

BRUNO VICENTE MARQUES

**AVALIAÇÃO DOS AMBIENTES DE PROTEÇÃO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ-MIRIM/SP**

Sorocaba
2016

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

*ciências
ambientais*

BRUNO VICENTE MARQUES

**AVALIAÇÃO DOS AMBIENTES DE PROTEÇÃO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ-MIRIM/SP**

Dissertação de mestrado apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" na Área Recuperação Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Gerson Araújo de Medeiros
Co-orientador: Prof. Dr. Jener Fernando Leite de Moraes

Sorocaba
2016

DEDICATÓRIA

As pessoas mais importantes da minha vida. Minha querida mãe Neide, por todo amor. Meu irmão Gabriel por todos os incentivos. Para minha amada companheira Aline, por todo carinho. Para meu grande amigo Afonso, por todo ensinamento.

Sem dúvida alguma vocês foram fundamentais para que eu chegasse até aqui e serão ainda mais importantes para as próximas etapas que virão.

Bruno Vicente Marques

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a toda minha família, amigos e a todas as pessoas que fazem parte da minha vida, todos vocês foram responsáveis de alguma forma pela concepção desse trabalho.

Agradeço imensamente meu grande amigo Afonso Peche Filho, por ter me acolhido e por me deixar usufruir da sua imensa fonte de sabedoria.

Ao meu orientador Dr. Gerson Araújo de Medeiros pela amizade, por me receber e por acreditar no meu trabalho.

Ao Dr. Jener Fernando Leite de Moraes, por ser a primeira pessoa que me recebeu e que foi fundamental para minha formação como gestor ambiental, muito obrigado por tudo.

Minha amada companheira Aline Almeida e meus amigos Wellington “Dindin” Evangelista e Weidell Pinho, sem vocês as coletas em campo não teriam acontecido.

Felipe Fengler você foi fundamental em diversas etapas desse trabalho, serei eternamente grato meu amigo.

Meu grande amigo e parceiro Daniel Queiroz, companheiro de luta, de trabalho e de sonhos.

Agradeço ao IAC pela grande importância na minha formação, tanto pessoal quanto profissional. Por ter possibilitado oportunidades e experiências incríveis, além de prover grandes amizades com pessoas incríveis que estiveram comigo durante esses anos nesse lugar maravilhoso.

Agradeço ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, ICTS-UNESP e toda sua equipe de funcionários e docentes por me receberem como aluno e proporcionar conhecimentos que levarei por toda minha vida.

Por fim agradeço a empresa Brava Agronegócios e todos os seus colaboradores, principalmente ao Edson Carlos Silva, pela compreensão e por acreditar no meu trabalho, espero que tudo que aprendi durante esses anos possa auxiliar em nossa “Fazenda de Precisão”.

Desejo a todos vocês muita saúde e muito sucesso. Muito obrigado!

*“Terra!
És o mais bonito dos planetas
Tão te maltratando por dinheiro
Tu que és a nave nossa irmã*

*Canta!
Leva tua vida em harmonia
E nos alimenta com seus frutos
Tu que és do homem, a maçã*

*Vamos precisar de todo mundo
Um mais um é sempre mais que dois
Pra melhor juntar as nossas forças
É só repartir melhor o pão
Recriar o paraíso agora
Para merecer quem vem depois”*

RESUMO

A ocupação das áreas naturais é produto do crescimento econômico dos municípios e provoca danos irreversíveis ao ambiente, reduz grandes áreas de vegetação em seus biomas a pequenos fragmentos florestais. Esse impacto diminui consideravelmente a qualidade ambiental das bacias hidrográficas, pois a conservação da vegetação para a preservação dos recursos naturais, principalmente da água, é de extrema importância para o amortecimento da pressão das atividades antrópicas. O presente estudo teve como objetivo realizar uma avaliação nos ambientes de proteção da bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim, situada entre os municípios de Jundiá, Jarinu e Campo Limpo Paulista, utilizando a paisagem como fator determinante para sua análise, proporcionando um maior entendimento de seus ambientes de proteção, seu estado atual em função da vulnerabilidade ambiental e da ocupação e uso das terras, possibilitando mensurar quantitativamente e qualificativamente através de um índice de eficiência ambiental da paisagem e classes de tipificação territorial de acordo com o grau de vulnerabilidade ambiental, gerando subsídios consistentes para a elaboração de um plano de gestão ambiental para a área. O trabalho contemplou um plano de amostragem com 91 pontos de coleta de dados na bacia hidrográfica. A avaliação e análise dos dados resultou em um índice de eficiência ambiental da paisagem médio de 38%, variando entre 23% e 68%. Em uma escala de complexidade frente aos impactos ambientais e considerando como ambientes de proteção os fragmentos florestais, foi possível tipificar a área da bacia hidrográfica em cinco classes de gestão; em que, a Classe E apresenta os níveis mais críticos de qualidade ambiental e de forma crescente, a Classe A os níveis menos críticos. Portanto os resultados mostraram que 11% da área pertence a Classe E, 31% pertence a Classe D, 29% pertence a Classe C, 23% pertence a Classe B e apenas 6% pertence a Classe A. A tipificação das áreas permitiu elaborar um plano de gestão ambiental, com programas e projetos de acordo com os níveis de perturbação e vulnerabilidade ambiental para cada uma das 5 classes em cada uma das 18 sub-bacias.

Palavras-chave: Análise da paisagem; fragmentos florestais; vulnerabilidade ambiental; tipificação de áreas; gestão ambiental.

ABSTRACT

The occupation of natural areas is the product of economic growth of the cities and causes irreversible damage to the environment, reduces large areas of vegetation to small forest fragments. This impact significantly reduces the environmental quality of river basins, for the conservation of vegetation for the preservation of natural resources, especially water, it is extremely important for the damping pressure of human activities. The study aimed to carry out an assessment in protective environments watershed of Jundiaí-Mirim River, located between the cities of Jundiaí, Jarinu and Campo Limpo Paulista, using the landscape as a determining factor for analysis, providing a better understanding of their protection of environments, its current state as a function of environmental vulnerability and the occupation and use of land, making it possible to measure quantitatively and qualificativamente through an index of efficiency and territorial typing classes according to the degree of apparent environmental vulnerability, generating consistent subsidies the development of an environmental management plan for the area. The work comprises a sampling system with 91 data collection points in the watershed. The evaluation and analysis of the data resulted in an average rate of apparent efficiency of 38% landscape, ranging between 23% and 68%. On a scale of complexity compared to the environmental impacts and considering how the forest fragments protected environment, it was possible to typify the area of watershed management in five classes; in that, the Class E features the most critical levels of environmental quality and increasingly, the Class A the least critical levels. Therefore the results showed that 11% of the area belongs to Class E, 31% belongs to Class D, 29% belong to Class C, 23% belong to Class B and only 6% belong to Class A. The typification of areas allows prepare an environmental management plan, with programs and projects according to levels of nuisance and environmental vulnerability for each of the five classes in each of the 18 sub-basins.

Keywords: Landscape analysis; forest fragments; environmental vulnerability; area typification; environmental management.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVOS	4
2.1	OBJETIVOS GERAIS.....	4
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3.	REVISÃO DA LITERATURA	5
3.1	USO DE NÚMEROS ÍNDICES NA AVALIAÇÃO AMBIENTAL	5
3.2	CONCEITO DE AMBIENTES DE PROTEÇÃO.....	6
3.3	ANÁLISE DE PAISAGEM COMO FERRAMENTA DE GESTÃO.....	8
3.4	CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL E TIPIFICAÇÃO DE ÁREAS.....	9
3.5	CONCEITO DE IMPACTOS, DANOS, VULNERABILIDADE E FRAGILIDADE AMBIENTAL 10	
3.6	A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ-MIRIM COMO OBJETO DE ESTUDO	12
3.7	MODELOS DE GESTÃO AMBIENTAL E GERAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS	14
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	18
4.1	ÁREA DE ESTUDO	18
4.2	METODOLOGIA.....	20
4.2.1	PLANO DE AMOSTRAGEM.....	20
4.2.2	COLETA DE DADOS.....	22
4.3	OBTENÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	29
4.3.1	GEOPROCESSAMENTO	33
4.3.1.1	TIPIFICAÇÃO DE REGIÕES.....	34
4.3.2	PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL.....	35
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1	ANÁLISE DOS DADOS	37
5.1.1	TIPIFICAÇÃO DAS REGIÕES.....	39
5.1.1.1	ANÁLISE POR SUB-BACIAS	41
5.1.2	PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL.....	44

6. CONCLUSÕES	57
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
APENDICES	70
APENDICE 1 – ÍNDICE DE EFICIÊNCIA AMBIENTAL DA PAISAGEM OBTIDOS NA AVALIAÇÃO EM CAMPO	71
APENDICE 2 – PRANCHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE CLASSE A.....	73
APENDICE 3 – PRANCHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE CLASSE B	75
APENDICE 4 – PRANCHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE CLASSE C	77
APENDICE 5 – PRANCHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE CLASSE D.....	79
APENDICE 6 – PRANCHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE CLASSE E	81
APENDICE 7 – ROTEIRO DE AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ-MIRIM.....	83
APENDICE 8 – MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ-MIRIM	85
APENDICE 9 – MAPA DE TIPIFICAÇÃO DAS ÁREAS POR CLASSES DE EFICIÊNCIA AMBIENTAL. DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ-MIRIM	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da bacia do Rio Jundiáí Mirim.	18
Figura 2. Mapa de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Jundiáí-Mirim, do ano de 2013.	20
Figura 3. Mapa de vias de acesso da bacia hidrográfica do rio Jundiáí-Mirim, do ano de 2013.	21
Figura 4. Plano de amostragem para coleta de informações em campo.	22
Figura 5. Elementos de destaque na paisagem para avaliação visual, onde 1 representa a condição do fragmento florestal; 2 Presença de resíduos sólidos; 3 contaminação biológica por espécies vegetais exóticas egressivas; 4 condição da estrada; 5 risco de acidentes.	23
Figura 6. Exemplo de estratificação da paisagem para avaliação, o estrato A representa o espaço válido da paisagem para avaliação, enquanto o estrato B, por sua distância compromete a avaliação da paisagem e se torna inválido.	24
Figura 7. Análise de paisagem: (a) Meio biótico com ambientes conservados, (b) meio biótico com ambientes degradados	26
Figura 8. Análise de paisagem: (a) meio físico com ambientes conservados, (b) meio físico com ambientes degradados.	27
Figura 9. Análise da paisagem: (a) meio antrópico com elementos de destaque harmoniosos à paisagem, (b) meio antrópico com elementos de destaque relacionados a processos de degradação ambiental.	29
Figura 10. Paisagem que apresenta cenário bastante crítico em relação as condições ambientais, como baixa densidade e diversidade florestal, contaminação biológica por espécies vegetais exóticas e agressivas, processos erosivos acelerados, assoreamento do corpo d'água e ocupação do solo inadequada.	30
Figura 11. Paisagem que apresenta cenário menos crítico em relação as condições ambientais, como alta densidade e diversidade vegetal do fragmento florestal, práticas conservacionistas funcionais, solo coberto, redução de processos erosivos escoamento superficial, solo coberto, configurando adequação do solo mais adequada.	31
Figura 12. Locais de amostragem selecionados para coleta de informações em campo, na bacia do rio Jundiáí Mirim, em 2015.	36
Figura 13. Histograma da distribuição de notas obtidas e suas classes de valores.	38
Figura 14. Interpolação final dos índice de eficiência ambiental da paisagem por funções de base radial.	39
Figura 15. Tipificação das áreas por classes de eficiência ambiental.	40
Figura 16. Distribuição percentual dos índices de eficiência ambiental da paisagem por classes de tipificação na bacia hidrográfica.	41
Figura 17. Sub-bacias que compõe a bacia hidrográfica do rio Jundiáí-Mirim.	42

Figura 18. Análise dos Índices de Eficiência Ambiental por sub-bacias.	43
Figura 17. Imagens das áreas correspondentes a Classe A, com características de integração de atividades antrópicas com aspectos conservacionistas e fragmentos florestais com densidade e diversidade vegetal elevadas.	46
Figura 18. Imagens das áreas correspondentes a Classe B, que apresenta características de conservadas, porém com algumas perturbações ambientais provenientes das atividades antrópicas, como níveis de contaminação biológica, processos erosivos e o risco de acidentes.	48
Figura 19. Imagens das áreas correspondentes a Classe C, que se caracteriza por processos de degradação ambiental e elementos de perturbação ambiental, como contaminação biológica e perda de biodiversidade em um nível preocupante.	50
Figura 20. Imagens das áreas correspondentes a Classe D, apresentam impactos ambientais negativos, como processos erosivos e assoreamento do corpo d'água.	52
Figura 21. Imagens das áreas correspondentes a Classe E, com processos erosivos acelerados, assoreamento dos recursos hídricos, presença de resíduos sólidos e perda da biodiversidade.	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais classes de uso e ocupação das terras na Bacia do rio Jundiá-Mirim, SP, em 2013.....	19
Tabela 2 – Indicadores utilizados para avaliar o meio biótico.....	25
Tabela 3 – Indicadores utilizados para avaliar o meio físico.....	26
Tabela 4 – Indicadores utilizados para avaliar o meio físico.....	28
Tabela 5 – Exemplo de avaliação dos índices de eficiência ambiental da paisagem.....	32
Tabela 6 – Distribuição de classe de valores índice de eficiência ambiental da paisagem.....	33
Tabela 7 – Estatística descritiva com os pontos ajustados.....	37
Tabela 8 – Teste de normalidade.....	38
Tabela 9 – Programas e projetos para gestão dos ambientes de proteção de Classe A.....	47
Tabela 10 – Programas e projetos para gestão dos ambientes de proteção de Classe B.....	49
Tabela 11 – Programas e projetos para gestão dos ambientes de proteção de Classe C.....	51
Tabela 12 – Programas e projetos para gestão dos ambientes de proteção de Classe D.....	53
Tabela 13 – Programas e projetos para gestão dos ambientes de proteção de Classe E.....	55
Tabela 14 – Índice de eficiência ambiental da paisagem obtidos na avaliação em campo.....	72

1. INTRODUÇÃO

Da preocupação crescente da sociedade contemporânea com as questões ambientais emerge o desafio do desenvolvimento humano alicerçado no equilíbrio entre urbanização, indústria, agricultura, uso e a manutenção de recursos naturais, desenvolvimento social e qualidade de vida. O acesso às informações e as discussões crescentes nos meios de comunicação relacionadas a questões como a escassez de água, poluição atmosférica, perda da biodiversidade e mudanças climáticas passam a exigir uma postura mais engajada da sociedade, de políticos e dos gestores.

Guerra e Cunha (2006) relacionam que entre os principais problemas urbanos que comprometem a sustentabilidade dos municípios está a ocupação irregular do território, que proporciona o aumento de pessoas vivendo em moradias insalubres, e que tem como consequência a falta de saneamento básico, promove a proliferação de doenças infectocontagiosas, além da poluição hídrica, falta de coleta e destinação inadequada dos resíduos sólidos.

A antropização das paisagens proporciona diversos cenários de ocupação em decorrência de características culturais, sociais e econômicas da população. Ojima (2007), em seus trabalhos sobre ocupação urbana, diz que o fator populacional e o padrão de expansão física das ocupações devem ser considerados no processo de crescimento urbano.

Nesse contexto as bacias hidrográficas têm um papel destacado para a gestão ambiental da paisagem, pois consistem de um espaço territorial que integra os aspectos físicos, biológicos, sociais, econômicos e suas interações com os diversos recursos ambientais, sendo de extrema importância para a manutenção da qualidade ambiental dos municípios e da vida de sua população. Porto e Porto (2008) apontam que todas as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação fazem parte de alguma bacia hidrográfica e que no seu exutório estarão representados todos os processos que fazem parte do seu sistema, sendo uma consequência das formas de ocupação do território e da utilização das águas que para ali convergem.

A ocupação humana, aliada a falta de planejamento, modifica sistemas naturais em paisagens com diferentes usos. Tais modificações geram impactos ambientais significativos, que podem ser classificados em benéficos ou adversos, diretos ou indiretos, reversíveis ou irreversíveis, imediatos ou em longo prazo, temporários ou permanentes (FREITAS *et al.*, 2013).

Nos meios urbanos observa-se impactos ambientais recorrentes aliados ao crescimento demográfico desordenado, a especulação imobiliária, a impermeabilização de terrenos, a retificação dos rios, a ocupação de áreas ciliares, a emissão de poluentes na atmosfera, nos solos e nos corpos d'água. Já nos meios rurais os impactos ambientais estão relacionados à inadequação da ocupação e uso das terras frente as suas características naturais (relevo, clima, solo etc.), ao uso indiscriminado de produtos químicos que potencializam a contaminação ambiental por cargas difusas, a ausência de práticas conservacionistas e o descumprimento as legislações vigentes como o Código Florestal Brasileiro Lei No. 12.651/12 (BRASIL, 2012), Lei Estadual No. 8.421/93 (SÃO PAULO, 1993) sobre conservação do solo e a Lei No. 9.866/97 (SÃO PAULO, 1997) para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas.

Böhm *et al.* (2012) dizem que há um senso comum, tanto de marxistas quanto de neoliberais, na maneira em que o capitalismo foi implantado no mundo, o que desfavoreceu as questões ambientais. Portanto, há uma grande necessidade de repensar o sistema de forma a contemplar a minimização dos danos e impactos ambientais.

Nesse contexto, a ocupação das áreas naturais é produto do crescimento econômico dos municípios e provoca danos irreversíveis ao ambiente, reduzindo grandes áreas de vegetação de seus biomas a pequenos fragmentos florestais. Esse impacto diminui consideravelmente a qualidade ambiental das bacias hidrográficas, pois a conservação da vegetação para a preservação dos recursos naturais, principalmente da água, é de extrema importância para o amortecimento da pressão das atividades antrópicas.

Um estudo sobre a modificação do uso das terras entre os anos de 1972 e 2013 realizado na bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim por Fengler *et al.* (2015) mostra que o processo de urbanização, aliado ao desmatamento e à fragmentação florestal, promoveram a deterioração da qualidade ambiental dos fragmentos florestais ao longo dos anos, devido ao intenso processo de urbanização da região. De acordo com os autores, devido a importância da bacia hidrográfica, os resultados demonstraram a premente

necessidade de criação de políticas públicas específicas para a preservação da vegetação natural do manancial e de diretrizes para sua gestão.

A bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim está situada entre os municípios de Jundiaí, Jarinu e Campo Limpo Paulista, sendo a principal fonte de abastecimento de água do município de Jundiaí, que por sua vez possui aproximadamente 393.920 mil habitantes (IBGE, 2014). Esse município está entre as regiões metropolitanas de Campinas e São Paulo, que são os maiores centros urbanos do estado de São Paulo. Em função do seu processo de expansão urbana, crescimento demográfico e por possuir um relevante polo industrial/logístico, Jundiaí apresenta elevado consumo de recursos naturais, notadamente água, tanto em quantidade como em qualidade.

Na conservação e gestão dos recursos hídricos é indiscutível a importância dos fragmentos florestais para qualidade do meio aquático, como fator de regulação do clima, na conservação do solo e no controle da poluição atmosférica (LIMA, ZAKIA, 2004; VANZELA *et al.* 2010; MONDAL, SOUTHWORTH 2010; MARTINICO *et al.*, 2014; GARRASTAZÚ *et al.*, 2014), portanto é imprescindível que os fragmentos florestais de uma bacia hidrográfica estejam em condições plenas para realizarem tais serviços.

Sob essa perspectiva o presente estudo mostra uma análise da situação dos fragmentos florestais como referência dos ambientes de proteção da bacia e entorno. Esse estudo avaliou quantitativamente e qualificativamente a condição da vulnerabilidade ambiental dos fragmentos florestais e da ocupação e uso das terras. Permitiu estruturar ferramentas e metodologias para planejamento, gestão ambiental e diretrizes para geração de políticas públicas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

O objetivo do trabalho foi propor uma metodologia que utiliza a percepção ambiental e determina um índice de eficiência ambiental através da análise da paisagem, com foco nos ambientes de proteção da bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim, representados por seus fragmentos florestais, assim gerar subsídios para elaboração de um plano de gestão ambiental com o intuito promover a melhoria da qualidade ambiental do território.

2.2 Objetivos específicos

- Propor uma metodologia de avaliação que utiliza a percepção ambiental das paisagens.
- Estabelecer critérios para avaliação biótica, física e da interferência antrópica nos ambientes de proteção da bacia hidrográfica.
- Diagnosticar a qualidade dos ambientes de proteção e seu entorno através da obtenção de índices de eficiência ambiental da paisagem.
- Quantificar e tipificar os ambientes de proteção da bacia de acordo com índices de eficiência ambiental da paisagem apresentados.
- Propor uma metodologia para o planejamento territorial e gestão ambiental da bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Uso de números índices na avaliação ambiental

As avaliações ambientais muitas vezes geram resultados subjetivos que muitas vezes são objeto de contestação por parte do meio acadêmico. Uma alternativa comumente utilizada é a de traduzir de forma quantitativa as informações obtidas, por meio da utilização de índices, principalmente para validar informações de aspectos visuais, como é o caso do presente trabalho.

Há uma certa confusão entre os termos índices e indicadores em que muitas vezes são erroneamente utilizados como sinônimos, pode-se entender o termo índice como um valor numérico que representa a correta interpretação da realidade de um sistema simples ou complexo (natural, econômico ou social), utilizando, em seu cálculo, bases científicas e métodos adequados. Portanto, um índice é o valor agregado final de todo um procedimento de cálculo onde se utilizam, inclusive, indicadores como variáveis que o compõem (SICHE et al., 2007). Esses autores ainda concluem que um índice é um dado mais apurado que provém da agregação de um jogo de indicadores ou variáveis e que pode interpretar a realidade de um sistema.

O uso de números índices geralmente está ligado aos limites em que uma ação pode ser empregada e, no caso das questões ambientais, são norteadores para estabelecer até que ponto as ações antrópicas podem causar perturbações significativas no meio. Muller (2014) coletou entre os anos 1999 e 2008 a emissão de poluentes atmosféricos, e assim determinou um índice para contabilizar os custos ambientais reais para a população e as fontes geradoras, permitindo direcionar os custos ambientais para os mercados consumidores dos produtos poluentes.

O trabalho apresentado por Sardinha et al. (2010) avaliou os impactos ambientais da bacia hidrográfica do Ribeirão do Meio, no município de Leme-SP, para isso aplicou um índice de análise ambiental simplificado, no qual correlacionou parâmetros de

qualidade da água com o uso e ocupação do solo. Os resultados do índice de análise ambiental simplificado possibilitaram entender que 27,8% dos locais visitados apresentam impacto ambiental alto ou preocupante e 5,6% impacto muito alto, mostrando que a bacia do Ribeirão do Meio foi afetada principalmente pelos fatores retirada da cobertura vegetal nativa, uso inadequado do solo em área de preservação permanente e lançamento de efluentes sem tratamento prévio.

Rodrigues e Campanhola (2003) apresentaram o sistema de Avaliação Ponderada de Impacto Ambiental de Atividades do Novo Rural, no qual se utiliza um conjunto de matrizes escalares formuladas para valorar a performance de 62 indicadores e assim expressas o índice de impacto ambiental da atividade em avaliação. Este sistema de avaliação consiste de um método abrangente, suficiente para aplicação em campo na avaliação do impacto de atividades agropecuárias, pois integra as dimensões ecológicas, sociais e econômicas, inclusive as relativas à gestão e administração, proporcionando uma medida objetiva para o desenvolvimento local sustentável.

3.2 Conceito de ambientes de proteção

O crescimento da população faz a humanidade avançar cada vez mais nas áreas naturais, trazendo a ilusão de que nós não fazemos parte do ecossistema, acarretando diversos problemas que podem ser vistos a luz do momento, em um futuro próximo ou longínquo, mas a certeza de que a ocupação do solo sem planejamento acarretará em impactos ambientais negativos, muitas vezes irreversíveis.

Sob esse olhar é possível considerar como ambientes de proteção todos os remanescentes naturais presentes em uma determinada região, principalmente os fragmentos florestais, pois é de fundamental importância que os seres humanos compreendam que são beneficiários dos ecossistemas e dos serviços que eles fornecem, permitindo a interação entre conservação e desenvolvimento, relacionando a saúde ambiental à saúde humana, promovendo segurança e bem materiais necessários para a manutenção da vida (BRAUMAN et. al., 2007). Nesse contexto destacam-se os fragmentos florestais, áreas de proteção permanente, bosques, reservas legais, vegetação ripária e os serviços ecossistêmicos proporcionados para o bem estar da população,

conforme apontado por autores como Campos *et al.* (2007), Perez *et al.* (2007), Camelo (2011), Oliveira (2013), Martinico *et al.* (2014).

Bolund e Hunhammar (1999) dizem que a ocupação urbana pode gerar efeitos benéficos no ambiente, quando há planejamento e engajamento da população local, podendo gerar até mesmo serviços ecossistêmicos em um perímetro urbano ou próximo dele, pois as cidades e seus cidadãos dependem do ambiente para se estabelecerem. Portanto trabalhar a educação ambiental e sistemas mais conservacionistas é a melhor alternativa para o desenvolvimento das cidades. Os autores afirmam que mesmo com todo empenho os problemas ambientais são reduzidos, pois não há uma resolução para a causa dos problemas.

Camelo (2011) propôs em seu trabalho a recomposição de passivos ambientais na bacia hidrográfica do ribeirão Pípiripau-DF, no modelo pagamento por serviços ambientais aos produtores rurais da região. O investimento para recomposição das Áreas de Preservação Permanentes (APP) e Reserva Legal (RL) corresponderam a 4,7 milhões de reais, correspondendo a um aumento de 64% da vazão atual com retorno financeiro de 3 milhões de reais.

Os ecossistemas florestais são os grandes responsáveis pela manutenção da qualidade de vida, conservação dos recursos naturais e produção de água, portanto devem ser tratados com muito cuidado, pois como foi visto anteriormente o desenvolvimento humano é possível com a redução de danos ambientais e a promoção de práticas conservacionistas, pois todas as formas de vida dependem de ecossistemas conservados para se perpetuarem.

Oliveira (2013) realizou um estudo através de sensoriamento remoto na bacia hidrográfica do rio São Bartolomeu-DF e constatou que os menores fragmentos florestais remanescentes encontram-se em dimensões reduzidas e possivelmente sob efeito de borda, enquanto os maiores fragmentos sofrem grande pressão devido ao processo acelerado de ocupação de solo, nem sempre planejado e organizado, comprometendo assim os serviços ecossistêmicos da região. A vulnerabilidade de fragmentos florestais foi estudada por Longo *et al.* (2012), na mata do Quilombo, na cidade de Campinas, estado de São Paulo. Esses autores avaliaram o efeito da mudança do uso da terra no entorno do fragmento por meio de indicadores físicos e químicos de qualidade do solo.

Tendo em vista os problemas causados pela fragmentação e seus impactos nas populações naturais, estratégias de conservação *ex situ* também devem ser implementadas

para que as populações não sejam extintas e os recursos genéticos não desapareçam, segundo os autores deve-se determinar a distribuição e a magnitude dos fragmentos florestais remanescentes para que se faça um trabalho de recuperação ambiental concreto e eficiente (PIÑA-RODRIGUES et al., 2013).

É indispensável salvaguardar a biodiversidade, contida nos remanescentes florestais, do crescimento indiscriminado das áreas urbanas e atividades antrópicas (GALVÃO, 2005).

Os efeitos do isolamento de um fragmento podem ser minimizados pela composição da paisagem onde o fragmento está inserido, e para que determinada área seja restaurada é necessário um manejo visando a reestruturação e conservação da conectividade destes fragmentos (MARTINS, 2012).

3.3 Análise de paisagem como ferramenta de gestão

A percepção ambiental é um conceito utilizado pela psicologia para trabalhos em educação ambiental. Fernandes *et al.* (2008) explicam que a percepção ambiental é de fundamental importância para que possamos compreender melhor as inter-relações entre o homem e o ambiente, suas expectativas, anseios, satisfações, insatisfações, julgamentos e condutas. Os autores também afirmam que uma das dificuldades para a proteção dos ambientes naturais está na existência de diferenças nas percepções dos valores e da importância dos mesmos entre os indivíduos de culturas diferentes, ou de grupos socioeconômicos que desempenham funções distintas, no plano social, nesses ambientes.

A paisagem é também foco de estudo de algumas linhas de pesquisa da geografia, ecologia e outras ciências da terra. Metzger (2001) afirma que a principal contribuição da ecologia de paisagem é o enfoque nas relações entre padrões espaciais e processos ecológicos e a incorporação da escala nas análises. No entanto, pelo fato da ecologia de paisagens se posicionar de forma adequada para responder aos problemas ambientais, é possível antever, num futuro próximo, um crescimento explosivo da ecologia de paisagens em países tropicais, de forma similar ao que ocorreu recentemente em regiões temperadas, pois a resposta aos problemas ambientais, relacionados à fragmentação de

habitats tropicais, expansão de fronteiras agrícolas e uso da água, é mais do que nunca urgente.

Com o intuito de trazer uma leitura do ambiente e das interferências antrópicas Peche Filho *et al.* (2014) apresentaram o método IAC para análise da paisagem. Sua aplicação consiste em uma análise realizada por um avaliador que se posiciona em um local estratégico, onde sua visão possibilite um ângulo de 180°. Posteriormente essa paisagem, definida pelo ângulo de visão, é dividida em três estratos no horizonte (imediate, intermediário e distante), segmentada angularmente em sete estratos e por meio de uma matriz de interação, são ponderadas para os meios físicos, bióticos e antrópicos notas entre 1 para situações que apresentam maiores indícios de perturbação na paisagem e 5 para situações que apresentam menores indícios de perturbação na paisagem.

3.4 Critérios para avaliação ambiental e tipificação de áreas

As questões ambientais muitas vezes são tratadas no plano subjetivo apresentando grande abrangência temática, pois considera-se como ambiente todas as questões físicas, biológicas, sociais e econômicas, a a dinâmica desses fatores alteram o ambiente e geram subsídios para definir critérios para os elementos que serão avaliados. Impactos ambientais negativos decorrem como efeitos colaterais de inúmeras políticas públicas (SÁNCHEZ, 2008).

Para realizar uma avaliação é necessário considerar as consequências ambientais de uma política, plano ou programa, e assim assegurar que sejam integralmente incluídas e apropriadamente consideradas no processo (EGLER, 2010).

O processo de avaliação ambiental possibilita um maior controle sobre a concretização dos objetivos propostos, serve como ponto de partida para realização de diagnósticos ambientais e para o delineamento de metas e ações, além de constituir como um importante instrumento no planejamento ambiental (PIZELLA e SOUZA, 2013).

A avaliação geralmente ocorre em todas as fases da tomada de decisão, pois o ambiente é altamente dinâmico e, a qualquer momento, pode apresentar mudanças

súbitas, o que irá influenciar no planejamento e nas tomadas de decisões (MUNDA *et al.*, 1994).

Nesse contexto é possível utilizar a tipificação de áreas como ferramenta de auxílio no processo de identificação e classificação de informações ou localidades através do uso e interpretação de indicadores. O uso dessa técnica permite estratificar um mesmo ambiente ou localidade em relação a suas particularidades físicas, bióticas e/ou antrópicas.

Esta abordagem torna a análise de desempenho ambiental para a sustentabilidade mais significativa e proposital, auxilia na definição de objetivos e abordagens de prescrição para o futuro, capacita os esforços em ações prementes, sem necessariamente ignorar os fatos que não são igualmente críticos (VENKATESH e BRATTEBØ, 2013).

3.5 Conceito de impactos, danos, vulnerabilidade e fragilidade ambiental

A conformação geoambiental da região implica na vulnerabilidade natural que a bacia tem a fatores relacionados a fenômenos naturais, como mudança de temperatura, chuva, vento e suas ações no solo, sendo essa grande concentração humana muito preocupante em relação à qualidade ambiental e qualidade de vida, pois é indiscutível que a atividade antrópica normalmente causa impactos ambientais negativos. Esses impactos, ao se integrarem aos aspectos naturais em que a região é susceptível, potencializam a ocorrência de danos ao ambiente, muitas vezes irreversíveis; fragilizam a área e alteram drasticamente a paisagem natural.

Os estudos propostos por Tricard (1977) determinam que a vulnerabilidade ambiental está relacionada à dinâmica da superfície terrestre. O autor afirma que os processos morfogênicos que estão relacionados a instabilidade da superfície são um fator muito importante para o desenvolvimento da vida. O autor também relata que a modificação da superfície de uma bacia hidrográfica altera o valor econômico das áreas e acelera impactos ambientais, como processos erosivos em decorrência da supressão da vegetação e baixa infiltração da água.

Para entender vulnerabilidade ambiental de uma área, Santos e Caldeyro (2007), afirmam que é necessário considerar duas questões: a persistência, que é o quanto um

sistema se afasta do seu equilíbrio ou estabilidade sem mudar essencialmente o seu estado e a resiliência, que está relacionada à capacidade de um sistema retornar ao seu equilíbrio após sofrer um distúrbio.

Tagliani (2003) diz que a vulnerabilidade ambiental significa a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer e deve ser avaliada segundo três critérios: fragilidade estrutural intrínseca, sensibilidade e grau de maturidade dos ecossistemas.

Zanela et al. (2011) determinaram que pode-se ter vulnerabilidade natural, que está relacionada à instabilidade/estabilidade dos meios físicos e bióticos e vulnerabilidade ambiental, que está relacionada à capacidade de resposta do meio aos efeitos causados pelas atividades antrópicas que afetam diretamente a estabilidade e a qualidade ambiental. Os autores concluíram que os mapas de vulnerabilidade natural e ambiental permitiram especializar o comportamento do meio natural e analisar as respostas do meio às intervenções antropogênicas.

Ross (1994) determinou que a fragilidade ambiental está relacionada às intervenções humanas, pois em princípio os ambientes naturais encontravam-se em equilíbrio dinâmico até o momento em que a humanidade passou a explorar intensivamente os recursos naturais. O autor também afirma que é possível estabelecer um paralelismo entre o avanço da exploração dos recursos naturais com o desenvolvimento tecnológico, científico e econômico das sociedades humanas.

Gonçalves *et al.* (2011) em seus estudos sobre fragilidade ambiental determinam que bacias hidrográficas apresentam características intrínsecas como relevo, tipo de solo e geologia, que em conjunto convertem-se em um atributo denominado vulnerabilidade natural, quando a ação humana é inserida, produzindo fatores de ocorrência não naturais é possível avaliar o nível de degradação, possibilitando os estudos de fragilidade ambiental.

Manfré et al. (2013) avaliaram três diferentes modelos de fragilidade ambiental em duas bacias hidrográficas rurais na região de Ibiúna, estado de São Paulo. Nesse estudo os autores determinaram a fragilidade ambiental por meio de modelos que consideraram como indicadores a declividade do terreno, o clima, a classe de solos, a litologia, o uso e ocupação do solo entre outros. Mapas de zonamento foram gerados por esses modelos para aplicação em zoneamentos e gestão territorial.

Os temas vulnerabilidade e fragilidade ambiental são tratados de forma bastante semelhante na literatura. Portanto, para o presente trabalho será relacionado ao termo vulnerabilidade ambiental, todos os aspectos que correspondem aos fatores naturais nas dinâmicas físicas e biológicas, como solo, água, clima, vegetação e relevo. O termo fragilidade ambiental será relacionado às ações antrópicas de uso e ocupação do solo e sua capacidade de alteração da paisagem natural.

3.6 A bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim como objeto de estudo

A bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim tem sido objeto de diversos estudos destacando-se aqueles realizados pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC) desde o ano de 2001, através do projeto de pesquisa “Diagnóstico Agroambiental para Gestão do Uso da Terra da microbacia do Rio Jundiaí-Mirim” (MORAES, et. al. 2003). Em função desse projeto foram publicados inúmeros trabalhos e dissertações de mestrado, além de possibilitar a integração entre diversas instituições de pesquisa.

Gramolelli Junior (2004) desenvolveu na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) a primeira tese de mestrado fruto dos trabalhos desenvolvidos na bacia hidrográfica intitulada “Diagnóstico do uso da água na irrigação de culturas na bacia do rio Jundiaí-Mirim/SP”. Seu trabalho possibilitou desenvolver uma metodologia para a realização de diagnóstico sobre o uso da água na irrigação de culturas em uma bacia hidrográfica e para o cadastramento de agricultores irrigantes, além de permitir avaliar o conhecimento dos agricultores sobre a cobrança pelo uso do recurso hídrico, desenvolver uma metodologia para estimar a qualidade da água para irrigação e políticas de gerenciamento agroambiental e de recursos hídricos.

A dissertação de mestrado intitulada “Evolução do uso das terras e produção de sedimentos na bacia hidrográfica do Rio Jundiaí-Mirim” (PRADO, 2005), foi a primeira defendida no programa de pós-graduação da instituição em que o objeto de estudo foi fruto dos trabalhos desenvolvidos nessa bacia hidrográfica. A autora utilizou a integração do método SWAT (Soil and Water Assesment Tool) e tecnologia SIG (Sistema de Informação Geográfica) para determinar a produção de sedimentos em diferentes cenários de ocupação e uso das terras da bacia hidrográfica. Seus resultados apontam que a bacia

hidrográfica apresenta um nível de vulnerabilidade ambiental em função das práticas agrícolas e conclui que práticas conservacionistas adequadas e preservação das áreas ciliares reduzem consideravelmente os processos erosivos e a produção de sedimentos, garantindo a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos.

Freitas (2012) realizou estudos relacionados a ocupação e uso das terras na bacia hidrográfica através da tecnologia de geoprocessamento referente ao ano de 2002, utilizando análise multicriterial através do método “Programação por Compromisso” para a integração dos indicadores ambientais para Áreas de Preservação Permanentes (APP), fragmentos florestais e áreas agrícolas. Seus estudos mostraram que a qualidade ambiental da bacia hidrográfica estava comprometida, levando em consideração o alto índice de perturbação ambiental dos fragmentos florestais, as áreas de APP inadequadas frente a legislação vigente e as áreas de produção agrícola, principalmente vinhedos, localizadas em áreas susceptíveis à erosão.

Fengler (2013) em sua dissertação “Variação temporal dos fragmentos florestais na bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim” realizou um estudo temporal sobre a qualidade dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica entre os anos de 1972 e 2013. Empregando a abordagem da Cadeia de Markov, simulou possíveis cenários futuros realistas, pessimistas e otimistas para 2025. O autor concluiu que a urbanização, o desmatamento e a regeneração natural dos fragmentos foram os principais processos de alteração dos cenários da bacia. A Cadeia de Markov mostrou que nem mesmo o cenário otimista aponta uma situação favorável para os remanescentes florestais da bacia hidrográfica, e que é pouco provável que retorne as características existentes no ano de 1972. O autor também ressalta que existe a premente necessidade de criação de políticas públicas específicas para a preservação do rio Jundiá Mirim.

A integração entre o IAC e o ICTS-UNESP, através das disciplinas de seu programa de pós-graduação possibilitaram a publicação de alguns trabalhos em periódicos científicos, além da organização de dois simpósios de Integração de Saberes Ambientais, nos quais a bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim foi objeto de estudo de boa parte dos participantes do evento.

Um dos desdobramentos dessa integração foi o trabalho de França *et al.* (2014). Esses autores utilizaram a bacia hidrográfica do rio Jundiá Mirim para desenvolver seus estudos em lógica fuzzy como uma alternativa para analisar os resultados gerados pelo método IAC para análise da paisagem (PECHE FILHO *et al.*, 2014) e propor um

diagnóstico ambiental participativo. Os autores mostraram que a modelagem proposta consegue traduzir de forma qualitativa a subjetividade dos resultados obtidos, permitindo gerar um melhor equacionamento das características físicas, bióticas e antrópicas diagnosticadas com base na percepção visual da área em estudo, além de se mostrar um instrumento capaz de orientar a gestão ambiental participativa.

Outro trabalho importante desenvolvido a partir da interação entre o IAC e a UNESP de Sorocaba foi apresentado por Beghelli et al. (2014). Esses autores realizaram análises nos corpos d'água na bacia hidrográfica e constataram a presença do organismo *Corbicula flumínea*, um bivalve exótico natural da Ásia que se tornou uma espécie invasora altamente agressiva em muitos países, com potencial de provocar uma série de impactos ecológicos, econômicos e sociais como a extinção de espécies nativas e alterações em ecossistemas. Um total de 78 indivíduos foram coletados em duas das quatro estações amostrais. Os autores acreditam que sua presença e sua distribuição provavelmente relaciona-se com a composição do sedimento e fluxo da água e a presença de *C. flumínea* é uma questão preocupante no que concerne a manutenção do ecossistema e da água para diferentes usos na região de Jundiaí, SP. Tal estudo corrobora o estado de fragilidade do rio Jundiaí Mirim.

Todos os trabalhos realizados na bacia hidrográfica mostram que a região é ambientalmente complexa e está vulnerável aos efeitos da ocupação e uso das terras, que podem acarretar severos impactos negativos e danos ambientais irreversíveis. É eminente o entendimento pleno do local e suas características particulares, para que assim seja possível elaborar um eficiente plano de gestão ambiental.

Atualmente o Instituto Agrônomo de Campinas trabalha na publicação de um novo relatório sobre a bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim, os dados levantados por esse novo trabalho servem como base para compor uma parte significativa da presente dissertação.

3.7 Modelos de gestão ambiental e geração de políticas públicas

A gestão ambiental consiste em um instrumento para a relação sociedade-natureza e possui inúmeras possibilidades de ações e de resultados, dependendo da missão e dos

valores do sujeito que o propõe. Além disso, está associada à construção de uma forma de junção entre os diferentes campos do conhecimento para o enfrentamento de problemas que a compartimentalização científica convencional não é capaz de gerir. Acrescente-se a dimensão social que transcende as atividades puramente acadêmicas da formação universitária, consistindo em uma prática social e uma intervenção real que caracterizam a necessária prática interdisciplinar (UEHARA *et al.*, 2010).

O capitalismo e o desenvolvimento social trouxeram um grande desafio para a gestão ambiental, pois o modelo atual ainda se baseia no conceito produção-destruição e concretiza a crise socioambiental. Perante este cenário, a população se apropria cada vez mais da gestão ambiental, que se consolida como uma ferramenta para administrar e gerar um modelo de desenvolvimento mais justo e ecológico (PORTO e SCHÜTZ, 2012).

As questões ambientais se tornaram uma constante preocupação, principalmente no mercado moderno. Muito se discute sobre o tema da gestão ambiental, alguns setores percebem que as questões ambientais podem ser uma forma de avançar no mercado através de novas oportunidades, além de promover uma maior regulamentação, principalmente no cerne governamental, enquanto outras vertentes enxergam as questões ambientais como um entrave, devido a crescente complexidade do tema (KARAGOZOGLU e LINDEL, 2000).

O diagnóstico de bacias hidrográficas tem sido um tema abordado por diversos autores, pela importância e contemporaneidade do tema (YUKER *et al.*, 2002; MORAES *et al.*, 2003; SHRESTHA e KAZAMA, 2007; MEDEIROS *et al.*; 2013, FREITAS *et al.*, 2013; MANFRÉ *et al.*, 2013; FENGLER *et al.*, 2015; HOLLANDA *et al.*, 2015). Os resultados de tais estudos compõem um banco de informações que certamente auxiliarão na elaboração de modelos de gestão que contemplem efetivamente as questões ambientais.

Assim como outras bacias hidrográficas do Brasil a bacia hidrográfica do rio Sepetiba (RJ) passa por um processo de desenvolvimento industrial e rápido crescimento da população, o que conseqüentemente aumenta os problemas relacionados com as questões ambientais. Para analisar as inter-relações entre os agentes que afetam a bacia hidrográfica, Leal Neto *et al.* (2006) desenvolveram um modelo de sistema dinâmico que se baseia em extensos estudos realizados e simula diferentes hipóteses de crescimento econômico e de expansão demográfica. A aplicação desse modelo pode auxiliar na alocação de recursos e na priorização de investimentos. Além disso, se for utilizado como

uma ferramenta de apoio à decisão, o modelo pode fornecer análises sólidas das consequências de diferentes políticas públicas, podem também contribuir para uma maior transparência das ações do governo.

Ainda no âmbito das bacias hidrográficas Sanchez *et al.* (2014) utilizaram um modelo de multi-fator espacial e mapeamento de análises bivariadas para avaliação da gestão ambiental em bacias hidrográficas, identificação de áreas vulneráveis e alocação de recursos. Foram levantadas informações sócio-ecológicas, pois acreditam que os problemas de saúde estão relacionados com as populações marginalizadas e carentes, e que estão localizadas em locais ambientalmente vulneráveis nas bacias hidrográficas. Assim, os autores pretendem propor um modelo justo para gestão de bacias hidrográficas, que contemple principalmente a equidade social. Os autores concluem que, para inserir um modelo de gestão ambiental e gerenciar seus recursos é essencial realizar uma abordagem holística no contexto da complexidade física, biológica e de sistemas institucionais.

Dentro dessa discussão é possível entender a importância da elaboração e inserção de modelos de gestão ambiental para consolidar o desenvolvimento sustentável da humanidade. Porém essa mudança só irá ocorrer quando houver um empoderamento da população com as causas ambientais. A ação popular é um mecanismo jurisdicional de tutela subjetiva e participativa de proteção do ambiente, é a partir das bases existentes e com a colaboração de outros instrumentos, que a participação da população na gestão sustentável do meio ambiente, será efetiva (SANTIN e DALLA CORTE, 2011).

A formulação de políticas é um fenômeno social em seu próprio direito e também é a forma dominante nas sociedades modernas que regulam os conflitos sociais latentes, ela exige em primeiro lugar a redefinição de um fenômeno social de um modo que se pode encontrar também soluções para eles (HAJER, 1995).

Algumas dessas perspectivas estão promovendo a sensibilização ecológica para guiar um uso menos predatório dos recursos naturais e uma distribuição mais equitativa (BURDILES, 2012 p. 385).

“A politização do debate que envolve a interação do homem com a natureza, ou mais precisamente, a transformação da natureza pela ação humana, constitui um dos pilares para a formação e consolidação de espaços democráticos, de ampliação da cidadania, e por consequência, do rumo a uma sociedade sustentável.” (OLIVEIRA e CORONA, 2011 p. 60)

Este fato reforça a necessidade de se experimentarem novas formas de gestão voltadas para a busca de práticas e instrumentos cooperativos de gestão envolvendo os diferentes agentes (MAGRINI, 2001).

Na política e gestão ambiental brasileira, verifica-se um movimento dos estados e municípios em torno da descentralização, isso reflete-se na quantidade de municípios com estruturas institucionais na área ambiental ligadas às prefeituras, o grande problema, para uma boa parte dos mesmos é a falta de recursos para execução efetiva das políticas (AZEVEDO *et al.*, 2007).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo mesotérmico brando super-úmido, Aw, com predomínio de temperaturas amenas durante todo o ano devido à orografia. A temperatura média anual varia entre 18°C e 20°C, com máximas absolutas entre 34°C a 36°C e médias das mínimas entre 6°C e 10°C. A precipitação é superior a 1.300 mm anuais (PRADO, 2005).

O relevo é composto por colinas e morros altos, de topos convexos com vales de entalhamento médio, 40 a 80 metros, e dimensão interfluvial média, 750 a 1750 metros. Apresentando declividades dominantes entre 10 e 30%, pode chegar a 60% em algumas vertentes (MORAES *et al.*, 2003).

A vegetação original da área é caracterizada pela Floresta Subcaducifólia Tropical, conhecida também por "Floresta Latifoliada Tropical"; "Floresta Estacional Tropical Pluvial" e ainda Mata Mesófila (IBGE, 1977 apud PRADO, 2005).

A bacia hidrográfica é ocupada principalmente por pastagens, reflorestamento e loteamentos (Tabela 1). A grande proporção de loteamentos mostra a pressão do crescimento urbano sobre a bacia hidrográfica (FREITAS, 2012).

Tabela 1 – Principais classes de uso e ocupação das terras na Bacia do rio Jundiá-Mirim, SP, em 2013.

Classes	Área (ha)	Área (%)
Pasto limpo	1700,0	14,5
Reflorestamento (Eucalipto)	1683,9	14,3
Mata em estágio médio	1314,1	11,2
Pasto sujo	1081,0	9,2
Mata em estágio inicial	913,6	7,8
Loteamento	867,1	7,4
Chácara	682,8	5,8
Fruticultura – uva	522,7	4,4
Mata ciliar em estágio médio	436,4	3,7
Área urbana	400,1	3,4
Outros	2147,1	18,3
Total	11748,8	100,0

4.2 Metodologia

4.2.1 Plano de amostragem

Os locais nos quais realizaram-se as coletas de dados em campo foram determinados pela presença dos fragmentos florestais, extraídos do mapa de uso e ocupação de solo (Figura 2) e do mapa de vias de acesso (Figura 3) da bacia hidrográfica, referentes ao ano de 2013.

Figura 2. Mapa de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim, do ano de 2013.

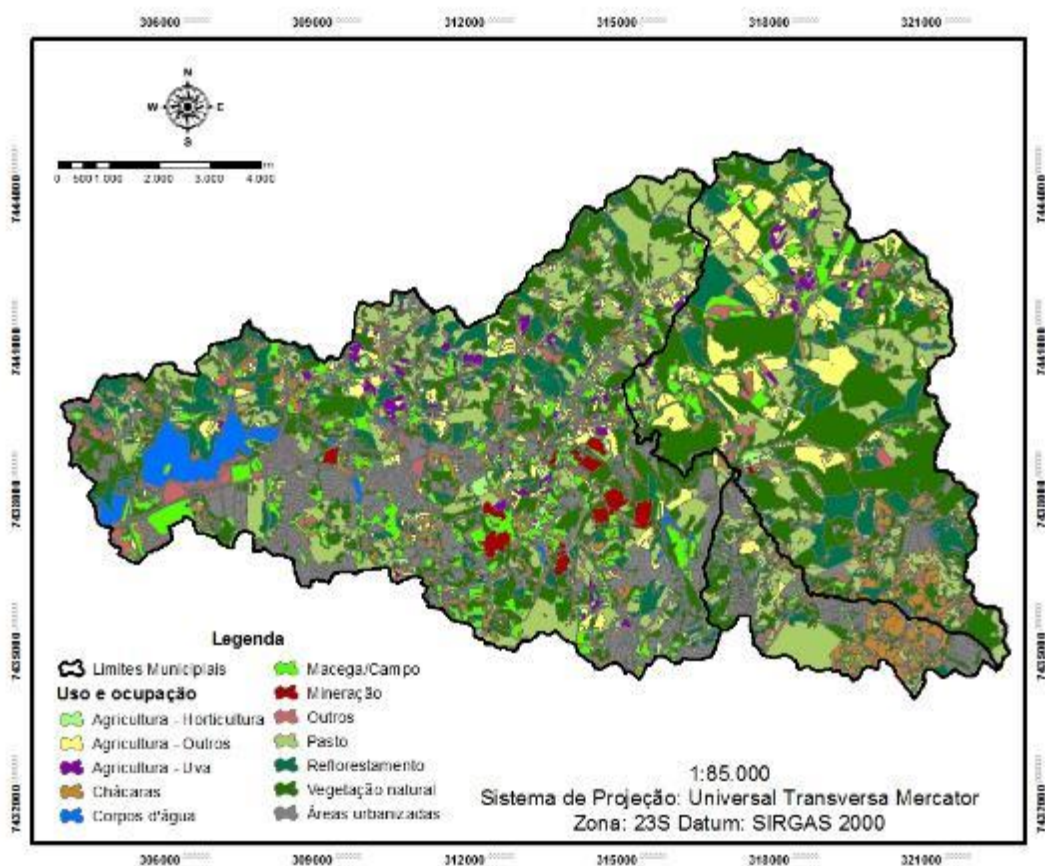
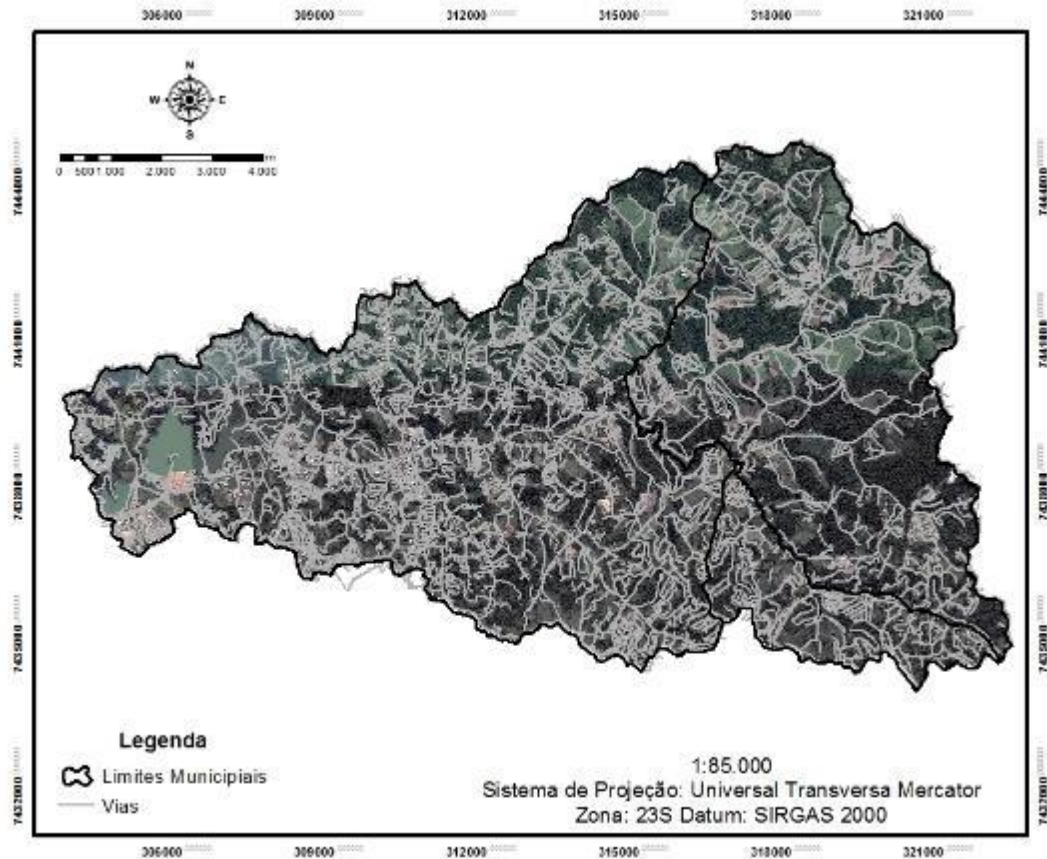
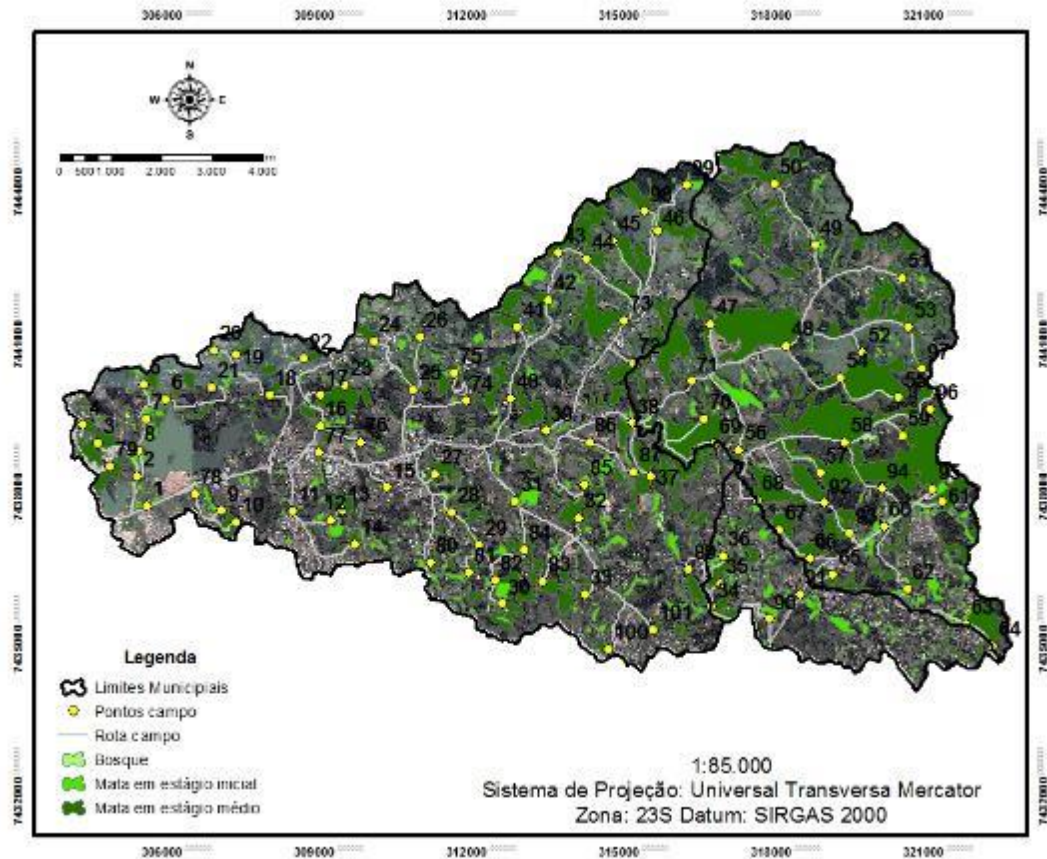


Figura 3. Mapa de vias de acesso da bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim, do ano de 2013.



Com o intuito de abranger toda a área da bacia hidrográfica, determinou-se um roteiro com 101 pontos para a coleta de informações (Figura 4). Para esse fim, utilizou-se os softwares ArcGis (*Environmental Systems Research Institute, ESRI, 1999*) e ILWIS (*Integrated Land and Water Information System, ITC, 2001*) de posse do Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba da UNESP e do Laboratório de Geoprocessamento do Instituto Agrônomo de Campinas. Os pontos de amostragem foram obtidos utilizando um aparelho GPS de marca Garmin, modelo E-trex 30.

Figura 4. Plano de amostragem para coleta de informações em campo.



4.2.2 Coleta de dados

O trabalho se baseou na percepção dos impactos ambientais recorrentes, sua magnitude e intensidade à luz da observação do avaliador, de forma a traduzir quantitativamente e qualitativamente o que foi visualizado na área em questão.

Para a coleta dos dados utiliza-se o método de avaliação ambiental através da análise de paisagem proposto por Marques *et al.* (2015), que por sua vez é uma versão adaptada do método IAC para análise de paisagem (PECHE FILHO *et al.*, 2014).

A avaliação ocorre nos pontos elencados pelo plano de amostragem. Ao chegar no local, realiza-se uma análise visual geral do cenário (360°) e buscam-se indicadores estabelecidos como elementos de destaque na paisagem e que são possíveis de serem

avaliados visualmente nos meios biótico, físico e antrópico da bacia hidrográfica (Figura 5).

Figura 5. Elementos de destaque na paisagem para avaliação visual, onde 1 representa a condição do fragmento florestal; 2 Presença de resíduos sólidos; 3 contaminação biológica por espécies vegetais exóticas egressivas; 4 condição da estrada; 5 risco de acidentes.



Essa análise pode ser limitada pela situação imediata e abrange estratos entre 300 e 500 metros de distância aproximadamente. Estratos mais longínquos não apresentam detalhes suficientes para realizar uma boa avaliação que depende apenas da visão humana (Figura 6). Todavia esse fator vai depender do posicionamento do avaliador na paisagem e da forma em que o relevo se apresenta (Figura 6).

Figura 6. Exemplo de estratificação da paisagem para avaliação, o estrato A representa o espaço válido da paisagem para avaliação, enquanto o estrato B, por sua distância compromete a avaliação da paisagem e se torna inválido.



É possível entender o meio biótico como todas as relações que envolvem flora e fauna. Para realizar a avaliação nesse meio foram utilizados indicadores descritos na Tabela 2. Elencou-se esses fatores para procurar entender a qualidade dos fragmentos florestais, relacionados principalmente com as condições de regeneração e perenidade.

Tabela 2 – Indicadores utilizados para avaliar o meio biótico.

INDICADORES	DESCRIÇÃO
Diversidade Vegetal	Está relacionada a presença de diferentes espécies arbóreas e arbustivas na paisagem.
Densidade vegetal	Este indicador está relacionado a composição vegetal arbórea do fragmento, aliado a diversidade vegetal.
Indícios de regeneração natural	É referência para a capacidade de resiliência do meio, ou seja, as condições naturais que ambiente tem de se reestabelecer perante a intensidade da ocupação antrópica.
Contaminação biológica	Um fator de perturbação ambiental e que compromete o desenvolvimento dos fragmentos florestais é a presença de espécies exóticas agressivas, como a leucena (<i>Leucaena leucocephala</i>), braquiária (<i>Brachiaria</i> sp.), taboa (<i>Typha domingensis</i>), santa bárbara (<i>Melia azedarac</i>), entre outras, pois apresentam características invasoras, não permitem o desenvolvimento de espécies nativas e reduz a longevidade natural das áreas.
Cobertura do solo	Entende-se que a cobertura vegetal do solo possui uma grande capacidade de conservação ambiental, portanto mesmo a presença de espécies exóticas se torna uma opção mais viável do que um solo descoberto.
Atividade de fauna diversificada	Para este nível de avaliação a atividade de fauna está relacionada a percepção do avaliador quanto a ruído de aves, presença de insetos e rastros de mamíferos. Ambientes que apresentam maior complexidade ecológica (diversidade e densidade vegetal) tendem a ter maior atividade de fauna diversificada.

Para compreender a qualidade ambiental dos cenários avaliados as imagens a seguir mostram o que seriam ambientes conservados (Figura 7a) e ambientes degradados (Figura 7b).

Figura 7. Análise de paisagem: (a) Meio biótico com ambientes conservados, (b) meio biótico com ambientes degradados .



(a)

(b)

O meio físico está relacionado com as dinâmicas entre solo, água, clima. Suas interações são fatores fundamentais para determinar a qualidade ambiental da paisagem. Para realizar as avaliações nesse meio foram utilizados os indicadores descritos na Tabela 3.

As Figuras 8a e 8B ilustram ambientes em que o meio físico apresenta elementos de conservação e de degradação.

Tabela 3 – Indicadores utilizados para avaliar o meio físico.

INDICADORES	DESCRIÇÃO
Cicatrizes de erosão	Indicador importante para entender o nível de conservação do solo e os impactos ambientais, principalmente provenientes das atividades agrícolas.
Deposição de sedimentos	Este indicador também está relacionado aos processos erosivos, resultam no acúmulo de material proveniente das regiões mais altas da bacia hidrográfica. A deposição de sedimentos, com o passar dos anos é responsável pela degradação dos corpos d'água através do assoreamento.
Selamento superficial	Devido ao acúmulo de água e deposição de sedimentos, materiais finos carregam para os poros do solo, deixando de permitir que a infiltração ocorra, o que promove danos ambientais significativos no que se refere a dinâmica da água sobre o solo.
Influenciado fluxo de água	Está relacionado a vulnerabilidade ambiental da paisagem em relação a topografia, pois uma área que sofre por influência do fluxo de água na vertente é potencialmente vulnerável a recorrentes processos de degradação ambiental.
Risco de incêndio	O risco de incêndio é bastante preocupante, pois compromete drasticamente a regeneração de fragmentos florestais.

Figura 8. Análise de paisagem: (a) meio físico com ambientes conservados, (b) meio físico com ambientes degradados.



(a)



(b)

O meio antrópico é determinado pela interação das atividades humanas com o meio, seus impactos ambientais, sejam eles positivos ou negativos, sua capacidade de alterar a paisagem e a dinâmica natural. Os indicadores utilizados para avaliar o meio antrópico estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 – Indicadores utilizados para avaliar o meio físico.

INDICADORES	DESCRIÇÃO
Ocupação do solo	Relacionado principalmente com a forma como ocorrem a instalação das atividades humanas, as consequências ambientais e a capacidade de antropizar as paisagens.
Potencial de carga difusa	As atividades antrópicas geram cargas poluentes difíceis de serem detectadas, provenientes principalmente da agricultura e do uso indiscriminado de agroquímicos, fatores como a topografia e a ocupação inadequada estão ligados à potencial geração de carga difusa.
Práticas conservacionistas	São fundamentais para minimizar as ações antrópicas, relacionadas principalmente a ocupação do solo inadequada e geração de carga difusa. As práticas conservacionistas podem estar em todo o território, mas é no meio rural que se expressam mais.
Trafego de veículos	Este indicador busca avaliar a intensidade do tráfego de veículos na região, pois quanto maior o fluxo de veículos, maiores são as possibilidades de impactos ambientais.
Condição da estrada	As estradas são vetores de impactos ambientais e sua deterioração está ligada a danos ambientais severos, como processos erosivos e geração de cargas difusas.
Risco de acidentes	O tráfego de veículos e as más condições das estradas potencializam a ocorrência de acidentes, que por sua vez podem gerar impactos significativos ao ambiente e a vida humana.
Risco de contaminação	Este indicador busca avaliar o potencial risco que as atividades humanas têm de contaminação ao meio, principalmente em decorrência da ocupação das áreas e sua vulnerabilidade.
Resíduos sólidos	A presença de resíduos sólidos depositados em locais inadequados é a expressão máxima dos danos ambientais provenientes do meio antrópico.
Impacto de borda	A ocupação inadequada e sem planejamento suprime o desenvolvimento dos fragmentos florestais, levando muitas vezes ao seu desaparecimento, portanto este indicador avalia a pressão que a ocupação antrópica pode causar ao meio natural.

Para ilustrar os impactos ambientais decorrentes do meio antrópico a Figura 9 mostra cenários com elementos de destaque mais harmoniosos com a paisagem (Figura 9a) e elementos de destaque relacionados aos processos de degradação ambiental (Figura 9b).

Figura 9. Análise da paisagem: (a) meio antrópico com elementos de destaque harmoniosos à paisagem, (b) meio antrópico com elementos de destaque relacionados a processos de degradação ambiental.



(a)



(b)

4.3 Obtenção e análise dos dados

Para obter notas da avaliação descrita anteriormente foram atribuídos valores de 1 para cenários que apresentaram elementos de destaque relacionados a impactos ambientais negativos, alta vulnerabilidade ambiental e processos de degradação ambiental; enquanto para cenários que apresentaram elementos de destaque com impactos ambientais positivos, baixa vulnerabilidade ambiental e processos que promovem a conservação ambiental, de forma gradual e crescente, foram atribuídos valores mais elevados, em que o máximo para essa avaliação é 5.

As imagens a seguir mostram como o a avaliação ambiental ocorre em campo e possibilita a obtenção dos índice de eficiência ambiental da paisagem tanto para para cenários mais críticos (Figura 10) quanto para cenários menos críticos (Figura 11) e seus resultados (Tabela 5).

Figura 10. Paisagem que apresenta cenário bastante crítico em relação as condições ambientais, como baixa densidade e diversidade florestal, contaminação biológica por espécies vegetais exóticas e agressivas, processos erosivos acelerados, assoreamento do corpo d'água e ocupação do solo inadequada.



Figura 11. Paisagem que apresenta cenário menos crítico em relação as condições ambientais, como alta densidade e diversidade vegetal do fragmento florestal, práticas conservacionistas funcionais, solo coberto, redução de processos erosivos escorrimento superficial, solo coberto, configurando adequação do solo mais adequada.



Tabela 5 – Exemplo de avaliação dos índices de eficiência ambiental da paisagem.

Meio	Indicador	Avaliação figura 10	Avaliação figura 11
Biótico	Densidade Vegetal	1	4
	Diversidade vegetal	1	4
	Indícios de regeneração natural	1	4
	Contaminação biológica	1	2
	Cobertura do solo	1	3
	Atividade de fauna diversificada	1	2
	Cicatrizes de erosão	1	2
Físico	Deposição de sedimentos	1	3
	Selamento superficial	1	3
	Influência do fluxo de água	1	3
	Risco de incêndio	1	3
	Ocupação do solo	1	3
	Potencial de carga difusa	1	3
	Práticas conservacionistas	1	3
Antrópico	Trafego de veículos	1	1
	Condição da estrada	4	2
	Risco de acidentes	1	1
	Risco de contaminação	1	2
	Resíduos sólidos	2	1
	Impacto de borda	1	2

Tal procedimento possibilita a obtenção de um índice de eficiência ambiental da paisagem para cada um dos locais avaliados por meio da seguinte equação:

$$IEAP(n) = \frac{\sum x}{\sum y} * 100 \quad (1)$$

Onde,

- *IEAP* corresponde ao Índice de Eficiência Ambiental da Paisagem (%);
- *n* corresponde ao número de pontos avaliados;
- *x* corresponde ao valor obtido no processo de avaliação;
- *y* corresponde ao valor máximo na escala de avaliação.

Os resultados foram divididos em 5 classes de valores, sendo que o menor índice de eficiência ambiental da paisagem possível nessa avaliação é 20% para os locais que sofrem maiores impactos ambientais negativos, portanto é possível as classes de acordo com a tabela a seguir (Tabela 6), na qual a Classe E apresenta os níveis mais críticos de vulnerabilidade ambiental e de forma crescente, a Classe A os níveis menos críticos.

Tabela 6 – Distribuição de classe de valores índice de eficiência ambiental da paisagem.

Classes	Valores (%)	
A	84	100
B	68	84
C	52	68
D	36	52
E	20	36

Os resultados obtidos em campo forneceram informações significativas acerca da situação ambiental da bacia hidrográfica. O processamento dos dados se iniciou pela análise dos índice de eficiência ambiental da paisagem coletados em campo, permitindo a leitura dos impactos e danos ambientais encontrados na bacia hidrográfica.

A próxima etapa consistiu na obtenção da estatística descritiva dos dados coletados e possibilitou a obtenção de um histograma. Esse histograma permitiu estratificar os índice de eficiência ambiental da paisagem dos pontos amostrados em classes distintas, verificar a frequência dos valores médios e extremos, e realizar o teste de normalidade dos resultados dessa análise para determinar se há a necessidade de ajustes para normalizá-los.

4.3.1 Geoprocessamento

O uso do geoprocessamento como ferramenta para auxiliar nos estudos ambientais ganhou muito espaço ao longo dos anos, pois agrega técnicas de análise que auxiliam no conhecimento rápido da área de estudo. Segundo Stassus e Prado Filho (2012), o geoprocessamento é um dispositivo biopolítico que pode ser aplicado para obter informações globais de infraestrutura, saúde, educação, saneamento e criminalidade. Os autores também consideram que o geoprocessamento é um eficiente dispositivo de controle sobre as potencialidades de um determinado território e na gestão de municípios que atuam sobre a população.

A geoestatística auxilia no ajuste e processamento das informações obtidas, facilita a espacialização para atributos de dados espaciais por amostras pontuais, possibilitam uma abordagem unificada para espacialização de atributos de natureza

numérica e temática amostrados pontualmente e permitem a estimação de incertezas associadas aos valores especializados (FELGUEIRAS, 1999).

Atualmente para realizar um estudo dessa natureza em bacias hidrográficas é imprescindível o uso de tais ferramentas para gerar dados confiáveis e informações precisas.

Com o ajuste dos dados foi possível criar um semivariograma que indica o ajuste dos dados de forma exponencial para o modelo de interpolação.

Para Jakob e Young (2006) a interpolação é uma técnica utilizada para a estimativa do valor de um atributo em locais não amostrados, a partir de pontos amostrados na mesma área ou região. Os autores dizem que os métodos de ponderação Inverso das Distâncias (IDW), Funções de Base Radial e Krigagem, calculam um valor de uma dada grandeza no espaço entre as amostras, e que a interpolação dos dados são uma forma de analisar espacialmente através de uma metodologia probabilístico-estocástica (JAKOB e YOUNG, 2006).

Para determinar qual dos três métodos (krigagem, inverso do quadrado da distância e funções de base radial) é o mais indicado para interpolar os dados foi utilizada a análise do erro médio quadrático, como utilizado por Mello *et al.* (2006).

4.3.1.1 Tipificação de regiões

A interpolação dos dados permite identificar quais são as regiões da bacia hidrográfica que sofrem maiores impactos ambientais negativos, possibilita a estratificação em classes de manejo distintas e fornece subsídios para a elaboração de um plano de gestão ambiental com o intuito de proporcionar o aumento índice de eficiência ambiental da paisagem para os ambientes de proteção da região.

4.3.2 Plano de gestão ambiental

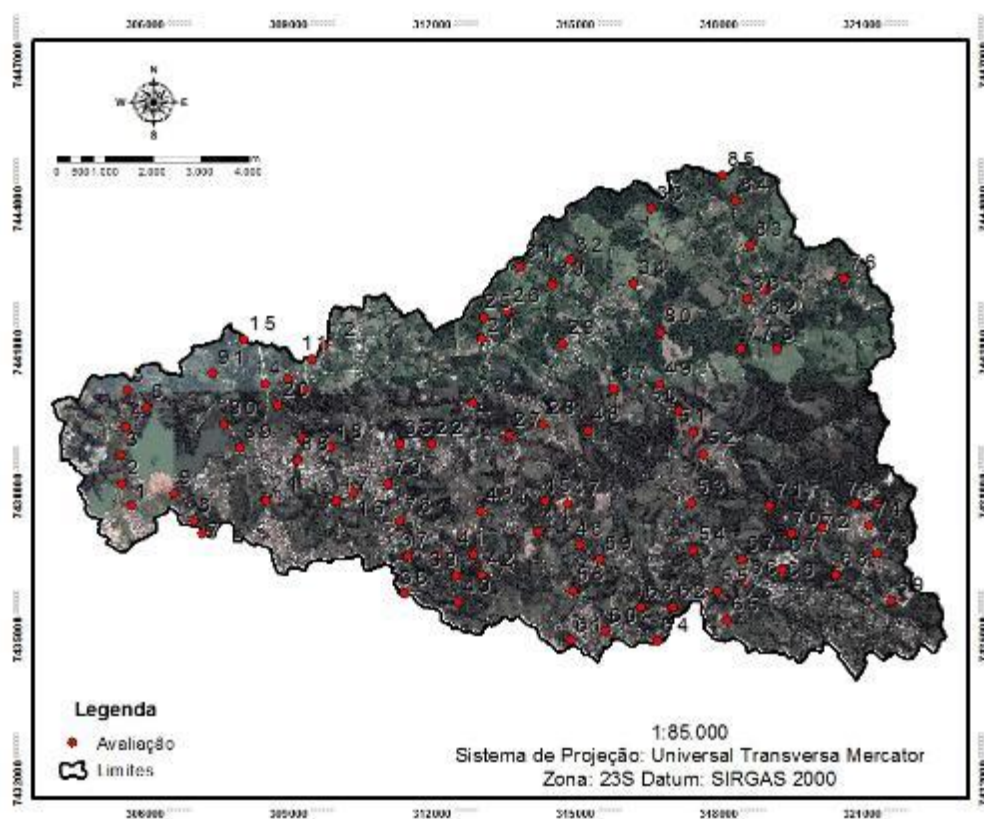
Cada uma das regiões estratificadas é composta por características bióticas, físicas e antrópicas complexas, portanto é necessário analisar minuciosamente cada uma das situações apresentadas, mesmo que façam parte da mesma classe de manejo.

Analisando os aspectos gerais de cada uma das regiões foram propostas ações para gestão ambiental, que devem auxiliar nos processos de melhoria dos ambientes de proteção e estabelecer diretrizes para políticas públicas da bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Muitos dos locais elencados para realizar as análises em campo se encontram em áreas particulares ou condomínios, limitando seu acesso, portanto dos 101 pontos inicialmente determinados apenas 91 foram contemplados (Figura 12). Os trabalhos em campo foram realizados em um período de 4 dias e foram percorridos um total de aproximadamente 170 km.

Figura 12. Locais de amostragem selecionados para coleta de informações em campo, na bacia do rio Jundiá Mirim, em 2015.



5.1 Análise dos dados

Nos anexos há uma tabela que apresenta os resultados da análise de paisagem realizada nos ambientes de proteção da bacia hidrográfica do rio Jundiá Mirim (Tabela 14). Essa avaliação mostrou um cenário preocupante, pois o índice de eficiência ambiental da paisagem médio dos 91 locais avaliado atingiu 38%, variando entre 23% e 68%.

Alguns pontos apresentaram discrepância de valores, impedindo uma determinação espacial concisa, portanto com o intuito de ajustar os dados foram excluídos do plano 3 pontos, elevando o índice de eficiência ambiental da paisagem médio para 39,3% e melhorando os valores de simetria e curtose obtidos na análise da estatística descritiva (Tabela 7). Tal procedimento foi fundamental para ajustar os modelos de interpolação dos dados.

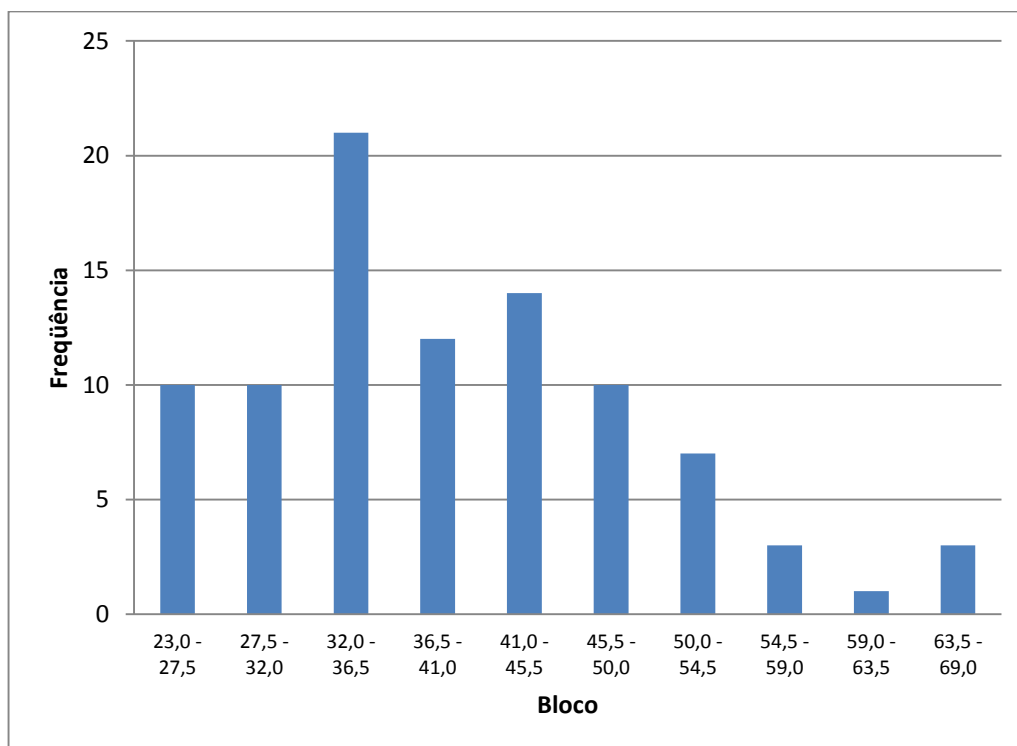
Tabela 7 – Estatística descritiva com os pontos ajustados.

Média (%)	39,33409091
Erro padrão (%)	0,999320742
Mediana (%)	37,5
Moda (%)	44
Desvio padrão (%)	9,374459511
Variância da amostra	87,88049112
Curtose	-0,355030789
Assimetria	0,394311025
Intervalo	41
Mínimo (%)	23
Máximo (%)	64
Soma	3461,4
Contagem	88

A análise de consistência apontou um cenário pouco favorável para a bacia hidrográfica. Em busca de um melhor entendimento de sua frequência, os índices de eficiência ambiental da paisagem, distribuídos entre 23% e 69%, foram divididos em 10

blocos em um histograma (Figura 13). Essa divisão permitiu constatar que a maior parte da bacia apresentou resultados que se enquadram nos blocos de menor valor, com destaque para aquele que corresponde aos índices entre 32% e 36,5%.

Figura 13. Histograma da distribuição de notas obtidas e suas classes de valores.



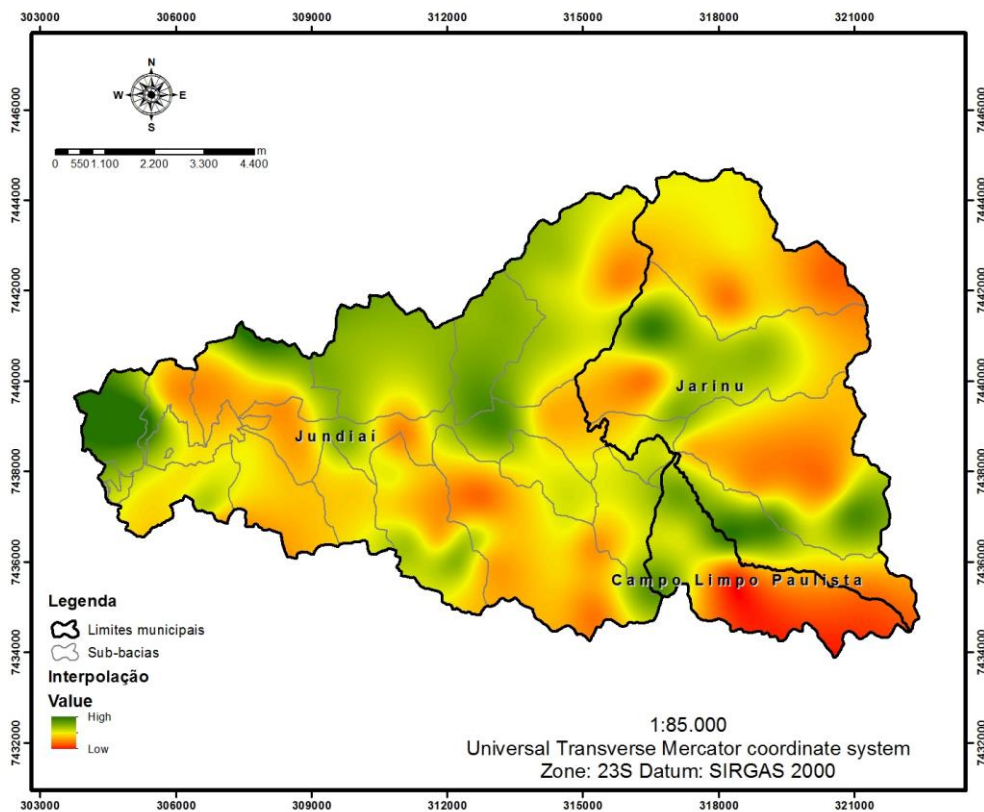
Ao eliminar os valores extremos e que não se enquadravam na distribuição espacial, foi possível estabelecer a normalidade do plano amostral, como mostra a Tabela 8. A normalização dos dados é imprescindível para a concepção da etapa de interpolação dos dados.

Tabela 8 – Teste de normalidade.

Teste (Estatística)	Valor	Vcrit	p-valor	Normal
Kolmogorov-Smirnov (D)	0.09832	0.09459	$p < .05$	Não
Cramér-von Mises (W2)	0.10130	0.12529	$p > .10$	Sim
Anderson-Darling (A2)	0.59073	0.75511	$p > .10$	Sim
Kuiper (V)	0.14174	0.15644	$p > .10$	Sim
Watson (U2)	0.09034	0.11534	$p > .10$	Sim
Lilliefors (D)	0.09832	0.09445	$p < .05$	Não
Shapiro-Wilk (W)	0.97542	-	0.09262	Sim

O método de interpolação utilizado para processar os dados foi o funções de base radial, determinado pelo menor erro médio quadrático, o qual atingiu 0,011, quando comparado aos métodos de Krigagem e Inverso do quadrado da distância, e que alcançaram 0,032 e 7,406 respectivamente. Assim o resultado final da interpolação pode ser visualizado na Figura 14.

Figura 14. Interpolação final dos índice de eficiência ambiental da paisagem por funções de base radial.

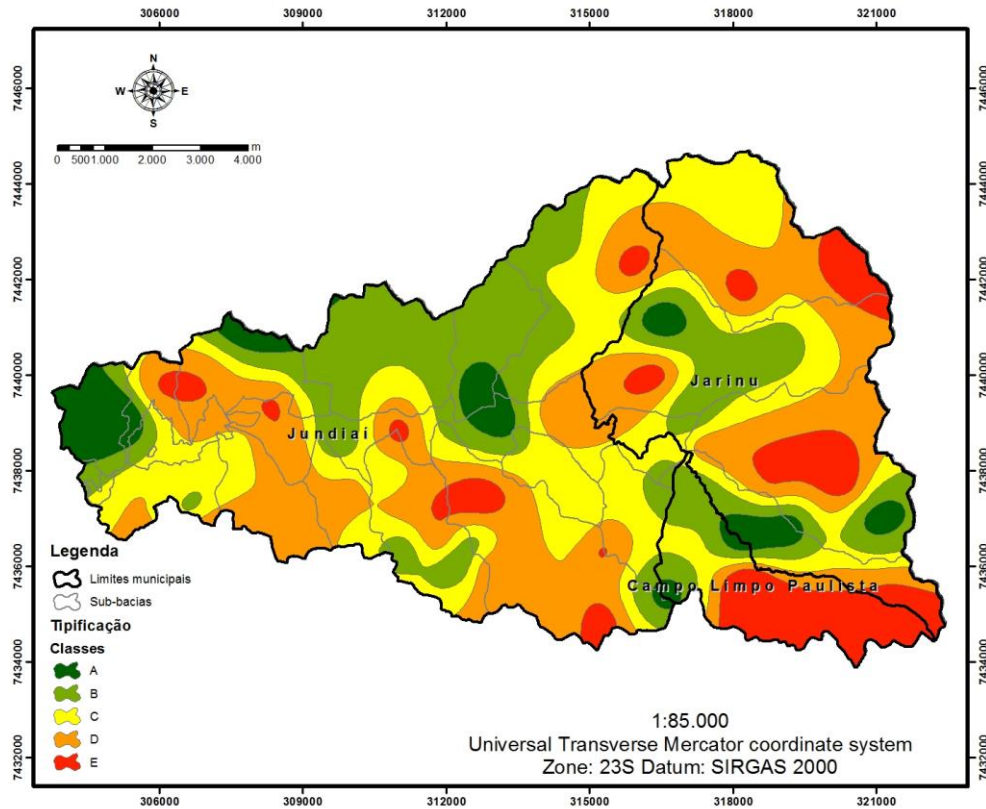


5.1.1 Tipificação das regiões

De acordo com os resultados apresentados pela interpolação dos dados foi possível dividir a área da bacia em cinco classes diferentes, de acordo com o nível de vulnerabilidade ambiental (Figura 15), proporcionando um entendimento pleno dos locais

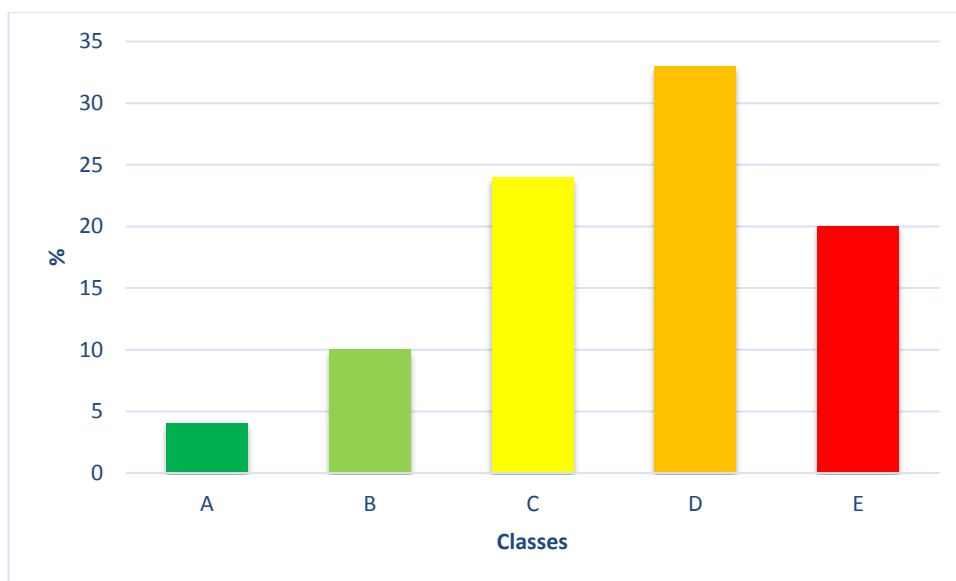
que sofrem maiores pressões em decorrência dos impactos dos ambientes de proteção da bacia hidrográfica.

Figura 15. Tipificação das áreas por classes de eficiência ambiental.



Portanto de acordo com os resultados apresentados pela tipificação das áreas da bacia hidrográfica 11% da área pertence a Classe E, 31% pertence a Classe D, 29% pertence a Classe C, 23% pertence a Classe B e apenas 6% pertence a Classe A (Figura 16).

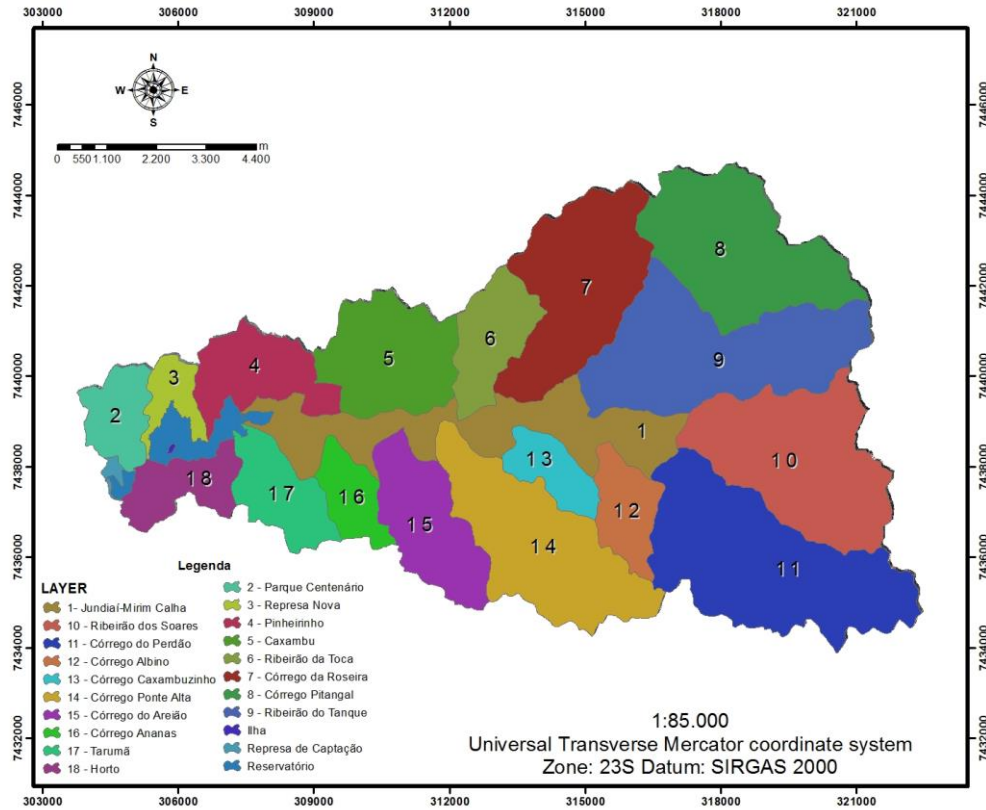
Figura 16. Distribuição percentual dos índices de eficiência ambiental da paisagem por classes de tipificação na bacia hidrográfica.



5.1.1.1 Análise por sub-bacias

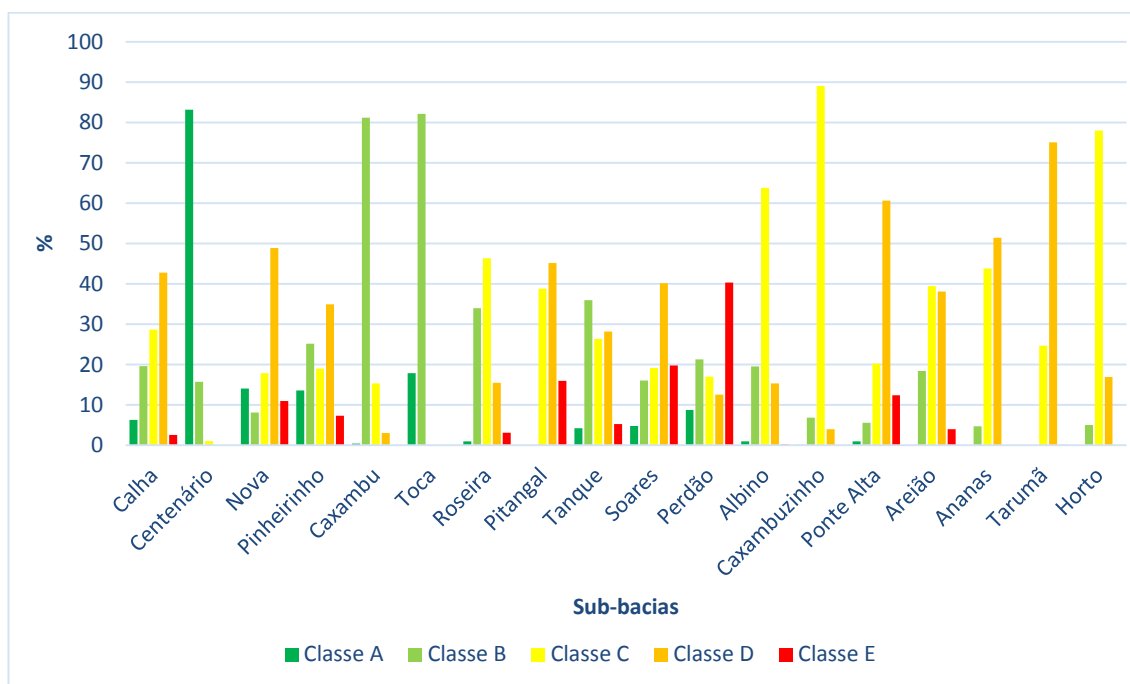
O uso do geoprocessamento possibilitou uma melhor compreensão da vulnerabilidade, fragilidade, impactos e danos ambientais em cada uma das 18 sub-bacias que compõe a bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim. Essa análise foi possível ao cruzar os mapas da localização das sub-bacias (Figura 17) com o mapa de tipificação de áreas, exposto anteriormente (Figura 15).

Figura 17. Sub-bacias que compõe a bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim.



Através dessa análise foi possível constatar quais são as sub-bacias que apresentam melhores e piores condições sobre o aspecto da qualidade ambiental (Figura 21).

Figura 18. Análise dos Índices de Eficiência Ambiental por sub-bacias.



É possível constatar que a sub-bacia do Parque Centenário possui as melhores condições ambientais, pois apresenta os índices de eficiência ambiental da paisagem mais elevados, onde em 83% de sua área é contemplada pela Classe A e 16% de sua área pela Classe B, assim as classes que comprometem a qualidade ambiental nessa sub-bacia não são significativas.

Em contrapartida é possível elencar a sub-bacia do córrego do Perdão como a mais preocupante em relação aos índices de eficiência ambiental da paisagem, pois 40% de sua área corresponde a Classe E.

Destaca-se nessa análise as sub-bacias do córrego Ananas, com percentualmente a maior área que corresponde a Classe D, 51%. Também destaca-se a sub-bacia do córrego Caxambuzinho com 89% de sua área contemplada pela Classe B. As sub-bacias do ribeirão da Toca e Caxambu também merecem atenção, pois ambas apresentam os maiores índices percentuais de sua áreas contempladas pela Classe B, com 82% e 81% sucessivamente.

Os resultados obtidos geraram uma gama de informações que podem e devem subsidiar a elaboração de um plano de gestão ambiental para a bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim, uma vez que o cenário apresentado é bastante preocupante.

O plano de gestão ambiental deve conter programas e projetos que em curto médio e longo prazo atuarão na melhoria da qualidade ambiental da bacia hidrográfica.

5.1.2 Plano de gestão ambiental

As análises dos dados e sua interpolação forneceram subsídios suficientes para elaborar um plano de gestão ambiental específico para cada uma das classes em função do nível de perturbação, vulnerabilidade e complexidade ambiental.

As palavras plano, programa, projeto são tomadas como quase sinônimas e frequentemente intercambiáveis, remetem ação humana, individual ou coletiva, orientada por um fim ou por uma intencionalidade, caracterizam-se por expressar um objetivo claro e consistente e pela existência de instrumentos adequados para a obtenção dos fins propostos (DE PAULA, 2003). Um plano de gestão é o pressuposto principal para desencadear as atividades necessárias para proporcionar a resolução da problemática levantada, deve orientar a elaboração dos programas adequados e assim nortear as ações referentes aos projetos, suas especificidades, bases orçamentárias, alocação de recursos e cronogramas.

O plano de gestão dos ambientes de proteção da bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim deve ser baseado na melhoria dos meios bióticos, físicos e antrópicos. Em função das informações obtidas através da análise em campo, constatou-se que os todos os ambientes de proteção da bacia hidrográfica apresentam situações preocupantes relacionadas a qualidade ambiental, com maior ou menor intensidade e magnitude.

A vulnerabilidade ambiental transformou as paisagens naturais da bacia hidrográfica em paisagens antropizadas, em consequência dessa alteração problemas como diminuição de fauna e flora, simplificação e contaminação biológica, processos erosivos, geração de resíduos sólidos e outras cargas difusas, ou seja, perturbações ambientais, são recorrentes em toda extensão da bacia hidrográfica. Portanto faz-se necessário a criação de programas que atendam às necessidades dos meios bióticos, físicos e antrópicos e oriente a elaboração de projetos consistentes para alavancar a qualidade ambiental da bacia hidrográfica.

É possível sintetizar como estrutura do plano de gestão ambiental para a bacia hidrográfica no que se refere as questões relacionadas ao meio biótico, programas de recuperação de áreas degradadas, restauração e habilitação de fragmentos florestais e reconstituição da fauna. Para as questões relacionadas ao meio físico determinam-se programas para conservação do solo, qualidade da água, prevenção e combate ao incêndio. Enquanto o meio antrópico contempla os programas para adequação da ocupação e uso do solo, gerenciamento de resíduos sólidos e educação ambiental

Os locais pertencentes a Classe A, apresentam características mais conservadas, conseqüentemente contemplam projetos mais simplificados ou impulsionam para um novo patamar ambiental, pois apresentam ambientes de proteção mais consolidados, no qual a vulnerabilidade ambiental não afeta de modo significativo sua qualidade e os elementos de perturbações ambientais interagem com menos intensidade no meio. O mosaico de imagens a seguir representa os aspectos bióticos, físicos e antrópicos (Figura 17).

Figura 19. Imagens das áreas correspondentes a Classe A, com características de integração de atividades antrópicas com aspectos conservacionistas e fragmentos florestais com densidade e diversidade vegetal elevadas.



A Tabela 9 a seguir mostra os programas e seus respectivos projetos determinados para compor o plano de gestão dos ambientes de proteção das regiões de Classe A.

Tabela 9 – Programas e projetos para gestão dos ambientes de proteção de Classe A.

MEIO	PROGRAMA	PROJETO
Biótico	Restauração e habilitação de fragmentos florestais	Monitoramento de desenvolvimento florísticos
		Replanteio de espécies
	Reconstituição da Fauna	Interligação de fragmentos para corredores de fauna
		Monitoramento da população de mamíferos
		Monitoramento da população de aves
		Monitoramento da população de répteis
		Monitoramento da atividade de peixes e animais aquáticos
Monitoramento de insetos		
		Monitoramento da atividade biológica diversificada no solo
Físico	Conservação do solo	Monitoramento da qualidade das estruturas de conservação de solo no meio rural
		Monitoramento da qualidade das estruturas de conservação de solo no meio urbano
	Qualidade da água	Pagamento por serviços ambientais
Prevenção e combate ao incêndio		Análise da água
		Monitoramento de potenciais focos de incêndio
Antrópico	Adequação da ocupação e uso do solo	Inserção da agricultura orgânica
		Inserção de Sistemas agroflorestais
	Gerenciamento de resíduos sólidos	Ocupação de espaços públicos para agricultura urbana
		Composteiras comunitárias
	Educação Ambiental	Oficina para engajamento da comunidade
		Divulgação das ações positivas nos veículos de comunicação

Os pontos contemplados pela Classe B apresentam características menos conservadas e mais elementos de perturbação ambiental do que os encontrados na classe anterior, portanto seus projetos apresentam uma complexidade um pouco maior. É possível observar os aspectos bióticos, físicos e antrópicos no mosaico de imagens a seguir (Figura 18).

Figura 20. Imagens das áreas correspondentes a Classe B, que apresenta características de conservadas, porém comalgumas perturbações ambientais provenientes das atividades antrópicas, como níveis de contaminação biológica, processos erosivos e o risco de acidentes.



A Tabela 10 a seguir mostra os programas e seus respectivos projetos determinados para compor o plano de gestão dos ambientes de proteção das regiões de Classe B.

Tabela 10 – Programas e projetos para gestão dos ambientes de proteção de Classe B.

MEIO	PROGRAMA	PROJETO
Biótico	Restauração e habilitação de fragmentos florestais	Monitoramento de desenvolvimento florístico
		Replântio de espécies
	Reconstituição da Fauna	Monitoramento da população de mamíferos
		Monitoramento da população de aves
		Monitoramento da população de répteis
		Monitoramento da atividade de peixes e animais aquáticos
Físico	Conservação do solo	Monitoramento de insetos
		Monitoramento da atividade biológica diversificada no solo
	Qualidade da água	Monitoramento da qualidade das estruturas de conservação de solo no meio rural
		Monitoramento da qualidade das estruturas de conservação de solo no meio urbano
		Investigação de cargas difusas
		Análise da água
Prevenção e combate ao incêndio	Monitoramento de potenciais focos de incêndio	
	Treinamento e capacitação para brigada de incêndio	
Antrópico	Adequação da ocupação e uso do solo	Arborização de bosques em áreas urbanas
		Adequação de locais públicos para parques e áreas de lazer
	Gerenciamento de resíduos sólidos	Alocação de novos locais para destinação adequada de resíduos sólidos
		Adequação da logística e itinerário dos veículos de coleta
		Composteiras comunitárias
Educação Ambiental	Oficina para engajamento da comunidade	
	Educação ambiental nos veículos de comunicação	

A Classe C representa os locais com as características intermediárias da bacia hidrográfica, há uma ocorrência preocupante de elementos de perturbação ambiental e alguns locais apresentam processos de degradação ambiental, consequentemente para a mitigação dos impactos negativos e a gestão ambiental desses locais os projetos se tornam mais complexos. O mosaico de imagens a seguir apresenta os aspectos ambientais dessa classe (Figura 19).

Figura 21. Imagens das áreas correspondentes a Classe C, que se caracteriza por processos de degradação ambiental e elementos de perturbação ambiental, como contaminação biológica e perda de biodiversidade em um nível preocupante.



A Tabela 11 a seguir mostra os programas e seus respectivos projetos determinados para compor o plano de gestão dos ambientes de proteção das regiões de Classe C.

Tabela 11 – Programas e projetos para gestão dos ambientes de proteção de Classe C.

MEIO	PROGRAMA	PROJETO
Biótico	Restauração e habilitação de fragmentos florestais	Escolha das espécies adaptadas a região Adequação dos locais de plantio Aquisição de mudas, sementes, coveamento, adubação e plantio Monitoramento de desenvolvimento florísticos
	Reconstituição da Fauna	Replanteio de espécies Monitoramento da atividade biológica diversificada no solo
Físico	Conservação do solo	Estruturar estratégias de conservação de solo no meio rural Estruturar estratégias de conservação de solo no meio urbano Instalação e obras de conservação de solo Monitoramento da qualidade das estruturas de conservação de solo no meio rural Monitoramento da qualidade das estruturas de conservação de solo no meio urbano
	Qualidade da água	Investigação de cargas difusas Análise da água
	Prevenção e combate ao incêndio	Monitoramento de potenciais focos de incêndio Treinamento e capacitação para brigada de incêndio
Antrópico	Adequação da ocupação e uso do solo	Readequação de áreas ocupadas em APP Arborização de bosques em áreas urbanas
	Gerenciamento de resíduos sólidos	Alocação de novos locais para destinação adequada de resíduos sólidos Adequação da logística e itinerário dos veículos de coleta
	Educação Ambiental	Oficina para sensibilizar da comunidade Oficina para engajamento da comunidade Educação ambiental nos veículos de comunicação

Os locais que correspondem a Classe D apresentam fatores de perturbação ambiental bastante preocupantes e uma grande quantidade de áreas em processo de degradação, são locais que requerem uma maior atenção em relação aos projetos que serão desenvolvidos, pois são bastante complexos. É possível verificar as características dessa classe no mosaico apresentado a seguir (Figura 20).

Figura 22. Imagens das áreas correspondentes a Classe D, apresentam impactos ambientais negativos, como processos erosivos e assoreamento do corpo d'água.



A Tabela 12 a seguir mostra os programas e seus respectivos projetos determinados para compor o plano de gestão dos ambientes de proteção das regiões de Classe D.

Tabela 12 – Programas e projetos para gestão dos ambientes de proteção de Classe D.

MEIO	PROGRAMA	PROJETO
Biótico	Recuperação de áreas degradadas (RAD)	Identificação de espécies remanescentes Análise e correção da fertilidade do solo Cobertura de solo de espécies gramíneas Cobertura de solo de espécies leguminosas Escolha das espécies adaptadas a região Adequação dos locais de plantio
	Restauração e habilitação de fragmentos florestais	Aquisição de mudas, sementes, coveamento, adubação e plantio Monitoramento de desenvolvimento florístico Replanteio de espécies
Físico	Conservação do solo	Identificação dos processos erosivos Determinar a perda de solo por erosão Estruturar estratégias de conservação de solo no meio rural Estruturar estratégias de conservação de solo no meio urbano Instalação e obras de conservação de solo
	Qualidade da água	Identificação de fontes poluentes Investigação de cargas difusas Análise da água
	Prevenção e combate ao incêndio	Estudo de inflamabilidade da região Treinamento e capacitação para brigada de incêndio
	Adequação da ocupação e uso do solo	Avaliação da perturbação ambiental no meio rural Avaliação da perturbação ambiental no meio urbano Readequação de áreas ocupadas em APP
Antrópico	Gerenciamento de resíduos sólidos	Identificação dos depósitos clandestinos de resíduos sólidos Alocação de novos locais para destinação adequada de resíduos sólidos Adequação da logística e itinerário dos veículos de coleta Oficina para integração conceitual da comunidade Oficina para sensibilizar a comunidade
	Educação ambiental	Oficina para engajamento da comunidade Educação ambiental nas escolas Educação ambiental nas empresas Educação ambiental nos veículos de comunicação

Os locais contemplados pela Classe E são mais complexos, pois muitas áreas apresentam níveis elevados de degradação ambiental e a intervenção para mitigar os elementos de perturbações ambientais recorrentes em tais regiões demandam maior dedicação técnica, mais recursos alocados e um cronograma de atividades mais extenso. O mosaico de imagens a seguir representa as situações encontradas nessa classe (Figura 21).

Figura 23. Imagens das áreas correspondentes a Classe E, com processos erosivos acelerados, assoreamento dos recursos hídricos, presença de resíduos sólidos e perda da biodiversidade.



A Tabela 13 a seguir mostra os programas e seus respectivos projetos determinados para compor o plano de gestão dos ambientes de proteção das regiões de Classe E.

Tabela 13 – Programas e projetos para gestão dos ambientes de proteção de Classe E.

MEIO	PROGRAMA	PROJETO
Biótico	Recuperação de áreas degradadas (RAD)	Identificação de espécies remanescentes Análise e correção da fertilidade do solo Cobertura de solo de espécies gramíneas Cobertura de solo de espécies leguminosas Escolha das espécies adaptadas a região Adequação dos locais de plantio
	Restauração e habilitação de fragmentos florestais	Aquisição de mudas, sementes, coveamento, adubação e plantio Monitoramento de desenvolvimento florístico Replanteio de espécies
Físico	Conservação do solo	Identificação dos processos erosivos Determinar a perda de solo por erosão Estruturar estratégias de conservação de solo no meio rural Estruturar estratégias de conservação de solo no meio urbano Instalação e obras de conservação de solo
	Qualidade da água	Identificação de fontes poluentes Investigação de cargas difusas Análise da água
	Prevenção e combate ao incêndio	Estudo de inflamabilidade da região Treinamento e capacitação para brigada de incêndio
Antrópico	Adequação da ocupação e uso do solo	Avaliação da perturbação ambiental no meio rural Avaliação da perturbação ambiental no meio urbano Readequação de áreas ocupadas em APP
	Gerenciamento de resíduos sólidos	Identificação dos depósitos clandestinos de resíduos sólidos Alocação de novos locais para destinação adequada de resíduos sólidos Adequação da logística e itinerário dos veículos de coleta Oficina para integração conceitual da comunidade
	Educação ambiental	Oficina para sensibilizar a comunidade
		Oficina para engajamento da comunidade
	Educação ambiental nas escolas Educação ambiental nas empresas Educação ambiental nos veículos de comunicação	

Os projetos apresentados para cada uma das classes por vezes parecem ser repetidos, porém é importante salientar que a mesma denominação de projetos demanda técnicas e ações diferentes, pois a tipificação das áreas ocorreu em função dos níveis de perturbação e vulnerabilidade ambiental.

Com relação a políticas públicas o estudo possibilitou elencar algumas diretrizes como sugestão de adoção pela comunidade, para os órgãos públicos e para a iniciativa privada presente na bacia hidrográfica. Segue abaixo as diretrizes sugeridas em função deste estudo.

- Desenvolver um plano para conservação de solo e água;
- Desenvolver um plano de controle e prevenção de incêndios;
- Desenvolver um plano de controle e monitoramento da poluição difusa;
- Criar serviço de proteção de fragmentos florestais;
- Elaborar plano de educação ambiental;
- Estabelecer critérios para priorização de áreas para melhorar a conectividade entre os fragmentos;
- Incentivar a agricultura de proteção;
- Estabelecer um serviço de fiscalização e controle das ações antrópicas;
- Incentivar a prática da agroecologia;
- Incentivar a prática da agricultura urbana.

6. CONCLUSÕES

A metodologia utilizada atingiu os objetivos. O uso de fragmentos florestais como referência permitiu avaliar os ambientes de proteção da bacia hidrográfica, tipificar as áreas e gerar subsídio para elaborar um plano de gestão ambiental.

É possível afirmar que a forma com que a bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim foi ocupada ao longo dos anos levou sua condição ambiental a um estado alarmante, esse fato ocorre devido a negligência com as questões ambientais que o modelo socio-econômico de ocupação e uso das terras traz. Essa situação não é um privilégio apenas da bacia hidrográfica estudada, mas infelizmente de grande parte das bacias hidrográficas de todo território nacional, uma vez que se utiliza o mesmo modelo sócio-econômico de ocupação e uso das terras em todas as localidades da federação.

Conclui-se que a bacia hidrográfica apresenta alta vulnerabilidade ambiental. É necessário uma política de ordenamento para ocupação, uso do solo e proteção da biodiversidade. Em função da pressão provocada pela urbanização intensa as áreas de transição apresentam alto risco de degradação ambiental. Esta situação traz uma urgência em elaborar e estabelecer um plano de recuperação dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica.

A bacia hidrográfica apresentou um índice de eficiência ambiental da paisagem geral de 42%, um número bastante preocupante dada a importância da bacia hidrográfica principalmente para o município de Jundiá. Ao analisar esse número por município constata-se que Jundiá apresenta um índice de eficiência ambiental da paisagem de 40%, Jarinu 39% e Campo Limpo Paulista 41%. Fengler *et al.* (2015) apresentou um resultado no qual a região de Jarinu, por apresentar os fragmentos florestais mais conservados, conseqüentemente apresentou melhores condições ambientais, porém é importante ressaltar que apenas a conservação dos

fragmentos florestais não garantem a qualidade ambiental da região, pois as atividades antrópicas como agricultura, indústria e mineração, além do processo de urbanização potencializam os impactos ambientais negativos.

A tipificação das áreas permitiu dimensionar a magnitude dos danos e da vulnerabilidade ambiental e entender quais são as regiões da bacia hidrográfica que apresentam situações ambientais semelhantes, essa análise possibilita a elaboração de um plano de gestão ambiental estratégico, pois permite elencar ações prioritárias para cada uma das classes em cada uma das 18 sub-bacias.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, A.; PASQUIS, R.; BURSZTYN, M. A reforma do Estado, a emergência da descentralização e as políticas ambientais. **Revista do Serviço Público Brasília**, v.58, n 1, p. 37-55, 2007.

BEGHELLI, F. G. S.; POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. First occurrence of the exotic Asian clam *Corbicula fluminea* (Muller, 1774) in the Jundiaí-Mirim River Basin, SP, Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 3, p. 402-403, 2014.

BÖHM, S; MISOCZKY, M. C.; MOOG, S. Greening capitalism? A Marxist critique of carbon markets. **Organization Studies**, v. 33, n. 11, p. 1617-1638, 2012.

BOLUND, P.; HUNHAMMAR, S. Ecosystem services in urban areas. **Ecological Economics**, v. 29, n. 2, p. 293-301, 1999.

BRASIL. **Lei N° 12651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências, DF, 2012.

BRAUMAN, K. A., DAILY, G. C., DUARTE, T. K. E., & MOONEY, H. A. The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. **Environmental Resources**, v. 32, p. 67-98, 2007.

BURDILES, F. N. El desarrollo y las políticas públicas. **Polis (Santiago)**, v. 11, n. 33, p. 375-392, 2012.

CAMELO, A. P. S. Quantificação e valoração do serviço ambiental hidrológico resultante da recomposição de passivos ambientais na bacia hidrográfica do Ribeirão Pipiripau. 2011. 78. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília.

CAMPOS, J.J., ALPÍZAR, F., MADRIGAL, R., LOUMAN, B. Enfoque integral para esquemas de pago por servicios de ecosistemas forestales. **Ecosistema**, v.16, n.3, p.91-96, 2007.

DE PAULA, J. A. Plano, programa e projeto: a experiência brasileira. **Soc. bras. Economia Política**. N. 13, p.101-125, 2003.

EGLER, P. C. G. Perspectivas de uso no Brasil do processo de Avaliação Ambiental Estratégica. **Parcerias Estratégicas**, v. 6, n. 11, p. 175-190, 2010.

ESRI - Environmental Systems Research Institute. Getting to know ArcView GIS. Redlands: Esri Press, 1999.

FELGUEIRAS, C. A. Modelagem ambiental com tratamento de incertezas em sistemas de informação geográfica: o paradigma geostatístico por indicação. 1999. 212f. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

FENGLER, F. H. Qualidade ambiental dos fragmentos florestais na bacia hidrográfica do rio Jundiá-Mirim. 2013. 110f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo de Campinas-IAC, Campinas.

FENGLER, F. H.; MORAES, J. F. L.; RIBEIRO, A. I.; PECHE FILHO, A.; STORINO, M.; MEDEIROS, G. A. Qualidade ambiental dos fragmentos florestais na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim entre 1972 e 2013. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 402-408, 2015.

FERNANDES, R.; SOUZA, V. J.; PELISSARI, V. B.; FERNANDES, S. T. Uso da percepção ambiental como instrumento de gestão em aplicações ligadas às áreas educacional, social e ambiental. In: II Encontro Nacional da Anppas, Anais. Indaiatuba-SP, 2008.

FRANÇA, L. V. G.; BRESSANE, A.; SILVA, F. N.; PECHE FILHO, A.; MEDEIROS, G. A.; RIBEIRO, A. I.; ROVEDA, J. A. F.; ROVEDA, S. R. M. M. Modelagem Fuzzy Aplicada à Análise da Paisagem: Uma proposta para o diagnóstico ambiental participativo. **Fronteiras**, v. 3, n. 3, 2014, p. 124-141.

FREITAS, E. P. Análise integrada do mapa de uso e ocupação das terras da microbacia do Rio Jundiá-Mirim para fins de gestão ambiental. 2012. 110f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônômico de Campinas-IAC, Campinas.

FREITAS, E. P.; MORAES, J. F. L.; PECHE FILHO, A.; STORINO, M. Indicadores ambientais para áreas de preservação permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 443-449, 2013.

GALVÃO, A. P. M. **Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso**. Embrapa Florestas, 139 p. Colombo, 2005.

GARRASTAZÚ, M. C., MENDONÇA, S. D., HOROKOSKI, T. T., CARDOSO, D. J., ROSOT, M. A., NIMMO, E. R., & LACERDA, A. E. Carbon sequestration and riparian zones: Assessing the impacts of changing regulatory practices in Southern Brazil. **Land Use Policy**, v. 42, p. 329-339. 2015.

GONÇALVES, G. G. G.; DANIEL, O.; COMUNELLO, E.; VITORINO A. C. T.; ARAI, F. K. Determinação da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas. **Revista Floresta**. v. 41 n.4, Paraná. 2011.

GRAMOLELLI JÚNIOR, F. Diagnóstico do uso da água na irrigação de culturas na bacia do rio Jundiaí-Mirim/SP. 2004. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

HAJER, M. A. **The politics of environmental discourse: ecological modernization and the policy process**. Oxford: Clarendon Press, 1995.

HOLLANDA, M. P., CECÍLIO, R. A., CAMPANHARO, W. A., ZANETTI, S. S., ANDRADE, L. N. D., & GARCIA, G. D. O. Evaluation of TOPMODEL for prediction of the runoff of a watershed under different land uses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 5, p. 489-496, 2015.

ITC - International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. Ilwis; User's Guide. Holanda: Enschede, 2001. 530p.

JAKOB, A. A. E.; YOUNG, A. F. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. **Trabalho apresentado no XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, realizado em Caxambu, MG, Brasil, 2006.**

KARAGOZOGLU, N.; LINDELL, M. Environmental management: testing the win-win model. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 43, n. 6, p. 817-829, 2000.

LEAL NETO, A. D. C., LEGEY, L. F., GONZÁLEZ-ARAYA, M. C., & JABLONSKI, S. A system dynamics model for the environmental management of the Sepetiba Bay watershed, Brazil. **Environmental management**, v. 38, n. 5, p. 879-888, 2006.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. (ed.). *Matas Ciliares: Conservação e recuperação*. São Paulo: EDUSP, FAPESP, 2.ed. 2004. 320p.

LONGO, R.M., REIS, M.S., YAMAGUCHI, C.S., DEMAMBORO, A.C., BETTINE, S.C., Ribeiro, A.I., MEDEIROS, G.A. Indicators of soil degradation in urban forests: physical and chemical parameters. **WIT Transactions on Ecology and The Environment**, v.162, p.497-503, 2012.

MAGRINI, A. Política e gestão ambiental: conceitos e instrumentos. **Revista Brasileira de Energia**, Junho, 2001.

MANFRÉ, L.A., SILVA, A.M., URBAN, R.C., RODGERS, J. Environmental fragility evaluation and guidelines for environmental zoning: a study case on Ibiuna (the Southeastern Brazilian region). **Environmental Earth Science**, v.69, p.947-957, 2013.

MARQUES, B. V.; PECHE FILHO, A.; QUEIROZ, D. F. A.; FENGLER, F. H.; SANTOS, F. A.; MEDEIROS, G. A. Avaliação ambiental de propriedades rurais. In: **XII Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas**. Anais. v. 7. Poços de Caldas, 2015.

MARTINICO, F.; LA ROSA, D.; PRIVITERA, R. Green oriented urban development for urban ecosystem services provision in a medium sized city in southern Italy. **iForest**, e1-e11, 2014.

MARTINS, S. V. Restauração ecológica de ecossistemas degradados. **Editores UFV, Viçosa**. 2012.

MEDEIROS, G.A.; TRESMOND, A.C.C.L.; QUEIROZ, B.P.V.; MELO, C.A.; ROSA, A.H.; NEGRO, C.V.; FRACETO, L.F.; RIBEIRO, A.I. Evaluation of metals in water and sediments of micro-basins in the city of Americana, São Paulo state, Brazil. **WIT Transactions on Ecology and The Environment**, v.172, p.201-212, 2013.

MELLO, C. D., LIMA, J. M., SILVA, A. M., MELLO, J. M., & OLIVEIRA, M. S. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 5, p. 925-933, 2003.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota neotropica**, v. 1, n. 1-2, p. 1-9, 2001.

MONDAL, P.; SOUTHWORTH, J. Evaluation of conservation interventions using a cellular automata-Markov model. **Forest Ecology and Management**, v.260, p.1716-1725, 2010.

MORAES, J. F. L.; CARVALHO, Y. M. C.; PECHE FILHO, A. Diagnóstico agroambiental para a gestão e monitoramento da Bacia do Rio Jundiá-Mirim. In: HAMADA, E. (Editora), **Água, agricultura e meio ambiente no Estado de São Paulo: avanços e desafios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, cap. III, 1 CD-ROM, 2003.

MULLER, N. Z. Using index numbers for deflation in environmental accounting. **Environment and Development Economics**, v. 19, p 466-486, 2014.

MUNDA, G.; NIJKAMP, P.; RIETVELD, P. Qualitative multicriteria evaluation for environmental management. **Ecological economics**, v. 10, n. 2, p. 97-112, 1994.

OJIMA, R. Dimensões da urbanização dispersa e proposta metodológica para estudos comparativos: uma abordagem socioespacial em aglomerações urbanas brasileiras. **Est. Pop., São Paulo**, v. 24, n. 2, p. 277-300, 2007.

OLIVEIRA, F. R. Avaliação da paisagem da sub-bacia do alto São Bartolomeu pelo modelo Pressão-Estado-Resposta. 2013. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Gestão Ambiental) – Universidade de Brasília, Planaltina.

OLIVEIRA, K. A.; CORONA, H. M. P. A percepção ambiental como ferramenta de propostas educativas e de políticas ambientais. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 1, n. 1, 2011.

PECHE FILHO, A.; RIBEIRO, A. I.; FENGLER, F. H.; MEDEIROS, G. A.; FREITAS, E. P.; STORINO, M.; MARQUES, B. V.; QUEIROZ, D. F. A. Metodologia IAC para análise de paisagem. In: XI Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas. Anais. v. 6. Poços de Caldas, 2014.

PÉREZ, M. R., FERNÁNDEZ, C.G., SAYER, J.A. Los servicios ambientales de los bosques. **Ecosistema**, v.16, n.3, p.81-90, 2007.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FRANCO, F. S.; CAPELO, F. F. M.; SCARAVELLI, F. S.; BUCK, P. V. Conservação ex situ: dos bancos de germoplasma aos sistemas agroflorestais. In: PIRATELLI, A. J.; FRANCISCO, M. R. coordenadores, Technical Books Editora. **Conservação da biodiversidade: dos conceitos às ações**. 272 p, Rio de Janeiro, 2013.

PIZELLA, D. G.; SOUZA, M. P. Avaliação Ambiental Estratégica de Planos de Bacias Hidrográficas. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 243-252, 2013.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas, **Estudos Avançados**, vol.22(63), pp.43-60. 2008.

PORTO, M. F. S.; SCHÜTZ, G. E. Gestão ambiental e democracia: análise crítica, cenários e desafios. **Ciência & Saúde Coletiva**, 17(6):1447-1456. 2012.

PRADO, T. B. G. Evolução do uso das terras e produção de sedimentos na bacia hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim. 2005. 72f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo de Campinas-IAC, Campinas.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do Novo Rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 4, p. 445-451, 2003.

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

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação ambiental estratégica e sua aplicação no Brasil. **São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo**, 2008.

SANCHEZ, G. M., NEJADHASHEMI, A. P., ZHANG, Z., WOZNICKI, S. A., HABRON, G., MARQUART-PYATT, S., & SHORTRIDGE, A. Development of a socio-ecological environmental justice model for watershed-based management. **Journal of Hydrology**, v. 518, p. 162-177, 2014.

SANTIN, J. R.; DALLA CORTE, T. Ação Popular Ambiental e Cidadania Solidária: a participação da população na gestão sustentável do meio ambiente e o modelo teórico do estado de direito ambiental. doi: 10.5007/2177-7055.2011v32n63p235. **Seqüência: Estudos Jurídicos e Políticos**, v. 32, n. 63, p. 235-270, 2011.

SANTOS, R. F. dos; CALDEYRO, V. S. *Vulnerabilidade Ambiental: desastres ambientais ou fenômenos induzidos?* In: SANTOS, R. F. dos. (Org.). Brasília: MMA, 2007.

SARDINHA, D. S.; CONCEIÇÃO, F. T.; GODOY, H. L. Índice simplificado na avaliação de impacto ambiental nos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Ribeirão do Meio, Leme, São Paulo, Brasil. **AUGMDOMUS**, v. 2, 2010.

SÃO PAULO (Estado). **Lei N° 8421**, de 23 de novembro de 1993. Dispõe sobre uso conservação e preservação do solo agrícola e dá outras providências, SP, 1993.

SÃO PAULO (Estado). **Lei N° 9866** de 28 de novembro de 1997. Dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo e dá outras providências, SP, 1997.

SHRESTHA, S.; KAZAMA, F. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. **Environmental Modelling & Software**, v. 22, n. 4, p. 464-475, 2007.

SICHE, R. AGOSTINHO, F., ORTEGA, E., & ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & sociedade**, v. 10, n. 2, p. 137-148, 2007.

STASSUS, C. C. S.; PRADO FILHO, K. Geoprocessamento como prática biopolítica no governo municipal. **Revista Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 46(6). P. 1649-1669, 2012.

TRICARD, J. **Ecodinâmica**, FIBGE, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, Rio de Janeiro/RJ, 1977. Essa referência não aparece na dissertação.

TAGLIANI, C. R. A. Técnicas para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações. In: *Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 11, Belo Horizonte. Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1657-1664.

UEHARA, T. H. K.; OTERO, G. G. P.; MARTINS, E. G. A.; PHILIPPI JR, A.; MANTOVANI, W. Pesquisas em gestão ambiental: análise de sua evolução na Universidade de São Paulo. **Ambiente & Sociedade**, v. 13, n. 1, p. 165-185, 2010.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.55-64, 2010.

VENKATESH, G.; BRATTEBØ, H. Typifying cities to streamline the selection of relevant environmental sustainability indicators for urban water supply and sewage handling systems: a recommendation. **Environment, Development and Sustainability**, v. 15, n. 3, p. 765-782, 2013.

YUNKER, M. B., MACDONALD, R. W., VINGARZAN, R., MITCHELL, R. H., GOYETTE, D., & SYLVESTRE, S. PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition. **Organic geochemistry**, v. 33, n. 4, p. 489-515, 2002.

ZANELA, M. E.; DANTAS, E. W. C; OLÍMPIO, J. L. S. A vulnerabilidade natural e ambiental do município de Fortaleza/CE. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v. 31, n. 2, p. 13-27, jul./dez. 2011.

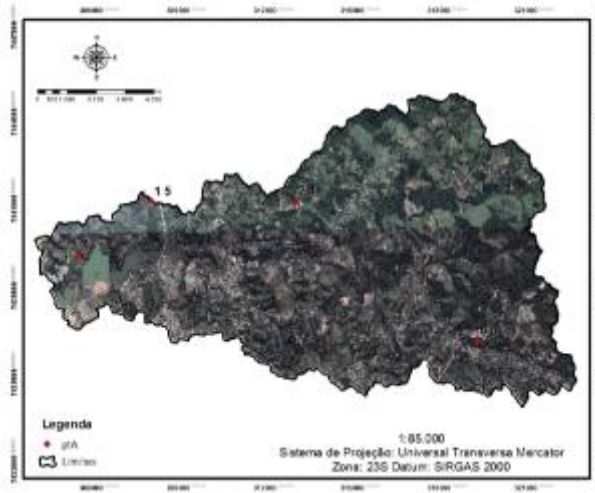
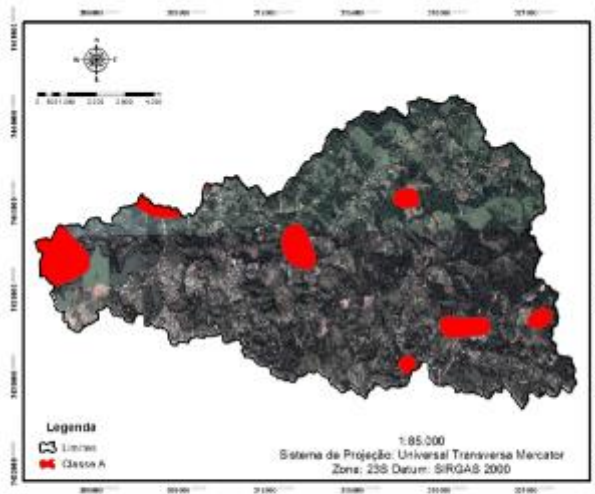
APENDICES

**APENDICE 1 – ÍNDICE DE EFICIÊNCIA AMBIENTAL DA
PAISAGEM OBTIDOS NA AVALIAÇÃO EM CAMPO**

Tabela 14 – Índice de eficiência ambiental da paisagem obtidos na avaliação em campo.

Ponto	IEAP	Ponto	IEP
1	36,00	47	41,00
2	52,00	48	31,00
3	55,00	49	26,00
4	64,00	50	44,00
5	43,00	51	47,00
6	35,00	52	33,00
7	32,00	53	51,00
8	42,00	54	41,00
9	37,00	55	36,00
10	44,00	56	26,00
11	36,00	57	54,00
12	49,00	58	34,00
13	47,00	59	28,00
14	40,00	60	25,00
15	62,35	61	30,00
16	35,00	62	54,00
17	34,00	63	47,00
18	49,00	64	42,00
19	35,00	65	24,00
20	30,00	66	66,00
21	34,00	67	38,00
22	39,00	68	37,00
23	54,00	69	26,00
24	68,00	70	55,00
25	48,00	71	33,00
26	49,00	72	31,00
27	54,00	73	45,00
28	34,00	74	52,00
29	44,00	75	44,00
30	42,00	76	23,00
31	48,00	77	44,00
32	44,00	78	33,00
33	36,00	79	39,00
34	27,00	80	58,00
35	26,00	81	47,00
36	41,05	82	31,00
37	44,00	83	37,00
38	33,00	84	38,00
39	48,00	85	36,00
40	40,00	86	25,00
41	44,00	87	29,00
42	35,00	88	31,00
43	23,00	89	36,00
44	35,00	90	31,00
45	34,00	91	34,00
46	37,00		

**APENDICE 2 – PRANCHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE
CLASSE A**



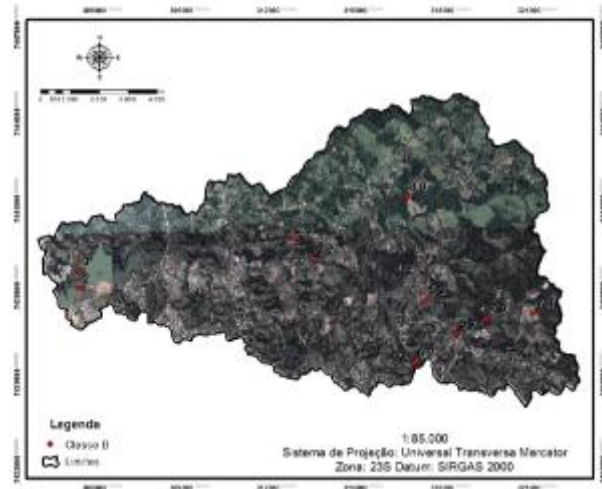
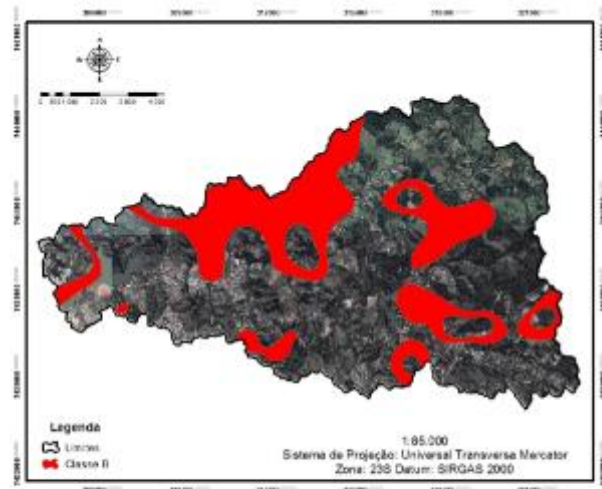
CLASSE A



PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL

MEIO	PROGRAMA	PROJETO
Biótico	Restauração e habilitação de fragmentos florestais	Monitoramento de desenvolvimento florístico
		Replanteio de espécies
	Reconstituição da Fauna	Interligação de fragmentos para corredores de fauna
		Monitoramento da população de mamíferos
		Monitoramento da população de aves
		Monitoramento da população de répteis
		Monitoramento da atividade de peixes e animais aquáticos
Físico	Conservação do solo	Monitoramento da atividade biológica diversificada no solo
		Monitoramento a qualidade das estruturas de conservação de solo no meio rural
	Qualidade da água	Monitoramento a qualidade das estruturas de conservação de solo no meio urbano
Pagamento por serviços ambientais		
Antrópico	Adequação da ocupação e uso do solo	Análise da água
		Monitoramento de potenciais focos de incêndio
	Gerenciamento de resíduos sólidos	Inserção da agricultura orgânica
		Inserção de Sistemas agroflorestais
	Educação Ambiental	Ocupação de espaços públicos para agricultura urbana
Composteiras comunitárias		
		Oficina para engajamento da comunidade
		Divulgação das ações positivas nos veículos de comunicação

**APENDICE 3 – PRANCHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE
CLASSE B**

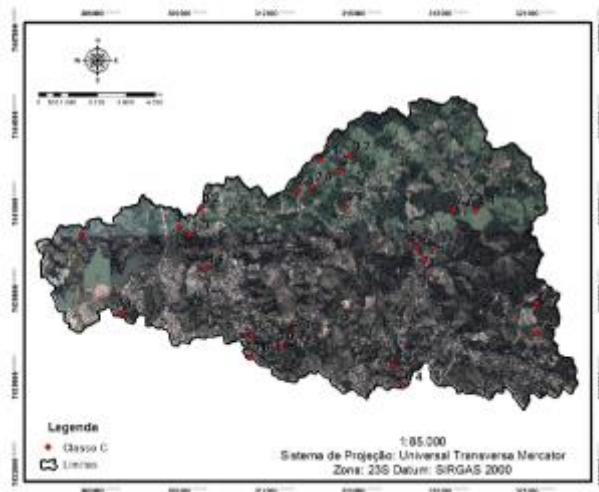
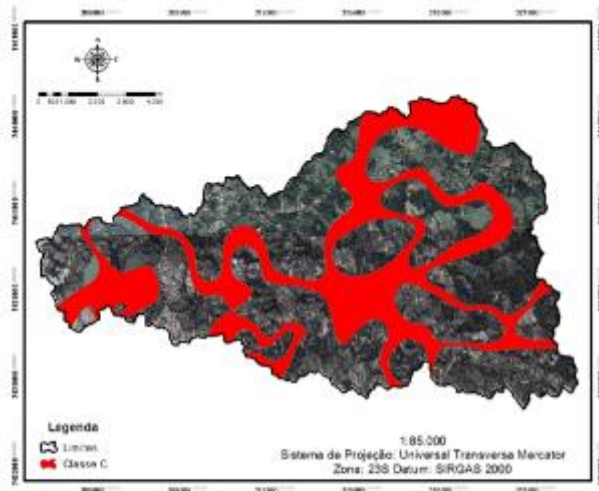


CLASSE B



PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL		
MEIO	PROGRAMA	PROJETO
Biótico	Restauração e habilitação de fragmentos florestais	Monitoramento de desenvolvimento florístico
		Replanteio de espécies
	Reconstituição da Fauna	Monitoramento da população de mamíferos
		Monitoramento da população de aves
		Monitoramento da população de répteis
		Monitoramento da atividade de peixes e animais aquáticos
		Monitoramento de insetos
Monitoramento da atividade biológica diversificada no solo		
Físico	Conservação do solo	Monitoramento a qualidade das estruturas de conservação de solo no meio rural
		Monitoramento a qualidade das estruturas de conservação de solo no meio urbano
	Qualidade da água	Investigação de cargas difusas
		Análise da água
		Monitoramento de potenciais focos de incêndio
Antrópico	Adequação da ocupação e uso do solo	Arborização de bosques em áreas urbanas
		Adequação de locais públicos para parques e áreas de lazer
	Gerenciamento de resíduos sólidos	Alocação de novos locais para destinação adequada de resíduos sólidos
		Adequação da logística e itinerário dos veículos de coleta
		Composteiras comunitárias
Educação Ambiental	Oficina para engajamento da comunidade	
	Educação ambiental nos veículos de comunicação	

**APENDICE 4 – PRANCHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE
CLASSE C**



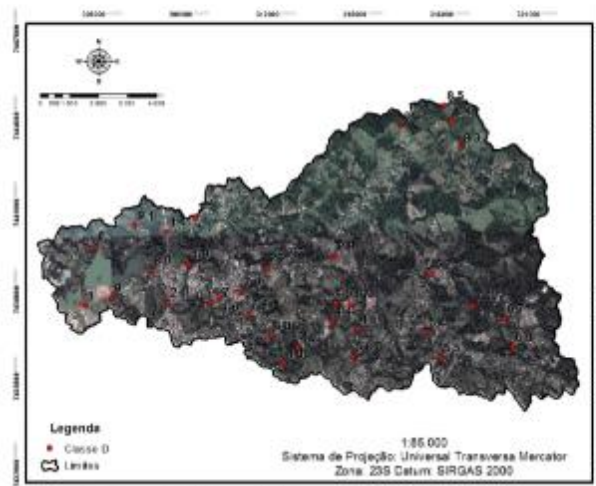
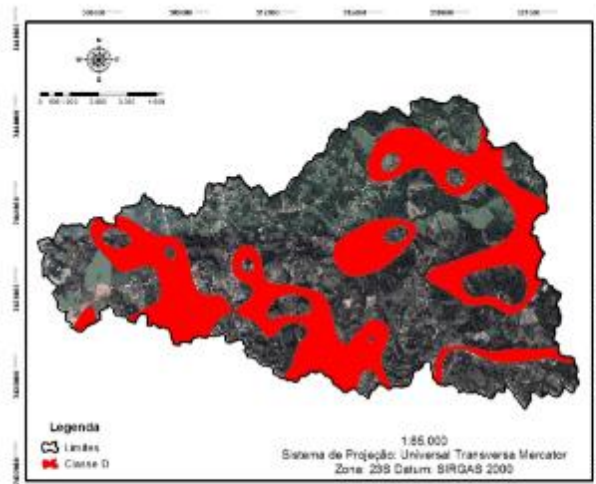
CLASSE C



PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL

MEIO	PROGRAMA	PROJETO
Biótico	Restauração e habilitação de fragmentos florestais	Escolha das espécies adaptadas a região
		Adequação dos locais de plantio
	Reconstituição da Fauna	Aquisição de mudas, sementes, viveiramento, adaptação e plantio
		Monitoramento de desenvolvimento florístico
Físico	Conservação de solo	Replanto de espécies
		Monitoramento da atividade biológica diversificada no solo
		Estruturar estratégias de conservação de solo no meio rural
		Estruturar estratégias de conservação de solo no meio urbano
	Qualidade da água	Instalação e obras de conservação de solo
		Monitoramento a qualidade das estruturas de conservação de solo no meio rural
	Prevenção e combate ao incêndio	Monitoramento a qualidade das estruturas de conservação de solo no meio urbano
		Investigação de cargas difusas
Antrópico	Adequação da ocupação e uso do solo	Análise da água
	Gerenciamento de resíduos sólidos	Monitoramento de potenciais focos de incêndio
		Readequação de áreas ocupadas em APP
	Educação Ambiental	Arborização de bosques em áreas urbanas
		Alocação de novos locais para destinação adequada de resíduos sólidos
		Treinamento e capacitação para brigada de incêndio
Adequação da logística e dimensionamento dos veículos de coleta		
		Oficina para sensibilização da comunidade
		Oficina para engajamento da comunidade
		Educação ambiental nos veículos de comunicação

**APENDICE 5 – PRANCHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE
CLASSE D**

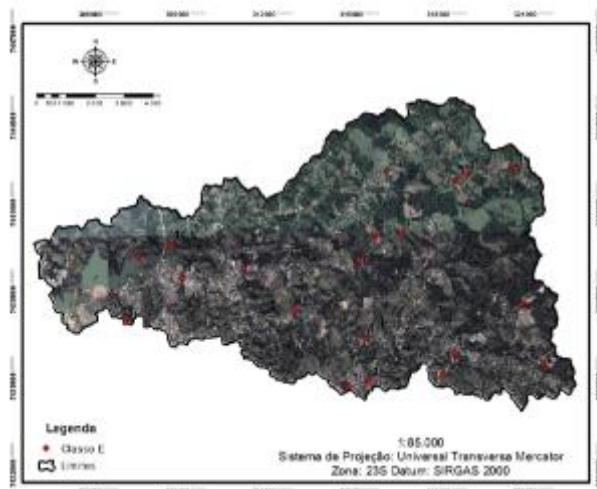
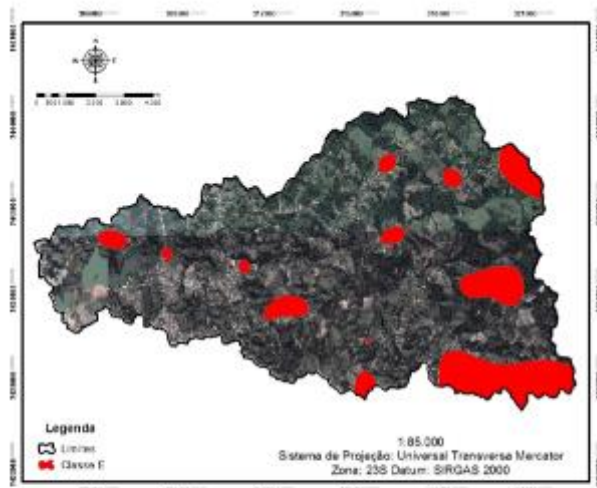


CLASSE D



PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL		
MEIO	PROGRAMA	PROJETO
Biótico	Recuperação de áreas degradadas (RAD)	Identificação de espécies remanescentes Análise e correção da fertilidade do solo Cobertura de solo de espécies gramíneas Cobertura de solo de espécies leguminosas Seleção de espécies adaptadas a região Adequação dos locais de plantio
	Restauração e habitação de fragmentos florestais	Aquisição de mudas, semeadura, cuidados, adubação e plantio Monitoramento de desenvolvimento florístico Replante de espécies
Físico	Conservação do solo	Identificação dos processos erosivos Determinar a perda de solo por erosão Estruturar estratégias de conservação de solo no meio rural Estruturar estratégias de conservação de solo no meio urbano
	Qualidade da água	Instalação e obras de conservação de solo Identificação de fontes poluentes Investigação de causas difusas Análise de água
	Prevenção e combate ao incêndio	Estudo de inflamabilidade da região Treinamento e capacitação para brigada de incêndio Avaliação da permeabilidade ambiental no meio rural Avaliação da permeabilidade ambiental no meio urbano
Antropico	Adequação da ocupação e uso do solo	Readequação de áreas ocupadas em APP Identificação dos depósitos clandestinos de resíduos sólidos
	Gestão de resíduos sólidos	Alocação de novos locais para destinação adequada de resíduos sólidos
	Educação ambiental	Adequação da logística e itinerário dos veículos de coleta Oficinas para integração conceitual de comunidade Oficinas para sensibilizar a comunidade Oficinas para engajar esta de com unidade Educação ambiental nas escolas Educação ambiental nas empresas Educação ambiental nos veículos de comunicação

**APENDICE 6 – PRANCHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE
CLASSE E**



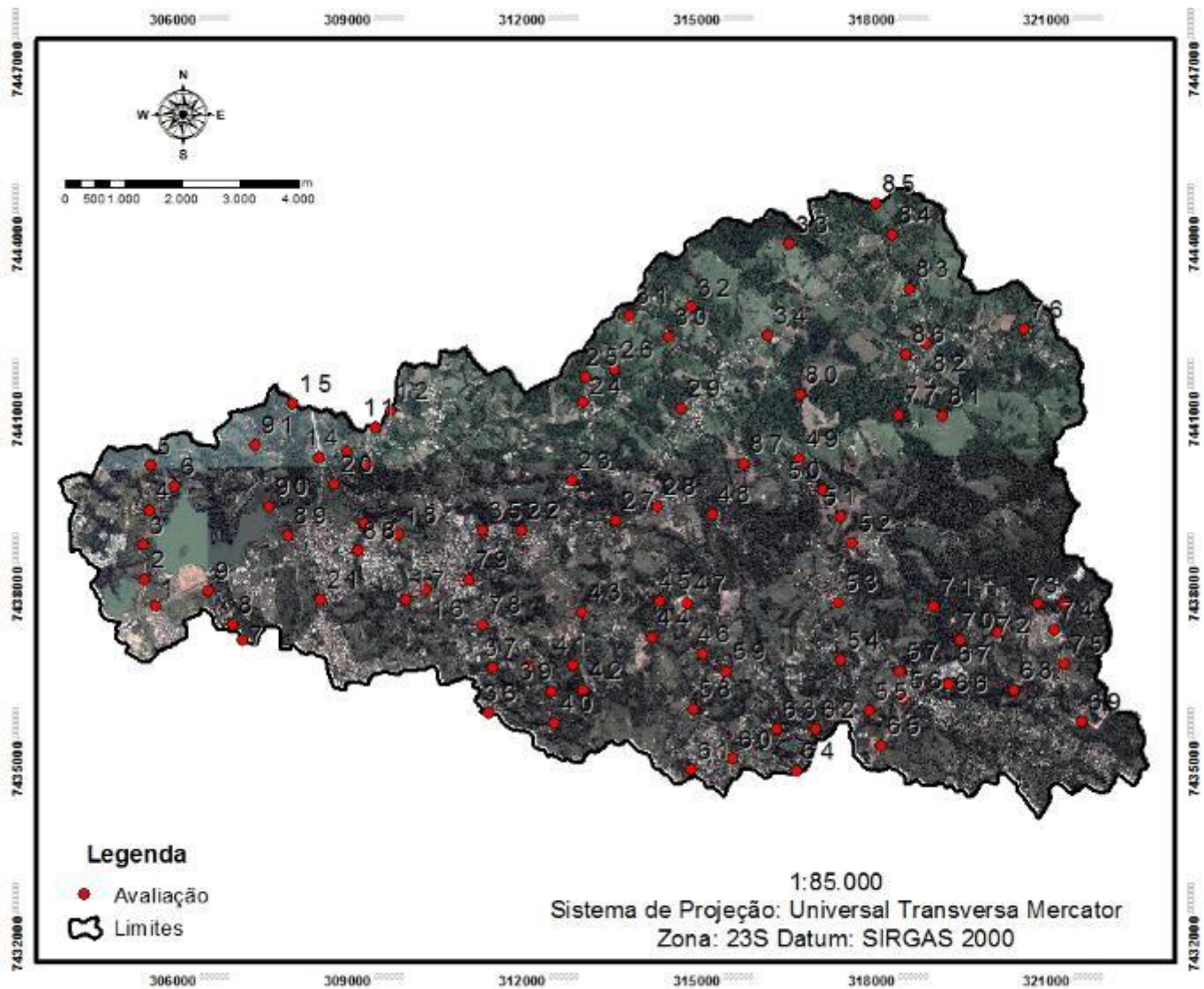
CLASSE E



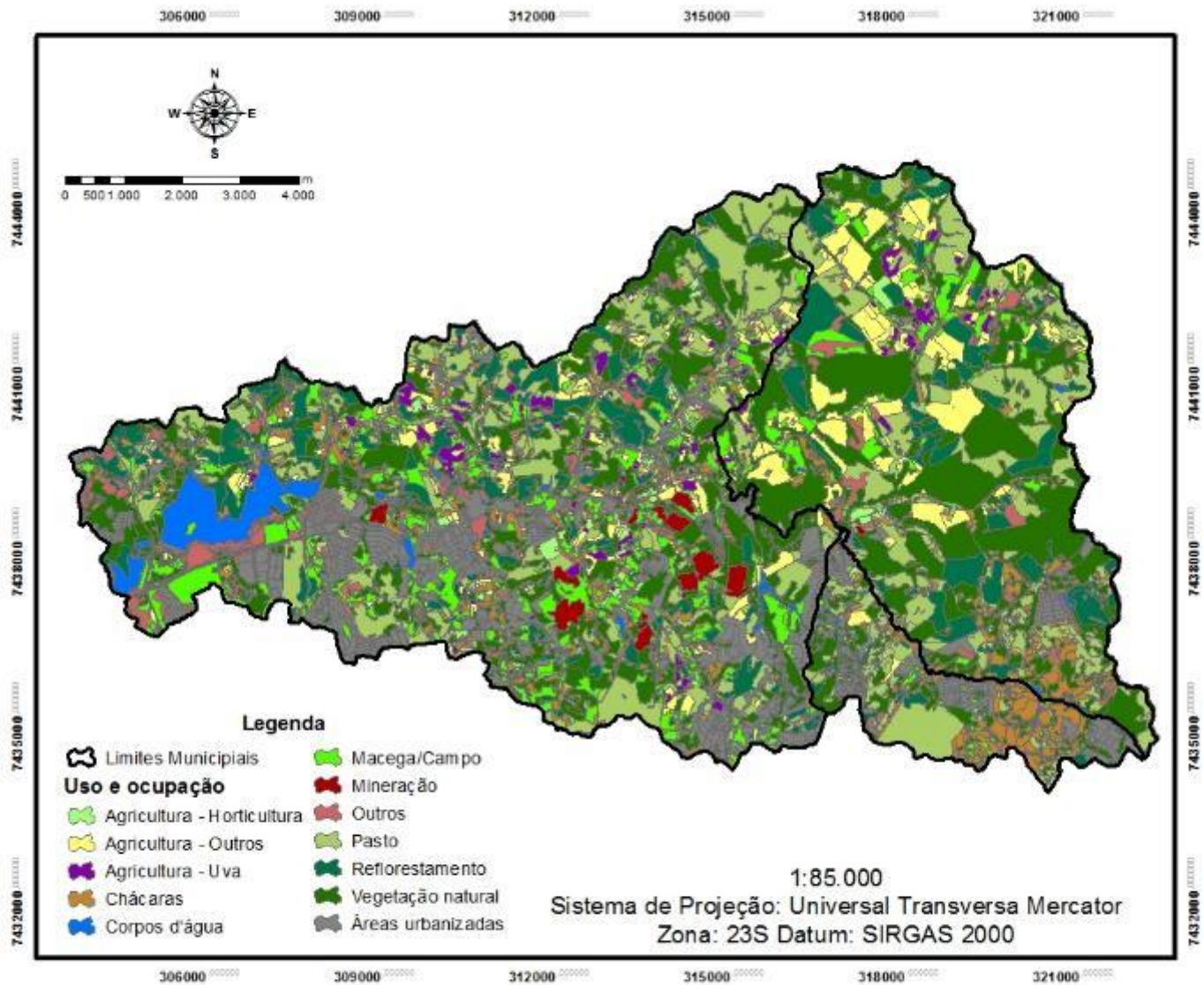
PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL

Distrito	Recuperação de áreas degradadas (RAD)	<ul style="list-style-type: none"> Identificação de espécies remanescentes Análise e correção da fertilidade do solo Cobertura de solo de espécies gramíneas Cobertura de solo de espécies leguminosas Escolha das espécies adaptadas a região Adequação dos locais de plantio
	Restauração e habilitação de florestas	<ul style="list-style-type: none"> Aquisição de mudas, semeadura, cobertura, adubação e plantio Monitoramento de desenvolvimento florestal Replanteio de espécies
Fazenda	Conservação do solo	<ul style="list-style-type: none"> Identificação dos processos erosivos Determinar a perda de solo por erosão Estruturar estratégias de conservação de solo no meio rural Estruturar estratégias de conservação de solo no meio urbano
	Qualidade da água	<ul style="list-style-type: none"> Instalação e obras de conservação de solo Identificação de fontes poluidoras Investigação de corpos difusos Análise da água
	Prevenção e combate ao incêndio	<ul style="list-style-type: none"> Estudo de infirmitade da região Treinamento e capacitação para brigada de incêndio
Antrópico	Adequação de ocupação e uso do solo	<ul style="list-style-type: none"> Avaliação da perturbação ambiental no meio rural Avaliação de permissão ambiental no meio urbano Redequeção de áreas ocupadas em APP Identificação dos depósitos clandestinos de resíduos sólidos
	Gestão ambiental de resíduos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> Alocação de novos locais para destinação adequada de resíduos sólidos
	Educação ambiental	<ul style="list-style-type: none"> Adequação da logística e treinamento dos veículos de coleta Oficina para integração conceitual da comunidade Oficina para sensibilizar a comunidade Oficina para engajamento da comunidade Educação ambiental nas escolas Educação ambiental nas empresas Educação ambiental nos veículos de comunicação

**APENDICE 7 – ROTEIRO DE AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO
AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ-
MIRIM**



**APENDICE 8 – MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ-MIRIM**



**APENDICE 9 – MAPA DE TIPIFICAÇÃO DAS ÁREAS POR
CLASSES DE EFICIÊNCIA AMBIENTAL. DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO JUNDIAÍ-MIRIM**

