

INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO

BRUNO DALLA NORA SANTOS

**ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
MIRINGUAVA: UM ESTUDO DE CASO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS LOCAIS**

CURITIBA

2021

BRUNO DALLA NORA SANTOS

**ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
MIRINGUAVA: UM ESTUDO DE CASO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS LOCAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Desenvolvimento de Tecnologia, Área de Concentração de Meio Ambiente e Desenvolvimento, do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, em parceria com o Instituto de Engenharia do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento de Tecnologia.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Tânia Lucia Graf de Miranda.

CURITIBA

2021

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

S237a Santos, Bruno Dalla Nora
Análise ambiental integrada da bacia hidrográfica do rio
Miringuava: um estudo de caso dos impactos ambientais locais [recurso
eletrônico] / Bruno Dalla Nora Santos – Curitiba, 2021.

Dissertação - Programa de Mestrado Profissional em
Desenvolvimento de Tecnologia, do Instituto de Tecnologia para o
Desenvolvimento, em parceria com o Instituto de Engenharia do
Paraná.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Tânia Lucia Graf de Miranda

1. Sistema de Informações Geográficas. 2. Bacias Hidrográficas -.
Miringuava, Rio (PR). I. Universidade Federal do Paraná. II. Miranda,
Tânia Lucia Graf de. III. Título.

551.410284

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani - CRB-9/1585

ATA DE DEFESA DE MESTRADO

Aos trinta e um dias do mês de agosto de dois mil e vinte e um, por videoconferência, foi instalada pelo(a) Professor(a) Doutor(a) **Tânia Lucia Graf de Miranda**, a Banca Examinadora para a **trecentésima quadragésima primeira (décima oitava da 14ª turma)** defesa do Mestrado Profissional em Desenvolvimento de Tecnologia, na Área de Concentração: **MAD – Meio Ambiente e Desenvolvimento** e Linha de Pesquisa: **Gestão de Recursos Ambientais**. Estiveram presentes no ato professores, alunos e visitantes. A Banca Examinadora, atendendo a determinação do Colegiado do Mestrado Profissional, foi constituída pelos Professores Doutores: **Tânia Lucia Graf de Miranda (Lactec) – Orientador(a); Mariana D'Orey Gaivão Portella (Lactec); Luciana Rodrigues de Souza Bastos (Lactec); e Fernando Marangon (UFPR)**. Às quatorze horas, a banca iniciou os trabalhos, convidando o(a) candidato(a) **BRUNO DALLA NORA SANTOS** a fazer a apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso, intitulado **“ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA: UM ESTUDO DE CASO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS LOCAIS”**. Encerrada a apresentação, iniciou-se a fase de arguição pelos membros participantes. Tendo em vista a apresentação e a arguição, a banca decidiu pela **APROVAÇÃO** do (a) candidato (a) (de acordo com a determinação dos **Art. 52º** e **Art. 53º**, do Regulamento do Mestrado). Nada mais havendo a tratar, foi lavrada por mim, Secretária Acadêmica Daniele Teixeira Azevedo, a presente ata, assinada por todos os presentes acima nominados e referenciados.

Curitiba, 31 de agosto de 2021.



Prof.ª Dr.ª Tânia Lucia Graf de Miranda



Prof.ª Dr.ª Mariana D'Orey Gaivão Portella



Prof.ª Dr.ª Luciana Rodrigues de Souza
Bastos



Dr. Fernando Marangon



Daniele Teixeira Azevedo
Secretária Acadêmica



Prof. Dr. Lúcio de Medeiros
Coordenador Acadêmico

Dedico este trabalho aos meus familiares, aos meus amigos, todos aqueles que acreditaram que eu seria capaz e, principalmente, aos que acreditam na conservação da natureza como única saída possível para a manutenção da vida no planeta terra.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço aos meus pais Adriana e George, por terem me proporcionado o direito à vida e a liberdade de pensamentos e escolhas. Minha Mãe Adriana, com seu apoio contínuo nas minhas decisões e solicitude inigualável, sempre batalhadora e presente. Meu Pai George, com seu jeito afetuoso, bondoso e também pelejador, incessantemente altruísta.

Sou grato por possuir uma família absolutamente maravilhosa, cada um com sua idiossincrasia e jeito único de ser e me auxiliar nas escolhas da vida. Meus avós Glaé e Valmor (*in memorian*), Antônio e Eliane, minhas tias Andréa e Gisele, meus tios Valmor Júnior, André, Rodrigo e Marcelo, minha irmã Bianca, meu primo Marcelo Filho, minhas primas Catarina, Cecília, Isadora, Moara, Lara e Valentina. Cada um tem sua importância nesse caminho percorrido até aqui.

Agradeço também à minha Orientadora Tânia, que com sua disposição e presteza muito me auxiliou na conclusão desta dissertação de Mestrado. Se não fossem pelas suas cobranças e exigências talvez não tivesse escrito estes agradecimentos.

Considero-me muitíssimo grato também às professoras Luciana Rodrigues de Souza Bastos e Mariana D'Orey Gaivão Portella que foram excelentes nas suas pertinentes sugestões e observações tanto na qualificação quanto na banca de defesa do Mestrado. Ao professor Fernando Helmuth Syring Marangon, este participando apenas da defesa, contudo com proposições de correções também fundamentais para à perfeita conclusão de meu estudo.

Ao meu colega de Mestrado e engenheiro cartógrafo Davi, que com sua expertise de 17 anos, promoveu um assessoramento inigualável na confecção dos mapas em software ArcGIS e também nas aulas de como operar esta ferramenta.

À “Galera do Fundão” da 14ª turma de Mestrado Profissional em Desenvolvimento de Tecnologia, onde a quinta série ainda vive: André, Igor, Leandro, Matheus, Oscar, Rafael e Rodrigo.

À 14ª Turma de Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia de uma maneira geral, cada um tem sua importância para o conjunto da obra. Os amigos Gustavo e Pablo, merecem uma menção honrosa por participarem diretamente deste processo.

E, finalmente, aos meus amigos de longa data Juliano, Francisco, Davy, Camilo, Leonardo, Trevisan, Marcella, Muraro, Igor, Matheus, Felipe, Luís, Georges, Diogo, William, Rorai, Andrey, Bruna, Ribamar, André, Lino e Rochemback.

Todos aqueles que não foram citados, contudo acreditaram que eu seria capaz de realizar este estudo. Finalmente, aos que acreditam, também, na conversação da biodiversidade como única saída para a manutenção da vida no Planeta Terra.

“Um perito é alguém que cometeu todos os erros possíveis numa determinada área”.

Niels Bohr (1885-1962).

RESUMO

A Análise Ambiental Integrada para avaliação de Bacias Hidrográficas foi um método aperfeiçoado através uma parceria dos autores Tucci e Mendes com o Ministério do Meio Ambiente brasileiro no ano de 2006. Denominou-se, então, uma metodologia já amplamente utilizada em território nacional, contudo desde então com condutas e diretrizes de seguimento para um estudo semelhante de tamanha magnitude. O surgimento de uma conduta organizacional objetiva uma forma inovadora de contribuir com estudos de impactos ambientais, relatórios de impactos ambientais, bem como de licenciamentos ambientais de forma integrada e complementar. O estudo de caso específico envolve a Análise Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava, na cidade de São José dos Pinhais, com a utilização de Sistema de Informações Geográficas (SIG), com base no Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo municipal e em informações georreferenciadas disponibilizadas em domínio público. Aplica-se também a metodologia “*Multi-Criteria Decision Analysis*” – MCDA – (Análise Multicritério de Tomada de Decisão) como forma de elencar, valorar e classificar cada parâmetro específico de acordo com seu peso dentro da totalidade do conjunto. Especificamente, com o auxílio de ferramentas computacionais que possibilitem sínteses de alterações significativas em ecossistemas e habitats, a Análise Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do rio Miringuava permitiu-se mensurar os efeitos de um empreendimento de barramento de água para formação de reservatório de abastecimento público, chamado “Barragem Miringuava”, e a Companhia de Saneamento do Estado do Paraná irá administrá-la. Desta maneira, a Análise Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava servirá de modo a complementar aos Estudos Ambientais, integrando-se às análises previamente existentes de modo a municiar o poder público em decisões que envolvam os Ecossistemas e o Meio Ambiente, bem como estabelecer um prognóstico ambiental relacionado à conservação ambiental da fauna e flora local como – também – do Uso e Ocupação do Solo da área designada para a construção da “Barragem Miringuava” e seu respectivo reservatório.

Palavras-Chave: Análise Ambiental Integrada, Sistema de Informações Geográficas, Análise de Decisão Multicritério, Bacias Hidrográficas, Rio Miringuava.

ABSTRACT

The Integrated Environmental Analysis for the evaluation of watersheds was a method perfected through a partnership of the authors Tucci and Mendes with the Brazilian Ministry of Environment in 2006. It was called, then, a methodology already widely applied in the national territory, however since then with follow-ups guidelines for a similar study of such magnitude. The emergence of an organizational conduct aims at an innovative way to contribute to environmental impact studies, environmental impact reports, as well as on environmental licensing in an integrated and complementary way. This specific case study involves the Integrated Environmental Analysis from Watershed of Miringuava River in the city of São José dos Pinhais, Brazil, utilizing Geographic Information System (GIS), based on Usage and Occupation of City Soil Zoning and on georeferenced information available in public domain. *The Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA) methodology is applied as well, as a way of listing, giving value and classifying each specific parameter according to each one's relevance in the totality of the group. Specifically, with help from computational tools, which are able to synthesized significant changes in ecosystems and inhabitants, the Integrated Environmental Analysis from the Watershed of Miringuava River served to allow measurement of the effects from a dam investment shaping a public supplying reservoir, named "Miringuava Dam", and the public sanitation company from the estate of Paraná will manage it. With this in mind, the Integrated Environmental Analysis from Watershed of Miringuava River's served to implement the environmental studies, integrating the analysis previously mentioned and therefore equip the public power on decisions that will be related to the Ecosystem and Environment, as well as stablishing an environmental prognosis connected to the local fauna and flora conservation and also to the land use and occupation the designated area to build "Miringuava Dam" and its reservoir.

Key-Words: Integrated Environmental Analysis, Geographic Information System, Multi-Criteria Decision Analysis, Hydrographic Basins, Miringuava River.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01 – PERFIL LONGITUDINAL DO RIO MIRINGUAVA.....	20
FIGURA 02 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA.....	22
FIGURA 03 – LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO IGUAÇU COM A LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM MIRINGUAVA EM CONSTRUÇÃO.....	24
FIGURA 04 – TIPOS DE SOLOS CARACTERIZADOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA.....	26
FIGURA 05 – COBERTURA VEGETAL DOS MUNICÍPIOS PERTENCENTES À REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA.....	29
FIGURA 06 – DESTAQUE DO RIO MIRINGUAVA CORRELACIONADO COM A HIDROGRAFIA DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS E DOS MUNICÍPIOS CIRCUNVIZINHOS.....	33
FIGURA 07 – ÁREAS ESTRATÉGICAS DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS E MUNICÍPIOS CIRCUNVIZINHOS.....	35
FIGURA 08 – ÁREAS ESTRATÉGICAS CORRELACIONADAS AS BACIAS HIDROGRÁFICAS CONTIDAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO IGUAÇU.....	36
FIGURA 09 – VISÃO GERAL DO EMPREENDIMENTO.....	40
FIGURA 10 – VISÃO GERAL DO EMPREENDIMENTO.....	41
FIGURA 11 – VISÃO GERAL DO EMPREENDIMENTO.....	42
FIGURA 12 – ORGANOGRAMA DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DE TOMADA DE DECISÃO APLICADO AO ESTUDO DE CASO.....	44
FIGURA 13 – PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DE TOMADA DE DECISÃO.....	45
FIGURA 14 – ONÇA PARDA FOTOGRAFA PELO ICMBIO NA REGIÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA.....	51
FIGURA 15 – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA CONTENDO OS PRINCIPAIS RIOS.....	54

FIGURA 16 – A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA CORRELACIONADA ÀS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO EXISTENTES NA LOCALIDADE.....	56
FIGURA 17 – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA.....	58
FIGURA 18 – PORÇÃO DA ÁREA UTILIZADA NA ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA.....	60
FIGURA 19 – ÁREA DE ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA CORRELACIONADA AS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO.....	64
FIGURA 20 – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA.....	66
FIGURA 21 – ÁREA DE ESTUDO NA BACIA HIDROGRÁFICA PARA O CRITÉRIO QUALIDADE DA ÁGUA E SUAS RESPECTIVAS FAIXAS DE SENSIBILIDADES.....	70
FIGURA 22 – DISTANCIAMENTO EM EXTENSÃO LINEAR DA ÁREA DE ESTUDO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO.....	72
FIGURA 23 – FAIXAS DE SENSIBILIDADES DESIGNADAS PARA OS USOS E OCUPAÇÕES DO SOLO ESPECÍFICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA.....	75
FIGURA 24 – MAPA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA.....	78

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – CRITÉRIOS SELECIONADOS PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUVA.....	46
TABELA 02 – FAIXAS DE SENSIBILIDADE DEFINIDAS PARA OS CRITÉRIOS.....	47
TABELA 03 – ESCALA DE IMPORTÂNCIA DOS CRITÉRIOS.....	48
TABELA 04 – PESO RELATIVO DE CADA CRITÉRIO DISPOSTO HIERARQUICAMENTE.....	49
TABELA 05 – PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA E VALORES DAS FAIXAS DE SENSIBILIDADES.....	61
TABELA 06 – PARÂMETROS DE UNIDADE DE CONSERVAÇÃO E VALORES DE FAIXAS DE SENSIBILIDADES.....	63
TABELA 07 - PORCENTAGENS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	65
TABELA 08 - PARÂMETROS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E FAIXAS DE SENSIBILIDADES.....	67
TABELA 09 – PONDERAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CADA CRITÉRIO E SEU RESPECTIVO PESO RELATIVO PARA O MAPA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL.....	77

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
2	OBJETIVOS	8
3	REVISÃO DA LITERATURA	9
4	METODOLOGIA.....	19
4.1	DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	19
4.1.1	Hidrografia	25
4.1.2	Relevo.....	27
4.1.2.1	Solos	27
4.1.3	Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo	30
4.1.4	Clima	30
4.1.5	Vegetação	31
4.1.6	Áreas Estratégicas	34
4.1.7	Unidades de Conservação.....	37
4.1.8	Referencial Municipal	37
4.1.9	Barragem Miringuava.....	39
4.1.10	Intervenções Antrópicas.....	42
4.2	SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)	43
4.3	AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DE TOMADA DE DECISÃO	43
4.3.1	Organograma da avaliação multicritério de tomada de decisão no Estudo de Caso	44
4.3.2	Determinação dos Critérios	44
4.3.2.1	Faixa de Sensibilidade dos Critérios e Parâmetros	46
4.3.3	Peso dos Critérios	47
4.4	ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA.....	49
4.5	CRITÉRIOS	52
4.5.1	Qualidade da Água	52
4.5.2	Unidades de Conservação.....	55
4.5.3	Uso e Ocupação do Solo.....	57
4.6	PARÂMETROS	59
4.6.1	Qualidade da Água	61
4.6.2	Unidades de Conservação.....	62

4.6.3	Uso e Ocupação do Solo.....	65
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
5.1	Qualidade da Água	69
5.2	Unidade de Conservação	71
5.3	Uso e Ocupação do Solo	73
5.4	Sobreposição dos Mapas de Critérios	76
5.5	Discussão Teórica	79
6	CONCLUSÕES	81
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a conservação do meio ambiente passou a ser crescente quando o ser humano percebeu o evidente esgotamento dos recursos naturais, de forma que a natureza não possuía formas de atender proporcionalmente a demanda social de consumo. Deste modo, a sociedade científica realizou em Estocolmo, no ano de 1972, a Conferência das Nações Unidas, na qual foi estabelecida uma Convenção que buscava se atentar à necessidade do estabelecimento de critérios e princípios comuns para o melhoramento e a preservação do meio ambiente humano. Dentre os conceitos elaborados na convenção, o Desenvolvimento Sustentável foi aquele que obteve mais atenção da sociedade, cuja proposição de um aperfeiçoamento das relações sociais com o meio ambiente e, em paralelo, aliado a boas práticas econômicas, buscava provocar uma exploração racional e sinérgica dos recursos naturais, evitando assim o eminente esgotamento de um patrimônio vital para as futuras gerações (NAÇÕES UNIDAS, 1972).

A legislação ambiental brasileira deu seguimento à implementação de ferramentas de gestão ambiental pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) por meio da resolução nº 237/1997, que definiu conceitos de impactos ambientais e procedimentos obrigatórios para a obtenção do licenciamento ambiental. Partindo-se, então, do princípio de que qualquer empreendimento instalado em bacias hidrográficas possui potencial para gerar impacto ambiental na região em que foi instalado, a respectiva resolução do CONAMA define os regimentos e normativas para a elaboração de estudos ambientais prévios como forma de subsidiar deliberações referentes a instalação de empreendimentos de potencial impacto ambiental, enquanto que os órgãos estaduais dão seguimento as obrigatoriedades e licenciamentos dos empreendimentos de potencial impacto locais. Apresentando-se o Estudo de Impactos Ambientais (EIA) – posteriormente complementado pelo Relatório de Impactos Ambientais (RIMA) – permite-se que o empreendimento obtenha a Licença Prévia (LP) e sequencialmente, a Licença de Instalação (LI). Com a finalização das obras, o início das atividades é autorizado com a Licença de Operação (LO), que deve ser renovada em tempo especificado por cada estado da federação, porém, dentro do intervalo estabelecido pelo CONAMA, que é de quatro a dez anos (BRASIL, 1997).

A legislação ambiental paranaense, regulamentada pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP) – atualmente Instituto Água e Terra (IAT) – órgão estadual designado pela atribuição de responsabilidades definida na Resolução CONAMA nº 237, aponta procedimentos a serem adotados para atividades potencialmente poluidoras ao meio ambiente na Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CEMA) nº 65/2008. Esta legislação define a metodologia necessária para obtenção de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais nos limites do estado. O mecanismo aplicado para fornecimento cronológico das licenças no órgão estadual (CEMA) segue a resolução proposta pelo CONAMA, porém há a exceção apenas da renovação da LO, que se dá no período entre dois a seis anos, conforme o potencial poluidor promovido pela execução da atividade licenciada. Trata-se, então, de uma adaptação promovida pela autarquia ambiental inferior, objetivando uma renovação mais frequente de licenças ambientais, de modo a estabelecer um maior controle potencial-poluidor do que no intervalo de tempo proposto pelo CONAMA. Quando se trata de um empreendimento de baixo potencial poluidor o IAT autoriza sua instalação e operação através da Licença Ambiental Simplificada (LAS). Se o licenciamento não compete ao órgão estadual ocorre a confecção da Dispensa de Licenciamento Ambiental Estadual (DLAE) e consequente encaminhamento ao órgão municipal responsável (PARANÁ, 2008).

É notável a diferença de conteúdo entre um Estudo de Impactos Ambientais e seu respectivo Relatório de Impactos Ambientais e uma Análise Ambiental Integrada. Enquanto o EIA/RIMA promove um completo estudo sobre a instalação e operação de determinado empreendimento de uma região específica, a Análise Ambiental Integrada desenvolve um estudo ainda mais complexo, pois, condensa aspectos locais característicos, abordando conhecimentos de variadas áreas e procedendo uma síntese multidisciplinar e, conseqüentemente, com uma gama de informações mais elevada (TUCCI, 2006).

Ao alinhar-se uma Análise Ambiental Integrada com um método matemático de avaliação multicritério de tomada de decisão como a Análise Hierárquica Analítica, então, observa-se o estabelecimento de uma eficiente ferramenta de dedução ambiental, voltada à gestão ambiental coerente e administração racional dos recursos naturais locais, não somente considerando a motivação dos mais interessados como também de toda a sociedade (HACK, 2019).

No estudo do caso, a Análise Ambiental Integrada com auxílio da avaliação multicritério de tomada de decisão estabeleceu-se na Bacia Hidrográfica do rio Miringuava, afluente do rio Iguaçu e pertencente a sub-bacia hidrográfica do Alto Iguaçu (SUDERSHA, 2000). O corpo hídrico, objeto do estudo, se localiza inteiramente no município de São José dos Pinhais, tendo sua nascente na bacia hidrográfica da Serra do Mar e sua foz no encontro com o rio Iguaçu. A unidade urbana de São José dos Pinhais pertence à região metropolitana da Capital do Estado do Paraná – Curitiba – e está geograficamente disposta na porção sudeste da metrópole estatal.

1.1 CONTEXTO

A Teoria Malthusiana defende o controle populacional baseado no fato de que a população mundial cresce em ritmo de progressão geométrica, enquanto que a disponibilidade de meios de subsistência à vida humana na terra cresce em ritmo de progressão aritmética. Então, o desenfreado crescimento populacional, juntamente com a revolução industrial desenvolvimentista e a alimentação de um modo de vida obcecado pelo consumo ocasionaram uma demanda cada vez maior de produtos e serviços, de modo que o meio ambiente não se mostrou capaz de dispor de recursos naturais suficientes para atender à necessidade humana. O crescimento exponencial da sociedade urbana contemporânea, em sinergia com a ausência de mecanismos de fiscalização, torna dificultado o controle da exploração dos recursos ambientais disponíveis, e quando há sobrecarga em uma das partes, resulta-se em respostas catastróficas por parte do meio ambiente (POTT *et al.*, 2017).

A defesa de um sistema que prioriza o indivíduo, promove o esgotamento dos recursos naturais, uma vez que toda a matéria-prima é explorada com viés unicamente consumista, buscando atender apenas necessidades individuais. A negligência de toda uma sociedade acaba por ocasionar desastres naturais com maior frequência, alguns de certa forma irreversíveis, onde se buscam somente medidas mitigadoras para se tentar reverter aquilo que poderia ter sido evitado.

Colocando-se em um plano cartesiano contendo num eixo o consumismo desenfreado e noutro eixo a capacidade regenerativa da natureza, foi sintetizado o conceito de desenvolvimento sustentável, que propôs um plano de redução de danos e controle de desastres naturais aliando boas práticas econômicas, sociais e

ambientais. A imprescindibilidade de conservação da natureza é cada vez mais acentuada e o desenvolvimento sustentável serve para limitar a exploração industrial de recursos cada vez mais escassos (NAÇÕES UNIDAS, 1972).

A partir da importância constatada pelas autoridades com a conservação do meio ambiente, o estudo de análise ambiental integrada encontra contexto na elaboração de um projeto mais complexo com um conjunto de informações técnicas que são capazes de atestar a degradação de bacias hidrográficas e quais as consequências futuras deste descaso com os despejos irregulares de efluentes industriais e urbanos (TUCCI, 2006).

1.2 JUSTIFICATIVA

A manutenção da vida no planeta terra é essencial e depende de uma convivência sinérgica com o meio ambiente. Portanto, a exploração racional e consciente dos recursos naturais é de fundamental importância para a preservação de todos os seres vivos na superfície terrestre (NAÇÕES UNIDAS, 1972).

Concomitantemente, a conservação das bacias hidrográficas acabou por adquirir ampla importância para evitar que desastres naturais, de natureza hídrica ou não, tivessem a frequência reduzida e pudessem ser parcialmente ou totalmente evitados. Estudos de casos visando a conservação de corpos hídricos em todo território nacional cresceram consideravelmente e passaram a ter relevância técnica e científica, bem como da universalização do acesso a água potável (TUCCI, 2006).

O abastecimento de água, a coleta e o tratamento de esgoto na grande maioria dos municípios paranaenses são de responsabilidade da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR – que fornece água para 345 municípios no Estado do Paraná, sendo que 28 destes estão localizados na região metropolitana de Curitiba. A retenção do corpo hídrico por meio da construção de uma barragem e posterior formação de um reservatório hídrico, como forma de abastecimento populacional, é um método amplamente utilizado no território nacional.

Na região de estudo, há a ocorrência dos rios Iraí, Itaqui e Pequeno que abastecem as cidades de Almirante Tamandaré, a região norte de São José dos Pinhais e a região leste de Curitiba. O rio Iraí possui uma barragem que fornece água para Campina Grande do Sul, Colombo, Pinhais, Piraquara, Quatro Barras e norte de Curitiba. A represa do rio Passaúna serve Araucária, Campo Largo, Campo Magro e

a região oeste de Curitiba. E por fim, o rio Miringuava é responsável pelo abastecimento dos municípios de Fazenda Rio Grande, São José dos Pinhais, região leste de Araucária e região sul de Curitiba (DALLALIBERA, 2013).

O rio Miringuava é um afluente do rio Iguaçu e sua nascente é localizada na região da Serra do Mar paranaense, nas proximidades da colônia Gamelas (antiga colônia Inspetor Carvalho), no extremo sudeste de São José dos Pinhais. O rio está localizado, em sua maior parte, a uma altitude de 920 metros do nível do mar.

A construção de uma barragem para abastecimento público iniciada pela SANEPAR no ano de 2015, visa garantir maior oferta de água para a população e permitir o equilíbrio entre os sistemas integrados de fornecimento de água. A construção de barragens em rios vem acentuando a polêmica sobre os prejuízos e os benefícios dessa intervenção no curso de água e este estudo pretende trazer subsídios para discussão, abordando a Análise Ambiental Integrada como uma ferramenta de planejamento e gestão aplicada a preservação da água como um recurso ambiental de uso múltiplo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o impacto ambiental da introdução de uma nova obra de engenharia e seus efeitos sobre os demais usos da água na bacia hidrográfica do rio Miringuava utilizando a metodologia da Análise Ambiental Integrada, visando a conservação ambiental da mesma.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Aplicar a Análise Ambiental Integrada como ferramenta de investigação ambiental dos impactos ambientais de empreendimentos instalados e ações antrópicas na área de estudo;

Determinar um prognóstico referente as consequências dos aspectos e impactos ambientais cumulativos no rio Miringuava, mensurando problemas e propondo melhorias;

Avaliar de modo integrado todos os cenários e impactos ambientais cumulativos e coordenados objetivando a conservação ambiental do corpo hídrico objeto de estudo.

3 REVISÃO DA LITERATURA

A estrutura legal e institucional brasileira dispõe de conselho responsável pelo regimento dos recursos naturais e do meio ambiente. A Lei Federal nº 6.938/1981 instituiu em âmbito federal a Política Nacional de Meio Ambiente, criando o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que estabelecem resoluções e portarias em conjunto com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), objetivando a conservação do meio ambiente e a correta exploração dos recursos naturais em território nacional (BRASIL, 1981).

Em 1986, o conselho promoveu a primeira resolução nacional voltada ao meio ambiente que atribuía definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para a Avaliação de Impacto Ambiental como forma de estudo ambiental no Brasil, compondo assim um dos dispositivos da Política Nacional do Meio Ambiente, estabelecendo-se como principal pilar para todo o procedimento de licenciamento ambiental brasileiro. Em suma, a resolução nacional define o conceito de Impacto Ambiental como:

“Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem a saúde, a segurança, o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente ou a qualidade dos recursos ambientais”.

Designa-se, então, o Estudo de Impactos Ambientais/Relatório de Impactos Ambientais – EIA/RIMA – como forma de levantar e compilar os aspectos e impactos ambientais ocasionados pelo estabelecimento de um empreendimento local (BRASIL, 1986).

Corroborando com essa teoria, Sanches (2013, *apud* HACK, 2019) explica que impacto ambiental é toda “alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana”. E que, para tanto, a necessidade da realização de um EIA/RIMA como forma de definir quais os problemas acarretados pela instalação e operação de qualquer empreendimento, mostrou-se de fundamental importância para o estabelecimento de corretas análises

e avaliações objetivando a utilização sinérgica dos recursos ambientais, bem como da conservação ambiental.

Contudo, além do EIA/RIMA também há a Avaliação Ambiental Integrada (AAI) e a Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) como formas de interpretação dos impactos ambientais provocados por um ou mais empreendimentos. Diferenças podem ser observadas entre elas, pois, enquanto o EIA/RIMA condensa dados qualitativos e quantitativos específicos para um único empreendimento a ser instalado em uma determinada região específica, a AAI promove uma análise mais abrangente de toda uma bacia hidrográfica onde são considerados impactos ambientais cumulativos ou sinérgicos de um ou mais empreendimentos potencialmente poluidores em uma localidade em questão, bem como atividades antrópicas em desacordo com a legislação. A AAI está contida no AAE, que além de oferecer um completo estudo sobre a bacia hidrográfica que será afetada também compatibiliza políticas, planos de gestão de uso e conservação do solo e dos recursos naturais, propiciando uma elevada apreciação institucional (TUCCI e MENDES, 2006).

Conforme metodologia estabelecida por Tucci e Mendes (2006), a Análise Ambiental Integrada é proposta como uma forma de abordagem de Avaliação de Impactos Ambientais, que tem como objetivo analisar antecipadamente e integrar políticas, planos e programas que afetam parcialmente ou diretamente o meio ambiente, funcionando como uma ferramenta de melhoria auxiliar, desde a sua concepção até a inserção nos projetos de desenvolvimento urbano.

3.1 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

O Sistema de Informações Geográficas – SIG – tem se mostrado bastante eficiente e relevante em Análises Ambientais, principalmente daquelas que fazem a utilização de softwares de geoprocessamento combinados com metadados para estabelecer diagnósticos e prognósticos territoriais. Contemporaneamente, com o desenvolvimento computacional e amplitude de programas oferecidos, a avaliação ambiental passou a ter amplo interesse com a utilização dos SIG's.

Burrough (1986, *apud* Câmara e Ortiz, 1998) define que SIG é um conjunto de dispositivos que obtém, processam, arquivam, alteram e transmitem informações espaciais de geoprocessamento. O sistema tem possibilidade de promover estudos de impactos ambientais mais completos, pois, analisa o macro universo de toda uma

área, e não somente empreendimentos isolados, pressupondo que os dados armazenados são uma projeção do mundo real.

Em tese, resenham-se os principais atributos de um sistema de informações geográficas (CÂMARA et al., 1998):

“Integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno. Combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados. Como também consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados”.

Nacionalmente, vários autores já utilizam dispositivos de geoprocessamento para estabelecer análises de expansão territorial urbana. Recentemente, há um crescimento exponencial nas avaliações ambientais com a utilização de softwares de referência em Geoprocessamento. Meirelles (1997) propôs uma análise ambiental integrada com uma metodologia para elaboração de zoneamentos utilizando geoprocessamento. Souza et al. (2010) desenvolveram artigo que aplica geotecnologias a análise espaço-temporal da expansão urbana em microrregião potiguar. Reis Filho (2012) estabeleceu uma análise integrada por geoprocessamento da expansão urbana de município piauiense, também com auxílio de SIG's.

No entanto, na área específica do estudo, um único estudo foi encontrado. Neste, Shimada (2008) promoveu um estudo de caso no terço superior da bacia hidrográfica do rio Miringuava, realizando a caracterização do meio físico e correlacionando-o com solos e a declividade locais utilizando Sistemas de Informações Geográficas. Com isso, conclui-se que aproximadamente 63% do terço superior da bacia apresentava médio ou alto grau de fragilidade potencial.

A utilização de SIG's como ferramenta de análise proporcionou melhor avaliação do cenário real no estudo de Oliveira (2014), permitindo-se concluir que havia vulnerabilidade erosiva no córrego do Cedro, em Presidente Prudente, São Paulo. Souza e Costa (2011) utilizaram-se também do Sistema de Informações Geográficas para avaliar a expansão urbana de uma microrregião no Nordeste Brasileiro, estabelecendo-se que a região estudada foi a que apresentou maior crescimento dentre as correlacionadas.

3.2 AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DE TOMADA DE DECISÃO

O Processo Hierárquico Analítico (AHP) é um método de avaliação multicritério de tomada de decisão desenvolvido por Thomas Saaty em 1970 que objetiva a elaboração de uma estrutura organizacional como forma de subsidiar decisões complexas com base em preceitos psicológicos e matemáticos. A possibilidade de se obter um prognóstico mais próximo do ideal envolve o estabelecimento de um sistema com quatro colunas envolvendo (SAATY *et al.*, 2017):

“Um bom entendimento de um problema de escolha para minimizar dúvidas e incertezas, uma estrutura completa para representar todos os fatores que envolvem os critérios e alternativas, uma escala cardinal para representar julgamentos e as prioridades derivadas dos julgamentos numéricos é o que compõe uma avaliação multicritério de tomada de decisões”.

A avaliação multicritério de tomada de decisão – *Multi-criteria decision analysis* (MCDA) – é o conhecimento factual que sintetiza um método que serve de suporte para tomada de decisões, explorando de maneira sistemática os benefícios e os malefícios de diferentes evidências, observando aspectos e impactos e classificando pela ordem de relevância de cada um. Os critérios podem ser definidos conforme o viés científico relacionado, podendo ser valor monetário, geração de empregos, avaliações quantitativas, entre outras. A grande vantagem apresentada pela avaliação multicritério de tomada de decisão é que possibilita o arranjo do desempenho analítico das alternativas com as partes interessadas, de uma maneira lúcida (ESMAIL *et al.*, 2018).

Com base na metodologia utilizada por Soares (2004, *apud* HACK, 2019), a Avaliação multicritério de tomada de Decisão é definida como um compilado de algoritmos correlacionados ao objetivo proposto. Deve-se definir o conjunto de ações e os critérios que deverão ser avaliados, como também os parâmetros que serão estudados nesta avaliação. O seguimento se dá com a reflexão das decisões e a disposição ordinal no modelo escolhido.

Pode-se classificar os critérios de tomada de decisão de acordo com diversas variantes, que pode ser os tipos de dados utilizados, o número de envolvidos e o tipo de abordagem do problema. Tratando-se de dados pode-se ser determinístico, estocástico ou nebuloso, bem como a quantidade de atores participantes que se

classificada pela interferência a um indivíduo ou a um grupo de indivíduos. Por fim, os tipos de abordagem do problema podem ser com base na utilidade, na superação e síntese de alternativas ou na programação matemática. As escolhas das variantes e a respectiva classificação dos critérios irá compor um método multicriterial de auxílio na tomada de decisões (SILVA, 2006 *apud* TORRES, 2013).

Campos (2011) estabeleceu um modelo de apoio de decisão multicriterial correlacionada a projetos de Saneamento, classificando todos os participantes do procedimento. Elencaram-se atores, aqueles que têm interesse direto ou indireto na decisão tomada, o agente de decisão, que se trata do representante dos atores, e o especialista, responsável por atribuir aspectos técnicos, sistematizar o processo e modelar as preferências de acordo com as partes interessadas. Posteriormente, classificaram-se as ações potenciais, já executadas ou em planejamento, que são dispostas em escala ordinal conforme o grau de importância e então, estruturadas em uma matriz de avaliação cuja identificação dos problemas e desempenho das alternativas estará correlacionado.

Strager *et al.* (2006) integrou medidas de preferências das partes interessadas com dados de Sistemas de Informação Geográficas para identificar áreas de elevada prioridade para conservação da terra. Elencaram-se e valoraram-se as preferências de cada ator envolvido e posteriormente foram classificados através do método do Processo Hierárquico Analítico (AHP, na sigla em inglês). A Análise se estabeleceu na bacia hidrográfica do rio Cacapon em West Virginia, na região metropolitana de Washington, DC. Selecionaram-se critérios como a preservação da agricultura, presença de florestas, qualidade da água, herança rural, biodiversidade e viabilidade econômica-sustentável das florestas locais. Concluiu-se que a AHP é uma metodologia de avaliação multicriterial de tomada de decisão eficiente e efetivo, pois além de apresentar resultados mais democráticos, pode também simplificar decisões mais complexas.

Estabeleceu-se na ilha de Gheishan uma avaliação multicriterial de tomada de decisão com o objetivo de proteger pelo menos 20% do território aquático ao redor da ilha. Distante aproximadamente 10 quilômetros a noroeste da costa de Taiwan, na China, a ilha de Gheishan está localizada numa área de proteção marinha. Entrevistaram-se partes interessadas como autoridades oficiais locais, comunidade local, associação de pescadores e estabeleceram-se critérios de avaliação como forma de subsidiar as decisões externas. O estudo focou na preservação dos

cetáceos, na preservação dos recursos da ictiofauna e na preservação de espécies de respiradores subaquáticos. Concluiu-se que o zoneamento desenvolvido a partir de mapas locais colabora para a redução dos impactos antrópicos no desenvolvimento marinho, como também que a utilização de tecnologias como Sistemas de Informações Geográficas para auxiliar nos processos de tomada de decisão só tem a acrescentar no entendimento das necessidades de todos os atores envolvidos (LU *et al.*, 2014).

Geneletti (2004) promoveu um estudo de caso no noroeste de Trento, na Itália, onde se utilizou de uma estrutura baseada em Sistemas de Informações Geográficas para identificar áreas prioritárias de conservação da natureza em um Vale Alpino da região. Foram elencados e classificados critérios como raridade de espécies na biodiversidade local, isolamento de outras espécies, dimensão dos habitats específicos das espécies e a exposição a perturbação. Como conclusão, entendeu-se que o estudo corroborou para o desenvolvimento e evolução de diferentes cenários em uma avaliação com maior robustez na região.

Promoveu-se o desenvolvimento de um processo de planejamento e suporte de decisão na região de Piedmont, local cercado pelos Alpes no noroeste da Itália. Classificaram-se critérios para a avaliação multicriterial para auxílio na tomada de decisões do estudo de caso específico, dentre eles, a distância de áreas protegidas, a distribuição da fauna, a distância de corpos hídricos, a qualidade da água, a distância de rodovias. Conclui-se então que com a utilização de tecnologias de Sistemas de Informações Geográficas e um processo de tomada de decisão elaborado foi possível estabelecer um estudo de adequação de terras para a formação de corredores ecológicos para a manutenção da biodiversidade na localidade estudada (FERRETI *et al.*, 2013).

Zhang *et al.* (2013) aplicou a metodologia de avaliação multicriterial para o auxílio na tomada de decisões paralelamente à utilização de sistemas de informações geográficas para constituir um esquema de zoneamento no Parque Nacional da Montanha Nevada de Meili em Yunnan, na China. Um procedimento envolvendo todas as partes interessadas, bem como os conhecimentos técnicos agregados por profissionais, foi estabelecido com o intuito de atingir três objetivos principais no gerenciamento do parque: conservação da natureza, turismo e recreação e desenvolvimento comunitário. Por fim, conclui-se que a metodologia de avaliação multicriterial para o auxílio na tomada de decisões aliada à sistemas de informações

geográficas é uma sistemática robusta, flexível e de fácil implementação que também promove um entendimento compreensível das necessidades de cada uma das partes interessadas, bem como do conhecimento técnico de todos os atores envolvidos.

Comino *et al.* (2014) desenvolveu um estudo de exploração do valor ambiental utilizando a metodologia de avaliação multicriterial para o auxílio na tomada de decisão nos ecossistemas da bacia hidrográfica do rio Pellice, na província de Turin, Itália. Buscou-se incrementar o conhecimento das questões ambientais no planejamento territorial dividindo-as em dois aspectos centrais, sendo eles: quanto à sua naturalidade de ocorrência e quanto a pressão antrópica exercida para a sua ocorrência. Para o primeiro aspecto se elencaram critérios como áreas de proteção natural, sistemas de paisagem, presença de bosques e índice de funcionamento fluvial. Para o segundo aspecto foram selecionados critérios como áreas urbanizadas, cobertura terrestre, sistema viário local e risco hidrogeológico. Finalmente, conclui-se que a metodologia utilizada é capaz de auxiliar de maneira eficiente em decisões correlacionadas ao planejamento de conservação e uso sustentável do solo e do meio ambiente.

Estabeleceu-se um estudo de caso utilizando a avaliação multicriterial para o auxílio na tomada de decisões no leito do rio Chatkal, ao longo das florestas de nozes do Quirguistão. Foram selecionados sete critérios e posteriormente classificados segundo seu grau de importância, sendo eles: manutenção do ecossistema florestal, manutenção da biodiversidade, aprimoramento da vitalidade e da saúde da floresta, funções produtivas da floresta, funções protetivas da floresta, funções socioeconômicas da floresta e estruturas legais e institucionais. Conclui-se, então, que a utilização da metodologia proposta foi capaz de auxiliar positivamente na proposição de programas e políticas voltadas à saúde florestal e a conservação ambiental local (JALILOVA, 2012).

A avaliação multicriterial para auxílio na tomada de decisões envolvendo questões ambientais é complexa devido a qualidade das informações disponibilizadas, a quantidade de partes interessadas e a relevância de cada critério relacionado. A valoração do procedimento estabelecido é significativa, pois, leva em consideração a experiência e o conhecimento dos atores envolvidos na área de estudo (VIEIRA *et al.*, 2014).

Cegan *et al.* (2017) promoveu uma revisão da literatura no período de 15 anos a partir do ano 2000, correlacionando-se a utilização de diferentes tipos de análises

multicritério para auxílio na tomada de decisões com a sua aplicabilidade em diversificados estudos e análises ambientais em todo o mundo. O autor encontrou 41.112 estudos que se utilizavam de pelo menos um método de análise multicriterial para o auxílio na tomada de decisão, sendo que 3.262 destas análises envolviam a aplicabilidade com estudos sobre o meio ambiente. Observou-se então um crescimento linear na utilização deste tipo de abordagem em análises ambientais e ecossistêmicas, principalmente no período mais contemporâneo ao estudo de revisão.

Huang *et al.* (2011) defendeu que a análise multicriterial para o auxílio na tomada de decisões emerge como uma metodologia formal para estabelecer um paralelo entre informações técnicas disponíveis e interesses de cada um dos atores envolvidos, de modo que é capaz de auxiliar adequadamente no caso de processos decisórios envolvendo o meio ambiente. Estabeleceu-se um comparativo de métodos de análise multicriterial para o auxílio na tomada de decisões em um intervalo de dez anos de aplicação. Concluiu-se, então, que dentre os processos, o Processo de Análise Hierárquica é a metodologia mais difundida e apresentou dominância de uso de 48% quando comparado aos demais. Além disso, tratava-se também da metodologia preferida por 80% dos autores de estudos ambientais que utilizaram Sistemas de Informações Geográficas combinados com Análise Multicriterial para o auxílio na Tomada de Decisão nas suas avaliações.

3.3 ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA

Com a crescente busca pelo desenvolvimento sustentável, a Análise Ambiental Integrada tem sido considerada como base para o planejamento ambiental. Essa avaliação estabelece como o homem se relaciona com o meio ambiente, se há exploração irregular dos recursos naturais e se esses recursos serão esgotados em um breve espaço de tempo. Considerando que o planeta Terra possui interdependência na relação meio ambiente-homem, é impossível compreender uma idiosincrasia isolada sem que esteja considerada como parte do todo (VITORINO, 2007).

O planejamento ambiental, a partir da Análise Ambiental Integrada, permite uma observação mais clara do que ocorre na região do estudo, as conexões com outras regiões e as influências específicas de cada uma. A programação ambiental é possível, pois, engloba fatores socioeconômicos e geo-biofísicos, favorecendo uma

visão holística espacial do conjunto e estabelecendo correlações e sinergias entre todos (MEIRELLES, 2007).

Cruz *et al.* (2009) define que fragilidade ambiental é todo e qualquer processo que promova algum tipo de alteração nos padrões e processos da bacia hidrográfica, que provoque uma segmentação desta bacia ou na ocorrência de barreiras físicas. O conceito de Análise Ambiental Integrada também é apresentado como sendo um conjunto de processos voltados a modelagem computacional da bacia hidrográfica, bem como a hierarquização de trechos, cenários e empreendimentos.

Entende-se como bacia hidrográfica toda a área drenada por um rio principal e seus afluentes e que se configura espacialmente através de uma rede de drenagem, representado sobre uma base cartográfica. A aplicação de métodos cartográficos digitais e o uso de geoprocessamento compõem a maioria das interpretações de bases cartográficas. Delimitando-se a área, é possível obter-se um banco de dados e informações ainda mais detalhadas que serão de fundamental importância para o auxílio na tomada de decisões, contemplando todas as partes interessadas (BOTELHO, 1999 *apud* ALBUQUERQUE, 2012).

Chueh (2004) estabeleceu uma análise do potencial de degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Pequeno utilizando do Diagnóstico Físico Conservacionista, mapeando os recursos naturais renováveis da região de estudo e determinando o potencial de degradação destes recursos. Concluiu-se, nesta Análise Ambiental Integrada, que é necessário um plano de ações voltado a resolução do conflito entre o a expansão e uso do solo e a necessidade da preservação ambiental nesta Bacia Hidrográfica.

Santos (2005) aplicou a metodologia da Análise Ambiental Integrada através da teoria dos Geossistemas, onde foi elaborado um mapa-síntese com o cruzamento de mapas-base contendo metadados – obtidos em programa de Sistema de Informações Geográficas – que quando sobrepostos permitem uma compreensão mais assertiva de todas as informações ambientais locais. Por fim, defende que a Análise Ambiental Integrada é uma metodologia proposta de maneira multidisciplinar, disponibilizando uma técnica eficiente de entendimento e um novo paradigma para a pesquisa em meio ambiente.

A Análise Ambiental Integrada foi aplicada como suporte à Tese de Doutorado que visava estabelecer um gerenciamento costeiro na paisagem do município de Tapes, Rio Grande do Sul. Possibilitou-se com o estudo uma compreensão estrutural,

funcional e organizacional do estado ambiental local. Concluiu-se, ainda, que o relevo predominantemente plano e o solo mal drenado propiciou o desenvolvimento de cultivos agrícolas de arroz na região de estudo (DA SILVA, 2018).

A metodologia foi utilizada por Dos Santos (2007) para subsidiar a avaliação da sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do rio Tenente Amaral, em Jaciara – no estado do Mato Grosso – através do estudo dos solos locais. O autor teorizou que quase 60% da área territorial da bacia apresentou valores considerados altos e muito altos de erodibilidade dos solos da região.

Garbari *et al.* (2015) promoveu uma Análise Ambiental Integrada da localidade de Sambaqui na Bacia Hidrográfica do Rio Sagrado na cidade de Morretes – Paraná – onde se observou através de perfis geológicos da bacia hidrográfica, prognósticos que propuseram melhorar o direcionamento do uso dos recursos naturais locais da maneira mais racional. Desta forma, concluiu-se também que se faz necessário um dinamismo harmonioso nas ações antrópicas como forma de não alterar o equilíbrio do ambiente natural. Por fim, estabeleceu-se que a o território do Sambaqui nas proximidades do Rio Sagrado, apesar de apresentar suscetibilidade aos processos deposicionais e as inundações, apresenta-se como propício para a ocupação humana.

4 METODOLOGIA

4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Iguaçu está contida de Leste a Oeste no estado do Paraná, com a nascente do seu principal e homônimo corpo hídrico no município de Curitiba e com sua foz na cidade de Foz do Iguaçu. Na porção oriental, o encontro dos rios Iraí e Atuba dá origem ao rio Iguaçu que corre o Estado do Paraná no sentido Oeste. Em determinados pontos da região centro-sul do Paraná, o rio apresenta-se como limite espontâneo com o estado de Santa Catarina. Na região ocidental da bacia hidrográfica ocorre sua deságuas no rio Paraná, onde se dividem Brasil e Argentina. Nas proximidades deste ponto também ocorre o encontro dos rios Paraná e Uruguai, originando o rio da Prata, que segue pelo território Argentino. O rio Iguaçu faz-se afluente de margem esquerda do rio Paraná e percorre 1.320 quilômetros de Leste a Oeste no estado.

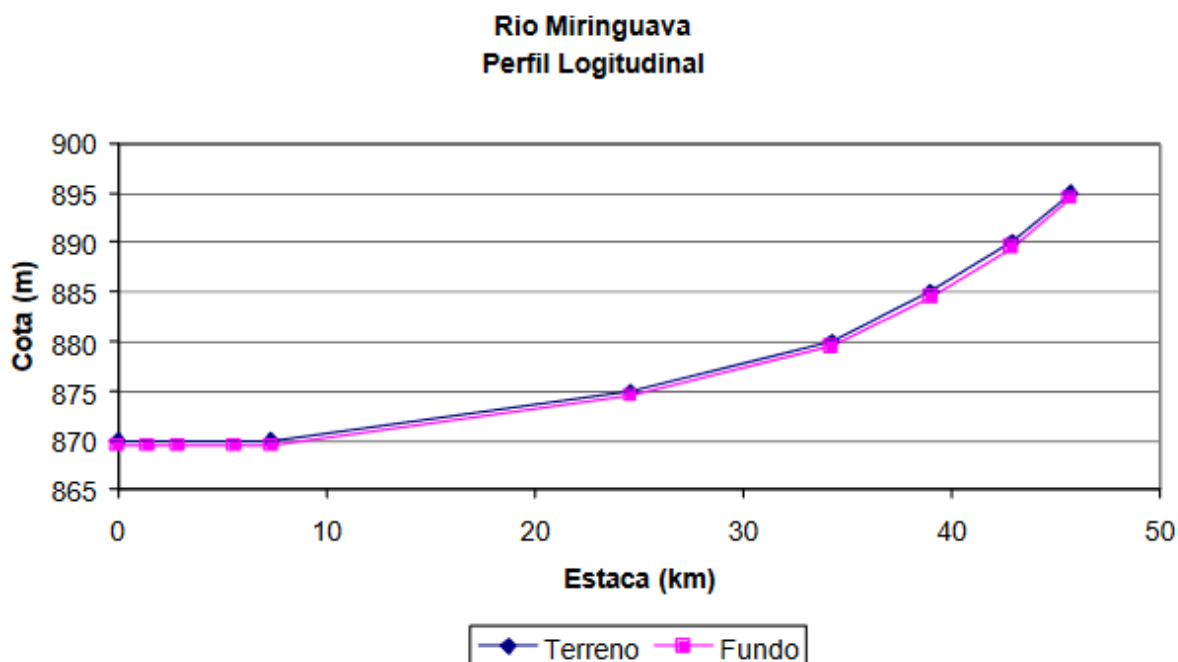
A Bacia Hidrográfica do rio Iguaçu possui 55.000 km² de área e devido à sua enorme extensão, é comumente reclassificada em porções relativamente menores, sendo elas três sub-bacias: Alto, Médio e Baixo Iguaçu. A porção da sua nascente classifica-se como Alto Iguaçu, a região central da bacia considera-se Médio Iguaçu e, por fim, na localização da sua foz estabelece-se a área considerada como Baixo Iguaçu. Na região do primeiro planalto paranaense – e também do estudo de caso – há a ocorrência da sub-bacia do Alto Iguaçu. Portanto, a Bacia Hidrográfica do rio Miringuava é considerada como pertencente à Bacia do Alto Iguaçu, contemplando a sua parte Centro-Sul Leste no mapa.

Considerando-se também a bacia do Alto Rio Iguaçu com extensão relativamente elevada, é possível fracioná-la novamente em sub-bacias menores. Baseando-se nos corpos hídricos complementares, nomeia-se cada sub-bacia hidrográfica contida na bacia hidrográfica do Alto Rio Iguaçu com o principal rio homônimo observado. Neste subgrupo classificado a partir da precedente divisão é notada a Bacia Hidrográfica do rio Miringuava.

O rio Miringuava está localizado integralmente no município de São José dos Pinhais, no estado do Paraná, tendo sua nascente estabelecida no extremo sudeste desse centro urbano, na região da Serra do Mar paranaense, próximo à colônia Gamelas (antiga colônia Inspetor Carvalho). A cabeceira está localizada na posição

de coordenada geográfica 25° 36' 30.4" S e 49° 06' 02.1" W. A sua foz é localizada no extremo sudoeste de São José dos Pinhais, nas proximidades do limite com o extremo sul da capital Curitiba, no bairro Umbará. Seguindo a mesma regra, sua desembocadura no rio Iguaçu é encontrada na coordenada geográfica 25° 35' 08.8" S e 49° 14' 32.6" W. A altitude do rio na sua nascente é de 870 metros acima da superfície oceânica, apesar de ser observada na região da serra do mar do estado. Na sua foz, é constatada uma altitude de 895 metros no encontro com o rio Iguaçu e a maior parte da sua corredeira encontra-se entre as altitudes 870 metros e 875 metros. O Perfil Longitudinal do rio Miringuava pode ser observado na Figura 01 (SUDERHSA, 2002).

FIGURA 01 – Perfil Longitudinal do rio Miringuava



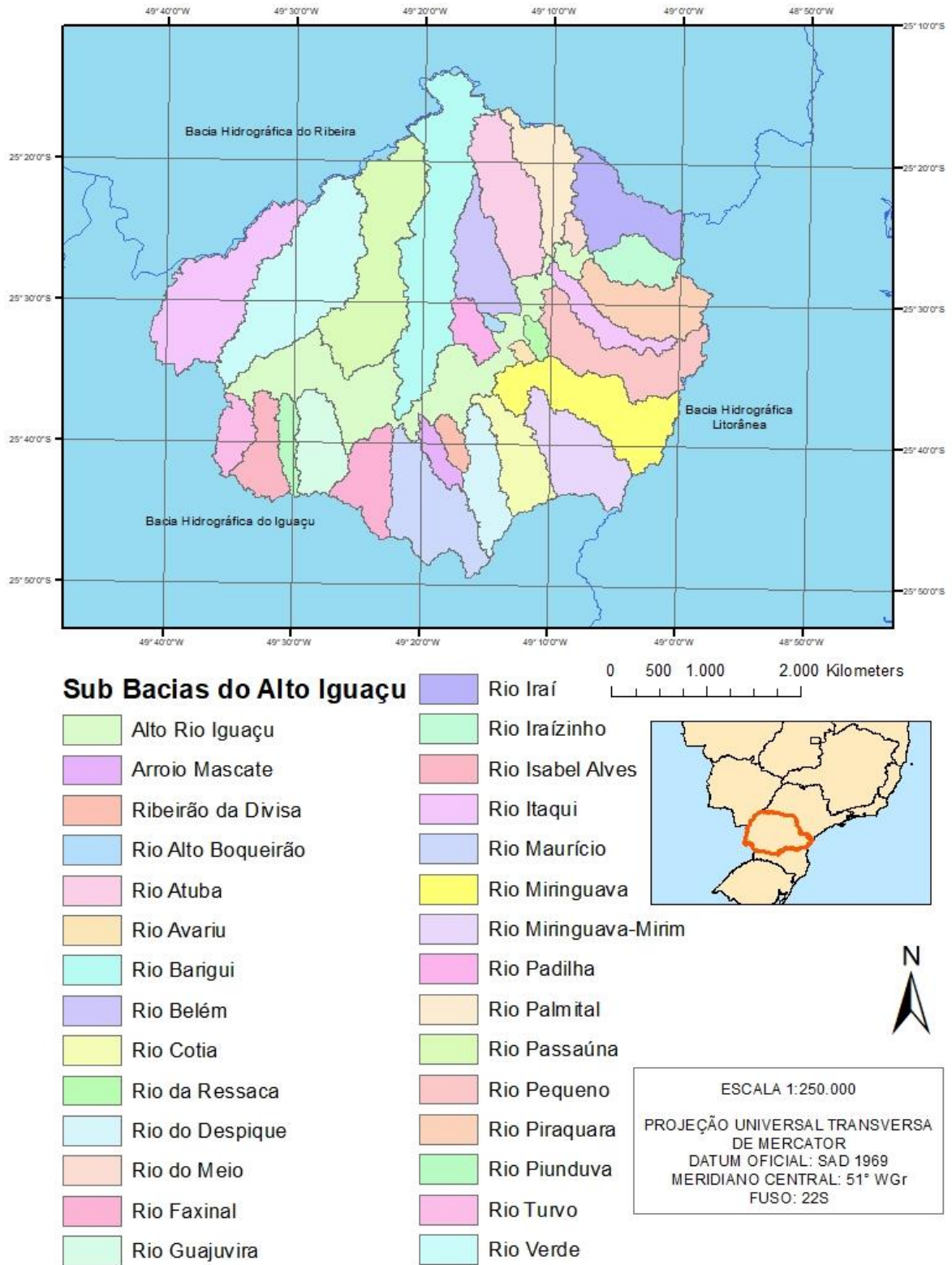
FONTE: Adaptado de SUDERHSA (2002).

A extensão da corredeira principal é de aproximadamente quarenta e cinco quilômetros, sendo percorrida em sua totalidade na cidade de São José dos Pinhais – Paraná. A área total de sua bacia hidrográfica é de aproximadamente 277 km² e está inserida na região denominada como Bacia Hidrográfica do Alto Iguaçu. A maior parte é de uso predominantemente rural, possuindo uma pequena faixa urbanizada após a ponte da rodovia BR-376. O encontro do corpo hídrico com a sua desagua no rio Iguaçu, ocorre ao extremo sul de Curitiba, na porção limítrofe entre a capital do

estado do Paraná e a cidade aeroportuária. Portanto, considera-se o rio Miringuava pertencente à bacia hidrográfica do rio Iguaçu, especificamente do Alto Iguaçu (SUDERHSA, 2002).

A maior bacia hidrográfica do Paraná recebe a deságua do rio Miringuava no seu lado esquerdo, no rio de nome homônimo a bacia e que percorre o estado do Paraná em sua totalidade, desenvolvendo-se no sentido Leste-Oeste. A bacia hidrográfica do rio Miringuava é limitada ao norte pela bacia do rio Pequeno e à leste encontra-se sua nascente, no relevo montanhoso da serra do mar. Ao Oeste corre o rio Iguaçu, onde é localizada sua desembocadura como afluente à margem esquerda, enquanto que ao sul é limitado pelas bacias hidrográficas do rio Miringuava-Mirim – onde se localiza o complexo fabril Audi-Volkswagen – e do rio Cotia, em menor escala. A localização geográfica da Bacia Hidrográfica do rio Miringuava pode ser observada na Figura 02, onde está destacada em amarelo dentro do grupo de Sub-bacias do Alto Iguaçu.

FIGURA 02 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO IGUAÇU

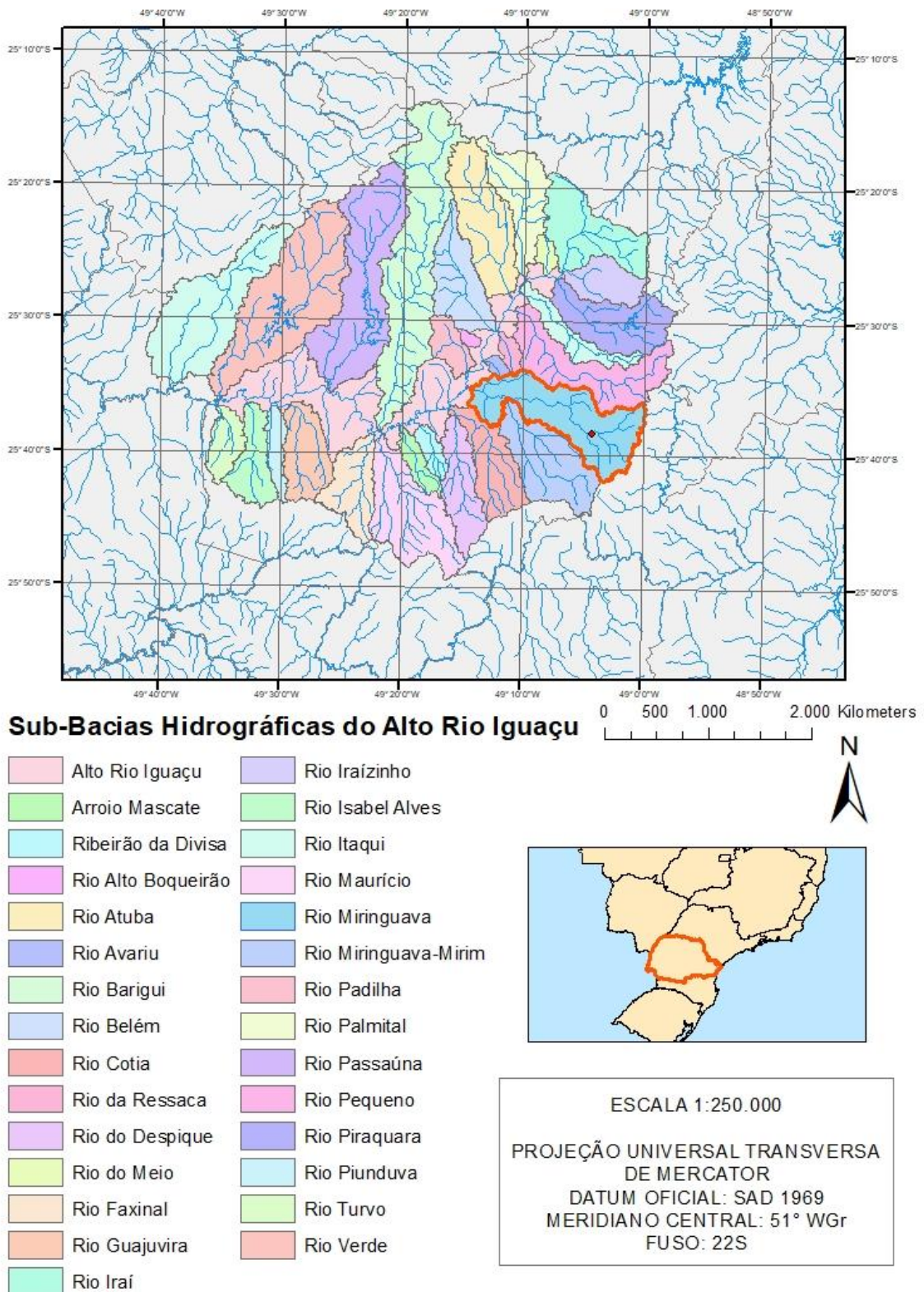


FONTE: SUDERHSA, 2002 e IAP, 2010.

Destaca-se ainda o rio Miringuava-Mirim, limitado com a parte inferior da Bacia Hidrográfica objeto de estudo. Sua foz ocorre na porção final do rio Miringuava, sendo o antepenúltimo afluente antes da desembocadura do rio Miringuava no rio Iguaçu.

Na Figura 03 indicam-se as segmentações das porções referentes às Sub-bacias Hidrográficas pertencentes ao Alto rio Iguaçu. Destaca-se das demais Sub-bacias a bacia do rio Miringuava com seu limite na coloração alaranjada. No corpo hídrico principal da sub-bacia homônima, o ponto vermelho indica a localidade de construção da Barragem Miringuava.

FIGURA 03 – LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO IGUAÇU COM LOCALIZAÇÃO DA BARRAGEM MIRINGUAVA



FONTE: SUDERHSA, 2002 e IAP, 2010.

4.1.1 Hidrografia

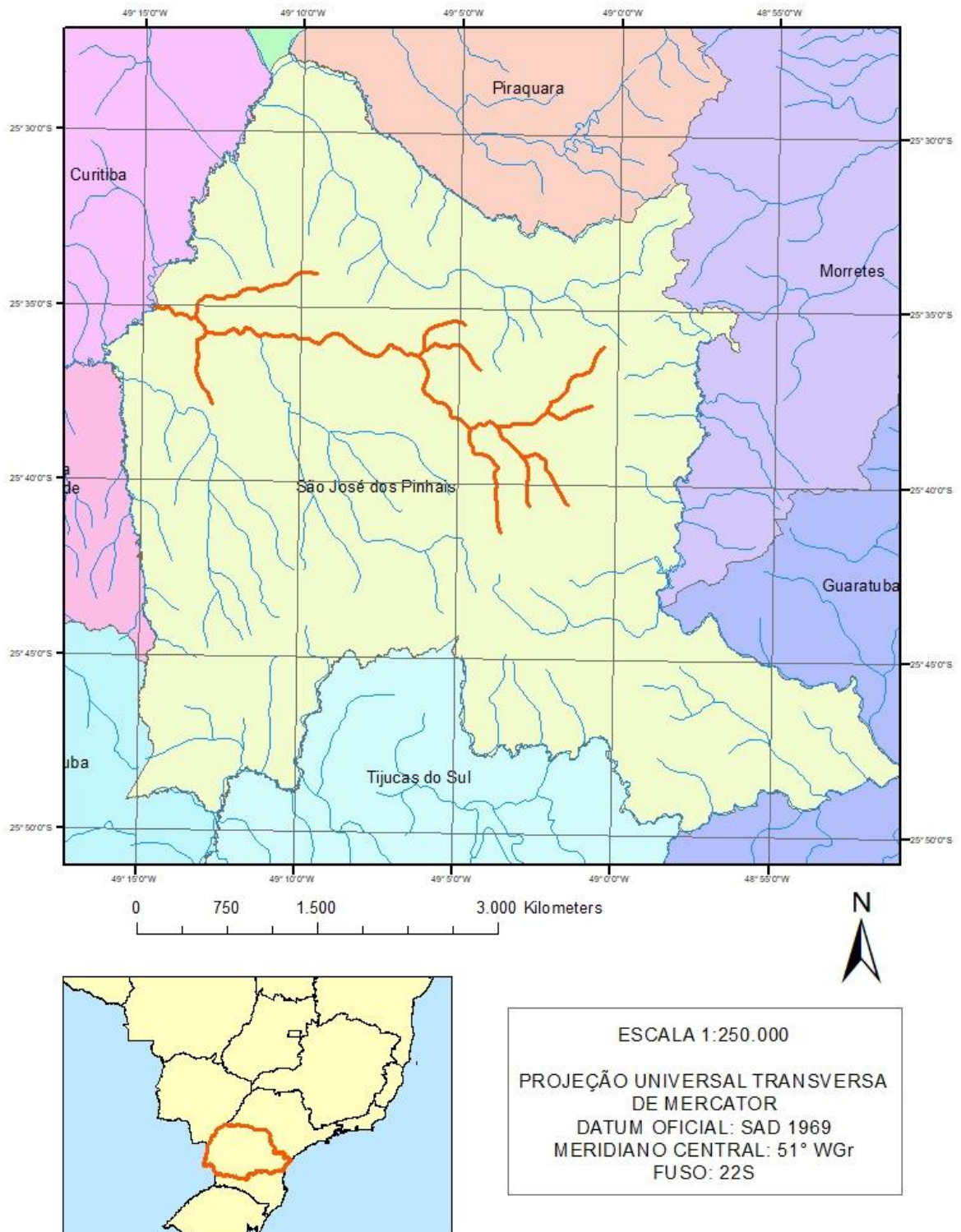
O município de São José dos Pinhais é pertencente à unidade aquífera do Guabirota, onde está localizado também parte da capital do estado. Observa-se também que outras unidades aquíferas coexistem na região, sendo a pré-cambriana e o Karst em menor escala, que atende cidades ao norte de Curitiba e parte dos bairros limítrofes com essa localização. O Aquífero pré-cambriano predomina na região serrana até o primeiro planalto do estado, bem como nos centros urbanos aos arredores do estudo de caso que não pertencem a unidade aquífera do Guabirota ou do Karst (SEMA, 2010).

O rio Miringuava flui da sua nascente até sua foz inteiramente na cidade aeroportuária anexa à metrópole do estado. Portanto, classifica-se este corpo hídrico como pertencente a unidade hidrográfica do Alto Iguaçu, a qual se estende até o município de São Matheus do Sul, onde se inicia a região hidrográfica classificada como Médio Iguaçu (SEMA, 2010).

Considerado o maior rio totalmente paranaense, o rio Iguaçu tem início no leste do município de Curitiba, nos encontros dos rios Atuba e Iraí, na divisa com a cidade de Pinhais. O rio Iguaçu percorre toda a extensão paranaense, desde o litoral até os limites da tríplice-fronteira, com os países Paraguai e Argentina, fluindo por cerca de 1.320 quilômetros e cruzando os três planaltos paranaenses. Considerando-se a unidade hidrográfica do Iguaçu, em todos os países latino-americanos que percorre, têm-se uma área superficial próxima de 70.800 km². Para efeitos de curiosidade, o nome “Iguaçu” tem origem nas tribos indígenas Kaingang e Guarani e na língua tupi-guarani significa “muita água” ou “água grande” (SEMA, 2010).

O rio Miringuava é o único legitimamente são-joseense, visto que corre em sua totalidade dentro do município e sua desembocadura ocorre no rio Iguaçu, próximo ao Patronato Santo Antônio – Instituição Filantrópica que atende jovens em situação de vulnerabilidade social – no bairro Zacarias. O rio Miringuava é pertencente a Unidade Aquífera Pré-Cambriana e como seus afluentes primordiais, observam-se os rios Arujá, Miringuava-Mirim, Moinho, Avencal e Guamirim (SEMPLEDE, 2018). A hidrografia do município de São José dos Pinhais pode ser observada na Figura 04, com destaque na coloração avermelhada para o corpo hídrico objeto de estudo.

FIGURA 04 – DESTAQUE DO LEITO PRINCIPAL DO RIO MIRINGUAVA CORRELACIONADO COM A HIDROGRAFIA DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS E DOS MUNICÍPIOS LÍMITROFES



Fonte: SUDERSHA, 2002 e IAP, 2010.

4.1.2 Relevô

O Relevô da região de localização do rio Miringuava faz parte do primeiro planalto paranaense, também conhecido como planalto de Curitiba. Nesta chapada se encontram predominantemente rochas sedimentares, folhetos, arenitos e calcário (SCAPIN, 2006).

Rocha (1996 *apud* CHUEH, 2004) complementa ainda que a região do corpo hídrico deste estudo de caso é abrangida pelo Complexo Granítico da Serra do Mar, onde está a nascente do rio Miringuava, e também pela Bacia Sedimentar de Curitiba, local no qual corre sentido bacia hidrográfica do Iguaçu, que é constituída por rochas metamórficas e plutônicas originárias do período pré-cambriano com traços do período quaternário e de rochas mesozoicas. Ainda são apontados cinco grupos geológicos específicos dentro da Bacia Sedimentar de Curitiba: Aluviões atuais, Terraços aluvionares, formação Guabirota, Complexo Gnáissico-Migmatíticos e complexo Granítico-Gnáissico.

São José dos Pinhais está localizada no Primeiro Planalto Paranaense, especificamente nas coordenadas geográficas UTC 25° 32' 05" S e 49° 12' 23" W, e possui 948,52 km² de extensão territorial. A altitude média do município é de 906 metros acima da superfície marítima, contudo são constatadas divergentes altitudes na cidade que podem variar entre 200 metros a 1.250 metros acima do nível do mar, dependendo da localização. As Serras do Mar, do Castelhana e do Fula são as formações geológicas dominantes no município, na divisa com Guaratuba, Morretes e Piraquara são encontradas as Serras do Mar e do Castelhana enquanto que na divisa com Mandirituba é identificada a Serra do Fula. No bairro de Campo Largo da Roseira, região centro-oeste do município, é observada uma formação menos acidentada de relevô, enquanto que nos bairros situados ao sul são verificados terrenos mais irregulares, mais convenientes para cultivos agrícolas, de subsistência ou industrial (SEMPLADE, 2018).

4.1.2.1 Solos

A Bacia Hidrográfica do rio Miringuava está contida majoritariamente na grande unidade geológica do Complexo Gnáissico-Migmatítico, com solos residuais e transportados sobre este complexo homônimo. A predominância deste tipo de solo é

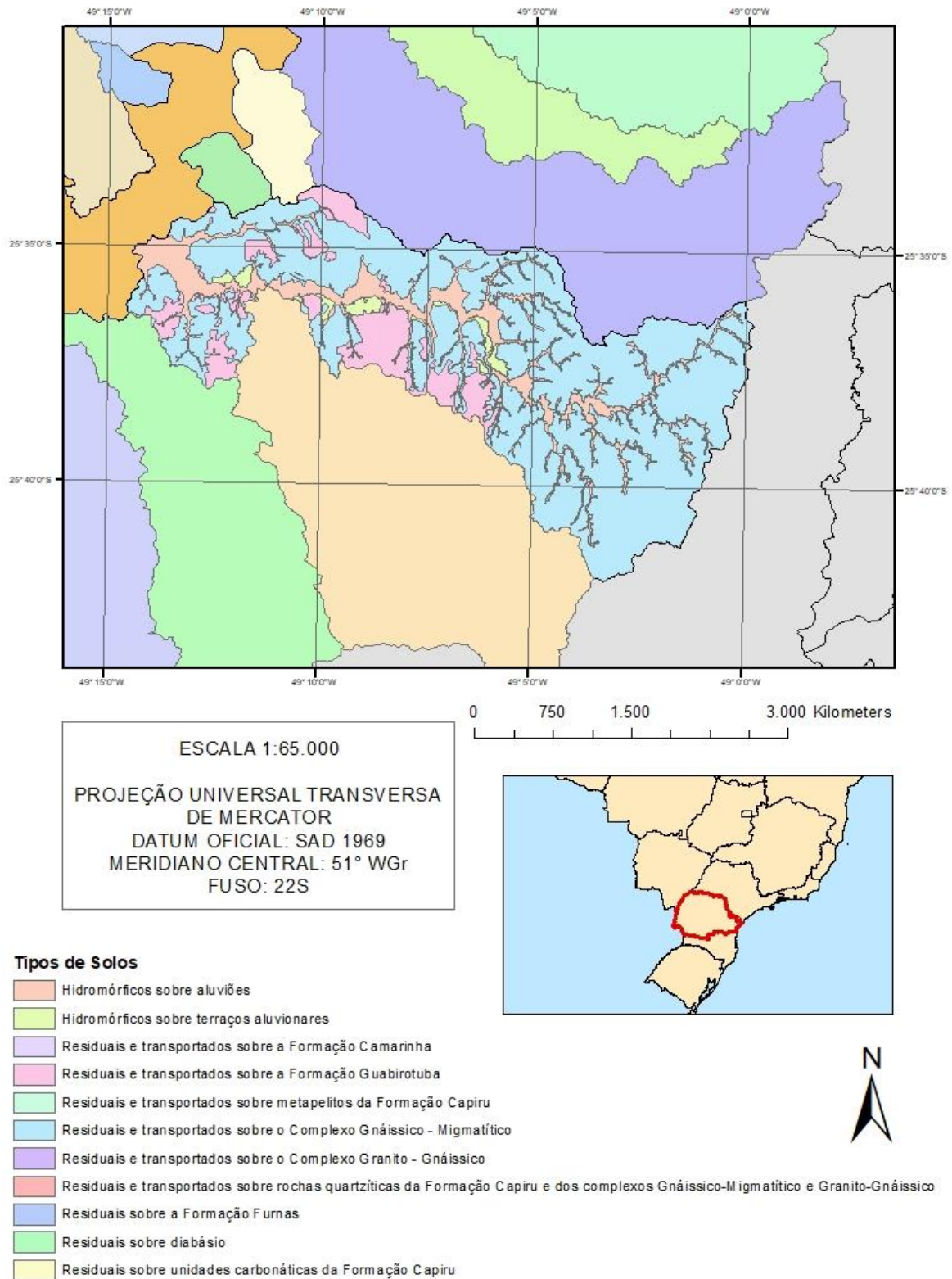
observada nas regiões mais periféricas da bacia hidrográfica, como também na nascente do rio Miringuava, próximo do limite de São José dos Pinhais com o município de Morretes. Nas marginais do corpo hídrico, objeto de estudo, observam-se solos hidromórficos sobre aluviões, em menor área que a pertencente ao Complexo Gnáissico-Migmatítico, entretanto, em maior área do que as demais unidades geológicas observadas na bacia hidrográfica. Os solos hidromórficos sobre aluviões apresentam elevada umidade justificada pela proximidade com a corredeira principal do rio Miringuava (MINEROPAR, 2020).

Na região da desembocadura do principal afluente, Miringuava-mirim, bem como na localidade limítrofe das bacias hidrográficas, identifica-se a unidade geológica da Formação Guabirota. O rio Miringuava-mirim pertence primordialmente ao Complexo Gnáissico-Migmatítico, contudo, classifica-se como pertencente também à Formação Guabirota, onde a maior área pertencente à esta unidade geológica referenciada está localizada na sua foz. Neste encontro dos corpos hídricos são observados solos residuais transportados sobre a formação Guabirota (MINEROPAR, 2020).

Finalmente, observa-se em menor escala solos hidromórficos sobre Terraços Aluvionares, também na região periférica da corredeira principal do corpo hídrico objeto de estudo. Os Terraços Aluvionares são encontrados nas proximidades dos solos hidromórficos sobre aluviões encontrados na marginal do rio Miringuava, bem como na região limítrofe com o Complexo Gnáissico-Migmatítico e a Formação Guabirota (MINEROPAR, 2020).

Na Figura 05 caracterizam-se os tipos de solos observados na porção referente a Bacia Hidrográfica do rio Miringuava.

FIGURA 05 – TIPOS DE SOLOS CARACTERIZADOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA



FONTE: SUDERHSA, 2002 e MINEROPAR, 2020.

4.1.3 Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo

O Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo de São José dos Pinhais é regulamentado na Lei Complementar Municipal nº 124/2018, que estabelece a divisão territorial em zonas e eixos buscando ordenar o crescimento das áreas urbanas.

São estabelecidos, então, os critérios e parâmetros que dão seguimento as divisões territoriais conforme a necessidade de uso e o crescimento de cada região específica de São José dos Pinhais. A Lei Complementar classifica inicialmente os eixos de comércio e serviço, as zonas centrais, residenciais, de ocupação consolidada, industriais e de serviços. Posteriormente, por se tratar de um centro urbano que abriga o maior aeroporto do Estado são criadas as zonas especiais aeroportuária e de serviços intermodais, além das zonas especiais estrutural, de interesse social, de ocupação restrita e do centro histórico. Sequencialmente, observam-se as zonas designadas a expansão urbana, a zona rural e da colônia Murici. Por fim, na localização da Academia Policial Militar do Guatupê – onde ocorre treinamento especializado das forças de policiamento ostensivo do Estado do Paraná – foi criada a zona especial Academia Guatupê (SÃO JOSÉ DOS PINHAIS, 2018).

O Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo de São José dos Pinhais aponta que o leito do rio Miringuava pode ser considerado como contido primordialmente em duas zonas pré-classificadas na Lei Complementar nº 124/2018. Primeiramente, a Zona Especial de Ocupação Restrita 1, que contém o principal corpo hídrico da bacia homônima, desde a sua foz no rio Iguaçu, na região limítrofe com o município de Curitiba, até o bairro São Marcos. Posteriormente a zona mencionada, a bacia hidrográfica do rio Miringuava passa a estar contida na região considerada como Zona Rural do município de São José dos Pinhais (COMEC, 2020).

4.1.4 Clima

Segundo o sistema internacional de classificação climática de Köppen (ALVARES *et al.*, 2013), a cidade de São José dos Pinhais está localizada em uma região que possui clima subtropical úmido – Cfb – com verão ameno, sem estação seca definida e chuvas uniformemente distribuídas. A temperatura média no mês mais frio do ano está situada abaixo de 18 °C, enquanto que no mês mais quente as

temperaturas médias se mantêm inferiores à 22 °C, o que caracteriza o clima como mesotérmico (SEMPLADE, 2018).

SCAPIN (2006) complementa, ainda, que a microrregião climática onde está inserida a bacia do rio Miringuava, em São José dos Pinhais, possui elevada ocorrência de severas geadas, temperatura média anual de 17 °C e chuvas anuais de 1.500 milímetros, em média.

4.1.5 Vegetação

A cobertura vegetal do município aeroportuário componente da região metropolitana de Curitiba está classificada como Floresta Ombrófila Mista – também conhecida como Floresta com Araucárias – e que, ainda, inclui outra microrregião vegetal em seu interior e que atinge minimamente a cidade de São José dos Pinhais, o Estepe ou vegetação de Campo. A Unidade Fitoecológica paranaense, cujo corpo hídrico deste estudo de caso flui, é considerada uma miscigenação de espécies representantes das florestas Tropicais e Temperadas em que há predominância de estirpes arbóreas coníferas, principalmente de Araucárias – *Araucaria angustifolia* – e que agrega valor à cobertura vegetal dessa localização devido ao seu alto valor econômico e paisagístico (RODERJAN, 2002 *apud* LEITE, 1994).

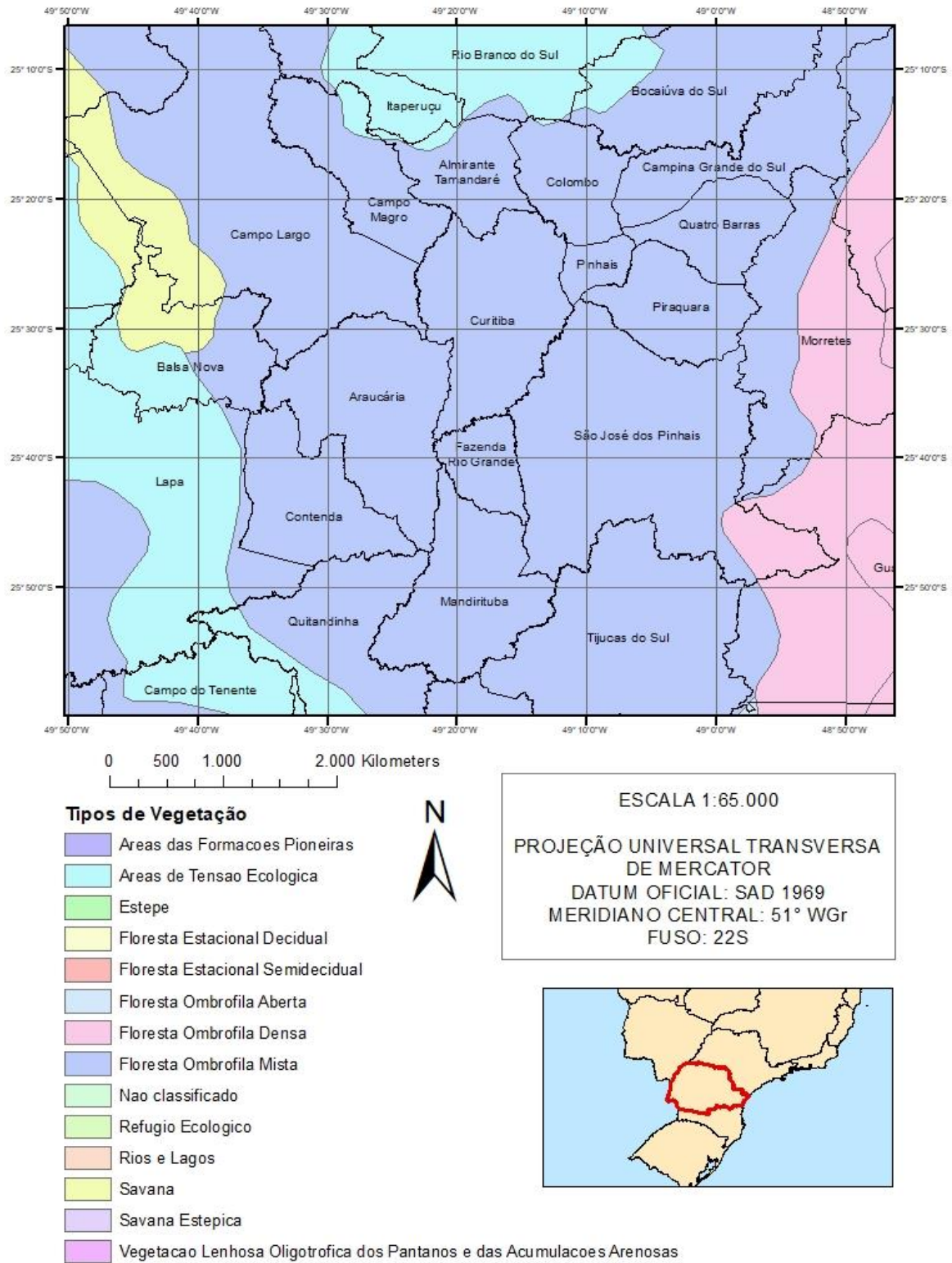
As formações florestais da vegetação Ombrófila Mista ocorrem exclusivamente nos planaltos da região sul brasileira e em países como Argentina e Paraguai, podendo se estender brevemente ao sudeste brasileiro. A altitude predominante é entre 800 e 1.200 metros acima do nível do mar e há também uma hegemonia de solos dos gêneros Latossolos, Argissolos, Cambissolos e Neossolos Litólicos. Antevê-se que o número aproximado de castas arbóreas nesta unidade seja superior a duzentas, com endemismo aproximado de 40% e presença de epifitismo, porém em menor quantidade do que observada na Floresta Ombrófila Densa (RODERJAN, 2002 *apud* REIS, 1995).

O município de São José dos Pinhais está contido majoritariamente na Vegetação Paranaense caracterizada como Floresta Ombrófila Mista, com uma pequena caracterização de cobertura vegetal de Floresta Ombrófila Densa na região dos limítrofe do município com a Serra do Mar Paranaense e com a cidade de Guaratuba. A Bacia Hidrográfica do rio Miringuava pertence inteiramente à cobertura vegetal de Floresta Ombrófila Mista, uma vez que a parcela do município de São José

dos Pinhais correspondente a Floresta Ombrófila Densa não abrange a área considerada para a bacia hidrográfica objeto de estudo.

Na Figura 06 estabelecem-se as divisas municipais do estado do Paraná para a Região Metropolitana de Curitiba e classifica a vegetação de cada centro urbano através de padrões classificados nacionalmente pelo IPARDES e pelo IBGE. Podem-se observar nos limites de São José dos Pinhais com Guaratuba a parcela referente a cobertura vegetal minoritária de Floresta Ombrófila Densa e a porção restante da cidade pertencente majoritariamente ao bioma da Floresta Ombrófila Mista.

FIGURA 06 – COBERTURA VEGETAL DOS MUNICÍPIOS PERTENCENTES À REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA



FONTE: SUDERHSA, 2002 e IAP, 2010.

4.1.6 Áreas Estratégicas

O município de São José dos Pinhais está contido concomitantemente em três importantes regiões denominadas pelo Instituto Água e Terra do Paraná como Áreas Estratégicas: Área de Remanescente Florestal de Mata Atlântica, Área de Proteção Ambiental de Restauração, Área de Proteção Ambiental de Conservação.

A Área de Remanescente Florestal de Mata Atlântica localiza-se na porção leste do município, concentrando-se em maior escala na porção sudeste. A Mata Atlântica remanescente se estende, ainda, para boa porção das cidades de Morretes, Paranaguá e Guaratuba. As cidades litorâneas apresentam, também, áreas de preservação de Restinga, pelo fato de possuírem orla oceânica no limite do estado do Paraná com o Oceano Atlântico (IAP, 2010).

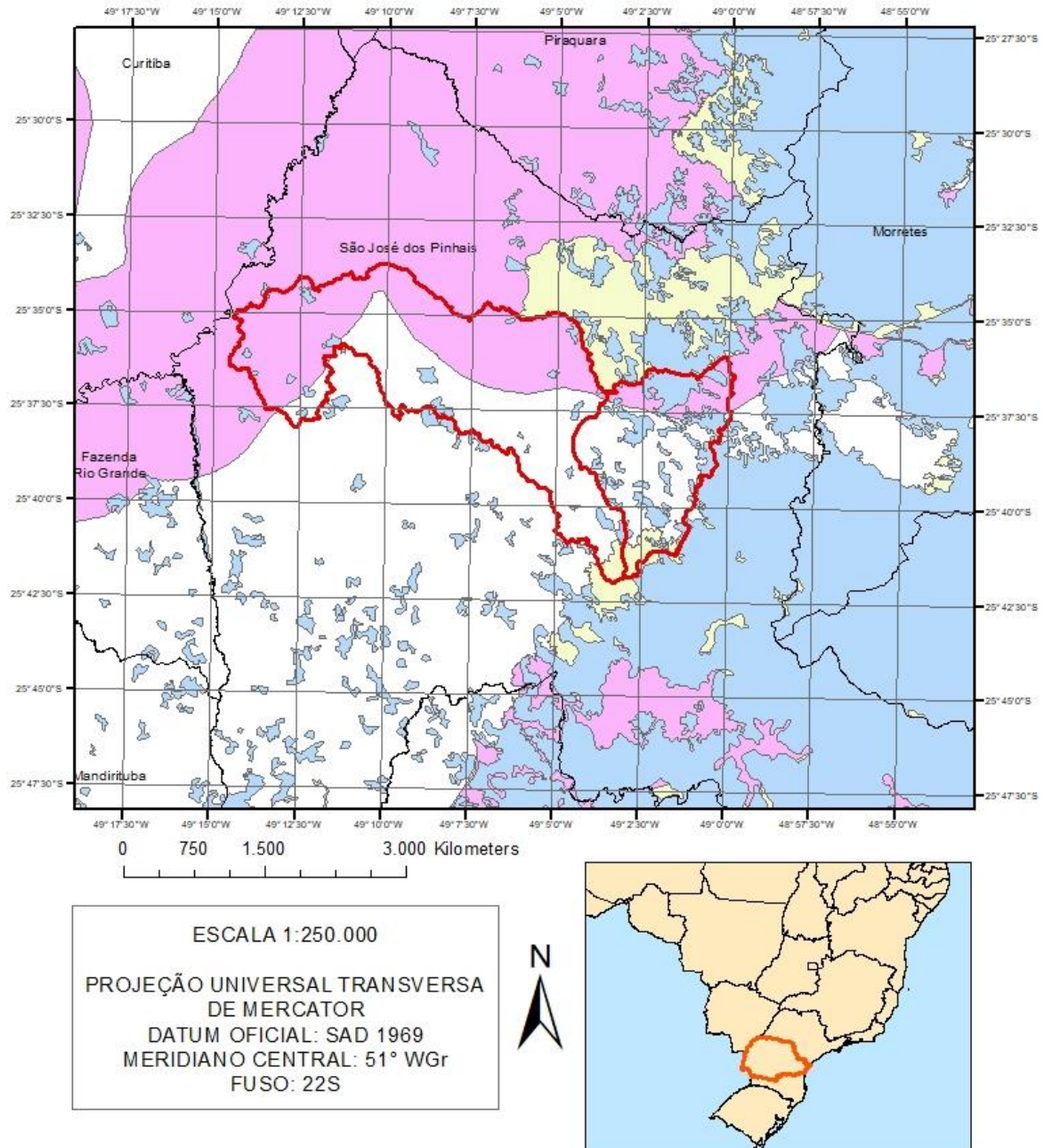
A Área de Proteção Ambiental de Restauração encontra-se primordialmente na região noroeste da cidade de São José dos Pinhais, na localidade limítrofe com Curitiba, seguindo as corredeiras principais das Bacias Hidrográficas do rio Iguaçu e da margem direita do rio Miringuava. A mata ciliar que acompanha as corredeiras principais dos corpos hídricos referenciados é mantida através do decreto estadual que regulamenta a manutenção destas.

A Área de Proteção Ambiental de Conservação observa-se em menor escala que as áreas estratégicas anteriormente referenciadas nas porções Centro-Sul e Nordeste do centro urbano aeroportuário. São Unidades de Conservação e Reservas Particulares de Patrimônios Naturais estabelecidos pelo Estado nas quais a degradação ambiental é desautorizada e passível de penalidade (IAP, 2010).

Na Bacia Hidrográfica do rio Miringuava a maior parcela das Áreas Estratégicas é a da Área de Proteção Ambiental de Restauração, onde ocorre do leste ao oeste na porção norte da bacia. Pequenos fragmentos de Remanescentes Florestais de Mata Atlântica são observados em toda a bacia, contudo, em maior quantidade na proximidade da nascente da corredeira principal.

Nas Figuras 07 e 08 destacam-se cada um destes setores pré-designados pelo Instituto Água e Terra do estado do Paraná na cidade de São José dos Pinhais e arredores, com destaque para a bacia objeto de estudo na coloração avermelhada.

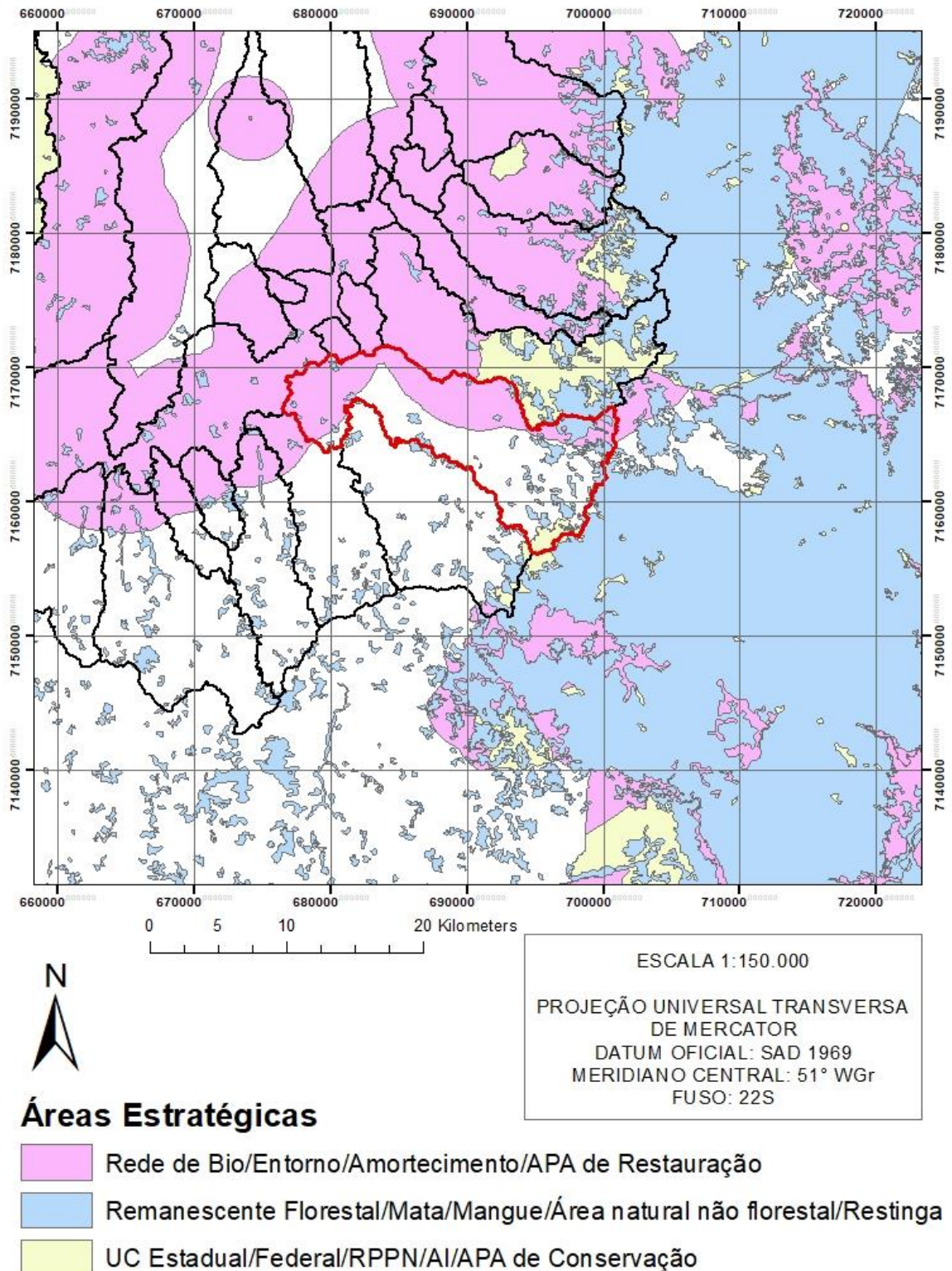
FIGURA 07 – ÁREAS ESTRATÉGICAS DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS E MUNICÍPIOS LÍMITROFES COM DESTAQUE PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA



Áreas Estratégicas

- Rede de Bio/Entorno/Amortecimento/APA de Restauração
- Remanescente Florestal/Mata/Mangue/Área natural não florestal/Restinga
- UC Estadual/Federal/RPPN/AI/APA de Conservação

FIGURA 08 – ÁREAS ESTRATÉGICAS SOBREPOSTAS ÀS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS CONTIDAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO IGUAÇU COM DESTAQUE PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA



FONTE: SUDERHSA, 2002.

4.1.7 Unidades de Conservação

Estima-se que no território brasileiro são designadas aproximadamente 2.300 Unidades de Conservação. Trata-se de uma área de 1,6 milhões de quilômetros quadrados que contém todas as Unidades de Conservação, cerca de 18% da área do maior país sul-americano, que se estima em 8,5 milhões de quilômetros quadrados.

A Bacia Hidrográfica do rio Miringuava, conforme já explicitado, está contida integralmente no município de São José dos Pinhais. Nesta cidade da região metropolitana da capital, constata-se a existência de diferentes Unidades de Conservação locais, em diferentes níveis classificatórios. O Parque Nacional Guaricana, a Área de Proteção Ambiental do Piraquara, o Parque Estadual do Pico do Marumbi, a Área de Proteção Ambiental do Pequeno, o Parque Estadual do Pau-Oco e a Área de Proteção Ambiental de Guaratuba são alguns exemplos de Unidades de Conservação que apresentam relativa proximidade ao município São-Joseense.

Nos arredores da Bacia Hidrográfica do rio Miringuava observa-se a vicinidade a três Unidades de Conservação específicas, são elas: Parque Nacional Guaricana, Área de Proteção Ambiental do Pequeno e Área de Proteção Ambiental de Guaratuba. Na área designada para conservação ambiental da cidade litorânea, constata-se um pertencimento da bacia hidrográfica objeto de estudo. No parque relacionado, há apenas a ocorrência de proximidade a bacia. E, por fim, na Área de Proteção Ambiental do Pequeno, bacia hidrográfica vizinha do rio Miringuava, verifica-se ao norte uma porção limítrofe da bacia hidrográfica objeto de estudo com a mesma.

Para tanto, considerou-se para o estudo de caso a proximidade ou o pertencimento às unidades de conservação correlacionadas a Bacia Hidrográfica do rio Miringuava.

4.1.8 Referencial Municipal

São José dos Pinhais pertence à região metropolitana da capital do Paraná – Curitiba – e contém o Aeroporto Internacional Afonso Pena, principal aeródromo do estado e tido como o terminal aéreo da metrópole curitibana. O município é o terceiro maior polo automotivo do país e está distante quinze quilômetros de Curitiba. Também possui a segunda maior população desta mesorregião com cerca de 317 mil habitantes, atrás apenas da capital que possui aproximadamente 1 milhão e 917 mil

munícipes. Limita-se pelas cidades de Curitiba ao noroeste, Pinhais ao norte e Piraquara ao nordeste. Ao Sul, faz fronteira com Tijucas do Sul, enquanto que ao sudoeste encontram-se os municípios de Fazenda Rio Grande e Mandirituba, à sudeste está a cidade de Guaratuba. Por fim, ao leste posiciona-se o histórico município de Morretes (SEMPLADE, 2018).

O rio Miringuava estabelece suas nascente e foz, bem como o curso de sua corredeira, inteiramente no município de São José dos Pinhais. A cidade possui 41 bairros distribuídos em 194,95 km² de zona urbana e uma área rural de aproximadamente 753,57 km², totalizando um território de cerca de 948,52 km². O corpo hídrico objeto de estudo está precisamente localizado na região Centro-norte do burgo, correndo em sua maior parte na zona rural munícipe. Na zona urbana é estabelecido na região centro-sul, limitando os bairros de São Marcos e Del Rey, Miringuava e Arujá, Campina do Taquaral e Arujá e, por fim, percorre o bairro de Cachoeira até sua foz (SEMPLADE, 2018).

Conforme dados do IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social – o Produto Interno Bruto (P.I.B.) são-joseense atingiu a marca de R\$ 20.142.954.000,00 no ano de 2016, uma queda de 11,68% em relação ao ano anterior. O P.I.B. *per capita* apresentou redução de 13,1% no mesmo período, contudo desde 2014 que o município vem apresentando uma economia deficitária, onde observou-se uma queda de 11,65% no P.I.B. *per capita* e 9,8% no P.I.B. Municipal em relação ao ano de 2013 (IPARDES, 2018).

4.1.9 Barragem Miringuava

O Sistema de Abastecimento Público Integrado de Curitiba e Região Metropolitana é administrado pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR – que é a responsável pela manutenção dos reservatórios de água que servem para abastecimento público. O sistema é composto por quatro principais mananciais que dão nome aos seus respectivos reservatórios: Iguaçu, Iraí, Passaúna e Miringuava. Nos corpos hídricos do Iguaçu, do Iraí, e do Passaúna já foi realizado o barramento de água para formação de reservatório com as construções de barragens nos locais, proporcionando a captação de, respectivamente, 3.300 L/s, 2.600 L/s e 1.800 L/s de água em cada um dos reservatórios (SANEPAR, 2013).

Contudo, dos quatro mananciais utilizados primordialmente pela empresa de saneamento, apenas no rio Miringuava ainda se estabelece a captação superficial de água. A capacidade atual de produção da bacia é da ordem de 900 L/s, podendo reduzir a 300 L/s em períodos de estiagem. Com a construção da Barragem Miringuava estima-se a captação de água de aproximadamente 2.000 L/s no corpo hídrico, respondendo assim por cerca de 5% do Sistema de Abastecimento Público de Curitiba e Região Metropolitana. Contudo, a demanda projetada é maior do que a capacidade atual de produção do rio Miringuava ocasionando em um déficit que é suprido pelo sistema Passaúna, incrementando 2.319 L/s na demanda máxima diária deste corpo hídrico. Para tanto, este déficit total somente será solucionado definitivamente com o estabelecimento da Barragem Miringuava no manancial homônimo (DALLALIBERA, 2013).

A construção da Barragem Miringuava foi prevista para regularização da vazão e ampliação das unidades de captação de água potável na bacia hidrográfica, bem como para a integração deste corpo hídrico e seu respectivo reservatório ao Sistema de Abastecimento Público e Integrado de Curitiba e Região Metropolitana (SANEPAR, 2013).

O local escolhido para a construção da barragem e reservatório não foi aquele cujo projeto de execução previa e, devido a pressão popular, foi deslocada 2,4 quilômetros a montante do ponto inicial projetado para a barragem ao longo do rio Miringuava, cujas coordenadas geográficas para a Barragem são: 7.162.690 N e 693.530 S. O comprimento de crista da barragem prevê aproximadamente 310 metros e altura máxima de 26 metros entre vale e crista. Projetou-se também uma área

alagada para o reservatório de 4,34 km² e volume maciço da barragem de 320.000 m³. O ônus para os cofres públicos do projeto é de aproximadamente 88 milhões de reais (SANEPAR, 2013).

O empreendimento em construção pela SANEPAR visa solucionar o desabastecimento público e promover a universalização do acesso à água potável. A Sanepar realizou o Estudo de Impacto Ambiental – EIA juntamente com seu Relatório de Impactos Ambientais – RIMA conforme exigência da legislação ambiental. Com o desvio do curso do rio, iniciou-se a construção de uma estrutura de barragem composta por uma Tomada d'Água, um Vertedor do tipo Tulipa, uma Galeria de Desvio, uma Bacia de Dissipação e um Canal de Saída. Nas figuras 09, 10 e 11 estão apresentadas a evolução da construção do empreendimento – fotografadas pelo autor – em novembro de 2020.

FIGURA 09 – VISÃO GERAL DO EMPREENDIMENTO



FONTE: O Autor (2020).

FIGURA 10 – VISÃO GERAL DO EMPREENDIMENTO



FONTE: O Autor (2020).

FIGURA 11 – VISÃO GERAL DO EMPREENDIMENTO



FONTE: O Autor (2020).

4.1.10 Intervenções Antrópicas

Pretende-se analisar no estudo de caso as ações antrópicas no meio ambiente, especificamente nos corpos hídricos. Alterações como a erosão, a alteração da vazão, bem como a influência da barragem na fauna e flora locais e outros aspectos que irão surgir no decorrer do estudo. Os aspectos e impactos serão relacionados conforme método multicriterial de tomada de decisão e classificados de acordo com o grau de degradação ocasionado no meio ambiente.

A referenciada obra de armazenamento de água encontrava-se estagnada desde setembro de 2019 conforme informações disponíveis em portais virtuais populares no estado do Paraná. Os motivos da interrupção da obra não foram divulgados pela companhia, contudo devido a série histórica de estiagem observada anualmente no estado do Paraná e, em paralelo, o crescimento da demanda hídrica populacional neste período, e também com o contexto pandêmico de COVID-19 e a

necessidade de um cuidado elevado com a higiene pessoal, foi solicitada pelo governo do Estado a continuidade dos trabalhos e a prioridade de conclusão desta obra.

4.2 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

A coleta, gerenciamento e análise de dados também é possível com o auxílio de ferramentas que integrem localização espacial, programação computacional de mapeamento e interpretação de dados geográficos. O Sistema de Informações Geográficas surge então como uma alternativa de interpretação mais profunda dos conceitos necessários para a elaboração de uma Análise Ambiental Integrada de uma Bacia Hidrográfica.

O Sistema de Informações Geográficas foi uma ferramenta auxiliar no mapeamento geográfico da área de estudo, que com a utilização do software ESRI ArcGIS 10, condensou toda a informação espacial em dados analíticos e os programou de forma que foi possível estabelecer uma análise do espaço em questão e dos fenômenos, de natureza antrópica ou não, que ocorrem nos limites locais. O programa confecciona mapas a partir de *shapes* que são inseridos conforme a necessidade do usuário e estão disponíveis de maneira pública em páginas de internet de órgãos governamentais relacionados à pesquisa e estatística, bem como em páginas de internet de instituições privadas que compartilham informações geográficas, mapas e metadados correlacionados a informações geográficas.

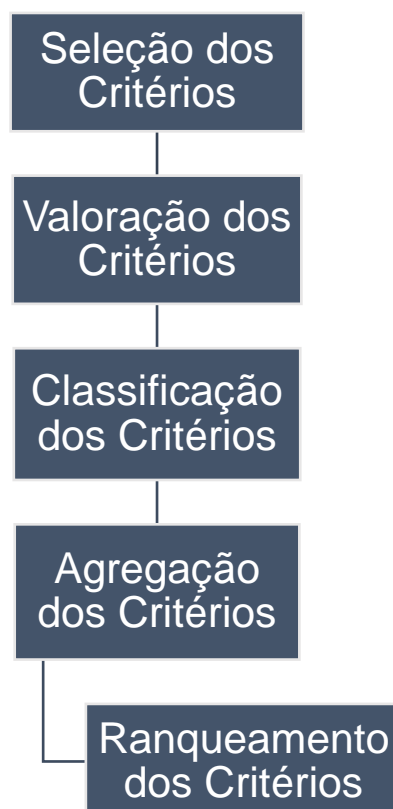
4.3 AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DE TOMADA DE DECISÃO

A aplicação da metodologia de avaliação multicritério de tomada de decisão e os tópicos relacionados com as análises optadas serão detalhados para a explanação do procedimento de uso a seguir.

4.3.1 Organograma da avaliação multicritério de tomada de decisão no Estudo de Caso

O Organograma da aplicação da Metodologia de avaliação multicritério como auxílio na tomada de decisão no estudo de caso avaliado envolveu a seleção dos critérios, seguido pela valoração, classificação, agregação e, por fim, o ranqueamento destes critérios, conforme demonstra-se na figura 12.

FIGURA 12 – ORGANOGrama DA METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DE TOMADA DE DECISÃO APLICADA AO ESTUDO DE CASO



FONTE: O Autor, 2020.

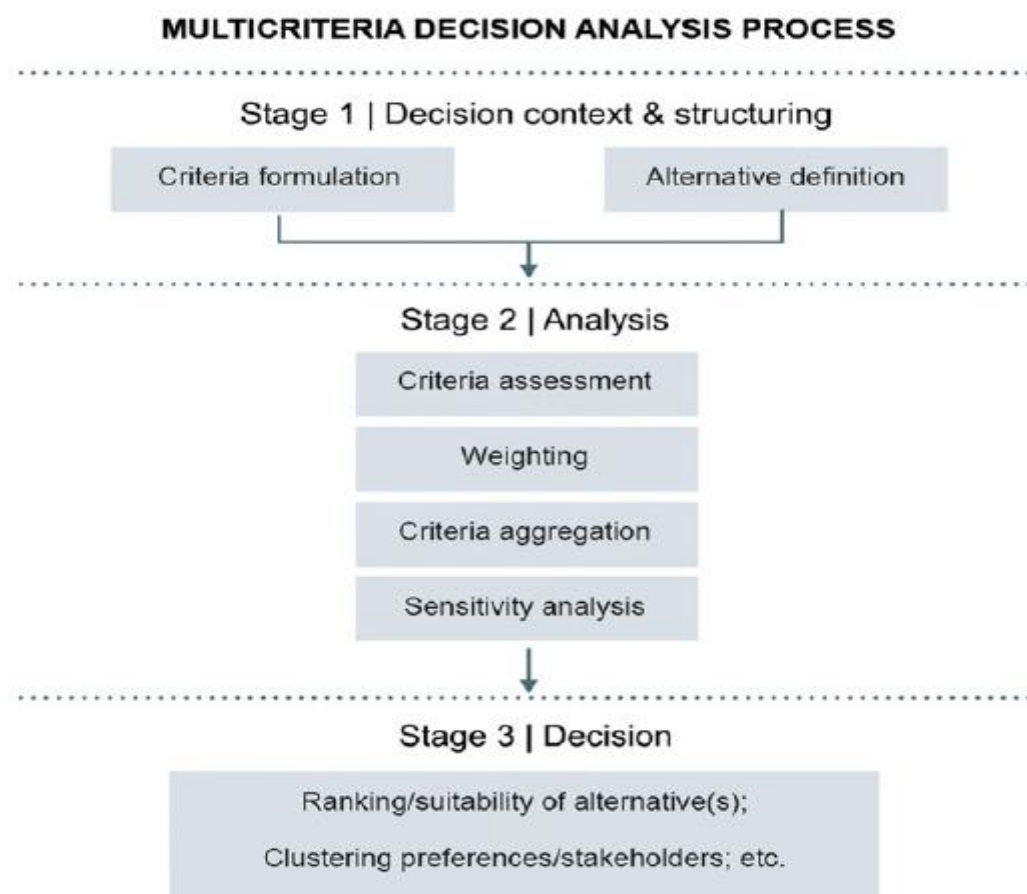
4.3.2 Determinação dos Critérios

Para a determinação dos parâmetros utilizados e as respectivas atribuições de importância, foi utilizada metodologia aplicada por Esmail *et al.* (2018), aliada a participação de especialistas com afinidades alinhadas ao objetivo deste estudo. Engenheiros Agrônomo, Ambiental, Florestal e Cartógrafo, bem como Geógrafos e

Biólogos serão tecnicamente consultados para a esta Análise Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do rio Miringuava.

Conforme a ocorrência da consulta técnica previamente realizada, foram-se elencados todos os critérios que serviram para avaliação dos aspectos e impactos ambientais ocasionados pela criação de uma barragem de abastecimento no rio Miringuava e posteriormente classificados segundo respectivo potencial degradador. O fluxograma apresentado na figura 13 demonstra o funcionamento do procedimento aperfeiçoado por Esmail e Geneletti (2018) e que serviu como base neste estudo de caso, de modo adaptado e traduzido anteriormente da figura 12.

FIGURA 13 – PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DE TOMADA DE DECISÃO (MULTICRITERIA DECISION ANALYSIS PROCESS)



FONTE: Adaptado de ESMAIL *et al.* (2018).

Considerando-se de conhecimentos e sugestões técnico-científicas de especialistas, bem como do interesse dos atores envolvidos direta e indiretamente com a instalação do empreendimento, estabeleceu-se a definição dos critérios, seus

respectivos pesos e parâmetros. Constituíram-se três critérios com o objetivo de identificar áreas de fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava utilizando do método multicriterial de análise com auxílio de SIG's, de modo que a instalação de uma barragem e seu respectivo reservatório de água permitam uma elevada qualidade de vida local e a manutenção da qualidade da água para abastecimento público. Os critérios estão contidos na Tabela 01.

TABELA 01 – CRITÉRIOS SELECIONADOS PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL INTEGRADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUVA

Crítérios
Uso e Ocupação do Solo
Qualidade da Água
Unidades de Conservação

Fonte: o Autor (2021).

4.3.2.1 Faixa de Sensibilidade dos Critérios e Parâmetros

A definição de uma faixa de sensibilidade para o estabelecimento de uma avaliação multicriterial pode ser expressa através de uma escala numérica com valores entre 0 e 1, variando conforme a quantidade de faixas estabelecidas em cada um dos parâmetros. Foi estabelecida uma regularização central de cada faixa de sensibilidade com base no conceito matemático da Mediana. Obtém-se o valor mediano entre 0 e 1 conforme o número de parâmetros contidos no critério específico. A quantidade de parâmetros é diretamente proporcional à quantidade de intervalos estabelecidos dentro desta grandeza escalar, quantos mais parâmetros, maior o número de faixas de sensibilidade naquele critério. No estudo de caso, considerou-se intervalos de duas a oito faixas de sensibilidade. Dois intervalos para o critério Unidade de Conservação, pois, somente há os parâmetros proximidade ou o pertencimento a Unidade de Conservação. Oito intervalos para o Uso e Ocupação do Solo na bacia hidrográfica, pois, na porção definida são identificados oito usos distintos entre si na bacia hidrográfica do rio Miringuava. Na Tabela 02 ilustra-se de que modo essas faixas de sensibilidade foram previamente estabelecidas dentro do intervalo 0 e 1 conforme o número de parâmetros em cada critério.

TABELA 02 – FAIXAS DE SENSIBILIDADE DEFINIDAS PARA OS CRITÉRIOS

Classificação dos Critérios	Faixas de Sensibilidade
Duas Faixas	0,250 (baixa)
	0,750 (alta)
Três Faixas	0,167 (baixa)
	0,500 (médio)
	0,833 (alta)
Quatro Faixas	0,125 (baixa)
	0,375 (médio-baixa)
	0,625 (médio-alta)
	0,875 (alta)
Cinco Faixas	0,100 (baixa)
	0,300 (médio-baixa)
	0,500 (médio)
	0,700 (médio-alta)
	0,900 (alta)
Seis Faixas	0,083 (muito baixa)
	0,249 (baixa)
	0,415 (médio-baixa)
	0,581 (médio-alta)
	0,747 (alta)
	0,913 (muito alta)
Sete Faixas	0,074 (muito baixa)
	0,216 (baixa)
	0,358 (médio-baixa)
	0,500 (médio)
	0,642 (médio-alta)
	0,784 (alta)
	0,926 (muito alta)
Oito Faixas	0,062 (baixíssima)
	0,187 (muito baixa)
	0,312 (baixa)
	0,437 (médio-baixa)
	0,562 (médio-alta)
	0,687 (alta)
	0,812 (muito alta)
	0,937 (altíssima)

Fonte: O Autor (2021).

4.3.3 Peso dos Critérios

Considerando-se todos os aspectos e impactos da instalação de um empreendimento deste porte em uma Bacia Hidrográfica, bem como das suas futuras

consequências, é possível ponderar quais os critérios apresentam maior peso relativo quando comparados aos demais. Os pesos definem a importância dos critérios e parâmetros no processo de auxílio à tomada de decisões com base nos interesses dos atores envolvidos e sugestões técnico-científicas de especialistas acadêmicos diretamente envolvidos (SARTORI, 2010 *apud* HACK, 2019).

O método de tomada de decisão escolhido para a realização da Análise Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava foi o Processo Hierárquico Analítico (AHP). Esta metodologia engloba uma avaliação relativa dos critérios juntamente com uma quantificação de sua importância individual no conjunto. Com isso, constitui-se uma escala comparativa crescente entre os critérios preferido e preterido. A Tabela 03 demonstra como a comparação é realizada dentro de uma escala numérica.

TABELA 03 – ESCALA DE IMPORTÂNCIA DOS CRITÉRIOS

Importância do Critério Preferido	Escala de Importância	Importância do Critério Preterido	Escala de Importância
1	Igual	1	Igual
3	Ligeiramente Superior	1/3	Ligeiramente Inferior
5	Medianamente Superior	1/5	Medianamente Inferior
7	Fortemente Superior	1/7	Fortemente Inferior
9	Mais Importante	1/9	Menos Importante

Fonte: Adaptado de Hack (2019).

Considerando-se a necessidade da avaliação dos critérios estabelecidos com base na escala comparativa apresentada, verificou-se que os critérios Qualidade da Água e Uso e Ocupação do Solo simbolizam de maneira eficiente a análise da área objeto de estudo. Relativamente, a proximidade e o pertencimento a Unidade de Conservação apresentam determinada relevância, entretanto, quando estabelecido um comparativo com os outros critérios propostos, é notável que a manutenção da Qualidade da Água e um controle dos Usos e Ocupações dos Solos específicos na Bacia Hidrográfica do rio Miringuava são os critérios que mais se aproximam do objetivo geral da análise em questão. Além disso, a bacia hidrográfica objeto de estudo pertence parcialmente e minimamente a Área de Proteção Ambiental da Serra do Mar,

ocasionando influência ínfima na instalação do empreendimento estudado, uma vez que o mesmo não está contido na porção referente à esta Unidade de Conservação. Para tanto, considerou-se a influência da proximidade ou pertencimento a Unidade de Conservação para o estabelecimento da Análise Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do rio Miringuava, entretanto com importância relativamente menor que os critérios Uso e Ocupação do Solo e Qualidade da Água.

A construção da Barragem Miringuava pretende incrementar a captação de água e acrescentar o excedente no sistema de abastecimento público integrado de Curitiba, contudo para que isso seja possível se faz necessário uma manutenção prévia da qualidade da água do Rio Miringuava da sua nascente até o reservatório. Além disso, a predefinição específica do uso e ocupação do solo no corpo hídrico neste mesmo trecho torna possível a identificação de áreas potenciais de fragilidade ambiental.

Para tanto, os critérios Uso e Ocupação do Solo e Qualidade da Água apresentam maior peso relativo que o critério referente à Unidade de Conservação. A Tabela 04 ilustra este fato, bem como estabelece os fatores de ponderação para os critérios.

TABELA 04 – PESO RELATIVO DE CADA CRITÉRIO DISPOSTO HIERARQUICAMENTE

CRITÉRIOS	Uso e Ocupação do Solo	Qualidade da Água	Unidade de Conservação	Soma	Peso (%)	Fator de Ponderação
Uso e Ocupação do Solo	1	1	0,333	2,333	36,845	0,368
Qualidade da Água	1	1	0,333	2,333	36,845	0,368
Unidade de Conservação	0,333	0,333	1	1,666	26,311	0,263

Fonte: O Autor (2021).

4.4 ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA

A Análise Ambiental Integrada de Bacias Hidrográficas é uma metodologia contemplada e aperfeiçoada por Tucci e Mendes (2006) em parceria com o Ministério do Meio Ambiente e tem como objetivo diagnosticar, monitorar e remediar as causas e efeitos sinérgicos dos impactos ambientais ocasionados por um conjunto de

processos naturais, por ações antrópicas ou por empreendimentos potencialmente poluidores em instalação ou operação em bacias hidrográficas.

Representantes da fauna e flora locais ameaçados pela instalação de empreendimentos com elevado potencial de degradação ambiental em bacias hidrográficas são relacionados em estudos de Análise Ambiental Integrada, que pode integrar também informações relacionadas à interferência no ecossistema local e quais podem ser os prognósticos para a operação pontual do empreendimento instalado na localidade objeto de estudo daquela análise.

A Análise Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do rio Miringuava pretende estabelecer um comparativo entre o início de operação da barragem de abastecimento e a degradação ambiental local do corpo hídrico objeto de estudo e espécies locais afetadas. O estudo ambiental integrado que será estabelecido irá promover a conjectura dos aspectos e impactos ambientais mediante a avaliação multicriterial de tomada de decisão com auxílio de sistema de informações geográficas.

O EIA/RIMA relacionou o número de espécies que serão afetadas pela construção da Barragem Miringuava e, posteriormente, pelo enchimento do reservatório. Foram identificadas na fauna local 157 espécies de aves, 55 espécies de mamíferos, 31 espécies de peixes, 24 espécies de répteis, além de 20 espécies de anfíbios que serão direta ou indiretamente afetadas pelo empreendimento chamado Barragem Miringuava pela Companhia de Saneamento do Paraná. Na Figura 14 encontra-se uma Onça Parda – mamífero carnívoro – que foi fotografada por armadilhas instaladas por biólogos que realizaram monitoramento e posterior resgate de fauna e flora na região do empreendimento.

FIGURA 14 – ONÇA PARDA FOTOGRAFADA PELO INSTITUTO CHICO MENDES DE BIODIVERSIDADE NA REGIÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA



FONTE: Portal www.plural.jor.br/ apud ICMBio, 2020.

Também, foram classificadas espécies distintas na flora local que serão direta ou indiretamente atingidas pela formação de reservatório. Mapearam-se 118 espécies arbóreo-arbustivas, 63 espécies herbáceo-arbustivas, e ocorreu-se o registro em 8 lagoas e brejos constatados na região do empreendimento a presença de 27 espécies distintas de macrófitas aquáticas, sendo 9 em presença regular na região da Barragem Miringuava.

O barramento de corpos d'água para formação de reservatórios destinados para o abastecimento público ou para a geração de energia, transforma um ambiente lótico em um ambiente lêntico, reduzindo a turbulência e a oxigenação da água. Com isso, espécies mais adaptadas a reservatórios e a ausência parcial de oxigênio acabam ocupando os espaços e, conseqüentemente, concentrando os nutrientes neste ambiente lêntico. As macrófitas aquáticas podem ser algumas destas espécies adaptáveis e o aporte excessivo de nutrientes, ocasionando a eutrofização do corpo hídrico na área do barramento.

A mudança do corpo hídrico para lêntico pode ser responsável também pela eutrofização do reservatório e este fenômeno pode contribuir para a expansão de plantas aquáticas que podem causar uma diminuição da qualidade da água. Contudo,

no estudo de caso, não foram registradas as presenças de espécies reconhecidamente daninhas a reservatórios na Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava.

4.5 CRITÉRIOS

A Análise Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava foi constituída com base científica na metodologia de análise multicriterial para auxílio na tomada de decisão, a partir da compreensão integral das necessidades das partes interessadas e classificação de cada critério conforme o Processo Hierárquico Analítico (AHP).

A seleção dos critérios selecionados para a contemplação da Análise Ambiental Integrada da bacia hidrográfica do rio Miringuava se deu com o estabelecimento de reuniões e debates com profissionais de notável conhecimento técnico na constituição de barramentos de corpos d'água para a formação de reservatórios. Com a obtenção das sugestões e consequente definição de quais os melhores critérios selecionados para a realização da avaliação multicriterial referenciada, foi-se possível apurar os critérios que poderiam ser melhor aproveitados no estudo de caso.

No entanto, apenas três critérios apresentaram relevância técnico-científica para o estabelecimento da Análise Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do rio Miringuava, são eles: Qualidade da Água, Unidades de Conservação e Uso e Ocupação do Solo.

4.5.1 Qualidade da Água

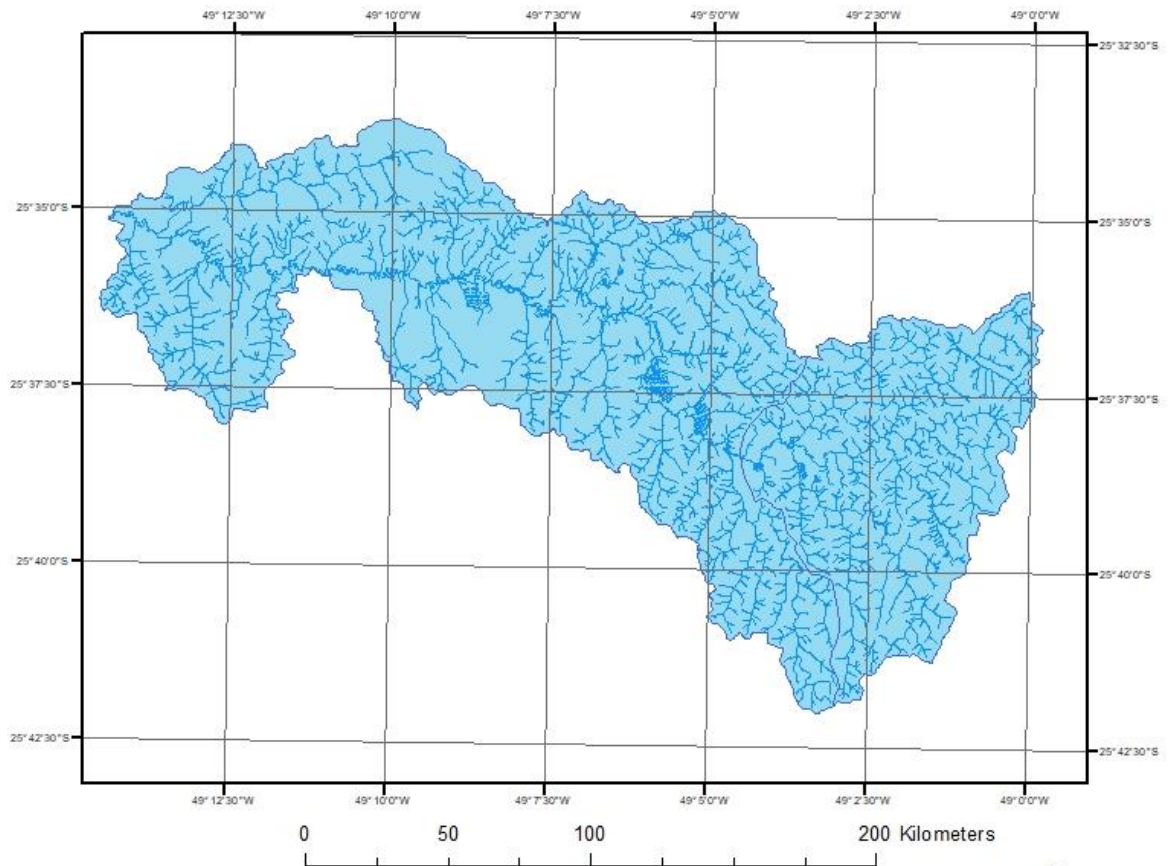
A Qualidade da Água foi selecionada como parâmetro efetivo de controle devido ao seu valor agregado no conjunto do sistema. Quando um corpo hídrico apresenta elevado índice de Qualidade da Água isto pode indicar que existe uma grande possibilidade de manutenção da biodiversidade naquele local.

Considerando-se que a construção da Barragem Miringuava se dá pela necessidade de complementação do Sistema de Abastecimento Integrado da Região Metropolitana de Curitiba (SAIC), torna-se, então, imprescindível a manutenção da qualidade da água e da biodiversidade na porção da bacia a montante da Barragem Miringuava.



O Comitê das Bacias do Alto Iguaçu e afluentes do Alto Ribeira (COALIAR) definiu em 2018, em relatório de Qualidade de Água oficial do estado do Paraná, baseado na CONAMA nº 357/2005, que o Rio Miringuava é classificado como rio de classe 2 da sua nascente até o ponto de captação, na região do bairro São Marcos. A Barragem Miringuava está posicionada quatorze quilômetros à montante deste ponto de captação. Portanto, da nascente até a Barragem, o rio Miringuava é classificado como corpo hídrico de Classe 2. Um rio de classe 2 é apropriado para consumo humano após tratamento convencional, tanto quanto pode servir como recreação e prática de esportes aquáticos e também a aquicultura. Já do ponto de captação até a foz a classificação é alterada para Classe 3. Um rio classe 3 é apropriado para consumo humano após tratamento avançado, tanto quanto pode servir para atividades de recreação de contato secundário e pesca amadora. Portanto, da sua nascente até o ponto de captação o corpo hídrico é relativamente menos poluído do que deste ponto até o encontro com o Rio Iguaçu.

A Figura 15 apresenta a Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava na sua totalidade, ilustrando os principais rios contidos neste corpo hídrico.

FIGURA 15 – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA CONTENDO OS PRINCIPAIS RIOS



Legenda

-  Rios da Bacia Hidrográfica do Miringuava
-  Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava



ESCALA 1:85.000
 PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA
 DE MERCATOR
 DATUM OFICIAL: SAD 1969
 MERIDIANO CENTRAL: 51° WGr
 FUSO: 22S

Fonte: SUDERHSA, 2002 e IAP, 2010.

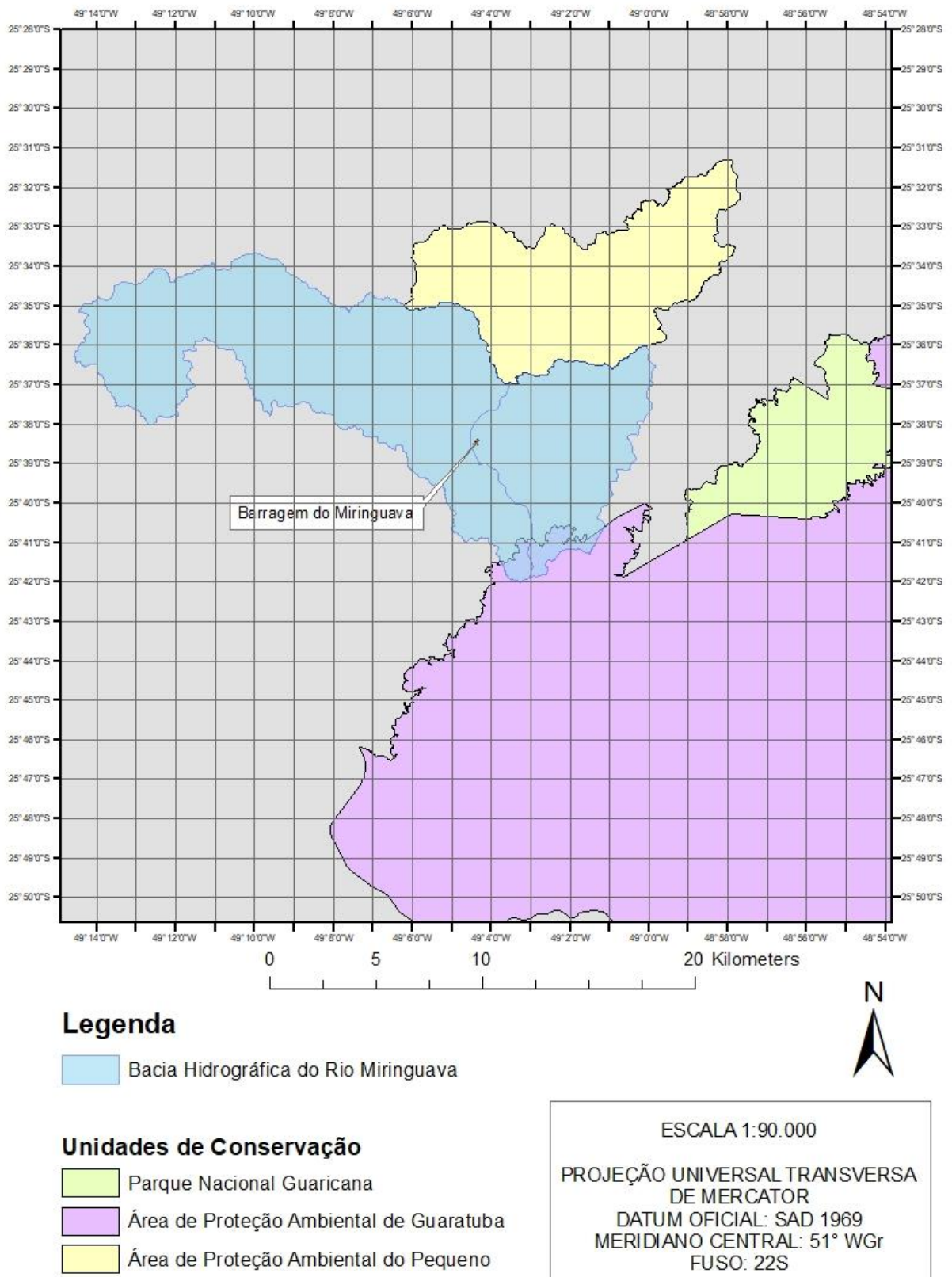
4.5.2 Unidades de Conservação

Unidades de Conservação são áreas predestinadas pela administração pública de um país para a conservação ambiental e a manutenção da biodiversidade, geralmente pinçadas conforme a presença em território de nascentes e fozes de corpos hídricos, presença de cordilheiras ou serras, além da presença de espécies de interesse cultural ou contendo algum valor agregado.

Pré-classificam-se Unidades de Conservação a partir do interesse estabelecido naquele ecossistema. Podem-se definir como Reservas Particulares de Patrimônio Natural, Áreas de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Florestas Nacionais, Parques Nacionais, Reservas Biológicas, Reservas Extrativistas e Estações Ecológicas. São registradas aproximadamente 730 Unidades de Conservação em todo território Brasileiro, conforme dados do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Nas proximidades da Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava são identificadas três Unidades de Conservação. São elas: Parque Nacional Guaricana, Área de Proteção Ambiental de Guaratuba e Área de Proteção Ambiental do Rio Pequeno. A Figura 16 demonstra detalhes da Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava e suas respectivas regiões limítrofes e sobrepostas nas Unidades de Conservação identificadas na localidade.

FIGURA 16 – A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA CORRELACIONADA ÀS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO EXISTENTES NA LOCALIDADE



Fonte: SUDERHSA, 2002 e IAP, 2010.

4.5.3 Uso e Ocupação do Solo

O uso do solo é um parâmetro fundamental para a elaboração de uma Análise Ambiental Integrada de uma Bacia Hidrográfica, pois, permite compreender a evolução das interações entre os seres vivos e os habitats e ecossistemas. O planejamento territorial utilizando as mudanças no uso do solo é apropriado, pois, observa a capacidade de utilização daquela área, sem comprometer a capacidade regenerativa do meio ambiente, verificando e avaliando as alterações antrópicas na natureza de acordo com a sua irreversibilidade.

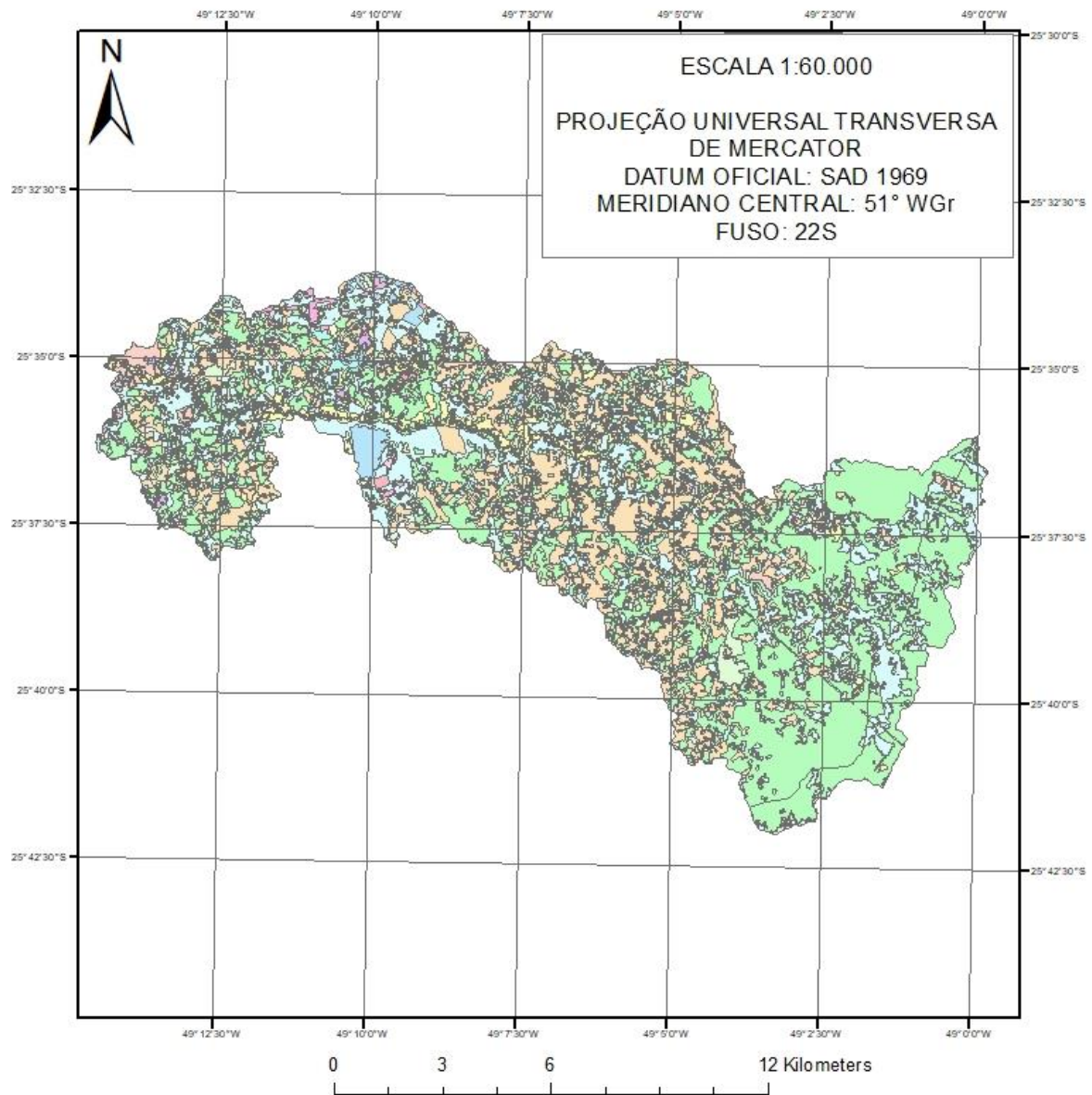
Os dados informativos sobre o uso do solo podem ser utilizados para buscar soluções para a gestão das adversidades correlacionadas aos recursos naturais e ao meio ambiente. Uma vez que uma ocupação desordenada do solo pode ter como consequência processos erosivos, assoreamentos de corpos hídricos e inundações, tem-se então que o levantamento do uso da terra apresenta elevada importância na composição de um estudo que busca apresentar prognósticos de conservação ambiental em uma bacia hidrográfica.

Buscando-se evitar o esgotamento dos recursos naturais e da degradação acelerada do solo, o levantamento do uso do solo surge como uma ferramenta importante para a compreensão dos padrões de organização espacial local. A ciência das alterações no uso do solo promove a inteligência da evolução das interações entre seres humanos e os ecossistemas.



















O mapeamento do uso do solo pode ser importante para um planejamento territorial adequado, uma vez que determina qual é a capacidade de utilização daquele espaço. Elaboram-se então mapas a partir de interpretações de imagens captadas por satélites e processamento de metadados, que são aperfeiçoados analiticamente em softwares de geoprocessamento.

A Figura 17 apresenta o mapa de Uso e Ocupação do Solo para a Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava.

FIGURA 17 – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA



Legenda

	Água		Campo		Solo Exposto
	Área Alagada		Cultura Permanente		Vegetação Arbórea Natural
	Área Industrial		Cultura Temporária		Vegetação Arbórea Plantada
	Área Urbana Baixa		Lixão		Vegetação Arbustiva Natural
	Área Urbana Média		Loteamentos		Vila
	Armazéns/Silos		Mineração/Areia		
			Mineração/Outros		

Fonte: SUDERHSA, 2002 e IAP, 2010.

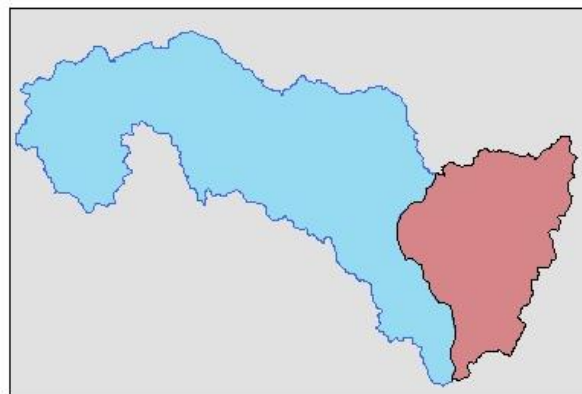
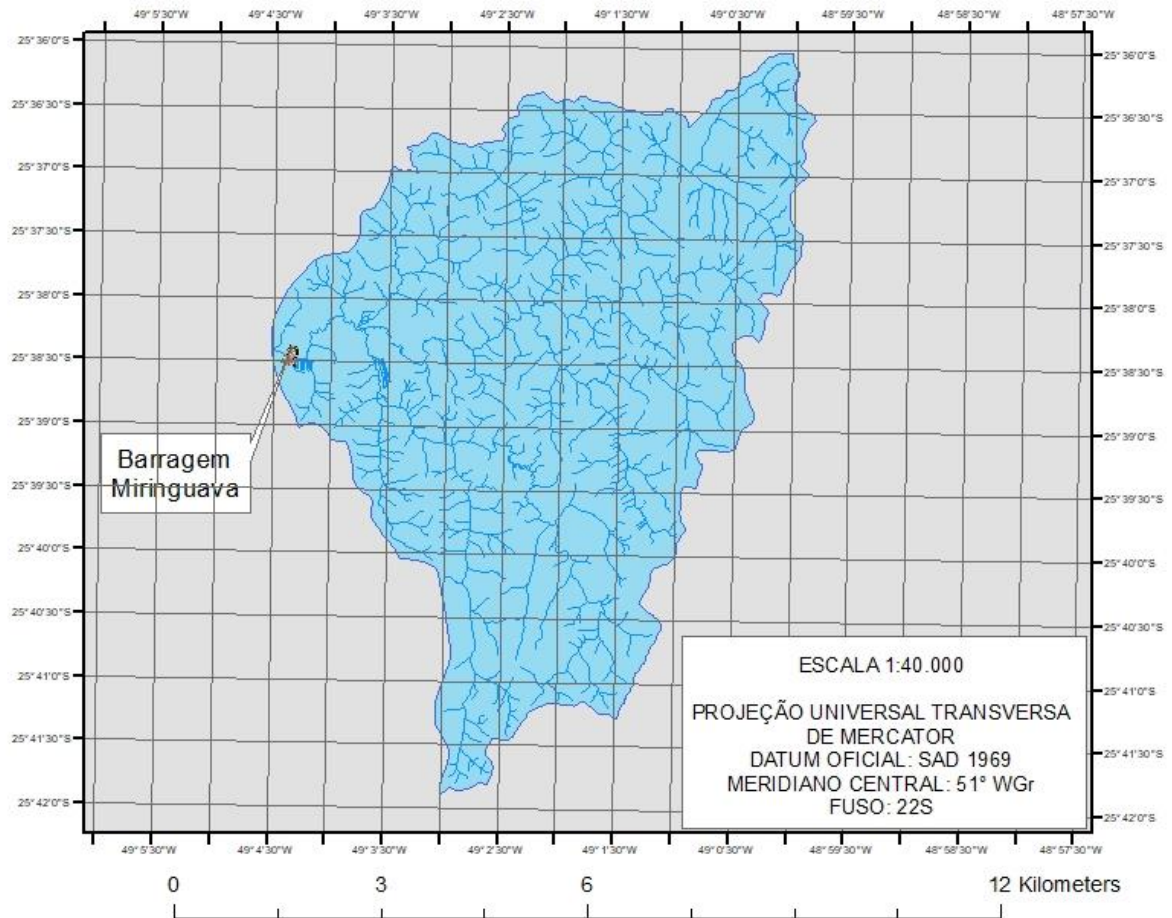
4.6 PARÂMETROS

Levando em consideração a classificação dos cursos de água estabelecida pelo Comitê das Bacias do Alto Iguaçu e afluentes do Alto Ribeira em 2018 no relatório estatal oficial de Qualidade de Água, pode-se concluir que a Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava apresenta melhores índices da sua nascente até o ponto de captação da SANEPAR do que do mesmo ponto de captação até sua foz. O ponto de captação, no bairro São Marcos, distancia-se quatorze quilômetros é jusante da Barragem Miringuava. Imprescindível salientar que entre a nascente e a barragem estará localizado o reservatório de água para abastecimento público, portanto, um barramento de água própria para consumo humano após tratamento convencional.

Posto isso, propõe-se a fragmentação da Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava em duas partes assimétricas, a primeira das suas nascentes até a Barragem Miringuava e a segunda deste local até sua foz. Para a aplicação da Análise Ambiental Integrada e visando a avaliação dos critérios e parâmetros este trabalho limitou-se ao trecho compreendido entre as nascentes até a barragem.

Na Figura 18 apresenta-se em destaque a porção da bacia utilizada no estudo de caso.

FIGURA 18 – PORÇÃO DA ÁREA UTILIZADA NA ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA



Legenda

- Fragmentação da Bacia Hidrográfica
- Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava
- Rios da Bacia Hidrográfica do Miringuava

4.6.1 Qualidade da Água

Conforme estabelecido na quarta resolução do Comitê das Bacias do Alto Iguaçu e afluentes do Alto Ribeira (COALIAR), o Rio Miringuava classifica-se como Classe 2 da sua nascente até o ponto de captação da SANEPAR. Deste mesmo ponto de captação até sua foz a classificação altera para Classe 3. Portanto, da sua nascente até o ponto de captação o corpo hídrico é relativamente menos poluído do que deste ponto até o encontro com o Rio Iguaçu.

Portanto, levando em consideração o trecho selecionado para o direcionamento do foco no estudo de caso, bem como as classificações de Qualidade da Água pré-estabelecidas na CONAMA nº 357, estabeleceu-se um agrupamento das classes 1, 2, 3, 4 e classe especial de modo que a classe referente à qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava da sua nascente até o ponto de captação na Barragem Miringuava – classe 2 – tivesse considerado maior peso relativo, pois se trata da manutenção da qualidade de água já existente, não exigindo uma adequação no tratamento ou restrição de uso. Sequencialmente, os rios de classe especial, que necessitam apenas de um processo de desinfecção para consumo humano, perfilam-se com maior peso relativo devido a seus parâmetros de qualidade da água apresentarem valores mais próximos do ideal para um corpo hídrico. Continuamente, seguindo a mesma metodologia, os rios de classes 1, 3 e 4 são categorizados em pesos relativos do melhor – classe 1 – ao pior – classe 4.

Na Tabela 05 é apresentada a padronização do critério Qualidade da Água com os respectivos pesos e a classificação baseados nas faixas de sensibilidades dos parâmetros.

TABELA 05 – PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA E VALORES DAS FAIXAS DE SENSIBILIDADES

Critério	Parâmetro	Faixas	Valores das Faixas	Classificação
Qualidade da Água	Classe 4	5	0,100	Baixa
	Classe 3		0,300	Médio-Baixa
	Classe 1		0,500	Médio
	Classe Especial		0,700	Médio-Alta
	Classe 2		0,900	Alta

Fonte: O Autor (2021).

4.6.2 Unidades de Conservação

As Unidades de Conservação determinadas na região da Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava são alinhadas conforme classificação constituída pela extinta Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (SUDERHSA) e que pertence atualmente a Diretoria de Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos do recém-constituído Instituto Água e Terra do Paraná (IAT). Este órgão incorporou além do mencionado, os Institutos de Terras, Cartografia e Geologia (ITCG) e o Instituto de Águas do Paraná, além do Instituto Ambiental do Paraná.

Posto isso, definiram-se os parâmetros utilizados neste critério da Análise Ambiental Integrada do Rio Miringuava com base em duas possibilidades: Proximidade à Unidade de Conservação existente e Pertencimento à Unidade de Conservação Existente. Justifica-se o parâmetro Pertencimento à Unidade de Conservação com maior peso relativo pelo fato de que estar contido dentro de uma Unidade de Conservação específica ocasiona determinadas restrições locais de uso na Bacia Hidrográfica. No caso do parâmetro Proximidade à Unidade de Conservação, não se é observada restrições semelhantes pois se trata apenas da iminência daquela área, não ocasionando limitações.

A Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava encontra-se próxima à três Unidades de Conservação existentes, a saber: Área de Proteção Ambiental do Rio Pequeno, Área de Proteção Ambiental de Guaratuba e Parque Nacional Guaricana. Identificam-se as distâncias da Barragem Miringuava para as três unidades de conservação observadas na localidade. Da APA do Rio Pequeno, a Barragem Miringuava encontra-se distante 3,69 quilômetros, enquanto que do Parque Nacional Guaricana, 9,20 quilômetros. Por fim, no caso da APA de Guaratuba, observa-se uma idiossincrasia em relação à Barragem Miringuava, onde se nota a sobreposição da bacia hidrográfica em uma distância de 2,01 quilômetros. Também, da região limítrofe com a unidade de conservação da serra-do-mar, contempla-se uma distância de 4,86 quilômetros até a Barragem Miringuava.

A Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava estabelece-se de maneira pertencente à uma das três Unidades de Conservação existentes na região da sua localização, enquanto que limítrofe em, pelo menos, duas delas. Na porção Sudeste da Bacia objeto de estudo, ocorre uma pequena sobreposição da Bacia Hidrográfica com a

parcela Noroeste da APA de Guaratuba. Na porção Nordeste da Bacia Hidrográfica, observa-se a divisa com a APA do Rio Pequeno, onde o final da primeira indica o início da segunda.

Considerando-se o pertencimento do trecho estabelecido da bacia hidrográfica objeto de estudo, nota-se a sobreposição deste corpo hídrico na APA de Guaratuba. Distante 6,87 quilômetros da Barragem Miringuava, a unidade de conservação da Serra-do-Mar é justaposta em 2,01 quilômetros dentro da bacia hidrográfica do rio Miringuava. Portanto, eleva-se o parâmetro de Pertencimento a Unidade de Conservação ao patamar de maior peso relativo pois neste caso são aplicadas restrições de uso locais.

Na Tabela 06 é observado a definição dos parâmetros relacionados ao critério Unidade de Conservação.

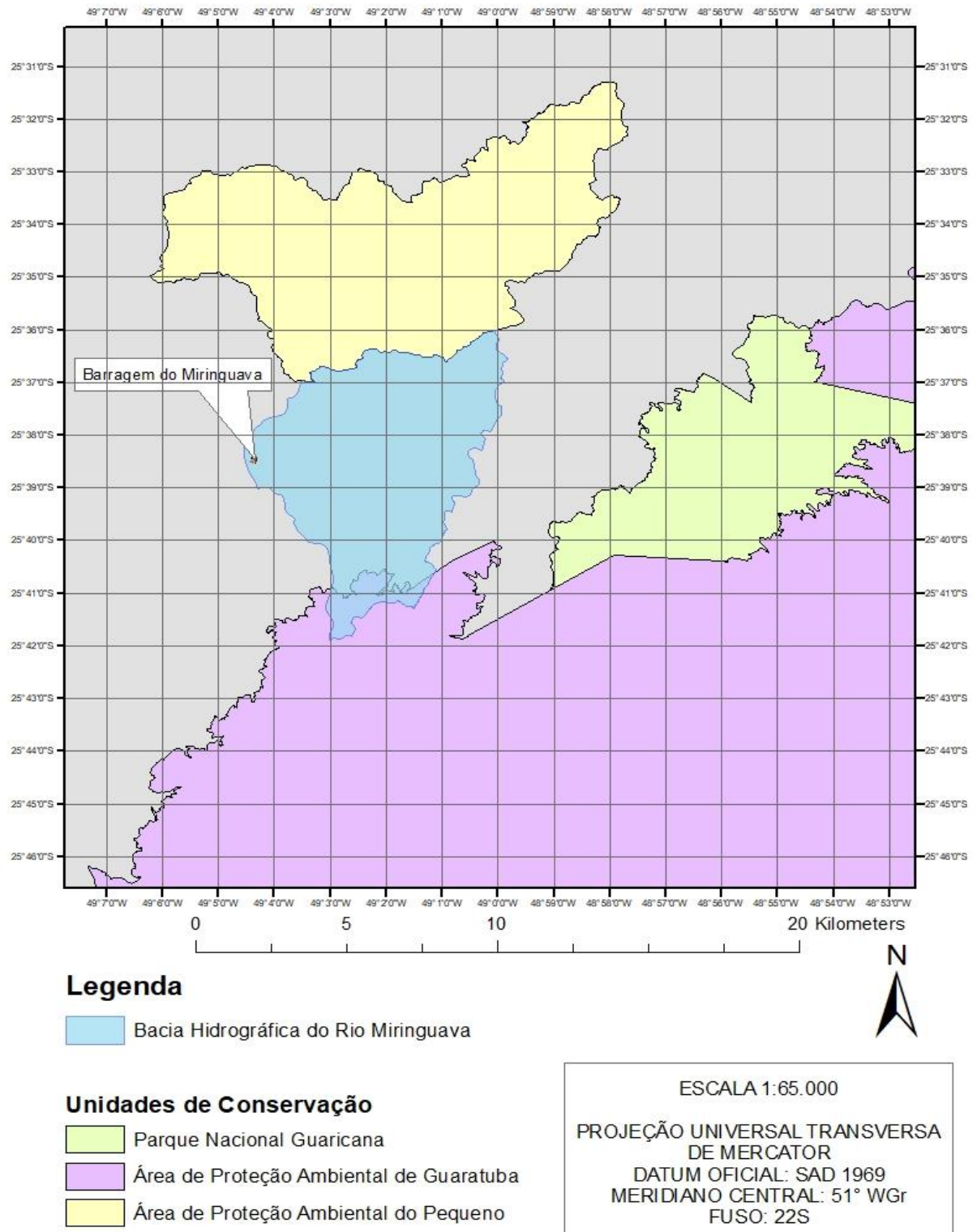
TABELA 06 – PARAMETROS DE UNIDADE DE CONSERVAÇÃO E VALORES DE FAIXAS DE SENSIBILIDADES

Critério	Parâmetro	Faixas	Valores das Faixas	Classificação
Unidade de Conservação	Proximidade a Unidade de Conservação	2	0,250	Baixa
	Pertencimento a Unidade de Conservação		0,750	Alta

Fonte: O Autor (2021).

Na Figura 19 são ilustrados os parâmetros Proximidade à Unidade de Conservação e Pertencimento à Unidade de Conservação para a fragmentação proposta para a bacia hidrográfica do rio Miringuava.

FIGURA 19 – PARCELA FRAGMENTADA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA SOBREPOTA AS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO



Fonte: SUDERHSA, 2002 e IAP, 2010.

4.6.3 Uso e Ocupação do Solo

O mapa do critério Uso e Ocupação do Solo aponta oito diferentes classes na porção fragmentada da bacia objeto de estudo. Cultura temporária, campo, solo exposto, áreas alagadas, água, vegetação arbórea natural, vegetação arbustiva natural e vegetação arbórea plantada. Considera-se de altíssima faixa de sensibilidade as águas identificadas na bacia, uma vez que o barramento de água na localidade tem por este fim. Sequencialmente, propõe-se a valorização da cobertura vegetal regional e da mata ciliar do corpo hídrico com altas faixas de sensibilidade para vegetação arbórea natural, vegetação arbustiva natural e vegetação arbórea plantada. Por fim, apresentando baixas faixas de sensibilidade para o objetivo do estudo, as áreas alagadas, campos, culturas temporárias e solo exposto foram classificadas como pouco relevantes para a conservação ambiental da bacia hidrográfica.

Na tabela 07 são informadas as respectivas porcentagens das áreas identificadas na porção fragmentada da bacia objeto de estudo, com base nos metadados contidos nos respectivos *shapes* da SUDERHSA e IAT.

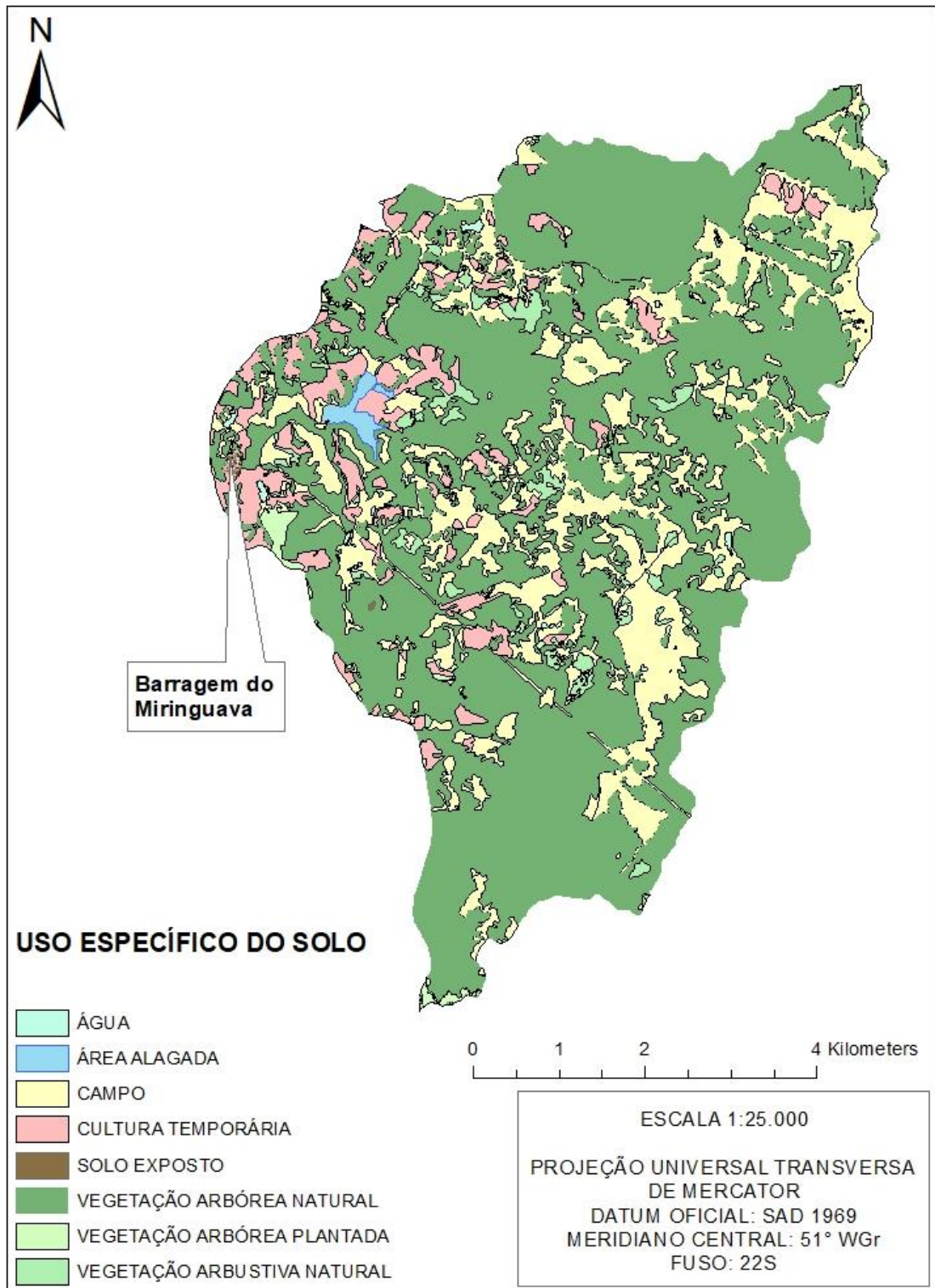
TABELA 07 – PORCENTAGENS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Uso e Ocupação do Solo	Porcentagem Respectiva
Água	0,36
Área Alagada	0,51
Campo	24,06
Cultura Temporária	6,77
Solo Exposto	0,01
Vegetação Arbórea Natural	65,10
Vegetação Arbórea Plantada	0,69
Vegetação Arbustiva Natural	2,49

Fonte: O Autor (2021).

Na Figura 20 é apresentado o mapa de Uso e Ocupação do Solo para a fragmentação proposta da bacia hidrográfica do rio Miringuava.

FIGURA 20 – USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA ÁREA DE ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA



Fonte: SUDERHSA, 2002 e IAP, 2010.

O uso e ocupação do solo predominante na área de fragmentação proposta para a bacia hidrográfica do rio Miringuava se trata da Vegetação Arbórea Natural com uma notória porcentagem de 65,10%. Consecutivamente, as áreas de Campos e Pastagens e de Culturas Temporárias apresentam valores de 24,06% e 6,77%, respectivamente. Por último, antes de adentrar-se no âmbito dos usos e ocupações do Solo com porcentagens inferiores à 1%, observa-se a Vegetação Arbustiva Natural com 2,49% de área respectiva na bacia objeto de estudo. E, por fim, ponderam-se os usos com áreas exíguas na localidade. A Vegetação Arbórea Plantada, as Áreas Alagadas, as Águas e os Solos Expostos representam, respectivamente, 0,69, 0,51, 0,36 e 0,01 dos usos e ocupações do solo na área de fragmentação proposta para a bacia hidrográfica do rio Miringuava.

Os campos, as áreas alagadas, os solos expostos e as culturas temporárias não apresentam relevância técnico-científica para o estudo de caso pois não apresentam influência direta no conjunto. O preterimento destes usos específicos do solo se deve também ao fato dos demais usos apresentarem maior relação com a conservação ambiental e, conseqüentemente, faixas de sensibilidades mais elevadas. Também, a Análise Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava busca estabelecer uma avaliação voltada à manutenção dos ecossistemas locais e a defesa de uma elevada qualidade da água e, conseqüentemente, de qualidade de vida da comunidade.

Na Tabela 08 consta a uniformização dos critérios de Uso e Ocupação do Solo e as respectivas faixas de sensibilidades.

TABELA 08 – PARÂMETROS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E FAIXAS DE SENSIBILIDADES

Critério	Parâmetro	Faixas	Valores das Faixas	Classificação
Uso e Ocupação do Solo	Solo Exposto	8	0,062	Baixíssima
	Campo		0,187	Muito Baixa
	Cultura Temporária		0,312	Baixa
	Área Alagada		0,437	Médio-Baixa
	Vegetação Arbórea Plantada		0,562	Médio-Alta
	Vegetação Arbustiva Natural		0,687	Alta
	Vegetação Arbórea Natural		0,812	Muito Alta
	Água		0,937	Altíssima

Fonte: O Autor (2021).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando-se que as ações antrópicas são responsáveis pela constante modificação do padrão de uso e ocupação do solo, este mapeamento específico concede aos cientistas ambientais a capacidade qualitativa de observar, prever, quantificar e prevenir graves impactos ambientais como redução da biodiversidade e a degradação de corpos hídricos.

No Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo de São José dos Pinhais aponta-se que o leito principal do corpo hídrico abrange uma zona definida como Zona Especial de Ocupação Restrita 1, da sua foz até as proximidades da rodovia BR-376, na região do bairro São Marcos, onde são observadas restrições ambientais municipais para o uso e ocupação do solo. Das suas nascentes até a proximidade da rodovia previamente mencionada, a bacia hidrográfica do rio Miringuava é classificada como pertencente à Zona Rural do município São-Joseense.

Na Zona Especial de Ocupação Restrita 1 são permissíveis os usos e ocupações dos solos específicos do gênero de extração mineral e de ocupação comunitária. Aquele, somente se a atividade extrativista estiver ligada à órgão público de qualquer esfera. Este, se a ocupação se limitar ao lazer, esporte e cultura social ou a edifícios administrativos também vinculados à órgão público de qualquer esfera.

Na Lei Complementar nº 124/2018 de São José dos Pinhais indica-se que a bacia hidrográfica do rio Miringuava, através do seu leito principal, apresenta-se exposta a riscos ambientais de uso e ocupação irregular do solo. Contudo, a referenciada legislação estabelece que a área de ocupação restrita deve se limitar aos cinquenta metros às margens esquerda e direita ao longo do rio Miringuava, até o seu encontro com o rio Iguaçu.

As tendências previstas para o uso e ocupação do solo municipal indicam que a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica objeto de estudo pode ser considerada elevada. Entretanto, a limitação da Zona Especial de Ocupação Restrita 1 transparece insuficiência territorial na área de bacia hidrográfica, pois, além de se findar na imediação da rodovia BR-376, dando início a Zona Rural da cidade, abrange uma região modesta de preservação ambiental em ambas as margens do rio Miringuava.

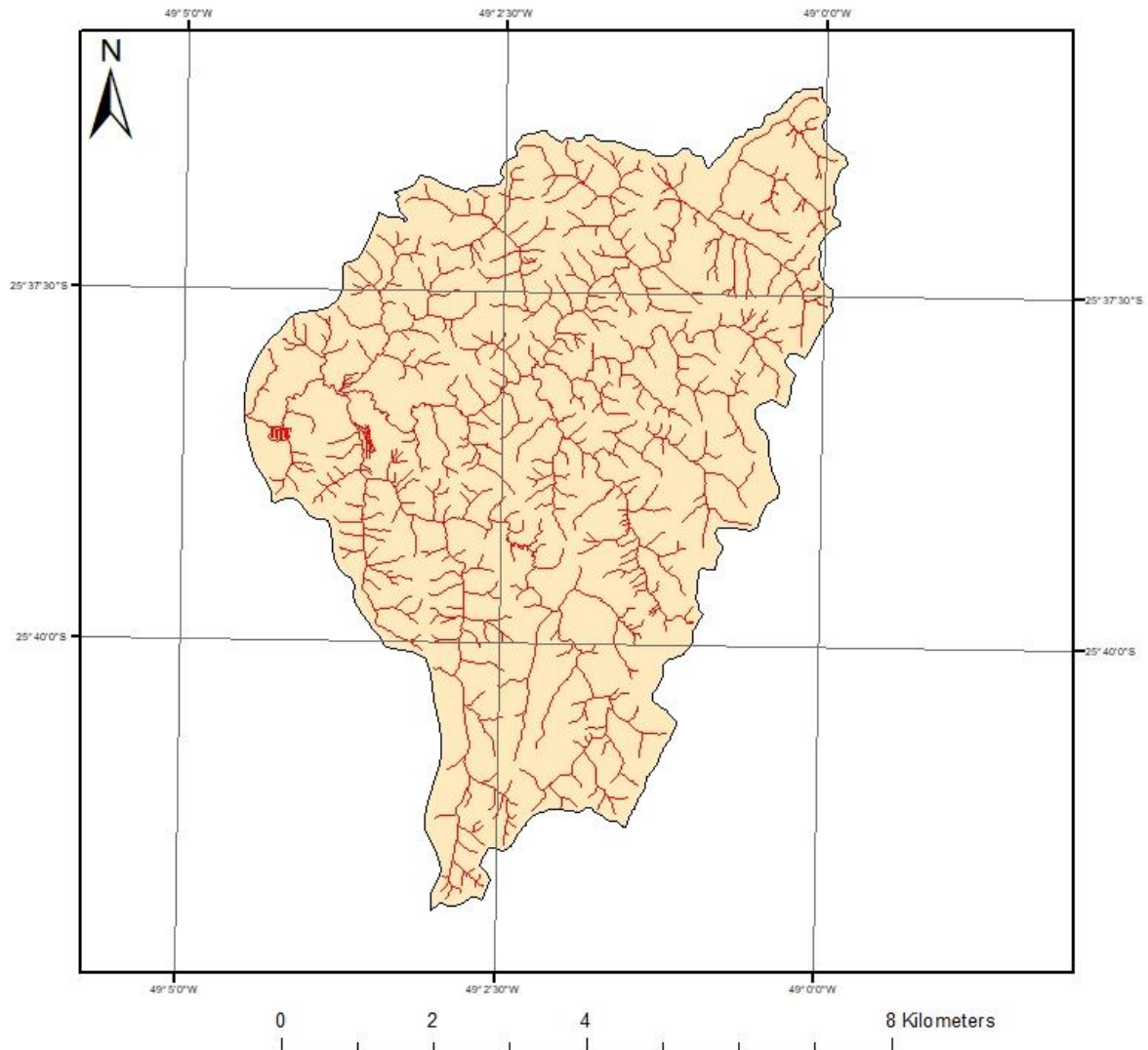
5.1 Qualidade da Água

Para o critério qualidade da água, foi elencado parâmetro baseado na classificação de corpos hídricos da CONAMA nº357/2005. Na área de fragmentação proposta para a bacia hidrográfica, da sua nascente até o ponto de captação na barragem, há a ocorrência somente de corpos hídricos Classe 2, visto que a região não possui grande número de indústrias tampouco comunidades locais que vivem na região.

Identificando-se a conservação ambiental da bacia hidrográfica objeto de estudo como diretamente relacionada com a manutenção da qualidade da água local e que a faixa de sensibilidade foi considerada alta, foi-se verificado que na área de fragmentação proposta há o fato de não se observarem corpos hídricos com classificações diferentes da Classe 2.

Na Figura 21 pode-se observar os corpos hídricos e a respectiva faixa de sensibilidade na região de fragmentação proposta para a bacia hidrográfica do rio Miringuava.

FIGURA 21 – ÁREA DE ESTUDO NA BACIA HIDROGRÁFICA PARA O CRITÉRIO QUALIDADE DA ÁGUA E SUAS RESPECTIVAS FAIXAS DE SENSIBILIDADES



Faixas de Sensibilidade

— Alta (Classe 2) - 100%

ESCALA 1:30.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA
DE MERCATOR

DATUM OFICIAL: SAD 1969

MERIDIANO CENTRAL: 51° WGr

FUSO: 22S

5.2 Unidade de Conservação

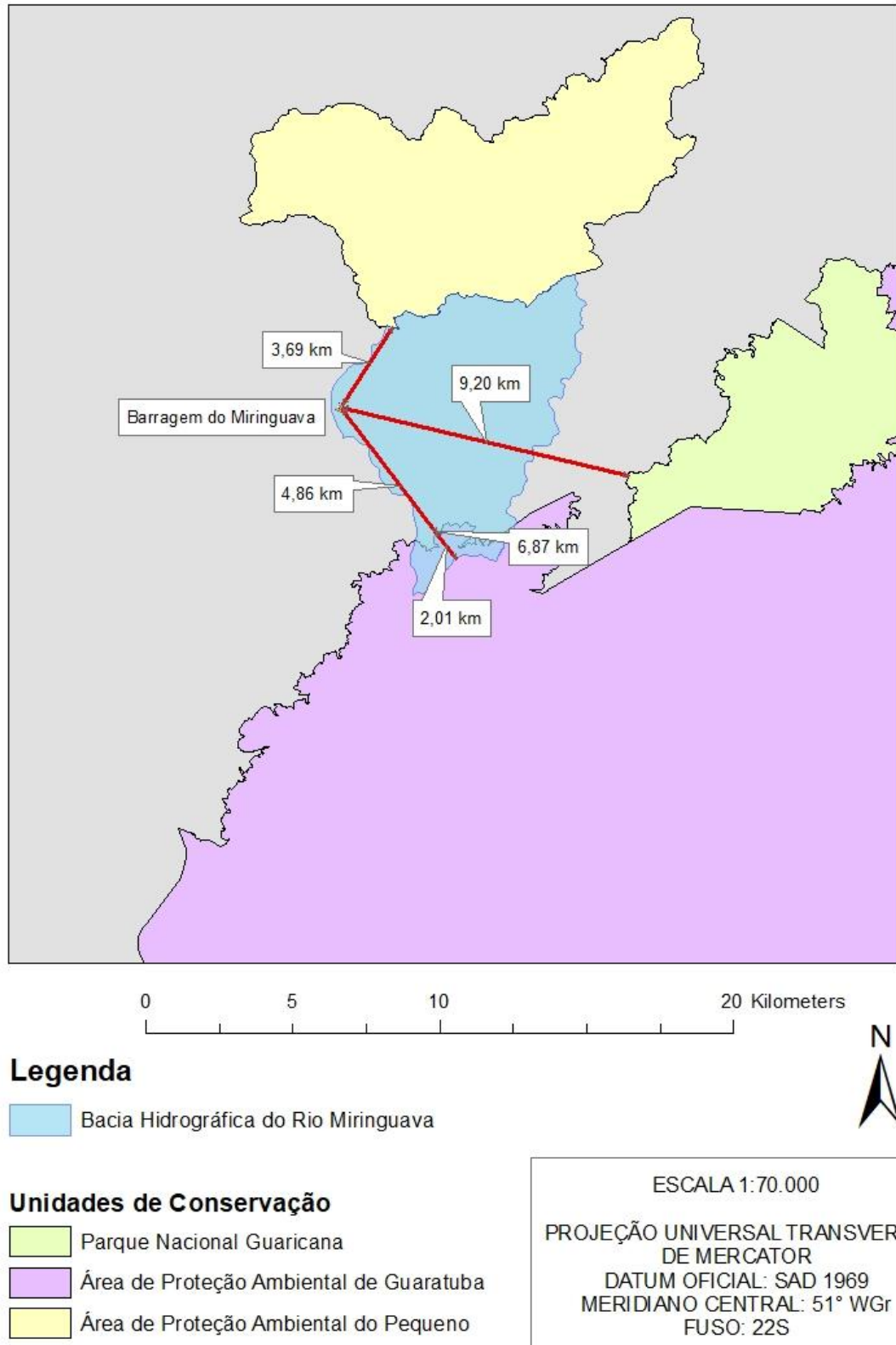
O Critério de Unidade de Conservação foi prognosticado com a proximidade ou o pertencimento àquelas previamente identificadas nos arredores da bacia hidrográfica do rio Miringuava. Na fragmentação proposta para a Análise Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava, foram-se reconhecidas três Unidades de Conservação. São elas: Área de Proteção Ambiental do Rio Pequeno, Área de Proteção Ambiental de Guaratuba e o Parque Nacional Guaricana.

Todavia, a caracterização de pertencimento a uma Unidade de Conservação obteve maior peso na análise objeto de estudo pois são designados usos e ocupações do solo limitados e absolutamente específicos em Áreas de Preservação Ambiental. E no caso da bacia hidrográfica do rio Miringuava, observa-se a sobreposição da APA de Guaratuba na região sudeste da fragmentação proposta para a bacia objeto de estudo em 2,01 quilômetros de extensão, até a porção limítrofe da bacia. A Barragem Miringuava distancia-se 6,87 quilômetros de extensão, sendo que 29,25% desta distância encontra-se contida na APA de Guaratuba.

O critério de proximidade a Unidades de Conservação recebeu menor peso relativo na Análise Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava pois apenas a proximidade a uma Área de Proteção Ambiental ou Parque Nacional, ambas as situações reconhecidas na bacia objeto de estudo, não designam restrições ou limitações no uso e ocupação do solo aplicadas as Unidades de Conservação previamente identificadas. Para tanto, a quantificação da distância da APA do Rio Pequeno e do Parque Nacional Guaricana foi estabelecida em 3,69 quilômetros e 9,20 quilômetros, respectivamente.

Na Figura 22 ilustra-se de que modo em extensão linear as distâncias das respectivas Unidades de Conservação foram determinadas para a Análise Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava.

FIGURA 22 – DISTANCIAMENTO EM EXTENSÃO LINEAR DA ÁREA DE ESTUDO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO



FONTE: SUDERHSA, 2002 e IAP, 2010.

5.3 Uso e Ocupação do Solo

O uso e ocupação do solo pôde ser considerado como um critério fundamental para o estabelecimento da Análise Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava, pois se é considerado como um bom índice de controle e planejamento urbano local. Este critério conceitua toda a infraestrutura, vias de acesso, comércio e indústrias locais, residências, recursos hídricos, cobertura vegetal, tipo de solo e o ambiente cultural e histórico.

Todavia, examinando-se as necessidades e particularidades da região estudada, o uso e ocupação do solo garante uma utilização do solo adequada e a proteção ao meio ambiente, promovendo um desenvolvimento econômico e social e, conseqüentemente, uma melhoria na qualidade de vida da sociedade.

Na fragmentação proposta para a bacia hidrográfica do rio Miringuava, foram-se designados como áreas críticas para conservação ambiental os usos e ocupações do solo as regiões de Água, Vegetação Arbórea Natural, Vegetação Arbustiva Natural e Vegetação Arbórea Plantada. As áreas menos críticas para o uso e ocupação do solo no estudo de caso foram consideradas em Área Alagada, Cultura Temporária, Campo e Solo Exposto. No caso da Área Alagada, valorou-se um peso limitado de influência no estudo de caso, pois, a porcentagem deste uso do solo específico equivale à 0,51% do total. Já no uso do solo definido como Solo Exposto, que apesar de possuir maior susceptibilidade à erosão, constata-se a ínfima participação relativa com a porcentagem de 0,01% do espaço amostral inicialmente definido. Considerando-se que todos os usos e ocupações do solo na região apresentam sua relevância específica no conjunto, os preferidos e preteridos definiram-se conforme o foco da Análise Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava.

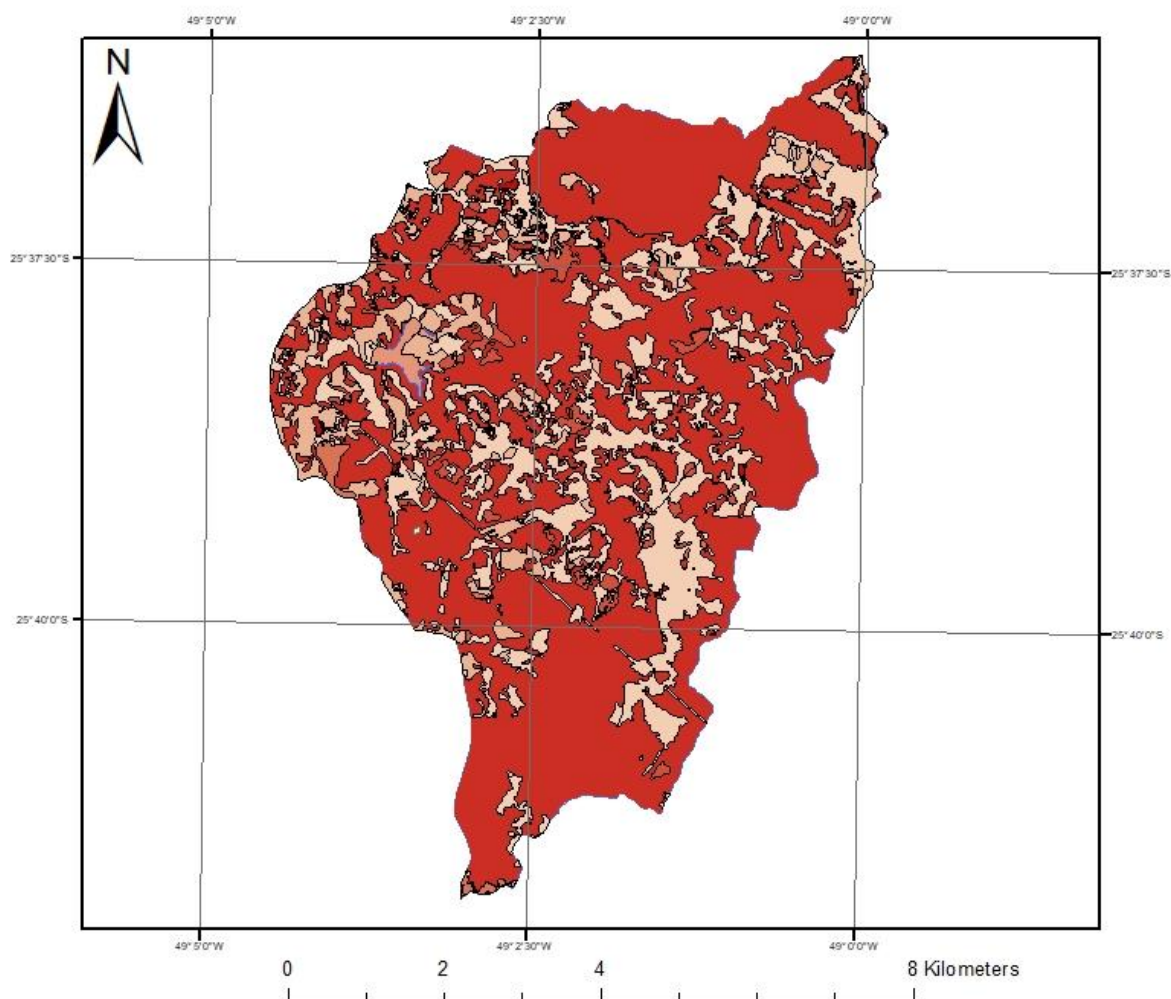
O uso e ocupação do solo correspondente às águas superficiais na localidade recebeu a faixa de sensibilidade altíssima porque a manutenção do corpo hídrico na localidade é o objetivo do barramento objeto de estudo, bem como a preservação do rio Miringuava para abastecimento humano em Curitiba e Região Metropolitana. A Vegetação Arbórea Natural, na faixa de sensibilidade muito alta, devido ao fato de ser a cobertura vegetal nativa e preservada em grande parte da fragmentação proposta para a bacia hidrográfica (65,10%). Sequencialmente, a Vegetação Arbustiva Natural e a Vegetação Arbórea Plantada, designaram-se com as faixas de sensibilidade Alta e Médio-Alta, respectivamente. A primeira, pois, se trata também de cobertura vegetal

nativa e preservada, porém em menor área relativa (2,49%). Já a segunda se trata da tentativa de remediação de uma área previamente degradada por atividade antrópica.

As Áreas Alagadas, de Culturas Temporárias, Campos e Solos Expostos apresentaram-se com faixas de sensibilidade, na devida ordem, Médio-Baixa, Baixa, Muito Baixa e Baixíssima. Os usos e ocupações do solo em questão se foram preteridos no estudo de caso pois apresentam baixa relevância técnico-científica para o estabelecimento do empreendimento anteriormente denominado como Barragem Miringuava. Os Campos, onde também estão inclusas as áreas de pastagem voltadas a pecuária, equivalem à 24,60% desta área de fragmentação proposta para a bacia hidrográfica do rio Miringuava. Linearmente, os usos e ocupações do solo de Cultura Temporária, Área Alagada e Solo Exposto recombina-se entre si gerando uma área equivalente na fragmentação proposta para a bacia hidrográfica objeto de estudo de 7,29%, uma porcentagem irrisória quando comparada relativamente aos demais usos e ocupações do solo.

Na Figura 23 ilustram-se as faixas de sensibilidade designadas para os usos e ocupações do solo específicos na área de fragmentação proposta para a bacia hidrográfica do rio Miringuava.

FIGURA 23 – FAIXAS DE SENSIBILIDADES DESIGNADAS PARA OS USOS E OCUPAÇÕES DO SOLO ESPECÍFICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA



Faixas de Sensibilidade

	Baixíssima (Solo Exposto) - 0,01%
	Muito Baixa (Campo) - 24,6%
	Baixa (Cultura Temporária) - 6,77%
	Médio-Baixa (Área Alagada) - 0,51%
	Médio-Alta (Vegetação Arbórea Plantada) - 0,69%
	Alta (Vegetação Arbustiva Natural) - 2,49%
	Muito Alta (Vegetação Arbórea Natural) - 65,10%
	Altíssima (Água) - 0,36%

ESCALA 1:30.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA
DE MERCATOR
DATUM OFICIAL: SAD 1969
MERIDIANO CENTRAL: 51° WGr
FUSO: 22S

5.4 Sobreposição dos Mapas de Critérios

Com a adaptação da grandeza escalar definida para os parâmetros dentro de cada um dos critérios conforme a variação do seu espaço amostral, propôs-se a elaboração de um mapa de fragilidade ambiental na porção fragmentada da bacia do rio Miringuava com a intersecção dos mapas criados para os critérios.

Os mapas constituídos com os critérios pré-estabelecidos foram sobrepostos de modo a municiar a Análise Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava com base nos metadados contidos nos shapes analisados. Os mapas de Uso e Ocupação do Solo, Qualidade da Água e Unidade de Conservação foram devidamente justapostos com base nos pesos anteriormente explicitados na metodologia para a constituição do Mapa de Fragilidade Ambiental da porção da bacia hidrográfica estudo de caso.

Os mapas de Uso e Ocupação de Solo e Qualidade da Água receberam os maiores pesos relativos da análise, pois, foram considerados índices mais representativos quando comparados ao mapa de Unidade de Conservação, conforme explicitado anteriormente. Por terem sido considerados como critérios ligeiramente superiores, àqueles receberam o fator de ponderação 0,368 enquanto que o critério de Unidade de Conservação, por ter sido considerado ligeiramente inferior aos outros critérios, recebeu o fator de ponderação 0,263.

O mapa de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Miringuava constituído através de uma sobreposição dos mapas dos critérios selecionados para a avaliação: Uso e Ocupação do Solo, Qualidade da Água e Unidade de Conservação. A confecção deste mapa foi-se possível com a multiplicação dos valores das faixas de sensibilidade dos parâmetros pelo peso relativo do critério que o contém, dando origem a coluna "Valor".

Na Tabela 09 explicita-se a metodologia de cálculo utilizada para a sobreposição dos mapas dos critérios e, posteriormente, para a elaboração do mapa de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Miringuava.

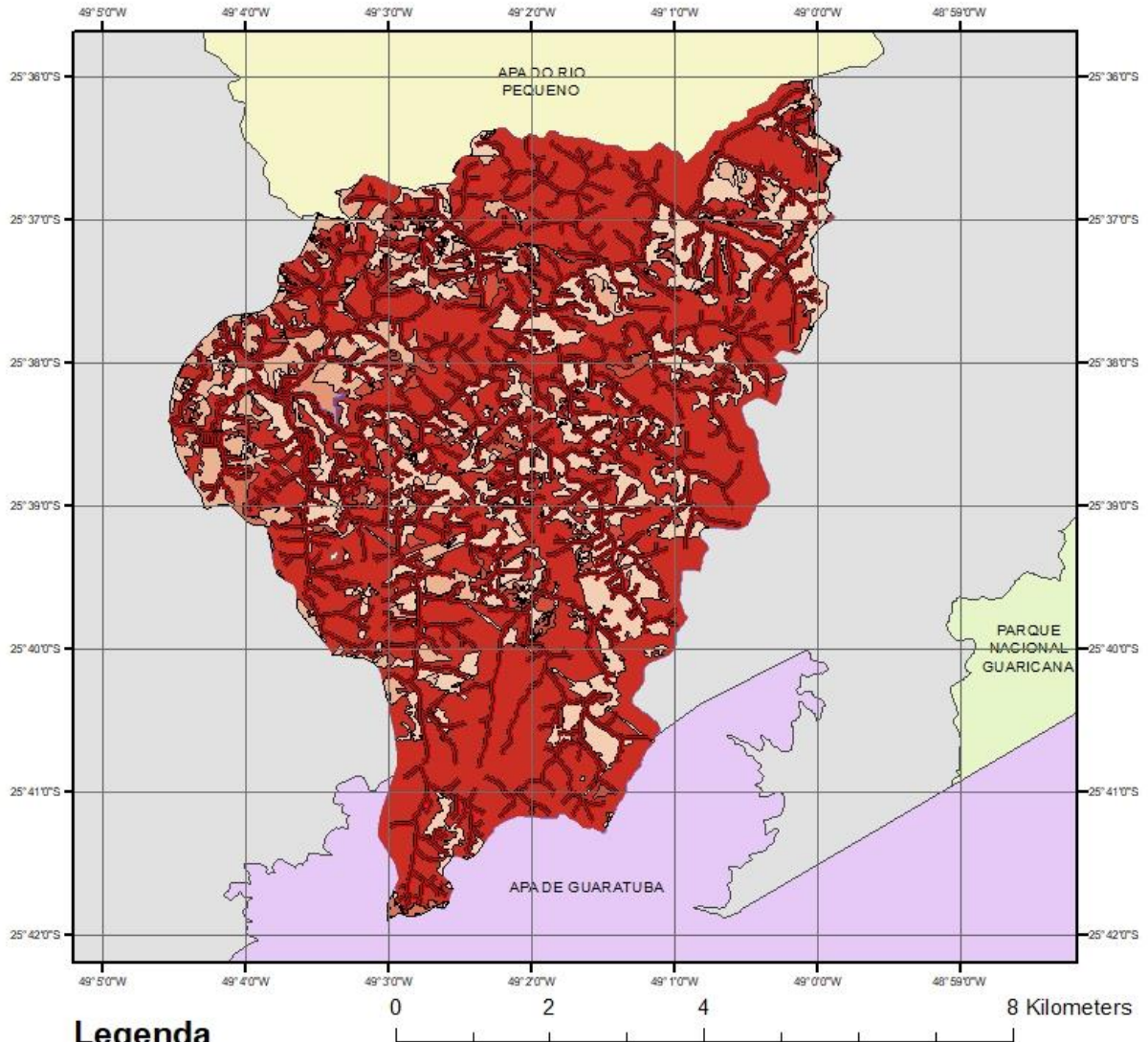
TABELA 09 – PONDERAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CADA CRITÉRIO E SEU RESPECTIVO PESO RELATIVO PARA O MAPA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL

Critério	Parâmetro	Faixas	Valores das Faixas	Classificação	Peso	Valor
Uso e Ocupação do Solo	Solo Exposto	8	0,062	Baixíssima	0,368	0,023
	Campo		0,187	Muito Baixa		0,069
	Cultura Temporária		0,312	Baixa		0,115
	Área Alagada		0,437	Médio-Baixa		0,161
	Vegetação Arbórea Plantada		0,562	Médio-Alta		0,207
	Vegetação Arbustiva Natural		0,687	Alta		0,253
	Vegetação Arbórea Natural		0,812	Muito Alta		0,299
	Água		0,937	Altíssima		0,345
Qualidade da Água	Classe 4	5	0,100	Baixa	0,368	0,037
	Classe 3		0,300	Médio-Baixa		0,110
	Classe 1		0,500	Médio		0,184
	Classe Especial		0,700	Médio-Alta		0,258
	Classe 2		0,900	Alta		0,331
Unidade de Conservação	Proximidade a Unidade de Conservação	2	0,250	Baixa	0,263	0,066
	Pertencimento a Unidade de Conservação		0,750	Alta		0,197

FONTE: O Autor (2021).

O mapa de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Miringuava foi constituído através da metodologia de união espacial, estabelecida dentro do software ESRI ArcGIS e pode ser observado na Figura 24.

FIGURA 24 – MAPA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MIRINGUAVA



Legenda

— Rios da Bacia Hidrográfica do Miringuava

- Baixíssima (Solo Exposto) - 0,01%
- Muito Baixa (Campo) - 24,6%
- Baixa (Cultura Temporária) - 6,77%
- Médio-Baixa (Área Alagada) - 0,51%
- Médio-Alta (Vegetação Arbórea Plantada) - 0,69%
- Alta (Vegetação Arbustiva Natural) - 2,49%
- Muito Alta (Vegetação Arbórea Natural) - 65,10%
- Altíssima (Água) - 0,36%
- Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava

ESCALA 1:30.000

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA
DE MERCATOR
DATUM OFICIAL: SAD 1969
MERIDIANO CENTRAL: 51° WGr
FUSO: 22S



FONTE: SUDERHSA, 2002 e IAP, 2010.

5.5 Discussão Teórica

A dissertação de Mestrado intitulada “Análise Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava: um estudo de caso dos Impactos Ambientais locais” procurou estabelecer um prognóstico ambiental objetivando a conservação ambiental do corpo hídrico objeto de estudo. A instalação e operação da nova obra de engenharia na localidade visa o barramento de água através de uma barreira física, para formação de reservatório de água e posterior distribuição comunitária.

Shimada estabeleceu brilhantemente em 2008 uma caracterização do meio físico do terço superior da Bacia Hidrográfica do rio Miringuava, relacionando o potencial de fragilidade à degradação ambiental, utilizando-se dos elementos declividade e tipos de solos. Conclui-se, então, com o auxílio de mapas e metadados condensados que a ocupação urbana na localidade deve ser bem avaliada e planejada, uma vez que o autor considerou que a fragilidade potencial da bacia apresentava valores acima dos considerados intermediários.

O trabalho de conclusão de curso mencionado subsidiou a avaliação multicriterial de tomada de decisão deste estudo de caso, pois, tanto quanto sua complexidade e idiosincrasia, serviu de referência complementar para este estudo denominado Análise Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do rio Miringuava.

Bossle elaborou formidavelmente um estudo no ano de 2010 onde se utilizou do geoprocessamento e dos sistemas de informações geográficas para o estabelecimento de análises têmporo-espaciais cuja verificação da influência das ocupações e usos do solo no período do ano de 1980 até o ano 2000, constatou alterações significativas na Bacia Hidrográfica do rio Miringuava. O autor referendou que no período abrangido pelo estudo de caso houve diminuição das áreas com água superficial, áreas agrícolas e com solo exposto, enquanto que áreas com vegetação e áreas urbanizadas se expandiram.

A referenciada dissertação de Mestrado serviu como comparativo para o estudo de caso, uma vez que o autor utilizou, também, de metodologias envolvendo técnicas de geoprocessamento e sistemas de informações geográficas no estabelecimento da sua análise. Contudo, a diferenciação dos métodos está justamente na utilização do Processo Hierárquico Analítico. Bossle utilizou-se de bases cartográficas e aerofotogramétricas para a manipulação de dados em software

específico. Com isso, observou-se alterações notáveis na dinâmica temporal e espacial da Bacia Hidrográfica do rio Miringuava.

Vale Júnior avaliou portentosamente no ano de 2018 a qualidade da água dos principais afluentes da Bacia Hidrográfica do rio Miringuava, objetivando subsidiar, também, as decisões do poder público quanto a gestão da Barragem Miringuava. O autor realizou 784 ensaios laboratoriais correlacionando 56 parâmetros de qualidade de água e, também, o zoneamento de uso e ocupação do solo de São José dos Pinhais para o estabelecimento de análise. Em parte da conclusão, afirma-se que a bacia está inserida em localidade de florestas bem preservadas, que a qualidade da água média nos afluentes está dentro do estabelecido pelos parâmetros da lei e que devem-se realizar novos levantamentos relativos ao zoneamento de uso e ocupação do solo locais, primeiramente.

A dissertação de Mestrado especificada serviu de referência para a Análise Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do rio Miringuava, considerando-se que um dos critérios utilizados foi a Qualidade da Água – ideia central do referido estudo – neste estudo de caso, e que se auxiliou, também, de mapas de geoprocessamento e sistemas de informações geográficas. Ainda, municiou com dados fundamentais sobre a qualidade da água do corpo hídrico também estudado, bem como da produção agrícola local e sua eventual interferência negativa neste mesmo critério.

6 CONCLUSÕES

O emprego da Análise Ambiental Integrada proporciona a avaliação ambiental de cenários e impactos na área do empreendimento dentro das políticas existentes ou planejadas e que deve ser parte da Avaliação Ambiental Estratégica a qual é uma avaliação ambiental proativa, procurando evitar impactos de gestão inadequada. Quando aplicada em paralelo à Avaliação Multicriterial com auxílio a tomada de decisões em um Sistema de Informações Geográficas, a metodologia da Análise Ambiental Integrada emerge como uma ferramenta eficiente de mapeamento de aspectos e impactos ambientais da instalação de um empreendimento de enorme porte como a Barragem Miringuava.

A Análise Ambiental Integrada, conforme metodologia proposta por Tucci & Mendes (2006), surge então como instrumento de auxílio à investigação dos aspectos e impactos ambientais de empreendimentos instalados em bacias hidrográficas, como no estudo de caso proposto.

O mapa de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Miringuava – estabelecido com o cruzamento das informações e metadados contidos nos *shapes* disponíveis publicamente – aponta que a necessidade de conservação ambiental da bacia objeto de estudo é fundamental para a manutenção da vida selvagem. Entretanto, como a Barragem Miringuava pretende suprir a necessidade de abastecimento público de água aos municípios de Curitiba e região, têm-se a tendência em crer que o empreendimento estabelecer-se-á na localidade visando um bem comum.

Todavia, conforme apontado pelo EIA/RIMA, com a instalação e operação da Barragem Miringuava, 181 espécies da flora local – entre arbóreo-arbustivas e herbáceo-arbustivas – serão direta ou indiretamente afetadas pelo empreendimento. Assim como 287 espécies de fauna terrestre e aquática, entre mamíferos, aves, répteis, anfíbios e peixes. Como sugestão de melhoria para estes impactos ambientais é proposto um constante monitoramento dos espécimes observados na região do empreendimento, a criação de corredores ecológicos, bem como o resgate de fauna e flora destes que serão os mais afetados no ecossistema local.

A bacia hidrográfica do rio Miringuava apresenta elevado grau de fragilidade ambiental, visto que apresenta bom índice de qualidade de água, está próxima de Unidades de Conservação e pertence parcialmente à uma Unidade de Conservação.

Também, demonstra elevado grau de conservação ambiental no critério Uso e Ocupação do Solo, pois 65,10% se trata de Vegetação Arbórea Natural. Em se tratando de áreas com prioridade muito-alta, a Vegetação Arbórea Natural pode ser considerada como essencial para a manutenção da qualidade de vida naquele ecossistema. As Águas Superficiais, responsáveis por 0,36% da área relativa da porção proposta para a bacia hidrográfica do rio Miringuava, foram consideradas como de altíssima prioridade, pois, além de possuir baixa área relativa, apresentam a necessidade de preservação ambiental deste corpo hídrico que pertence a Classe 2 da classificação de rios do Conselho Nacional do Meio Ambiente. As Vegetações Arbustivas Naturais e Arbóreas Plantadas foram classificadas como de prioridades alta e média-alta, respectivamente. Ambas recebem tal prioridade pois também apresentam baixa área relativa – nesta ordem 2,49% e 0,69% – contudo, por apresentar maior relevância técnico-científica em conservação ambiental, a Vegetação Arbustiva Natural recebeu maior peso relativo. Os demais usos e ocupações do solo foram classificados de médio-baixo a baixíssimos valores agregados, pois, estão pouco alinhados com a proposição da Análise Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava, a conservação ambiental e manutenção da biodiversidade local.

A necessidade da conservação ambiental na bacia hidrográfica do rio Miringuava é pungente e deve ser contínua, mesmo após a instalação e início de operação da Barragem Miringuava. Para tanto, faz-se necessário o estabelecimento de uma Unidade de Conservação da bacia hidrográfica do Miringuava. Na área proposta de fragmentação da bacia objeto de estudo, recomenda-se, então, a criação da Área de Proteção Ambiental do Miringuava que, assim como seu vizinho APA do Pequeno, possui um território específico para a Unidade de Conservação criada na totalidade da sua bacia.

A educação ambiental da comunidade local é necessária para que seja incentivado o desuso de agrotóxicos em culturas e lavouras, em troca de defensivos orgânicos. Tem-se por objetivo a manutenção da qualidade da água para abastecimento humano no reservatório da Barragem Miringuava, faz-se necessária então a adoção de medidas de controle do uso de agrotóxicos pelos agricultores, para que se evite a contaminação deste manancial por uso irregular de defensivos agrícolas.

Conclui-se, portanto, que há uma necessidade pungente de conservação ambiental na bacia hidrográfica do rio Miringuava. Se a companhia de saneamento local pretende fornecer água de elevada qualidade para a sociedade com o barramento de um corpo hídrico, que o faça de maneira prudente e responsável, considerando todos os aspectos e impactos ambientais locais, principalmente àqueles relacionados a manutenção da biodiversidade.

Em suma, constata-se que a Análise Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Miringuava trouxe importantes contribuições que podem fundamentar o poder público com decisões quanto a instalação e operação deste enorme empreendimento denominado Barragem Miringuava. Por fim, municia também o Estado na elaboração de ações voltadas a preservação ambiental e a conservação do ecossistema local.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁGUAS PARANÁ. **Plano de bacias do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira**. Relatório Executivo Estadual, 3ª versão. Curitiba, Paraná: Instituto Águas Paraná, 2014.

ALBUQUERQUE, A. R. C.; **Bacia Hidrográfica: Unidade de Planejamento Ambiental**. Revista Geonorte, Volume 4, p. 201 – 209. Manaus, Amazonas: UFAM, 2012.

ALEXANDRE, N. Z.; **Análise Integrada da qualidade das águas da bacia do rio Araranguá (SC)**. Florianópolis, Santa Catarina: UFSC, 2000.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G.; **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-727, 2013.

BRASIL. **Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e dá outras providências. Brasília, Distrito Federal: Diário Oficial da União, 1981.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Define Impacto Ambiental e Estudo de Impactos Ambientais/Relatório de Impactos Ambientais. Brasília, Distrito Federal: Diário Oficial da União, 1986.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 273, de 19 de dezembro de 1997**. Regulamenta Aspectos do Licenciamento Ambiental e dá outras providências. Brasília, Distrito Federal: Diário Oficial da União, 1997.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília, Distrito Federal: Diário Oficial da União, 2005.

BOSSLE, R. C.; **Gestão do Uso e Ocupação do Solo Estudo de Caso da Bacia do rio Miringuava, São José dos Pinhais, Paraná.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação. Curitiba, Paraná: UFPR, 2010.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S.; VITTE, A. C.; **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil, Capítulo 6 - Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental.** Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2004.

CÂMARA, G.; ORTIZ, M. J.; **Sistemas de Informação Geográfica para Aplicações Ambientais e Cadastrais: Uma Visão Geral.** INPE. Cartografia, Sensoriamento e Geoprocessamento, cap. 2, p. 59-88. Lavras, Minas Gerais: UFLA/SBEA, 1998.

CAMPOS, V. R.; **Modelo de apoio à Decisão Multicritério para priorização de projetos em Saneamento.** São Carlos, São Paulo: UFSCar, 2011.

CEGAN, J. C.; FILION, A. M.; KEISLER, J. M.; LINKOV, I.; **Trends and applications of multi-criteria decision analysis in environmental sciences: literature review.** Environment Systems and Decisions, v. 37, p. 123–133, 2017.

CHUEH, A. M.; SANTOS, L. J. C.; **Análise do potencial de degradação ambiental na Bacia Hidrográfica do rio Pequeno em São José dos Pinhais-PR.** Editora UFPR, n. 10, p. 61-71, Curitiba, Paraná: UFPR, 2005.

COMINO, E.; BOTTERO, M.; POMARICO, S.; ROSSO, M.; **Exploring the environmental value of ecosystem services for a river basin through a spatial multicriteria analysis.** Land Use Policy, v. 36, p. 381-395, 2014.

DA SILVA, S. C. C.; **Análise Ambiental Integrada da paisagem no Município de Tapes (RS), Brasil, como suporte ao Gerenciamento Costeiro.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre, Rio Grande do Sul: UFRGS, 2018.

DALLALIBERA, S.; **Sistema de Abastecimento Integrado de Curitiba (SAIC) e a situação do Licenciamento Ambiental e Outorgas de direito de uso.** Artigo

Acadêmico. Programa de Especialização em Análise Ambiental da Universidade Federal do Paraná. Departamento de Geografia. Curitiba, Paraná. UFPR, 2013.

DESENVOLVER Engenharia e Meio Ambiente; **Avaliação Ambiental Integrada do médio rio Chapecó**. Capítulo 06 – Análise Multicritério. Ouro, Santa Catarina. 2016. 28p.

DOS SANTOS, V. S.; **Análise Ambiental Integrada do componente solo como subsídio para Avaliação da Sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do rio Tenente Amaral em Jaciara – Mato Grosso – Brasil**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais. São Carlos, São Paulo: UFSCar, 2007.

ESMAIL, B. A.; GENELETTI, D.; **Multi-criteria decision analysis for nature conservation: A review of 20 years of applications**. Department of Civil, Environmental, and Mechanical Engineering. Trento/Itália: Università degli Studi di Trento, 2018.

FERRETTI, V.; POMARICO, S.; **An integrated approach for studying the land suitability for ecological corridors through spatial multicriteria evaluations**. Environment, Development and Sustainability, v. 15, p. 859-885, 2012.

GARBARI, A.; SOUZA, C. M. M.; AUMOND, J. J.; BRAUN, S.; PILAN, J.; **Análise Ambiental Integrada da localidade de Sambaqui na microbacia hidrográfica do Rio Sagrado, Morretes (PR)**. Revista PerCursos, v. 16, n.30, p. 143 – 161. Florianópolis, Santa Catarina: UFSC/FURB, 2015.

GENELETTI, D.; **A GIS-based decision support system to identify nature conservation priorities in an alpine valley**. Land Use Policy, v. 21, p. 149-160, 2004.

HACK, R. O. E.; **Análise Ambiental Integrada visando a conservação do Muriqui-do-Sul no município de Castro, Estado do Paraná**. Curitiba, Paraná: INSTITUTOS LACTEC, 2019.

HUANG, I. B.; KEISLER, J.; LINKOV, I.; **Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends**. Science of the Total Environment, v. 409, p. 3578-3594, 2011.

IAP. **Portaria Estadual nº 158, de 10 de setembro de 2009**. Define matriz de Impactos Ambientais provocáveis por quaisquer empreendimentos instalados no estado e dá outras providências. Instituto Ambiental do Paraná. Curitiba, Paraná: Diário Oficial do Estado, 2009.

IAP. **Portaria Estadual nº 38, de 03 de março de 2010**. Dá redação a qualificação de Equipe Técnica Multidisciplinar de elaboração de EIA-RIMA e outras providências. Instituto Ambiental do Paraná. Curitiba, Paraná: Diário Oficial do Estado, 2010.

IAP. **Termo de Referência para Licenciamento Ambiental - Pequenas Centrais Hidrelétricas e Usinas Hidrelétricas**. Diretoria de Controle de Recursos Ambientais/Departamento de Licenciamento Estratégico. Instituto Ambiental do Paraná. Curitiba, Paraná: Diário Oficial do Estado, 2010.

IAP. **Relatório de Qualidade das Águas dos rios da Bacia do Alto Iguaçu, na Região Metropolitana de Curitiba (2010-2018)**. Instituto Ambiental do Paraná. Curitiba, Paraná: Relatório Oficial do Estado do Paraná, 2018.

JALILOVA, G.; KHADKA, C.; VACIK, H.; **Developing criteria and indicators for evaluating sustainable forest management A case study in Kyrgyzstan**. Forest Policy and Economics, v. 21, p. 32-43, 2012.

LU, S. Y.; SHEN, C. H.; CHIAU, W. Y.; **Zoning strategies for marine protected areas in Taiwan - Case study of Gueishan Island in Yilan County, Taiwan**. Marine Policy, v. 48, p. 21-29, 2014.

MEIRELLES, M. S. P.; **Análise Integrada do ambiente através de geoprocessamento - uma proposta metodológica para elaboração de zoneamentos**. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: UFRJ, 1997.

NOSSACK, F. A.; ZIMBACK, C. R. L.; SILVA, R. F. B.; SARTORI, A. A. C.; **Aplicação de Análise Multicriterial para determinação de áreas prioritárias à recomposição florestal**. Irriga, Botucatu, v. 19, p. 612-625. Botucatu, São Paulo: UNESP/UNICAMP, 2014.

OLIVEIRA, G. A.; **Análise Ambiental Integrada: os índices de fragilidade geomorfológica no córrego do Cedro em Presidente Prudente/SP**. Londrina, Paraná: UEL, 2014.

POTT, C. M.; ESTRELA, C. C.; **Histórico Ambiental: Desastres Ambientais e o despertar de um novo Pensamento**. Revista Estudos Avançados, ed. 31, p. 271-283. Pelotas, Rio Grande do Sul: UCPel, 2017.

REIS FILHO, A. A.; **Análise Integrada por geoprocessamento da expansão urbana de Teresina com base no estatuto da cidade: Estudo de potencialidades, restrições e conflito de interesses**. Belo Horizonte, Minas Gerais: UFMG, 2012.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACK, G.; **As unidades fitogeográficas do estado do Paraná**. Revista Ciência e Ambiente, ed. 24, p. 75-92. Curitiba, Paraná: UFPR, 2002.

SAATY, T. L.; ERGU, D.; **When is a Decision-Making Method Trustworthy Criteria for Evaluating Multi-Criteria Decision-Making Methods**. International Journal of Information Technology & Decision Making. Vol. 14. World Scientific Publishing Company, 2015.

SANTOS, R. M.; **Análise Ambiental Integrada - A Teoria dos Geossistemas**. 1º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano Regional Integrado Sustentável. Artigo Científico. São Paulo, São Paulo: USP, 2005.

SCAPIN, P. J.; **Fundamentos geográficos do Paraná**. Campo Mourão, Paraná: FECILCAM – UNESPAR, 2012.

SEMA. **Resolução CEMA nº 65, de 1º de julho de 2008**. Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos/Conselho Estadual do Meio Ambiente, governo do estado do Paraná. Curitiba, Paraná: Diário Oficial do Estado, 2008.

SEMA. **Bacias Hidrográficas do Paraná – série histórica**. Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, governo do estado do Paraná. Curitiba, Paraná: Diário Oficial do Estado, 2010.

SEMPLEDE. **São José dos Pinhais em números**. Secretaria Municipal de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. São José dos Pinhais, Paraná: Diário Oficial do Município, 2018.

SHIMADA, D. Y.; **Proposta Metodológica para Caracterização do Meio Físico - Estudo de caso da bacia do Rio Miringuava-PR**. Curitiba, Paraná: UFPR, 2008.

SOUZA, R. K.; COSTA, F. R.; **Geotecnologias aplicadas à análise espaço-temporal da expansão urbana nos municípios da microrregião de Pau dos Ferros-RN**. Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte: UERN, 2011.

STRAGER, M. P.; ROSENBERGER, R. S.; **Incorporating stakeholder preferences for land conservation - weights and measures in spatial MCA**. *Ecological Economics*, v. 57, p. 627-639, 2006.

SUDERHSA. **Plano diretor de drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba – Bacia do rio Miringuava**. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, governo do estado do Paraná. Curitiba, Paraná: Diário Oficial do Estado, 2002.

TORRES, C. J. F.; **Análise Multicritério para apoio à tomada de decisão participativa sobre o programa de Efetivação do Enquadramento dos Corpos de Água**. Salvador, Bahia: UFBA, 2013.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A.; **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica**. Ministério do Meio Ambiente/SQA. Brasília, Distrito Federal, 2006.

UNITED NATIONS; **Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment**. Stockholm, Sweden. 1972.

VALE JÚNIOR, P. A. D.; **Análise da Qualidade da Água dos principais afluentes para a gestão da futura barragem Miringuava de Abastecimento Público**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial. Curitiba, Paraná: UFPR, 2018.

VIEIRA, A. S.; ASSIS, L. F.; ARAGÃO, J. M. C.; SOARES, J. F.; **A Análise Multicriterial no apoio à Gestão Ambiental**. Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v. 6, n. 1. Campina Grande, Paraíba: UFCG, 2014.

VITORINO, C. J.; **Análise Ambiental Integrada aplicada à elaboração do plano diretor de desenvolvimento municipal de Itaobim/MG**. Belo Horizonte, Minas Gerais: PUC/MG, 2007.

ZHANG, Z.; SHERMAN, R.; YANG, Z.; WU, R.; WANG, W.; YIN, M.; YANG, G.; OU, X.; **Integrating a participatory process with a GIS-based multi-criteria decision analysis for protected area zoning in China**. Journal for Nature Conservation, v. 21, p. 225-240, 2013.