaliação do potencial da regeneração natural e o uso da semeadura direta e estaquia como técnicas de restauração : Piracicaba - USP, 2012. 168 p.

ALMEIDA, F. F. M. de., 1969. Diferenciação tectônica da Plataforma Brasileira. In: CONG. BRAS. GEOL, 23, Salvador, 1969. Anais, p. 29-46.

ALMEIDA, A., PADOVEZI, A., LIMA, R.A.F de., 2011. Levantamento e avaliação de informações de referência para o Projeto ‘Restauração de 350 ha do entorno do reservatório do Rio Cachoeira’- Piracicaba- SP. Brasília, DF: The Nature Conservancy do Brasil, 2011. 108 p.-(Série Água, Clima e Floresta, Projeto Cachoeira II-1a edição).

ANDRADE, D.C. & ROMEIRO, A.R. 2009. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. Campinas : IE/UNICAMP. n.155.

ARONOFF, S. *Geographical Information Systems: A Management Perspective*. Ottawa, WDI Publications, 1989.

BRASIL. [Constituição (1988)], 2016. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações determinadas pelas Emendas Constitucionais de Revisão nos 1 a 6/94, pelas Emendas Constitucionais nos 1/92 a 91/2016 e pelo Decreto Legislativo no 186/2008. – Brasília : Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2016.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; Ministério do Meio Ambiente. SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002; Decreto nº 5.746, de 5 de abril de 2006.

BRASIL. Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade e Legislação Correlata. — 2. ed., atual. — Brasília : Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. 2012. Plano de segurança da água: garantindo a qualidade e promovendo a saúde. Um olhar do SUS. Brasília (DF): MS/SVS. 60p.

BURROUGH, P. A.; Varekamp C.; Skidmore, A.K. Using Public Domain Geostatistical and GIS Software for Spatial Interpolation. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 62 (7): 845-854, 1996.

CAIRUS, HF., and RIBEIRO JR., WA., 2005. Textos hipocráticos: o doente, o médico e a doença [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2005. História e Saúde collection. 252 p. ISBN 978-85-7541-375-3.

CAMARA, G., MEDEIROS, J.S. 1.998 – Mapas e suas representações computacionais – in ASSAD E. D., SANO E. E. – Sistemas de informações geográficas - Aplicações na agricultura – 2ª ed., ver. e ampl. – Brasília: EMBRAPA – SPI / EMBRAPA-CPAC, 1998.

CARMO, R.L. 2005. Urbanização, metropolização e recursos hídricos no Brasil. In: L. Dawbor & Tagnin R.A. (org), *Administrando a água como se fosse importante*. 1ª ed. São Paulo, São Paulo: Senac. P 147 – 160.

CNES, 2021 – Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde do Ministério da Saúde - CNESNET-DATASUS – http://cnes2.datasus.gov.br/Listar_Mantidas.asp?VCnpj=45279627000161&VEstado=35&VNome=PREFEITURA%20MUNICIPAL%20DE%20PIRACAIA. Acesso em 09/07/2021.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R.S. *et al.*, 1997. The value of world's ecosystem services and natural capital. In: *Nature*, 387:253-260.

COUTINHO, A.C., 1997 – Dissertação apresentada ao Departamento de Ecologia Geral do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, para a obtenção do grau de Mestre em Ciências – Segmentação e Classificação de Imagens LANDSAT – TM para o mapeamento dos usos da terra na região de Campinas, SP – São Paulo: USP – 1.997.

CROSTA A.P., 1992 - *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto - Campinas, IG/UNICAMP, 170p.*

COWEN D.J., 1988. GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54:1551-4, 1988

DAILY, G.C., 1997. *Nature's services societal dependence on natural ecosystem*. Washington (DC): Island Press.

DORADO, A.J., 2017. Princípios do Equador e desempenho socioambiental do setor financeiro. In: A. Philippi Jr. *et al.* (org.), *Gestão Empresarial e Sustentabilidade*. 1ª ed. Barueri - SP: Manole, 2017, p. 269-284.

DORADO, A.J., 2018. Serviços ecossistêmicos no contexto periurbano. In: A. Philippe Jr. & G. Collet Bruna (org.), *Gestão Urbana e Sustentabilidade*. 1ª ed. Barueri, São Paulo: Manole. p. 536 – 561.

EMBRAPA, 2021. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Solos – Estimativa de água disponível dos solos do Brasil – <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/3019>. Acessado em 09/07/2021.

EMBRAPA, 2013. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA - Agência de informação Tecnológica (EMBRAPA/AGEITEC) - Árvore do Conhecimento – Solos tropicais. 2013. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/Abertura.html. Acesso em 05/01/2022.

ENCARTA, 2002. Enciclopédia digital Microsoft Encarta – Cd aplicativo versão 2.002: Microsoft Corporation – United States – 2.002.

ENVI IDL, 2004. Versão 4.0. Image Processor Desktop - Research Systems Inc – 2004 - <http://www.envi.com.br/envi.php>

ESRI, 2008. *Environmental Systems Research Institute*, Inc ArcGis - versão 10.1 - *SIG Desktop Mapping* - ESRI – United States, 2.008 – www.esri.com/international.

EY-BBWW, 2018. *EY-Building a Better Working Word* - Construção de Cenários e Análise da Ambiência Externa - Cenários para o Crescimento Econômico do Estado do Ceará, Governo do Estado do Ceará – Brasil, 2018.

FREITAS, C.M. de., CHRISTOVAM, B., DIEGO, X.S., MARIANO, A.S., VANIA, R., 2019. Relatório Final da Oficina de Trabalho Mudanças Climáticas, Redução de Riscos de Desastres e Emergências em Saúde Pública nos níveis Global e Nacional - Prospecção Estratégica do Sistema de Saúde Brasileiro. 119 p. Disponível em: <https://saudeamanha.fiocruz.br/wp-content/uploads/2020/02/FREITAS-CARLOS-et-al-Mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas-redu%C3%A7%C3%A3o-de-riscos-de-desastres-e-emerg%C3%Aancias-em-sa%C3%BAde-p%C3%BAblica.pdf>. Acesso em 16/09/22.

FORMAN, R.T.T., GODRON, M., 1986. *Landscape Ecology*. John Wiley and Sons Ltd., Nova York, 1986.

FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2020. Plano de informação do Zoneamento da APA Sistema Cantareira, base vetorial, 1:50.000 - Fundação para a Conservação e a Produção Florestal do Estado de São Paulo/Fundação Florestal, São Paulo, 2020.

GODET, M., 1993. *Manual de prospectiva estratégica: da antecipação à ação*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, Lisboa, 1993.

GODET, M., MONTI, R., MEUNIER, F., ROUBELAT, F., 2000. A “Caixa de ferramentas” da prospectiva Estratégica – Problemas e Métodos - Cadernos do CEPES – Centro de Estudos de Prospectiva e Estratégia – Lisboa, 2000

GODET, M. DURANCE, P., 2011. *A prospectiva estratégica para as empresas e os territórios*. IEESF – Instituto Superior de Estudos e Formação: Organização das

Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, UNESCO - Lisboa, 2011.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2020. Plano de Manejo. Área de Proteção Ambiental Sistema Cantareira. São Paulo: Fundação Florestal, 2020. 209p.

GRIGORIEV, A.A., 1968. The Theoretical Fundaments of Modern Physical Geography, in The interaction of Sciences in the Study of the Earth, Moscou, 1968.

GROOT, R.S. de., 1992. Functions of nature: evaluation of nature of environmental planning, management and decision making. Groningen: Wolters-Noordhoff BV.

HOEFFEL, J.L.; FADINI, A.A.B; MACHADO, M.K.; 2005. Múltiplos olhares, usos conflitantes. Concepções ambientais e turismo na APA do Sistema Cantareira – OLAM – Ciência e tecnologia, Rio Claro, v5, n1, 2005.

IAC, 2015. INSTITUTO AGRONÔMICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Solos do Estado de São Paulo. Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, Ano 2015. Disponível em - https://solossp.iac.sp.gov.br/solos_sao_paulo.html. Acessado em 10/08/2020.

IBGE, 1999. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manuais Técnicos em geociências, número 8 – Nocões básicas de cartografia – Departamento de Cartografia – Rio de Janeiro: IBGE 1.999.

IBGE, 2010. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sinopse do Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE. pag. 67-68. ISBN 978-85-240-4187-7.

IBGE, 2020. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – Portal Banco de dados de informações ambientais - <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home> Acesso em: 07 jun. 2020.

IBGE, 2021. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – Portal Cidades IBGE – Sistema agregador de informações sobre os municípios e estados do Brasil - <https://ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/piracaia.html?msckid=f2630ef5aa1911ec92f3241c79351b76>. Acesso em: 09 jul. 2021.

IBGE, 2022. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – Portal Cidades IBGE – Sistema agregador de informações sobre os municípios e estados do Brasil - <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/piracaia/panorama>. Acesso em: 22/09/2023.

INPE, 2003. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Departamento de Processamento de Imagens - Manual de treinamento e operação do SPRING, versão 4.0: INPE - São José dos Campos, SP, 2.003.

IPT, 2012. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT) & DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). Cadastramento de

pontos de erosão e inundação no Estado de São Paulo. São Paulo. IPT, 2012 (Relatório Técnico 131.057 – 205).

IPE, 2017. INSTITUTO DE PESQUISAS ECOLÓGICAS. Atlas dos serviços ambientais do sistema Cantareira. 1ª ed. São Paulo : Memnon Edições Científicas, 2017.

JOLY, F., 1990. A Cartografia. Campinas: Papirus, 1.990. 136p.

KOWARICK, L., 1983. A espoliação urbana. Coleção estudos brasileiros – volume 44, Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.

LICCO, E.A. 2005. Governança e riscos à saúde pública. In: L. Dawbor & Tagnin R.A. (org), Administrando a água como se fosse importante. 1ª ed. São Paulo, São Paulo: Senac. P 147 – 160.

LIMONAD, E., 2005. Entre a urbanização e a sub-urbanização do território. In XI Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional (ANPUR). Salvador (BA): ANPUR.

MASCARENHAS, A. S., 2015. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - Cenários futuros: estudo para a cidade de Salvador (BA) 2022 – Universidade Federal da Bahia - Salvador, 2015. 182p.

MAZZEO G., 2012. Scenarios of citys evolution between urbanization and deurbanization. In: Campagna, M., et al (Org.). Planning support tools: policy analysis, implementation and evaluation. Milão: FrancoAngeli, 2012.

MEDEIROS C.B., PIRES F., 1.998. Bancos de dados e sistemas de informações geográficas - in ASSAD E. D., SANO E. E. – Sistemas de informações geográficas - Aplicações na agricultura – 2ª ed., ver. e ampl. – Brasília: EMBRAPA – SPI / EMBRAPA-CPAC, 1998.

METZGER, J. P., 1999. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. Anais da Academia Brasileira de Ciência, v. 71, n. 3 (1), p. 445 - 463. 1999a.

MOREIRA, M.A. 2001. Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicações – São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2.001 - (<http://www.ltid.inpe.br/dsr/mauricio/livro.html>).

NOVO, E.M.L.M., 1.998. Sensoriamento Remoto – Princípio e Aplicações – 2ª ed. 3ª reimpressão 1.998 - São José dos Campos: Edgard Blücher Ltda 1.998.

OLIVEIRA, P.E., GOMES, R.A., SANCHES, R.C., SAAD, R.A., 2008. Análise da evolução da paisagem no entorno da represa dos rios Jaguari e Jacareí, estado de São Paulo, com base em sensoriamento remoto e sig. UNESP, Geociências, Rio Claro, v27, n4, p 527-539, 2008.

OLIVEIRA, A.C. et al., 2016. Relatório anual de rotas e áreas de concentração de aves migratórias no Brasil. Cabedelo, PB: CEMAVE/ ICMBio, 2016. 63p.

ONU - WORLD URBANIZATION PROSPECT. The 2018 Revision, ONU/2018 - Disponível em: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf> - Acessado em 15/09/2019.

OSEKI, J.H.; 1992. Pensar e viver a construção da cidade: canteiros e desenhos de pavimentação, drenagem de águas pluviais e rede de esgotos em São Paulo. Tese (doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo: 1992.

PAGANINI, W.S., BOCCHIGLIERI, M.M., PITOMBO, L.M., 2023. Saneamento para estudantes e profissionais da saúde pública. São Paulo : Faculdade de Saúde Pública da USP, 2023 - Recurso Eletrônico (Ebook) disponível em - <https://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/view/1004/920/3383> - Acesso em 09/07/2023.

PLATAFORMA AGENDA 2030. Uma Plataforma de Ação para Acompanhar a Implementação da Agenda 2030 no Brasil. <http://www.agenda2030.com.br/>. Acesso outubro 2019.

PEREZ, L.C.A., 2022 "O que é polissemia?"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/portugues/o-que-e-polissemia.htm>. Acesso em 03/08/2022.

PERROTTA, M.M. et al., 2006. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.000 - (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil). São Paulo: Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais (CPRM), 2006. https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/2966/1/breve_descricao_unidades.pdf. Acesso em: 09/07/2021.

PNAD, 2015. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD, 2015, Levantamentos domiciliares - Indicadores sociais - População - Estatística. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Rio de Janeiro. <https://educa.ibge.gov.br/jo-vens/conheca-o-brasil/populacao/18313> – Acesso em 02/02/2022.

PNUD, 2019. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). <http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/sustainable-development-goals.html>. Acesso em 15/10/2019.

RIBEIRO, H., 2004. Saúde Pública e Meio Ambiente: evolução do conhecimento e da prática, alguns aspectos éticos. 2004 – Disponível em: <https://www.scielosp.org/article/sausoc/2004.v13n1/70-80/> Acessado em 26/01/2021.

RINGLAND, G., 2002. *Scenarios in Business*. West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2002.

ROSS, J.L.S., 1994. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo*, v.8, 1994.

ROSS, J.L.S., 2012. Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities. *Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São PAULO*, p. 38-51, 2012.

ROLNIK, R.R., 1997. *A cidade e a lei: Legislação, política urbana e territórios na cidade de São Paulo – Coleção Cidade Aberta*, São Paulo: Studio Nobel/Fapesp, 1997.

SABESP, 2008. CIA. DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Dossiê Sistema Cantareira – Espaço das Águas - Fundação do Patrimônio Histórico da Energia e Saneamento do Estado de São Paulo, 2008. Disponível em: <https://docplayer.com.br/40915297-Dossie-sistema-cantareira.html>. Acesso em 08/09/2022.

SABESP, 2015. CIA. DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Crise Hídrica, Estratégia e Soluções da SABESP para a RMSP – Cia. De Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), disponível em: https://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/crisehidrica/chess_crise_hidrica.pdf, acesso em 09/08/2021.

SCHWARTZ P., 2000. *A Arte da Visão de Longo Prazo: Planejando o futuro em um mundo de incertezas*. São Paulo: Best Seller, 2000.

SEADE, 2019. Sistema Estadual de Análise de Dados. Sistema Agregador de Informações dos Municípios Paulistas. Base Digital. São Paulo, 2019. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/imp/>>. Acesso em: 09/07/2021.

SOMENZARI, M. et al., 2018. An overview of migratory birds in Brazil. *Pap. Avulsos Zool.*, v.58:e20185803, 2018.

SPRING v 4.0, 2.003 – Sistema de Processamento de Informações Geográficas release 4.0: INPE – São José dos Campos, SP, 2.003.

STAR, J.; ESTES, J., 1990. *Geographic Information Systems: An Introduction*. New York, Prentice-Hall, 1990.

TAGNIN, R.A., 2005. A capacidade de prevenção é recuperável? In: L. Dawbor & Tagnin R.A. (org), *Administrando a água como se fosse importante*. 1ª ed. São Paulo, São Paulo: Senac. P 147 – 160.

TEIXEIRA A.L.E; CHISTOFOLETI A. 1997 – Sistemas de informação Geográfica - Dicionário Ilustrado – São Paulo: Hicitec, 1.997.

TRICART, J., 1977. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica – Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente (SUPREN), ISBN:2408124500, 97p, 1977.

THOMANN, R.V. & MUELLER, J.A., 1987. Principles of Surface Water Quality Modeling and Control. Michigan University - MI: Harper&Row, 644 p, 1987.

VALE, A.R & GERARDI, L.H.O., 2006. Crescimento urbano e teorias sobre o espaço periurbano: analisando o caso do município de Araraquara (SP). In: Gerardi & Carvalho (orgs.) Geografia: ações e reflexões. Rio Claro: UNESP/AGETEO. 434p.

VELOSO, H.P., 1992. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro: IBGE - Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais - 1992, 92p. (Série Manuais Técnicos em Geociências nº 01).

VIEIRA, J.M.P. & MORAIS, C., 2005. Manual para a elaboração de planos de segurança da água para consumo humano. Minho: Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Universidade do Minho. 175p. (Série Guias Técnicos, 7). Nd. edition. Volume 1.

XIANG, W.N; CLARKE, K.C., 2003. The use of scenarios in land-use planning. Environment and Planning B: Planning and Design, Santa Barbara, v. 30, p. 885-909, mar. 2003. Disponível em: <<http://www.geog.ucsb.edu/~kclarke/Papers/XiangClarke.pdf>>. Acesso em: 09/10/2022.

ANEXO 01: Fotos tiradas pelo autor para ilustração de fenômenos espaciais e das categorias de uso e ocupação de solo



Foto 1: Categoria Água



Foto 2: Categoria Água



Foto 3: Categoria Antropizado



Foto 4: Categoria Antropizado



Foto 5: Categoria Antropizado



Foto 6: Categoria Antropizado



Foto 7: Categoría Antropizado



Foto 8: Categoría Antropizado



Foto 9: Categoría Antropizado



Foto 10: Categoría Antropizado



Foto 11: Categoría Arbórea



Foto 12: Categoría Arbórea



Foto 13: Categoria Arbórea



Foto 14: Categoria Arbórea



Foto 15: Categoria Arbustiva



Foto 16: Categoria Arbustiva - Erosão



Foto 17: Categoria Arbustiva



Foto 18: Categoria Herbácea



Foto 19: Categoria Herbácea



Foto 20: Categoria Herbácea



Foto 21: Categoria Solo Exposto



Foto 22: Categoria Solo Exposto



Foto 23: Categoria Solo Exposto



Foto 24: Categoria Solo Exposto



Foto 25: Categoria Solo Exposto



Foto 26: Categoria Solo Exposto



Foto 27: Categoria Solo Exposto



Foto 28: Categoria Solo Exposto



Foto 29: Categoria Urbano (Centro)



Foto 30: Categoria Urbano (Centro)



Foto 31: Urbano Margem Represa



Foto 32: Urbano Margem Represa



Foto 33: Urbano Margem Represa



Foto 34: Urbano Margem Represa



Foto 35: Urbano Margem Represa



Foto 36: Urbano Margem Represa



Foto 37: Urbano Margem Represa



Foto 38: Urbano Margem Represa



Foto 39: Urbano Margem Represa

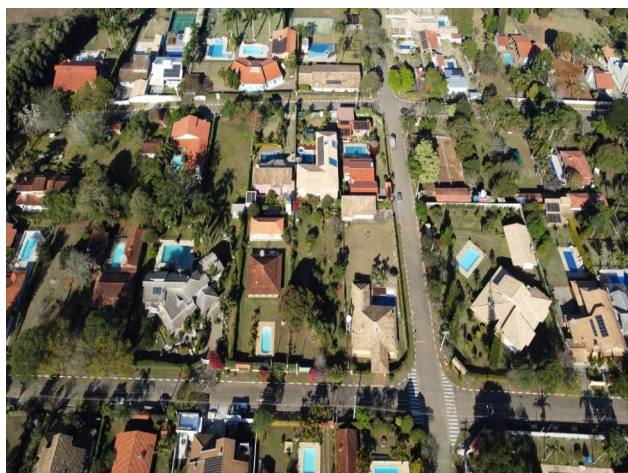


Foto 40: Urbano Margem Represa - Drone



Foto 41: Urbano Margem Represa - Drone



Foto 42: Urbano Margem Represa - Drone



Foto 43: Urbano Margem Represa - Drone



Foto 44: Urbano Margem Represa - Drone



Foto 45: Urbano Margem Represa - Drone



Foto 46: Urbano Margem Represa - Drone



Foto 47: Urbano Margem Represa - Drone



Foto 48: Urbano Margem Represa - Drone



Foto 49: Urbano Margem Represa - Drone



Foto 50: Urbano Margem Represa - Drone



Foto 51: Urbano Margem Represa - Drone



Foto 52: Urbano Margem Represa - Drone



Foto 53: Urbano Margem Represa - Drone



Foto 54: Urbano Margem Represa - Drone



Foto 55: Novas Ocupações Margem Represa



Foto 56: Novas Ocupações Margem Represa



Foto 57: Pier Margem Represa



Foto 58: Processo Erosivo no Solo



Foto 59: Processo Erosivo no Solo



Foto 60: Degradação Ambiental