UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA AMBIENTAL

CÁSSIA DE SOUZA RARES

**BUSCANDO AS CONDIÇÕES NATURAIS DA ÁGUA DE RIACHOS DE
BAIXA ORDEM DO PARQUE ESTADUAL DA CANTAREIRA (SP)**

SÃO PAULO
2013

CÁSSIA DE SOUZA RARES

**BUSCANDO AS CONDIÇÕES NATURAIS DA ÁGUA DE RIACHOS DE
BAIXA ORDEM DO PARQUE ESTADUAL DA CANTAREIRA (SP)**

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM) da
Universidade de São Paulo para a obtenção do título
de Mestre em Ciência Ambiental.**

Orientadora: Profa. Dra. Ana Lúcia Brandimarte

Versão Corrigida

(versão original disponível na Biblioteca da Unidade que aloja o Programa e na Biblioteca digital de Teses e Dissertações da USP)

**SÃO PAULO
2013**

FICHA CATALOGRÁFICA

RARES, Cássia de Souza

Buscando as condições naturais da água de riachos de baixa ordem do Parque Estadual da Cantareira (SP). Cássia de Souza Rares; orientadora Ana Lúcia Brandimarte. – São Paulo, 2013.

137f.: il.; 30cm.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo.

1. Condição Natural 2.Unidade de Conservação Urbana 3. Resolução CONAMA nº 357/2005 4. Qualidade da Água 5. Qualidade do Hábitat.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Cássia de Souza Rares

Buscando as condições naturais da água de riachos de baixa ordem do Parque Estadual da Cantareira (SP)

Dissertação apresentada ao Programa de
Ciência Ambiental da Universidade de São
Paulo para a obtenção do título de Mestre

Dissertação defendida em _____ de 2013
perante a Comissão Julgadora

BANCA EXAMINADORA

PARECER DA BANCA EXAMINADORA

[illegible]

AGRADECIMENTOS

A Deus;

À minha família;

À minha orientadora e amiga Ana Lúcia Brandimarte;

Aos Professores Marisa Bitencourt, Marcelo Pompêo, Sérgio Tadeu Meirelles,

Adalberto J. Monteiro Jr, Monica Porto;

Aos amigos do Departamento de Ecologia e PROCAM, Belisa, Carol, Daniel Bispo,

Daniel Clemente, Evelyn, Fernanda, Maíra, Paula, Sheila;

Aos técnicos e amigos Lenilda e Geison;

Aos funcionários do PROCAM Luciano, Priscila e Julia.

Ao Gestor do Parque Estadual da Cantareira Fernando Dêscio;

A todos os funcionários do Núcleo Pedra Grande e Águas Claras;

À Coordenadora Elisangela Moino e todos os funcionários do Núcleo Cabuçu;

Aos coordenadores atuais e antigos Alessandra e Pedro Braga e todos os funcionários do Núcleo Engordador;

Aos pesquisadores do Departamento de Recursos Hídricos do Instituto Florestal Valdir de Cicco e Maurício Ranzini;

Ao Inspetor Meletti e a Inspetoria Regional Jaçanã/Tremembé, assim como a toda Guarda Civil Ambiental (GCM);

À Tatiana Vieira Bressan do Núcleo de Regularização Fundiária – Fundação Florestal

À Universidade de São Paulo – USP;

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental – PROCAM;

À FAPESP pelo auxílio para o desenvolvimento desta pesquisa (Processo 10/20504-5);

À CAPES pela concessão de bolsa de Mestrado.

*“Jamais poderemos ser
suficientemente gratos a
Deus, aos nossos pais e aos
nossos mestres”.*

Aristóteles

RESUMO

RARES, Cássia de Souza. **Buscando as condições naturais da água de riachos de baixa ordem do Parque Estadual da Cantareira (SP)**, 2013. 137f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

O Parque Estadual da Cantareira é uma Unidade de Conservação de Proteção Integral localizada na Região Metropolitana de São Paulo, abrigando inúmeras nascentes, entre as quais as de importantes rios afluentes do Tietê e outras que contribuem para o reservatório Paiva Castro. Contudo existem poucos estudos sobre a qualidade da água e os ambientes aquáticos desta importante área protegida. Neste contexto, este trabalho objetivou avaliar a qualidade da água de ambientes lóticos do parque, a fim de buscar as condições mais próximas às naturais desta área, partindo do proposto na Resolução CONAMA 357/2005 para a Classe Especial. Para tanto a qualidade da água foi avaliada de forma integrada pela análise do meio físico (topografia e vegetação, utilizando-se imagens de satélite), da avaliação de características fisioecológicas e do habitat de riachos (pelo emprego de um protocolo de avaliação rápida) e da qualidade da água (avaliação de variáveis físicas, químicas, biológica e hidrobiológica). Os resultados foram analisados de forma integrada e, a partir dos melhores resultados indicados pelas diferentes abordagens, foram selecionados dez riachos que representaram as condições de melhor preservação no âmbito desta pesquisa. Para o período amostrado estas condições são indicadas pelos mínimos valores ou ausência de Clorofila *a*, Ortofosfato, Ortosilicato, Fósforo Total, Nitrito e Amônio; baixos valores de Nitrato (< 0,81 mg/L), Nitrogênio Total (< 2,1 mg/L), Material em Suspensão Total (< 4,53 mg/L), Turbidez (< 7,1 NTU); valores relativamente baixos de Sólidos Totais (< 92,3 mg/L) e Condutividade Elétrica (< 58 $\mu\text{S}/\text{cm}$); Oxigênio Dissolvido acima de 7,6 mg/L e pH entre 6,5 e 7,3. Além disso, deve haver condições fisioecológicas livres de alterações e habitats com características de ambientes com ausência ou mínima perturbação. Espera-se que esta pesquisa seja um primeiro passo para o diálogo sobre a viabilidade da busca de condições naturais em unidades de conservação de proteção integral, conhecimento necessário para o reenquadramento destas áreas protegidas na Classe Especial.

Palavras-chave: Condição Natural; Unidade de Conservação Urbana; Resolução CONAMA nº 357/2005; Qualidade da Água; Qualidade do Habitat.

ABSTRACT

RARES, Cássia de Souza. **Looking for natural conditions of the water of low order streams in the Cantareira State Park (SP)**, 2013. 137f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

The Cantareira State Park is a conservation unit of integral protection located in the Metropolitan Region of São Paulo. It has several springs including those originating relevant tributaries of the Tietê river and others that contribute to Paiva Castro reservoir. However, there are few studies on the water quality and aquatic environments of this relevant protected area. In this context, this research aimed to evaluate the water quality of lotic environments in the park in order to establish the natural conditions of the area, based on the proposed for Special Class by CONAMA Resolution 357/2005. The water quality was evaluated in an integrated manner by performing analyzes of the physical medium (topography and vegetation via satellite images, evaluation of physic-ecological features and habitat of streams (by a rapid bioassessment protocol) and evaluation of the water quality (physical, chemical, biological and hydrobiological analyses). Results were analyzed in an integrated manner and, from the better results indicated by the different approaches, ten sites were selected which represented the best preservation conditions in the Park. For the sampling period, these conditions are minimum values or absence of Chlorophyll *a*, Orthophosphate, Orthosilicate, Total Phosphorus, Nitrite and Ammonium; low values of Nitrate (< 0.81 mg/L), Total Nitrogen (< 2.1 mg/L), Total Suspended Solids (< 4.53 mg/L), Turbidity (< 7.1 NTU); relatively low values of Total Solids (< 92.3mg/L) and Electric Conductivity (< 58 μ S/cm); Dissolved Oxygen higher than 7.6 mg/L and pH between 6.5 and 7.3. Besides it should be physic-ecological conditions free of human impact and habitats with minimum or absence of disturbance. It is expected this research is the first step in the dialogue on the feasibility of seeking natural conditions in conservation units of integral protection, knowledge necessary for the framework of these protected areas in the Special Class.

Keywords: Natural Condition; Urban Protected Area; CONAMA Resolution nº. 357/2005; Water Quality; Habitat Quality.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1. Apresentação	9
2. Objetivos	12
3. Estrutura e metodologia da pesquisa	12
 CAPÍTULO I.....	17
1. Breve histórico da proteção ambiental do Parque Estadual da Cantareira na Região Metropolitana de São Paulo.	17
2. Serviços ambientais prestados pelo PEC	19
2.1. Conservação da biodiversidade	20
2.1.1. <i>Biota e qualidade da água</i>	24
2.2. A importância dos recursos hídricos do PEC para a RMSP.....	26
2.2.1. <i>Contexto hidrográfico do PEC e sua integração no Sistema de Gerenciamento Hídrico de São Paulo</i>	30
3. Caracterização da dinâmica socioambiental dos municípios integrantes do PEC	34
 CAPÍTULO II. AVALIAÇÃO DO MEIO FÍSICO	40
1. Introdução	40
2. Objetivos	43
3. Material e métodos	44
3.1. Caracterização da área de estudo	44
3.2. Procedimentos Metodológicos.....	46
4. Resultados e Discussão	50
5. Conclusão	59
 CAPÍTULO III. AVALIAÇÃO RÁPIDA DE RIACHOS	60
1. Introdução	60
2. Objetivos	62
3. Material e métodos	62
3.1. Caracterização ambiental da área de amostragem	62
3.2. Procedimentos Metodológicos.....	73

3.2.1. Primeira linha de análise – Avaliação Fisicoecológica	74
3.2.2. Segunda linha de análise – Avaliação do Habitat Aquático	75
4. Resultados e Discussão	76
4.1. Primeira linha de análise - Avaliação Fisicoecológica	76
4.2. Segunda linha de análise – Avaliação do Habitat Aquático	78
4.3. Integração da Avaliação Fisicoecológica e Avaliação do Habitat Aquático	79
5. Conclusão	84
 CAPÍTULO IV. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA	85
1. Introdução	85
2. Objetivos	87
3. Material e métodos	87
4. Resultados e Discussão	90
5. Conclusão	98
 CAPÍTULO V. AVALIAÇÃO FINAL INTEGRADA	99
 CONCLUSÃO FINAL	112
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
 ANEXOS	124

INTRODUÇÃO

1. APRESENTAÇÃO

A questão central desta pesquisa versa a respeito de águas que integram uma Unidade de Conservação de Proteção Integral e que, consequentemente, pertencem à classe especial, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (BRASIL, 2005).

Esta Resolução dispõe sobre diretrizes ambientais e de classificação dos corpos d'água superficiais para seu enquadramento. Este último expressa metas finais a serem alcançadas, considerando que o enquadramento dos corpos d'água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender as necessidades previstas. A classificação das águas doces, por sua vez, visa a defesa de seus níveis de qualidade avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes (BRASIL, 2009).

Nesta perspectiva, as águas doces são classificadas em Classe Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4, de acordo com a qualidade requerida para o uso a que se destina. Na Classe Especial, de interesse neste trabalho, devem ser atendidos requisitos como a destinação dessas águas para o consumo humano, com desinfecção; preservação do equilíbrio das comunidades aquáticas; e preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral (BRASIL, 2009).

Nesta resolução são estabelecidos padrões de qualidade da água determinados como limites individuais para diversos parâmetros em cada classe, com exceção da Classe Especial. Para esta, não existe a determinação de um conjunto de parâmetros de qualidade da água, apenas a indicação no 13º artigo para que nas águas de Classe Especial sejam mantidas as condições naturais do corpo d'água.

As águas do Parque Estadual da Cantareira (PEC), área objeto da presente pesquisa, são contempladas no enquadramento promulgado pelo Decreto Estadual nº 10.755 de 1977, como Classe 1. Na ocasião, este decreto atendia a classificação estabelecida no artigo 7º do Decreto Estadual nº 8.468 de 1976, o qual não previa a categoria de Classe Especial. Com o estabelecimento da Resolução CONAMA nº357 de 2005, o decreto de enquadramento dos corpos d'água do Estado de São Paulo tornou-se obsoleto no âmbito da proteção de unidades de conservação de proteção integral, já que a criação da categoria Classe Especial desta resolução foi posterior à sua promulgação. Portanto, esta categoria não está prevista no decreto, evidenciando a necessidade de reenquadramento dos corpos d'água de

áreas protegidas que integram a categoria de proteção integral, como é o caso do Parque Estadual da Cantareira.

O atendimento à resolução CONAMA nº357 de 2005 e a necessidade de revisão do reenquadramento dos corpos d'água estão entre os motivos pelo quais se faz necessário o conhecimento da qualidade da água, assim como dos ambientes aquáticos do PEC. Para tanto, o estabelecimento das condições naturais dos corpos d'água é necessário, mas também difícil, uma vez que mesmo as unidades de conservação com uso mais restritivo, normalmente, estão sujeitas ou já enfrentaram algum grau de impacto antropogênico.

Na grande maioria das unidades de conservação, tais condições naturais não são conhecidas. Este fato influencia o monitoramento da qualidade da água nestas áreas, à medida que, na ausência de limites para Classe Especial, é feito o uso de limites estabelecidos para a Classe 1. Embora esta seja a mais restritiva dentre as classes 1 a 4, supõe-se que seja menos exigente do que se espera para a Classe Especial, considerando nesta última o seu caráter de proteção integral. Esta dificuldade foi enfrentada durante a elaboração do Plano de Manejo do Parque Estadual da Cantareira (INSTITUTO FLORESTAL, 2009b), quando se fez uso dos padrões definidos para Classe 1 como referência, para efeito de comparação na discussão dos resultados das variáveis físicas, químicas e biológicas que deveriam expressar as características naturais de seus corpos d'água. Esta lacuna do conhecimento foi então colocada pelo Instituto Florestal, no âmbito de pesquisa prioritária, com vistas a subsidiar o enquadramento dos corpos d'água do PEC na Classe Especial.

Também na Resolução CONAMA 357 de 2005, mais especificamente no artigo 8º, consta que os parâmetros de qualidade da água que subsidiam seu enquadramento devem ser monitorados periodicamente pelo poder público. Neste contexto, para que seja feito um monitoramento eficaz nos corpos d'água do PEC é necessário que existam metas determinadas em termos de qualidade da água. No entanto, esta não é uma tarefa fácil, visto que os corpos d'água do PEC não possuem padrões de referência, pois não existem valores de variáveis estabelecidos para o conhecimento de suas condições naturais.

Considera-se que a estrutura geológica, a composição do solo, diferenças florísticas e faunísticas, entre outros, determinam as condições de um corpo d'água. Além do fato que quanto maior a área da unidade conservação, maior a possibilidade de ocorrerem regiões distintas no seu interior, o que também dificulta a tentativa de se estabelecer condições de referência quanto à qualidade da água. Este aspecto reforça a necessidade de estudos como este que procurou trabalhar com diferentes escalas de análise. Assim, considerou-se a avaliação simplificada do meio físico (nível da paisagem) e ecológico (nível

do habitat aquático e de seu entorno próximo) para balizar a análise dos parâmetros físicos, químicos, biológico e hidrobiológico da água (nível do corpo d'água propriamente dito) no PEC.

Essa tendência de avaliação, isto é, a busca da conservação da água por meio da integração das três escalas supracitadas, é encontrada na União Europeia, mais especificamente, no instrumento político denominado Diretiva Quadro da Água (DQA), que estabelece um conjunto de ações para proteção tendo em vista alcançar um “bom” estado das águas (INAG, 2006).

A *United States Environmental Protection Agency* (EPA), agência ambiental norte-americana, prevê modalidade semelhante de avaliação. Seu plano estratégico de proteção da água contempla entre os objetivos principais tanto a saúde humana como a proteção e restauração de bacias hidrográficas, assim como de ecossistemas aquáticos. Esta ação visa atender os requisitos determinados pela Lei da Água Limpa (CWA), os quais são adaptados e aplicados pelos estados norte-americanos (<http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/wq/index.html>).

Na África do Sul, a Lei Nacional da Água (NWA) também prevê sua proteção no âmbito dos ecossistemas aquáticos. No programa do Departamento de Negócios da Água e Floresta (DWAF) denominado *River Health Programme* (RHP), a saúde do rio é mensurada por meio de índices de integridade do habitat, geomorfológico, biológico e de qualidade da água, os quais tem por finalidade a classificação dos corpos d'água no que se refere à “saúde”, isto é, o ecoestado, que reflete o valor dos indicadores integrados (DWAF, 2002).

Esta perspectiva da conservação baseada na avaliação integrada, considerando tanto a proteção da biodiversidade quanto as águas como um recurso ambiental, vem ao encontro do proposto para a classe especial na Resolução supracitada, trazendo à tona a necessidade da busca pelas condições naturais da água do PEC, questão que motivou a realização deste estudo.

2. OBJETIVOS

Objetivo geral

- Determinar as condições mais próximas às naturais da água dos riachos de baixa ordem do Parque Estadual da Cantareira (PEC);

Objetivos Específicos

- Propor um roteiro metodológico para identificação das condições naturais de riachos de baixa ordem de Unidades de Conservação de Proteção Integral;
- Subsidiar a aplicação da Resolução CONAMA 357 de 2005 no PEC, a qual dispõe sobre diretrizes ambientais para os corpos d'água de Unidades de Conservação de Proteção Integral na Classe Especial;
- Avaliar a influência antropogênica sobre a qualidade da água de riachos de baixa ordem do PEC;
- Contribuir com informações preliminares para a discussão do reenquadramento dos corpos d'água do PEC;
- Contribuir com o banco de dados da DRPE (Divisão de Reservas e Parques Estaduais) do Instituto Florestal.

3. ESTRUTURA E METODOLOGIA DA PESQUISA

Para o desdobramento da problemática norteadora da pesquisa, considerou-se por hipótese, a existência de corpos de água com diferentes graus de impacto antropogênico, apesar de estarem no interior de uma unidade de conservação, os quais seriam indicados a partir da análise do meio físico, do habitat aquático e das variáveis da água.

Ressaltando a inexistência de metodologia estabelecida para a busca de condições naturais de corpos d'água para as unidades de conservação brasileiras, a pesquisa foi fundamentada na análise espacial das águas superficiais do PEC. Enfoca riachos de baixa ordem e se encontra dividida em três categorias de avaliação (Figura 1).

Num primeiro momento, conforme descrito no *Capítulo I*, apresenta-se o contexto ambiental e social em que o PEC se insere. Em seguida, no *Capítulo II*, procurou-se avaliar o meio físico, na tentativa de estimar os efeitos da paisagem sobre os parâmetros de qualidade da água e para tanto se utilizou um conjunto de imagens ALOS-AVNIR e TOPODATA. Para caracterização ambiental, como abordado no *Capítulo III*, buscou-se avaliar o hábitat aquático, com o uso do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) (CETESB, 2002), uma adaptação do “*Rapid Bioassessment Protocols for Use in Wadable Streams and Rivers*” (BARBOUR *et al.*, 1999), da agência ambiental norte-americana (EPA). Além disso, o *Capítulo IV* apresenta uma caracterização da qualidade da água por meio da análise de variáveis físicas, químicas, biológica e hidrobiológica. Por fim, no *Capítulo V*, os resultados das três avaliações referidas foram relacionados buscando agrupar pontos de amostragem de forma que as faixas de valores encontradas nos locais menos impactados serviram como base para o estabelecimento preliminar das condições naturais dos corpos d’água do Parque Estadual da Cantareira (*Capítulo IV*).

Figura 1 - Esquema metodológico sintético de avaliação das condições naturais de corpos d’água no Parque Estadual da Cantareira

A fim de avaliar a situação dos ecossistemas lóticos do PEC foram estabelecidos inicialmente 30 pontos de amostragem em riachos de baixa ordem distribuídos nos quatro núcleos e seis principais microbacias que compõem o parque (Figura 2 e Tabela 1). Esta distribuição, assim como a seleção dos pontos de amostragem teve como critério fundamental a possibilidade de obtenção de informações que pudessem contemplar variações naturais e pressões ambientais na área do parque. Além disso, considerou-se também a representatividade baseada na distribuição geográfica, considerando a abrangência da amostragem em face das microbacias e núcleos, além da possibilidade de acesso a estes. Neste aspecto, foi fundamental o auxílio do corpo técnico do Instituto Florestal, mais especificamente, da Divisão de Engenharia Florestal – Setor de Hidrologia. O reconhecimento e a avaliação prévia da área de amostragem e a posterior coleta de dados ocorreram com o auxílio do corpo técnico do Parque Estadual da Cantareira e da Guarda Civil Metropolitana Ambiental (GCM Ambiental).

Figura 2 - Pontos de amostragem em riachos de baixa ordem no Parque Estadual da Cantareira (SP)

Tabela 1 - Caracterização dos pontos de amostragem em riachos de baixa ordem no Parque Estadual da Cantareira (SP).

Ponto	Coordenada Geográfica (UTM)		Microbacia	Núcleo	Zoneamento
	x	y			
CCB1	326296	7407146	Córrego Cabuçu de Baixo	Pedra Grande	Recuperação
CCB2	327025	7406763	Córrego Cabuçu de Baixo	Pedra Grande	Recuperação
CCB3	327632	7406471	Córrego Cabuçu de Baixo	Pedra Grande	Recuperação
CCB4	328409	7406797	Córrego Cabuçu de Baixo	Pedra Grande	Recuperação
CCB5	328849	7406771	Córrego Cabuçu de Baixo	Pedra Grande	Recuperação
CCB6	329404	7406948	Córrego Cabuçu de Baixo	Pedra Grande	Recuperação
CCB7	329637	7406028	Córrego Cabuçu de Baixo	Pedra Grande	Recuperação
CCB8	330745	7406420	Córrego Cabuçu de Baixo	Pedra Grande	Recuperação
CCB9	332479	7405818	Córrego Cabuçu de Baixo	Pedra Grande	Uso Especial
CCB10	332482	7405612	Córrego Cabuçu de Baixo	Pedra Grande	Recuperação
RCC11	332973	7405503	Rio Cabuçu de Cima	Pedra Grande	Uso Intensivo
RCC12	333147	7406119	Rio Cabuçu de Cima	Pedra Grande	Uso Conflitante
RCC13	334044	7406725	Rio Cabuçu de Cima	Pedra Grande	Uso Conflitante
RCC14	335424	7408335	Rio Cabuçu de Cima	Pedra Grande	Uso Histórico-Cultural
RCC15	337986	7410912	Rio Cabuçu de Cima	Engordador	Uso intensivo
RCC16	337065	7410992	Rio Cabuçu de Cima	Engordador	Uso Primitivo
RCC17	337612	7411505	Rio Cabuçu de Cima	Engordador	Uso Primitivo
RCC18	337705	7411585	Rio Cabuçu de Cima	Engordador	Uso Primitivo
RCC19	340216	7412063	Rio Cabuçu de Cima	Engordador	Uso Histórico-Cultural
RCC20	343743	7412846	Rio Cabuçu de Cima	Cabuçu	Uso Primitivo
RCC21	343953	7412782	Rio Cabuçu de Cima	Cabuçu	Uso Primitivo
RCC22	344166	7412693	Rio Cabuçu de Cima	Cabuçu	Uso Primitivo
RCC23	344791	7412692	Rio Cabuçu de Cima	Cabuçu	Uso Primitivo
RB24	348091	7412838	Rio Baquirivu	Cabuçu	Recuperação
RCC25	343548	7411073	Rio Cabuçu de Cima	Cabuçu	Amortecimento
RCC26	343594	7411099	Rio Cabuçu de Cima	Cabuçu	Uso Intensivo
RSP27	335254	7411035	Ribeirão São Pedro	Engordador	Uso Primitivo
RAC28	331533	7409548	Ribeirão Águas Claras	Águas Claras	Recuperação
RAC29	332105	7409694	Ribeirão Águas Claras	Águas Claras	Recuperação
RSI30	327830	7409384	Ribeirão Santa Inês	Pedra Grande	Uso Primitivo

CAPÍTULO I.

1. Breve histórico da proteção ambiental do Parque Estadual da Cantareira na Região Metropolitana de São Paulo.

A preocupação com a proteção da Serra da Cantareira, de acordo com Vitor (1975), data de meados do século XIX, período em que a área passava por intensa exploração por carvoeiros. Em 1896, Albert Loefgrën, um naturalista, entre os vários brasileiros e estrangeiros que perceberam a necessidade de proteção de remanescentes florestais, instalou o Horto Botânico, contíguo à Serra da Cantareira, com vistas ao estudo da flora local. Poucos anos mais tarde este objetivo foi ampliado para a conservação de florestas e o reflorestamento das encostas da Serra da Cantareira (BRITO, 2000).

A cultura do café, assim como o estabelecimento de ferrovias, entre outros processos que aceleraram a destruição da cobertura vegetal natural do Estado de São Paulo, de acordo com Brito (2000), culminou com a necessidade de exploração das florestas remanescentes, renovação de áreas destruídas e instalação de novas áreas florestadas. Para tanto, em 1911, momento em que o Estado já havia perdido 65% de sua cobertura vegetal original, foi criado a partir do Horto Botânico, o Serviço Florestal, com importante atuação nesta área. Também nesta data foi criada a Reserva Florestal da Cantareira, na ocasião uma ideia ainda não consolidada, mas representando o primeiro passo para a criação de unidades de conservação no Estado (VITOR, 1975).

Com o advento do Código Florestal, em 1934, e a criação da Polícia Florestal, o Serviço Florestal foi estruturado e tinha como objetivo organizar a fiscalização e guarda das florestas, já que em 1943 a perda da cobertura vegetal original do Estado já chegava a 75% (BRITO, 2000).

A década de 60 foi importante para a conservação no Estado, e entre os vários Parques incorporados em seu patrimônio está o Parque Estadual da Cantareira. Entretanto, o decreto que regulou os Parques Estaduais Paulistas (nº 25.342) só veio mais tarde, no ano de 1986 (BRITO, 2000), mesmo ano de criação da Secretaria do Meio Ambiente (SMA), o órgão responsável pelo estabelecimento e implementação da política de conservação do Estado (INSTITUTO FLORESTAL, 2009b).

Em 1972, o Instituto Florestal (IF) teve sua estrutura organizacional definida, deixando a denominação de Serviço Florestal, assim como a subordinação à Coordenadoria de Pesquisa de Recursos Naturais (CPRN). Tinha como missão planejar e selecionar unidades de

conservação, e trouxe o advento da criação de planos de manejo, sendo o Parque Estadual da Cantareira uma das primeiras unidades a elaborá-lo (em 1974), direcionados por técnicos estrangeiros do escritório da FAO para a América Latina. Segundo Brito (2000), embora a estrutura do IF date de 1972, considera-se sua criação a partir de 1896.

No ano de 1986, foi criada a Fundação para a Conservação e a Produção Florestal do Estado de São Paulo (FF – usualmente denominada Fundação Florestal), vinculada à Secretaria do Meio Ambiente assim como o IF. Com o passar do tempo, a política ambiental do Estado passou por alterações. Assim surgiu, em 2006, o Sistema Estadual de Florestas (SIEFLOR), com o objetivo de aperfeiçoar a gestão e a pesquisa na maior parte das unidades de conservação do Estado, sendo gerido pelo IF e pela FF, cujas atribuições também foram alteradas neste processo, passando o primeiro a monitorar atividades de pesquisas enquanto que a função de desenvolvimento, implementação e gerenciamento de programas em unidades de conservação ficou a cargo da Fundação Florestal (INSTITUTO FLORESTAL, 2009b).

O desenvolvimento do sistema de conservação da cobertura vegetal do Estado de São Paulo, assim como a estrutura de proteção da Serra da Cantareira até se tornar uma unidade de conservação de proteção integral, na categoria Parque Estadual, portanto, caminharam juntos. Concomitantemente houve o aumento da degradação ambiental do Estado, fator preponderante ao estabelecimento da realidade expressa no Inventário Florestal do Estado de São Paulo, realizado pelo Instituto Florestal (2005), de apenas 13,9% de vegetação nativa restantes para todo o Estado, sendo os 7.916,52 hectares de Mata Atlântica que compõem o PEC (Figura 3) expressivos nesta contabilização.

Figura 3 - Localização do Parque Estadual da Cantareira na Região Metropolitana de São Paulo (SP).
 Fonte: Elaborado com dados disponibilizados pela Fundação Florestal.

2. Serviços ambientais prestados pelo PEC

O reconhecimento dos serviços ambientais prestados pelas unidades de conservação decorre do papel que desempenham para o funcionamento equilibrado dos ecossistemas naturais, tais como produção de oxigênio pelas plantas, fertilidade do solo, vitalidade dos ecossistemas, equilíbrio climático, conforto térmico, capacidade de produção de água e equilíbrio do ciclo hidrológico, entre outros (SILVA, 2009). Embora alguns não tenham valor estabelecido, Novion (2011) salienta que “serviços ambientais são muito valiosos para o bem-estar e a própria sobrevivência da humanidade, pois deles dependem as atividades humanas e, ainda, que a continuidade e manutenção destes serviços, essenciais à sobrevivência de todas as espécies, depende diretamente de conservação e preservação ambiental, bem como de práticas que minimizem o impacto das ações humanas sobre o

ambiente”. Baseado nesta relevância focar-se-á adiante dois serviços fundamentais oferecidos pelo PEC, isto é, a conservação da biodiversidade e a produção de água.

2.1. Conservação da biodiversidade

O Parque Estadual da Cantareira sob a égide ambiental

Considerada pela Conservação Internacional do Brasil (2012), como um dos maiores repositórios de biodiversidade do Planeta, a Mata Atlântica desempenha um importante papel no território brasileiro. Em meados do ano de 1500, cobria 15% de sua área, com uma extensão equivalente a três vezes o tamanho da Alemanha. No Estado de São Paulo a Mata Atlântica e o Cerrado eram os principais biomas, numa proporção de 81% e 12%, respectivamente. Com o processo de devastação ocorrido no Estado, muitas formações vegetais foram reduzidas a pequenos fragmentos dispersos por várias regiões, o que acarretou na degradação de ecossistemas e consequente perda expressiva da biodiversidade (REI, 2002).

Com a cultura do café, do qual o Estado de São Paulo era o principal produtor, em um período compreendido entre o final do século XIX e século XX, ou seja, pouco mais de um século, ocorreu uma intensificação do desmatamento, ocasionando a destruição de 89,5% das formações vegetais. Contudo, esta degradação foi desacelerada a partir da década de 70, o que pode ser atribuído a vários fatores entre os quais se destaca a promulgação do então “novo” código florestal (1965), a criação das unidades de conservação e a organização de alguns órgãos de fiscalização, declínio econômico de algumas regiões e dificuldade de ocupação de algumas áreas de vegetação remanescentes como encostas de serra (REI, 2002), como ocorrido no Parque Estadual da Cantareira.

Na atualidade, a Mata Atlântica abriga os maiores polos industriais e aglomerados urbanos do país, e, apesar de restar apenas 7% de sua área original, detém uma enorme riqueza biológica (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2011). Uma característica marcante deste bioma com relação à fauna e flora é seu alto endemismo, fator que o levou a ser considerado, de acordo com Myers (2000), como um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade.

Outro sistema de priorização global no âmbito da conservação é o de Reservas da Biosfera. A maior e uma das mais importantes reservas da rede mundial da UNESCO (Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura) é a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA), criada em 1991, e regulamentada mais adiante pelo Sistema

Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Abrange uma área de 78,5 milhões de hectares, formando um grande corredor ecológico em 16 Estados brasileiros. Integra o programa MaB da UNESCO (*Man and Biosphere*). Tais reservas são instrumentos de planejamento para a conservação da biodiversidade e dos demais atributos naturais da área protegida incluindo paisagem e recursos hídricos, a promoção do desenvolvimento sustentável e a pesquisa científica, entre outros (REI, 2002; KIBRIT, 2010).

A RBMA possui 700 unidades de conservação de proteção integral categorizadas como Zonas Núcleo e entre elas, apresenta-se o PEC, que também é uma das Zonas Núcleo da Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo (RBCV), (Figura 4). Esta área foi declarada como uma Reserva da Biosfera especial em 1994. Abrange 73 municípios e integra a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (KIBRIT, 2010).

Figura 4 - Localização do Parque Estadual da Cantareira na Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo.

Fonte: Adaptado de MaB/UNESCO. Programa o Homem e a Biosfera (http://www.rbma.org.br/rbma/rbma_fase_vi_07_rbcv.asp)

Outra estratégia de proteção ambiental de fundamental importância envolvendo o PEC, agora no âmbito nacional, é a implantação de corredores de biodiversidade. Esse conceito, também denominado “biorregiões”, nasceu sobretudo pela percepção dos órgãos responsáveis pelas unidades de conservação de proteção integral em administrar e manejar estas áreas considerando exclusivamente os limites do seu espaço físico, e, pelo entendimento e atuação de profissionais da conservação da biodiversidade. Esta nova abordagem de proteção da biodiversidade teve como escopo, entre outros, aumentar a conectividade entre áreas protegidas e dispor de estratégias de planejamento e gestão socioambiental de forma compartilhada e participativa (RBMA/MaB UNESCO, 2012). Com relação ao caráter legal deste conceito, trata-se de um instrumento de gestão e ordenamento territorial definido pelo SNUC (AYRES *et al.*, 2005).

O projeto corredores de florestas neotropicais teve início propondo sete grandes corredores, dos quais cinco localizados na Amazônia e dois na Mata Atlântica. Com relação aos dois últimos, denominam-se Corredor Central da Mata Atlântica e Corredor Sul da Mata Atlântica, este também denominado Corredor da Serra do Mar, onde o PEC se encontra inserido. O Corredor da Serra do Mar representa a maior extensão contínua de Mata Atlântica nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e norte do Paraná. De acordo com Ayres *et al.* (2005), as matas neste corredor constituem, ecologicamente, a região mais viável ao sul da Mata Atlântica, ajudando a preservar a maioria das espécies endêmicas e ameaçadas da região. Salienta-se que o manejo efetivo dos dois corredores da Mata Atlântica tem o potencial de conservar 75% da biodiversidade das florestas tropicais brasileiras.

Os critérios para escolha de áreas prioritárias para seleção dos corredores da Mata Atlântica incluíram parâmetros como endemismo, abundância de espécies e grau de ameaça, sendo que o aspecto mais importante foi a identificação de grandes extensões de terra com cobertura florestal remanescente e possuidoras de populações naturais suficientemente grandes para garantir sua viabilidade ecológica. Dentro desta perspectiva, a primeira fase de atuação foi direcionada ao Corredor Central da Mata Atlântica, juntamente com o planejamento de linhas de atuação para o Corredor da Serra do Mar propostas para a segunda fase do projeto.

Ainda dentro da perspectiva da conservação no Brasil, outro ponto a ser destacado são as Unidades de Conservação propriamente ditas, as quais, de acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC, Lei Nº 9.985/2000), têm por definição

[...] o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo poder público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

Definição semelhante à estabelecida pela *International Union for Conservation of Nature* (IUCN), que define área protegida (*Protected Area*), como

[...] uma porção de terra ou mar especialmente dedicada à proteção da diversidade biológica, recursos naturais e culturais associados a esta, e manejada segundo instrumentos legais e outros meios efetivos (IUCN, 1994).

No Brasil é usada a terminologia “Unidade de Conservação” como referência a “Área protegida” empregada pela IUCN, entretanto, a definição internacional não corresponde à aplicação conceitual brasileira com relação às Unidades de Conservação, pois, de acordo com a Política Nacional de Áreas Protegidas (PNAP), o sentido de “área protegida” transpõe os objetivos de proteção ambiental, à medida que compreende todos os espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos (PEREIRA e SCARDUA, 2008; KIBRIT, 2010). No contexto nacional, Áreas Protegidas podem ser naturais ou semi naturais e enfocam prioritariamente o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, as terras indígenas e os territórios quilombolas.

De acordo com Rylands (2005), as Unidades de Conservação emergiram como a chave para proteção dos diversos biomas que aqui ocorrem. São divididas, de acordo com o SNUC, em Unidades de Conservação de Proteção Integral e Unidades de Conservação de Uso Sustentável, sendo que, nestas últimas, o uso direto dos recursos é permitido. Em contrapartida, a exploração direta dos recursos é proibida nas unidades de proteção integral, admitindo apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com algumas exceções previstas na lei supracitada, já que o uso indireto no SNUC é definido como aquele que não envolve consumo, coleta, dano ou destruição dos recursos naturais.

Neste contexto, destaca-se o Parque Estadual da Cantareira, criado por meio do Decreto Estadual nº 41.626 de 30/11/1963 e pela Lei nº 10.228 de 24/09/1968. Enquadra-se como uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, segundo o SNUC, constituindo-se

em uma das maiores áreas protegidas localizadas em perímetro urbano do mundo, com aproximadamente 8000 hectares de floresta protegida, sendo de extrema importância para a manutenção da biodiversidade local (INSTITUTO FLORESTAL, 2009a).

2.1.1. Biota e qualidade da água

A relação intrínseca entre biota e água de boa qualidade precisa ser compreendida, assim como seu caráter de serviço ambiental.

De acordo com Heartsill-Scalley e Aide (2003), a cobertura do solo, isto é, a ocupação do solo é uma característica da paisagem que pode ser distinguida em espécies arbóreas, vegetação ripária, composição e condições dos riachos.

Thomson *et al.* (2012), ao pesquisar a influência da vegetação arbórea e da variação climática em bacias hidrográficas a montante de rios, por meio de índices tradicionais de macroinvertebrados, constatou que as condições de riachos em trechos extensos de vegetação arbórea são melhores. Tais benefícios da cobertura arbórea são estendidos às condições da vegetação ripária, qualidade da água e dos habitats aquáticos. Outro ponto a ser salientado é o potencial do manejo dessa vegetação para reduzir os impactos negativos de variações climáticas extremas sobre os ecossistemas aquáticos, visto que tais benefícios advindos da cobertura vegetal persistiram durante os períodos de seca estudados. Em contraste, os malefícios da perda da vegetação são o aumento da erosão e sedimentação, alteração do fluxo e regimes térmicos e influência sobre os ciclos de carbono e nutrientes. Johnson *et al.* (1995) salientam que a diminuição da cobertura florestal resulta na diminuição dos detritos lenhosos contribuindo para a degradação do habitat do riacho que se estende para o restante do ecossistema do rio.

As zonas ripárias são zonas adjacentes aos riachos por meio das quais o escoamento de áreas mais altas é conectado aos fluxos superficiais e subterrâneos. Elas normalmente ocupam uma pequena fração da paisagem, mas muitas vezes desempenham um papel desproporcionalmente importante no controle químico da água fazendo o intercâmbio entre terras circundantes e o sistema do riacho (NRC, 2002; BURT e PINAY, 2005). Outra característica importante da conexão que entre sistemas terrestres e aquáticos decorrentes da presença da vegetação ripária é sua função de corredor, viabilizando a circulação de organismos. Carothers, (1977) salienta, ainda, o fato destas áreas amortecerem o fluxos do solo adjacente prendendo sedimentos, nutrientes e contaminantes. Em contrapartida, a

fragmentação destas áreas restringe a circulação dos organismos e afetam as condições de luz e temperatura, podendo levar à perda de espécies animais e vegetais (HEARTSILL-SCALLEY e AIDE 2003). Modificações na vegetação ripária alteram, ainda, a estrutura e os processos dentro de riachos, como a estabilidade de bancos, no caso de sua remoção, resultando, como já mencionado, num aumento de luz e carga de sedimentos, alterando os fluxos e microhábitats.

Destaca-se ainda o fato de que a grande maioria dos corpos d'água analisados nesta pesquisa serem de 1ª ordem. De acordo com Dunn *et al.* (2011), riachos de 1ª ordem são corpos d'água diferenciados, pois, geralmente, recebem água diretamente do escoamento das encostas. Diferentemente de riachos de ordem superior, riachos de baixa ordem recebem entrada de matéria orgânica de vegetação ripária e possui a temperatura variando dentro de faixas restritas, tornando-se mais suscetíveis às mudanças na cobertura do solo. Resíduos lenhosos também contribuem, sendo um recurso importante para os organismos destes riachos, que dependem principalmente de fontes de energia alóctones (TABACCHI *et al.*, 1998).

De acordo com Andersson *et al.* (2009), a qualidade química da água de riachos de cabeceira, como é o caso dos que ocorrem no PEC, é influenciada por vários fatores da paisagem que estão relacionados com a vegetação, clima, geologia e topografia. Desse modo, a avaliação em macroescala da paisagem com o estudo da cobertura do solo serve como o primeiro passo no desenvolvimento de uma gestão sustentável em planos de bacias hidrográficas.

Heartsill-Scalley e Aide (2003) salientam que, além da cobertura do solo pelas áreas ripárias, toda a área de drenagem ou a sub-bacia são importantes fatores que afetam as condições dos riachos. As duas escalas, ou seja, a cobertura arbórea e a vegetação ripária devem ser consideradas na gestão dos riachos e comunidades de água doce.

De acordo com Davies *et al.* (2005), poucas são as pesquisas sobre os efeitos do uso do solo em riachos nas cabeceiras. Estes são de importância singular para o rio uma vez que existe um grande número de córregos nestas paisagens e estes drenam uma proporção de área de influência grande com potencial de efeitos cumulativos à jusante e por isso são importantes no manejo das bacias hidrográficas (WELLS, 2002). Descamps *et al.* (1999) ressaltam que este é um dos motivos pelos quais o controle de qualidade da água em cabeceiras deve ser uma prioridade para melhorar a qualidade da água à jusante do rio.

2.2. A importância dos recursos hídricos do PEC para a RMSP

No intuito de se formar regiões polo de desenvolvimento e facilitar a gestão de áreas especiais, o território paulista foi dividido em unidades formadas por agrupamentos de municípios limítrofes e dentre estes se destaca a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) (REI, 2002). Esta região abriga 50% da população do Estado de São Paulo, sendo que é detentora de uma área de 8.051 km², equivalendo a 3% do território total do Estado (IBGE, 2012).

A distribuição espacial da população da RMSP apresenta uma dinâmica urbano-regional intensa. Os padrões socioespaciais despontados a partir da década de 80 revelaram uma tendência de fluxo da metrópole em direção ao interior. Esses fluxos migratórios têm sido influenciados por fatores como a desconcentração das atividades industriais nesta região, incremento da circulação dos eixos de desenvolvimento do Estado em função de investimentos em transportes, crescimentos de centros e subcentros regionais, entre outros. A migração populacional de outros Estados para a RMSP, a qual teve o ápice na década de 1970, teve então seu fluxo diminuído, ocasionando a desaceleração do ritmo de crescimento populacional (REI, 2002). Entretanto, essa região já conta com um aglomerado urbano consolidado, sendo este local o maior polo de riqueza nacional, sediando os mais importantes complexos industriais, comerciais e financeiros que controlam as atividades econômicas de todo o país (EMPLASA, 2012).

Como consequência deste contexto, a RMSP apresenta inúmeros problemas ambientais, dos quais se destacam a precariedade no saneamento e a degradação dos rios Pinheiros e Tietê, entre outros, assim como a contaminação dos mananciais. O lançamento de esgoto doméstico e de efluentes industriais diretamente nos corpos d'água compromete os recursos hídricos, sendo fatores que colaboram para a diminuição da disponibilidade contínua de água para uso público. No intuito de reverter esta problemática, na década de 1970, foram desenvolvidas leis de proteção aos mananciais, com mecanismos de controle de uso e ocupação do solo para assegurar a quantidade e a qualidade de água para abastecimento das grandes cidades (ALVES, 2010).

Dos 39 Municípios que compõem a RMSP, 25 encontram-se total ou parcialmente inseridos em Áreas de Proteção aos Mananciais (APM), salientando-se Caieiras com 20% de sua área em APM, Guarulhos com 30%, Mairiporã com 80% e São Paulo com 36% de seu território em APM (SIGAM, 2012) (Figura 5). Os quatro municípios citados abrigam o

Parque Estadual da Cantareira, objeto deste estudo, o qual se configura entre as maiores áreas protegidas da RMSP.

Figura 5 – Áreas da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), inseridas em Área de Proteção aos Mananciais (APMs). Em destaque o Parque Estadual da Cantareira (PEC).

Fonte: Elaborado com dados disponibilizados pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê e Fundação Florestal.

A Serra da Cantareira teve uma importante participação na produção de água no município de São Paulo e região já no início do século XIX, sendo esta a motivação original de sua preservação. Naquela época a Companhia de Águas inseriu o sistema de captação e tratamento de água potável para abastecimento público, a partir da água da Serra da Cantareira, a qual era a principal fonte na região (MARTINS, 2003). Entretanto, a Companhia não conseguia atender a demanda cada vez maior em função do aumento populacional de São Paulo. Logo o Estado deu início ao funcionamento da Repartição de Águas e Esgotos (RAE) desapropriando fazendas numa área de quase 5.000 hectares, onde atualmente se encontra o PEC (INSTITUTO FLORESTAL, 2009b). Neste local ainda podem ser vistos vários vestígios de edificações dos pequenos represamentos que integravam o RAE.

O sistema de captação e tratamento da RAE era estruturado para atendimento de pequeno porte, por meio de pequenas represas na Serra da Cantareira, como a do Engordador, Barrocada e Cabuçu. A água que chegava à rede distribuidora era direcionada aos centros consumidores por força gravitacional. No entanto, nos períodos de estiagem esta estrutura era ineficiente, visto que o volume de água era insuficiente para ser levado apenas por ação da gravidade. Juntando-se a isso, o aumento da demanda por água potável decorrente do

crescimento demográfico de São Paulo, e potencializado pela industrialização, exigiu que outras medidas fossem tomadas para viabilizar o abastecimento público, assim como a busca por alguns mananciais protegidos e a utilização de reservatórios já existentes, que antes eram utilizados para outros fins, como Billings e Guarapiranga (ALVES, 2010).

As ações mencionadas anteriormente foram insuficientes para atender o crescimento da urbanização, fator que levou à implantação do Sistema Cantareira, dado em duas fases, com início da primeira etapa em 1965 e término da segunda etapa em 1981. Salienta-se que embora com denominação homônima, este sistema transpõe o maciço da Serra da Cantareira (ALVES, 2010).

Na atualidade, para o abastecimento da RMSP faz-se uso de um sistema integrado, localizado nas cabeceiras da bacia do Rio Tietê, na sub-bacia do Alto Tietê, dirigido pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp). Trata-se de oito sistemas produtores de água, dentre os quais se destaca o Sistema Cantareira, já citado anteriormente, o qual é formado pelos rios Jaguari, Jacaré, Cachoeira, Atibainha e Juqueri e cujas águas são tratadas na estação Guaraú. Este é o maior sistema fornecedor de água da RMSP, respondendo por 50% do total de água utilizada para abastecimento. O tratamento de água na estação Guaraú chega a 32,7 mil litros por segundo, abastecendo 8,1 milhões de pessoas das zonas Norte, Central e partes da zona Leste e Oeste da capital, assim como os municípios de Franco da Rocha, Francisco Morato, Caieiras, Osasco, Carapicuíba e São Caetano do Sul, além de parte dos municípios de Guarulhos, Barueri, Taboão da Serra e Santo André (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ, 2009; SSRH/CRHi, 2011).

Contudo, a sub-bacia do Alto Tietê, a qual possui quase que a totalidade de sua área inserida na RMSP, apresenta um déficit hídrico que a torna insuficiente para o abastecimento da região. Esta realidade ocasionou a necessidade de importação de 32,3 m³/s de água de bacias adjacentes por meio dos sistemas produtores (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ, 2009; ANA, 2010).

A transposição mais significativa de água para a RMSP é realizada da bacia do rio Piracicaba (UGRHI 5 - PCJ) para a bacia do Alto Tietê (UGRHI 6), pelo Sistema Produtor Cantareira. Este sistema produz 33 m³/s de água para abastecimento, sendo que, apenas 2 m³/s desta capacidade são originários da bacia do Alto Tietê. O volume complementar de 31 m³/s de água é revertido da bacia do PCJ e destinado a atender a demanda da RMSP. Esta reversão é conflituosa, visto que este valor representa 43% da demanda total da bacia do PCJ, cuja disponibilidade de água também é classificada como crítica, que atende a Região

Metropolitana de Campinas, a qual compartilha problemas intrínsecos às grandes metrópoles (COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ, 2009; SSRH/CRHi, 2011).

De acordo com o Relatório da situação dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo (SSRH/CRHi, 2011), a demanda por água registrada na unidade de gerenciamento do Alto Tietê, que já é classificada como crítica, tem aumentado. O abastecimento contínuo da região durante o ano tem sido garantido pelos represamentos existentes na região, como reservatórios do sistema Cantareira, entre outros, que armazenam e disponibilizam água de acordo com a necessidade, mantendo regular a vazão.

Dentro deste contexto de baixa disponibilidade hídrica da RMSP, também explicitado por Porto (2003), que levou à existência e dependência deste complexo sistema de abastecimento, a Serra da Cantareira tem um papel importante, uma vez que abriga nascentes de todas as microbacias que a compõe, sendo que algumas delas possuem suas vertentes voltadas ao reservatório Paiva Castro, contribuindo indiretamente para o Sistema Cantareira (Figura 6). Além disso, contribui para o abastecimento do Município de Guarulhos através do único reservatório ativo existente em seu interior, o Cabuçu, operado pelo Serviço Autônomo de água e Esgoto de Guarulhos (SAAE).

Figura 6 - Localização do Parque Estadual da Cantareira na face Norte da RMSP. Em destaque a presença do reservatório Paiva Castro, desaguadouro final do Sistema Cantareira.

Fonte: Google Earth, 2012

2.2.1. Contexto hidrográfico do PEC e sua integração no Sistema de Gerenciamento Hídrico de São Paulo

O sistema nacional de recursos hídricos criou a forma de gestão do uso da água e do solo por unidades territoriais que correspondem às bacias hidrográficas. São 22 bacias no estado de SP (Figura 7). A Lei nº 9866/97 assume cada uma destas bacias como unidade de planejamento e gestão, sendo denominadas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ, 2009).

1 – Mantiqueira	12 – Baixo Pardo/Grande
2 – Paraíba do Sul	13 – Tietê/Jacaré
3 – Litoral Norte	14 – Alto Paranapanema
4 - Pardo	15 – Turvo/Grande
5 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí	16 – Tietê/Batalha
6 – Alto Tietê	17 – Médio Paranapanema
7 – Baixada Santista	18 – São José dos Dourados
8 – Sapucaí-Mirim/Grande	19 – Baixo Tietê
9 – Mogi-Guaçu	20 - Iguapeí
10 - Sorocaba/Médio Tietê	21 - Peixe
11 – Ribeira do Iguapé/Litoral Sul	22 – Pontal do Paranapanema

Figura 7 - Localização das 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos no Estado de São Paulo.
 Fonte: Adaptado de Rocha *et al.*, 2011.

As 22 UGRHIs estão distribuídas nas sete regiões hidrográficas paulistas, isto é, Região Hidrográfica Aguapeí/Peixe, Região Hidrográfica da Vertente Paulista do Rio Paranapanema, Região Hidrográfica da Vertente Litorânea, Região Hidrográfica da Vertente Paulista do Rio Grande, Região Hidrográfica de São José dos Dourados, Bacia do Rio Paraíba do Sul e Bacia do Rio Tietê.

A Bacia do Rio Tietê apresenta uma área de 73.400 km², havendo diversidades socioeconômicas e ambientais nas áreas de drenagem que culminam em diferenças na qualidade das águas ao longo de seu percurso, da nascente até a foz. Tais fatores motivaram a divisão desta bacia em seis Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs), ou seja, Piracicaba/ Capivari/ Jundiaí, Sorocaba/Médio Tietê, Tietê/Jacaré, Tietê/Batalha, Baixo Tietê e Alto Tietê. Esta última abriga a UGRHI de número 6, que por sua vez corresponde à parte superior do rio Tietê desde suas nascentes no município de Salesópolis até a barragem de Pirapora do Bom Jesus (ROCHA *et al.*, 2011).

A bacia do Alto Tietê (Figura 8), na qual se situa o PEC, apresenta uma área correspondente a 5.985 km² que praticamente coincide com o limite da RMSP. Abriga 99,5% da população desta região, equivalendo a 35 municípios dos 39 que a compõem.

Figura 8 – Localização da Bacia do Alto Tietê (BAT) na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Em destaque o Parque Estadual da Cantareira (PEC) integrando 4 dos 35 Municípios da BAT.

Fonte: Elaborado com dados disponibilizados pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê e Fundação Florestal.

Dada a complexidade da região, a bacia Alto Tietê foi ainda subdividida em seis sub-bacias, isto é, Cabeceiras, Cotia-Guarapiranga, Penha-Pinheiros, Jusante Pinheiros-Pirapora, Juquery-Cantareira, e Billings.

Figura 9 – Localização das 6 sub-bacias que compõem a Bacia do Alto Tietê (BAT), na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Em destaque o Parque Estadual da Cantareira (PEC).

Fonte: Elaborado com dados disponibilizados pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê e Fundação Florestal.

Como pode ser visto na Figura 9, o PEC integra três sub-Bacias do Alto Tietê, ou seja, Juqueri-Cantareira, Penha-Pinheiros e Cabeceiras. O Plano de Bacia do Alto Tietê (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ, 2009) apresenta ainda subdivisões mais detalhadas desta bacia, como apresentado na Figura 10, na qual se destacam as sub-bacias que integram o PEC.

Figura 10 - Sub-bacias que compõem o Parque Estadual da Cantareira, conforme Plano de Bacia Alto Tietê. Fontes: Elaborado com dados disponibilizados pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê e Fundação Florestal.

Para efeito deste trabalho, utilizou-se a associação de microbacias adotada no Plano de Manejo do Parque Estadual da Cantareira pelo Instituto Florestal (INSTITUTO FLORESTAL, 2009b), conforme Figura 11, sendo que, a identificação destas microbacias foi realizada com base em ortofoto digital pelo Laboratório de Geoprocessamento da seção de Manejo e Inventário Florestal do IF.

Figura 11 – Delimitação de microbacias de acordo com Plano de Manejo do Parque Estadual da Cantareira (SP). Fontes: Elaborado com dados disponibilizados pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê e Fundação Florestal.

Todas as microbacias representadas pelo PEC, como já citado anteriormente, abrigam um grande número de nascentes que dão origem a muitos riachos. Na face sul do PEC, cita-se a formação de importantes rios da RMSP como Cabuçu de Baixo, Cabuçu de Cima e Baquirivu. As águas destes rios afluem para o rio Tietê. Na face norte, as águas das microbacias Ribeirão Santa Inês, Ribeirão Águas Claras e Ribeirão São Pedro têm como desaguadouro final o reservatório Paiva Castro. Entre estas, as que têm maior representatividade dentro da Unidade de Conservação são as do Ribeirão Águas Claras, Rio Cabuçu de Cima e Córrego Cabuçu de Baixo (Tabela 2).

Tabela 2 - Representatividade das microbacias do Parque Estadual da Cantareira (SP).

Microbacia	Área Total (ha)	Área inserida na UC (ha)	Representatividade na UC (%)
Rio Cabuçu de Cima	13.073,34	5.009,41	38,3
Córrego Cabuçu de Baixo	4.203,25	1.455,21	34,6
Ribeirão São Pedro	2.662,82	213,20	8,0
Rio Baquirivu	1.813,76	271,42	1,5
Ribeirão Santa Inês	1.212,86	163,30	13,5
Ribeirão Águas Claras	988,54	492,11	49,8

Fonte: Instituto Florestal, 2009b.

No que se refere à contribuição hídrica, segundo os dados de vazão instantânea dos pontos de maior representatividade do PEC, apresentados pelo Instituto Florestal (2009b), a somatória alcança a ordem de 902,0 L/s. Dois locais se sobressaem, a microbacia Ribeirão Águas Claras, com vazão de 188,7 L/s, e o reservatório Cabuçu com valor médio de captação de 184,2 L/s pelo SAAE.

3. Caracterização da dinâmica socioambiental dos municípios integrantes do PEC

A região onde se localiza o PEC apresenta características de áreas que tendem à vulnerabilidade, à medida que está associada a processos de urbanização e desenvolvimento de atividades nos diversos segmentos econômicos. Esse desenvolvimento é acompanhado de uma dívida social que pode ser expressa pelas condições precárias de moradia de parcela da população, ocupação de áreas de risco, assim como infraestruturas urbana e social deficientes. O ambiente natural neste contexto é sujeito às características inerentes às grandes regiões metropolitanas, como a pressão sobre o patrimônio ambiental que torna vulnerável as áreas protegidas (EMPLASA, 2012).

Os municípios de influência direta ao PEC são Caieiras, Mairiporã, Guarulhos e São Paulo, todos caracterizados por alto grau de urbanização (Tabela 3).

Tabela 3 - Território e dados populacionais dos municípios que compõem o Parque Estadual da Cantareira (SP).

Municípios	Área (km ²)	*Área inserida no PEC (%)	População (hab)	Densidade Demográfica (hab/km ²)	Grau de Urbanização (%)	Taxa anual de Migração (por mil habitantes)
Ano referência	2012	2009	2011	2011	2010	2000
Caieiras	95,89	1,43	88,122	918,99	97,52	49,94
Mairiporã	321,48	2,60	83,206	258,82	100,00	17,08
Guarulhos	318,01	8,01	1.236,884	3.889,04	87,39	27,47
São Paulo	1.522,99	2,84	11.377,021	7.443,92	99,10	-5,07

Fontes: Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE), 2012; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2012; * Instituto Florestal (2009b).

Os municípios de Guarulhos e São Paulo situam-se na face Sul do PEC. Com relação a este último ressalta-se que os distritos limítrofes são Jaraguá, Brasilândia, Cachoeirinha, Mandaqui e Tremembé. Nestes locais há o surgimento de loteamentos clandestinos em detrimento da vegetação local. Essas áreas que já sofreram processos intensos de supressão da vegetação correspondem exatamente àquelas que deram suporte a um processo intenso de urbanização, reforçando a ideia, de acordo com Silva e Grostein (2007), de que um fenômeno está intimamente ligado ao outro.

Na microbacia do córrego Cabuçu de Baixo, na região limítrofe entre o PEC e o município de São Paulo, especificamente nos córregos do Bananal, Bispo e Guaraú, foi observado um intenso desmatamento ocorrido de 1986 a 2000, quando a vegetação foi substituída por ocupação urbana ao longo destes cursos d'água. Além das ocupações ilegais, têm-se também os conjuntos habitacionais como a COHAB de Taipas e o conjunto habitacional Vila Brasilândia da CDHU nas áreas adjacentes à porção Sul do PEC. Com relação a estas habitações, Silva e Grostein (2007) enfatiza o fato do poder público reproduzir padrões de insustentabilidade comparados aos verificados em loteamentos clandestinos e favelas.

Os riscos ambientais desta região são apresentados por Silva e Grostein (2007) ao mencionar a existência de loteamentos clandestinos em terrenos extremamente íngremes nos baixos esporões da Serra da Cantareira, além da concentração de favelas ao longo dos cursos

d'água. Essas áreas, além de frágeis ambientalmente, não possuem caráter legal para habitação, sob o ponto de vista da legislação.

As áreas lindeiras do PEC, especificamente no que se refere ao município de São Paulo, funcionavam como barreira de proteção ao Parque Estadual da Cantareira até o final da década de 1990, momento em que o processo de expansão do adensamento urbano se instalava. Diante deste quadro, Silva e Grostein (2007) ressalta a iminência da invasão das bordas do PEC pela expansão da mancha urbana, caso tal dinâmica habitacional persista.

Proliferação de assentos habitacionais precários, de acordo com o Instituto Florestal (2009b), também é notada no limite entre o PEC e o município de Guarulhos, como nos loteamentos do Jardim Monte Alto, Jardim Novo Recreio e Recreio São Jorge.

Nos municípios de Caieiras e Mairiporã, localizados na face Norte do PEC, a ocupação urbana se dá principalmente por condomínios fechados e chácaras residenciais. Esta forma de ocupação mantém maiores índices de vegetação quando comparada às outras. Entretanto, foi responsável pela fragmentação e desmatamento de parcelas significativas de cobertura vegetal entre as décadas de 60 e 90, correspondendo a 1.485,81 hectares (SILVA e GROSTEIN, 2007; INSTITUTO FLORESTAL, 2009a).

Tabela 4 - Infraestrutura dos municípios de compõem o Parque Estadual da Cantareira (SP).

Municípios	Abastecimento de Água (nível de atendimento %)	Esgoto Sanitário (nível de atendimento %)	Coleta de Lixo (nível de atendimento %)
Ano Referência	2000	2000	2000
Caieiras	97,89	71,56	99,50
Mairiporã	65,06	30,73	95,54
Guarulhos	94,69	77,09	98,37
São Paulo	99,42	89,01	99,46

Fontes: Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE), 2012; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2012.

Os dados censitários do ano de 2000 (Tabela 4) apontam o município de Mairiporã com o menor atendimento de saneamento básico, entre os que compõem o PEC, tanto para o item abastecimento de água como para esgoto sanitário e coleta de lixo. Além disso, seu percentual de urbanização chega a 100%, trazendo a necessidade de advertir que neste município encontra-se a bacia do rio Juqueri, a qual abriga o reservatório Paiva Castro, de importância já mencionada anteriormente. Os demais municípios analisados configuraram valores mais elevados de indicadores de infraestrutura e sem grandes diferenças entre si.

Tabela 5 - Educação e Economia dos municípios de compõem o Parque Estadual da Cantareira (SP).

Municípios	Média de anos de estudo da população de 15 a 64 anos	População de 25 anos e mais com menos de 8 anos de estudo (%)	Renda per Capta (em salários mínimos)	PIB (em milhões de reais)	PIB per Capita (em milhões de reais)
Ano	2000	2000	2000	2009	2009
Referência					
Caieiras	7,17	60,12	2,13	1.701,76	19.291,75
Mairiporã	7,37	56,76	2,27	1.029,39	13.004,71
Guarulhos	7,01	62,68	8,82	32.473,83	24.993,65
São Paulo	8,37	46,62	4,03	389.317,17	35.271,93

Fontes: Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE), 2012; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2012.

No que se refere à economia, apontada na Tabela 5, nos quatro municípios limítrofes do PEC, ela se configura pelos setores secundário e terciário, com destaque para os municípios de São Paulo e Guarulhos como grandes polos industriais do Estado (INSTITUTO FLORESTAL, 2009b). Os dados relacionados à educação mostram a população da região de maior desenvolvimento do país (RMSP), com baixo grau de instrução, com destaque para o município de São Paulo que apresenta o pior resultado com relação ao número de anos estudados.

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) considera as dimensões de longevidade, educação e renda municipais. No que se refere aos municípios que compõem o PEC (Tabela 5), o valor inferior é apresentado pelo município de Guarulhos, com 0,798, que denota uma situação de “médio” desenvolvimento humano. Caieiras, Mairiporã e São Paulo apresentaram um desenvolvimento humano alto, de acordo com este índice.

O Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS) sintetiza a situação dos municípios no que diz respeito à riqueza, escolaridade e longevidade, classificando-os em grupos. No grupo de número 1, enquadram-se os municípios que se caracterizam por um nível elevado de riqueza com bons níveis nos indicadores sociais; no 2, municípios que, embora com níveis de riqueza elevados, não são capazes de atingir bons indicadores sociais; no 3, municípios com nível de riqueza baixo, mas com bons indicadores sociais; no 4, municípios que apresentam baixos níveis de riqueza e níveis intermediários de longevidade e/ou escolaridade; e no 5, municípios mais desfavorecidos do Estado, tanto em riqueza como nos indicadores sociais. Os municípios de Caieiras e São Paulo classificaram-se como Grupo 1, ou seja, apresentaram um índice aceitável, enquanto municípios Guarulhos e Mairiporã

classificaram-se como Grupo 2, de modo que não atingiram bons indicadores sociais (Tabela 6).

Tabela 6 - Condições de Vida nos municípios de compõem o Parque Estadual da Cantareira (SP).

Municípios	*Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)	Índice Paulista de Responsabilidade Social - IPRS	Índice Paulista de Vulnerabilidade Social – IPVS (%)					
Ano Referência	2000	2008	2000					
			G1	G2	G3	G4	G5	G6
Caieiras	0,813	Grupo 1	1,88	13,53	32,31	45,75	1,08	5,46
Mairiporã	0,803	Grupo 2	3,42	12,46	24,89	44,35	2,32	12,56
Guarulhos	0,798	Grupo 2	1,53	8,50	33,88	19,79	29,31	6,98
São Paulo	0,841	Grupo 1	13,83	26,78	24,11	22,33	3,38	9,54

Fontes: Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE), 2012; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2012.

*Este índice utiliza 3 categorias propostas pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) (< 0,500 - Baixo desenvolvimento humano; entre 0,500 e 0,800- Médio desenvolvimento humano; > 0,800 - Alto desenvolvimento humano).

O Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS) permite identificar áreas em que predominam famílias expostas a diferentes níveis de vulnerabilidade social. O IPVS baseia-se em uma tipologia derivada da combinação entre os indicadores sintéticos das dimensões socioeconômica e demográfica, permitindo classificar os setores censitários em seis categorias, conforme Tabela 7, segundo o grau de vulnerabilidade social da população neles residente.

Tabela 7 - Categorias Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS) e dimensões socioeconômica e do ciclo de vida familiar associadas.

GRUPO	IPVS	Dimensão Socioeconômica	Dimensão do Ciclo de Vida Familiar
1	Nenhuma Vulnerabilidade	Muito Alta	Famílias Jovens, Adultas ou Idosas
2	Vulnerabilidade Muito Baixa	Média ou Alta	Famílias Idosas
3	Vulnerabilidade Baixa	Alta Média	Famílias Jovens e Adultas Famílias Adultas
4	Vulnerabilidade Média	Média	Famílias Jovens
5	Vulnerabilidade Alta	Baixa	Famílias Adultas e Idosas
6	Vulnerabilidade Muito Alta	Baixa	Famílias Jovens

Fonte: Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE), 2012.

Com exceção de São Paulo, nos demais municípios mais que 50% da população estavam englobados nas categorias de vulnerabilidade média, alta e muito alta, em 2000. Considerando-se que quanto menor a renda e o acesso a educação, geralmente, maiores os efeitos deletérios que a população causa sobre o ambiente, pode-se ter uma ideia da pressão desta sobre o Parque.

CAPÍTULO II. AVALIAÇÃO DO MEIO FÍSICO

1. Introdução

Água de boa qualidade e integridade ecológica dependem de muitos fatores assim como de características da paisagem em várias escalas.

Pimentel *et al.* (2000), em suas considerações sobre a integridade ecológica, parte do princípio de que tanto a integridade como a perda das condições biológicas são mensuráveis empiricamente. Neste contexto, considera-se essencial a definição de integridade ecológica por Westra (1998), “a capacidade de um ecossistema inalterado em continuar seu percurso natural de evolução e sua transição normal ao longo do tempo”. No entanto, o significado de integridade ecológica apresentado por Karr (2000), isto é, “a integridade ecológica é a qualidade do ecossistema e de sua biota, os quais são produtos de processos evolutivos e biogeográficos com a mínima influência da sociedade humana”, vem ao encontro da perspectiva desta pesquisa.

O conceito de integridade ecológica deve ser entendido como uma abordagem ecossistêmica para a compreensão do ambiente humano e suas interações normativas, ou seja, esse conceito implica na proteção do ecossistema a um nível de preservação da sua integridade. Por outro lado, a abordagem ecossistêmica é entendida como a análise de impactos induzidos pelo homem, necessariamente, em ecossistemas inteiros, mas não especifica o nível de proteção que deve ser alcançada por meio da implementação de políticas. Pimentel *et al.* (2000), exemplifica dizendo que, os governos poderiam adotar uma abordagem ecossistêmica para garantir que a qualidade da água atenda padrões de água potável. No entanto, o atendimento a padrões de água potável, pela gestão hídrica, não impediria modificações drásticas no ecossistema, como a canalização de um rio, por exemplo, o que alteraria intensamente a biota. Mas, no entendimento da integridade ecológica, tratado nesta pesquisa, de acordo com Pimentel *et al.* (2000), implica numa abordagem ecossistêmica que visa proteger ou restaurar a integridade de um ecossistema.

Alguns tipos de degradação ecológica são de especial preocupação como a destruição de florestas e de ecossistemas costeiros, a sobrepesca, a qualidade do solo, a perda da biodiversidade e de espécies, assim como a degradação da água doce (PIMENTEL *et al.*, 2000). O entendimento deste último tipo de degradação é complexo, visto que, muitas vezes associa o uso da água à natureza selvagem, isto é, a um ambiente relativamente livre de impactos humanos. Existem métodos consolidados para se mensurar o produto dessa

interação como apresentado por Karr (2000), que busca desvios de uma condição de referência de integridade ecológica encontrada na natureza selvagem em ambientes lóticos. Esses ambientes são constituídos por características peculiares que interagem com as características de seu entorno na meso e macroescala, tornando necessária a compreensão desta interação.

Os rios são influenciados pelo ambiente em múltiplas escalas, sendo que a interferência da paisagem é decorrentes do fluxo (ALLAN, 1997). Estes ecossistemas são mosaicos de complexos tipos de habitats e gradientes ambientais caracterizados por alta complexidade, conectividade espacial e paisagens ripárias. Com esta abordagem, autores conceituam a escala de estudo destas áreas como *riverscapes* (ALLAN, 2004; FAUSCH *et al.*, 2002; WARD *et al.*, 2002).

A complexidade da *riverscape* é responsável em grande parte pela elevada biodiversidade dos sistemas hidrológicos. A variabilidade hidrológica natural em fluxos elevados movimentam sedimentos, os quais, por meio de ciclos de erosão e deposição, criam uma variedade de habitats, e conseqüentemente recursos, nos canais incluindo corredeiras, poças e ilhas, entre outros, e ainda mantém a conectividade da área. Esses mosaicos estão em constante mudança resultante das manchas de habitat e ecótonos em etapas sucessionais. (ROBINSON *et al.*, 2002; WARD, 1998). Para Allan (2004), a constante mudança temporal e espacial, decorrente do mosaico de habitats em riachos, sustenta uma maior diversidade do que ocorreria se os habitats fossem estáticos. Assim tanto a variedade quanto a variabilidade de habitats são importantes para influenciar a diversidade biológica de riachos e estão ligados ao sistema de maior fluxo e à paisagem circundante.

Dada a importância da escala fina de análise da paisagem de rios, deve-se também atentar para sua interação com escalas mais amplas, visto que estas são limitadoras da primeira. Neste contexto, salienta-se que o impacto do uso do solo em bacias hidrográficas e seus impactos sobre sistemas fluviais, muitas vezes não podem ser totalmente compreendidos com análises seccionadas como, por exemplo, apenas em zonas ripárias. De acordo com Wang *et al.* (2011), poucos estudos tem considerado os efeitos do uso do solo na extensão da bacia hidrográfica em ecossistemas fluviais e isso deve-se a limitações metodológicas, visto que até recentemente era difícil quantificar o uso do solo nestas bacias. Com o advento do Sistema de Informação Geográfica (SIG), o estudo das relações entre os atributos das bacias hidrográficas e as características dos ecossistemas lóticos tem se tornado mais comum.

As características naturais da bacia hidrográfica, definida pela extensão da área, geologia superficial e topografia, podem influenciar a hidrologia e entrada de sedimentos no

canal. A cobertura vegetal é determinada em parte por fatores geomorfológicos e regula a quantidade de água, materiais orgânicos e inorgânicos recebidos pelo sistema lótico. Assim, a variação na cobertura do solo e da morfologia da bacia resulta em heterogeneidade espacial do ecótono terrestre-aquático (FORMAN e GODRON 1986; SCHLOSSER, 1991). As características físicas dos ambientes lóticos são influenciadas por uma variedade de características da paisagem, muitas das quais estão relacionadas entre si e, de acordo com Richards *et al.* (2006), separar impactos de uso do solo de outras influências em escala de bacia é difícil.

O estudo de ecossistemas lóticos no contexto de suas bacias e paisagens indica claramente que estes ecossistemas são afetados pelas ações humanas em diferentes escalas espaciais. Os impactos diretos e indiretos são numerosos e complexos devido aos vários tipos de influências do uso do solo e à interação entre gradientes antropogênicos e a influência da estrutura hierárquica do relevo sobre as condições locais dos riachos (ALLAN, 2004). No que concerne especificamente às fontes difusas de poluição, como o escoamento de áreas urbanas e agrícolas, estas são as mais difíceis de detectar, pois podem abranger grandes áreas da bacia de drenagem e envolvem complexas interações bióticas e abióticas (SOUBE, 1986).

As ações humanas têm ameaçado cada vez mais a integridade ecológica de ecossistemas fluviais, impactando habitats, qualidade da água e biota (ALLAN *et al.*, 1997, STRAYER *et al.*, 2003, TOWNSEND *et al.*, 2003). Esses impactos excedem as influências diretas, visto que, o uso do solo interage com outras atividades antropogênicas que afetam a saúde dos ecossistemas lóticos como as mudanças climáticas, introdução de espécies invasoras e barragens. As ações humanas na escala da paisagem interrompem os processos geomorfológicos que mantêm a *riverscape* e sua associação com a biota, resultando num habitat menos heterogêneo e degradado (ALLAN, 2004).

Em áreas protegidas, como no caso do Parque Estadual da Cantareira (PEC), as atividades humanas são restritas, o que diminui os impactos diretos sobre a área, e consequentemente sobre os corpos d'água. No entanto, salienta-se a proximidade do PEC com a área urbana, que lhe trouxe a denominação de floresta urbana. Para Hultman (1976), áreas como o PEC são o reflexo do histórico de exploração, de sucessivos ciclos econômicos e da contínua expansão da população humana, que resultaram em pequenos fragmentos de vegetação remanescentes nativos e isolados nos centros urbanos. A localização do PEC é um dos motivos de sua importância para a RMSP, local densamente urbanizado e que ainda apresenta determinados locais em processo de urbanização, resultando em pressão acentuada sobre as áreas verdes remanescentes.

2. Objetivos

Objetivo geral

- Caracterizar os riachos de baixa ordem do Parque Estadual da Cantareira (PEC) no que se refere a informações hipsométricas, clinográficas e de uso e ocupação do solo, na tentativa de se conhecer as condições naturais atuais no nível da macroescala de análise.

Objetivos específicos

- Investigar a relação entre a cobertura do solo e aspectos físicos (altitude, declividade) da área;
- Integrar dados hipsométricos, clinográficos e de uso e ocupação do solo da área em estudo a fim de sintetizar tais informações, buscando semelhanças entre os pontos de amostragem, de modo que facilite sua comparação com dados de qualidade do habitat aquático e da água;
- Avaliar a relevância da análise do meio físico para o conhecimento das condições naturais da água em uma unidade de conservação de proteção integral.

3. Material e métodos

3.1. Caracterização da área de estudo

O Parque Estadual da Cantareira se localiza ao Norte da Região Metropolitana de São Paulo e abrange parte dos municípios de Caieiras, Guarulhos, Mairiporã e São Paulo. Com uma área de 7.916,52 hectares, seu perímetro perfaz 90,5 quilômetros.

Com finalidade administrativa, científica, cultural, educativa e recreativa, a organização espacial do PEC se dá em quatro núcleos (Figura 12). O primeiro, criado em 1989, é denominado Núcleo Pedra Grande e se destaca por ser a sede da administração do Parque. O Núcleo Engordador foi o segundo a ser aberto ao público, no ano de 1992. No ano de 2000 foi inaugurado o Núcleo Águas Claras e por fim, o Núcleo Cabuçu, o qual teve suas atividades públicas iniciadas em 2008. Todos os núcleos possuem infraestrutura adequada para visitação pública.

Figura 12 - Divisão do Parque Estadual da Cantareira (SP) em Núcleos

Fontes: Elaborado com dados disponibilizados pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê e Fundação Florestal.

Com relação aos aspectos climáticos, de acordo com a classificação de Köppen, no PEC predomina o clima tipo Cfb, mesotérmico e úmido, sem estação seca. Na avaliação descrita no Plano de Manejo do Parque Estadual da Cantareira (INSTITUTO FLORESTAL, 2009b), com base em dados da estação meteorológica instalada no Instituto Florestal, a análise da série de 1992 a 2007 indica uma precipitação média de 1.332 mm por ano, sendo o mês mais chuvoso Janeiro e o menos chuvoso, Agosto. A análise também mostrou uma

sazonalidade bem definida para a região com 77,2% do total da precipitação ocorrendo nos meses que compreendem as estações da primavera e verão.

Ainda com referência à pluviosidade, os Núcleos Engordador e Cabuçu apresentaram os maiores índices médios de precipitação (1550 e 1750 mm respectivamente). Em contrapartida, nos Núcleos Águas Claras e Pedra Grande, os menores índices levaram a uma diferença de 500 mm em relação aos demais núcleos.

Também na série histórica de 1992 a 2007, foi apresentada a temperatura média anual do ar, equivalendo a 19,9 °C. Os meses com valores mais elevados foram Janeiro e Fevereiro (23,0 °C e 22,8 °C, respectivamente), e os meses de Junho e Julho apresentaram as temperaturas mais reduzidas (16,6 °C e 16,5 °C, respectivamente). A sazonalidade é bem pronunciada de modo que nos meses de Maio a Setembro os valores de temperatura ficam abaixo da média. Entretanto, o oposto ocorre nos meses de Outubro a Abril, nos quais os valores médios são superados.

Na RMSP observa-se uma variação espacial da temperatura, sendo que, a região Norte da cidade de São Paulo, onde se situa o PEC e outros Parques, como o Albert Loeffgrën que é contíguo ao PEC, apresentou temperaturas amenas chegando a uma diferença superior a 8°C, se comparando com outras regiões altamente urbanizadas (INSTITUTO FLORESTAL, 2009b). O próprio PEC tem sua face Norte, a qual é circundada pelos municípios de Caieiras e Mairiporã, com temperatura inferior à face Sul.

Com relação à umidade relativa do ar, a análise do período compreendido entre 2000 e 2007 na mesma estação meteorológica, mostrou um percentual médio em torno de 83,7%.

No PEC o relevo é diferenciado em morros e montanhas, morrotes e morros, morrotes paralelos, morrotes e planície flúvio-coluvial, os quais estão inseridos na Serrania de São Roque, nos Reversos da Serra do Mar e da Mantiqueira denominado Planalto Atlântico (Ponçano *et al.*, 1981; P M). De acordo com Ab'Saber (1970 *apud* Instituto Florestal, 2009b), a área está inserida no Domínio Morfoclimático dos mares de morros florestados.

As principais classes de solo encontrados na região são Argissolo vermelho-amarelo e Latossolo vermelho-amarelo, que se associam a Latossolo Câmbico, Cambissolo Háplico, Afloramento Rochoso e Gleissolo Háplico nas planícies fluviais e flúvio-coluviais. De acordo com Instituto Florestal (2009), os solos do PEC se apresentam bastante lixiviados, com soma de bases baixa, ácidos, álicos e com pequena fertilidade.

O PEC é um dos remanescentes florestais mais significativos da RMSP. Conta com florestas em estágios diferenciados de regeneração, sendo que os estágios avançado e

maduro são menos representativos, com pequenos fragmentos localizados na face Norte do PEC, sobressaindo trechos em estágio médio. A formação vegetal predominante é a Floresta Ombrófila Densa Montana, de acordo com a classificação de Veloso *et. al.* (1991), contando também com a representação da Floresta Ombrófila Densa Montana Aluvial, Floresta Ombrófila Densa Montana de Porte Baixo e Escrube *sensu*, sendo esta última conforme a classificação de Eiten (1970). Ressalta-se ainda que dentro de cada tipo apresentado existem alterações fisionômicas as quais conferem ao Parque, de acordo com levantamento realizado pelo Instituto Florestal (2009b), 14 unidades fitofisionômicas. Sintetizam-se em vegetação de porte arbóreo alto, médio ou baixo, com dossel às vezes uniforme, com nenhuma, pouca ou forte alteração, havendo ainda vegetação de porte herbáceo (INSTITUTO FLORESTAL, 2009b).

Quanto aos riscos à integridade florística do Parque, de acordo com levantamento do Instituto Florestal (2009b), 7,4% do total de espécies se encontra em algum grau de ameaça.

3.2. Procedimentos Metodológicos

Esse trabalho foi realizado no Laboratório de Ecologia da Paisagem e Conservação (LEPaC), no Departamento de Ecologia IB/USP, com o auxílio do *software* IDRISI Taiga. Arquivos no formato *shapefile*, contendo o delineamento territorial do PEC, foram disponibilizados previamente a partir do Plano de Manejo do Parque Estadual da Cantareira (2009), da Fundação Florestal, Secretaria de Estado de Meio Ambiente de São Paulo.

As imagens do sistema ALOS-AVNIR têm dado bons resultados para produção de mapas de uso e ocupação por apresentar *pixels* de 10x10m, assim como três imagens no visível (azul, verde e vermelho) e uma no infravermelho próximo. Um conjunto de imagens deste sistema foi classificado de modo apropriado e juntamente com as verificações prévias de campo, com o auxílio de um receptor GPS, gerou um mapa de uso e ocupação (BITENCOURT, 2010), o qual foi reclassificado para adequação desse trabalho, conforme Figura 13.

Figura 13 – Mapa temático de uso e ocupação do solo (Reclassificado).

Fontes: Elaborado com dados disponibilizados por Bitencout (2010) e Fundação Florestal.

Imagens InSAR SRTM foram utilizadas para inferir a topografia da região do PEC e geraram os mapas hipsométrico e clinográfico. Estas imagens disponibilizada no *site* do TOPODATA (www.inpe.br/topodata/), resulta da interferometria de imagens de micro-ondas (SAR), e têm sido muito útil na elaboração de mapas topográficos, como os elaborados nesse trabalho, que correspondem às Figuras 14 e 15.

Figura 14 – Mapa hipsométrico. 1 – (700-790); 2 – (790-990); 3 – (990-1190); 4 – (1190-1215) (Vide Tabela 8).

Fontes: Elaborado com dados disponibilizados no *site* TOPODATA (www.inpe.br/topodata/) e Fundação Florestal.

Figura 15 – Mapa Clinográfico. 1 – (0-20); 2 – (20-35); 3 – (35-86) (Vide Tabela 8).

Fontes: Elaborado com dados disponibilizados no *site* TOPODATA (www.inpe.br/topodata/) e Fundação Florestal.

Tabela 8 - Classificação individual de cada elemento utilizado.

Uso e Ocupação do Solo	
1.	Urbanização+Asfalto+Brilhante
2.	Vegetação Herbácea
3.	Solo Exposto
4.	Vegetação Arbórea+Silvicultura
5.	Água+Névoa

Hipsométrica (Classes de Altitude em m)	
1.	700 a 790
2.	790 a 990
3.	990 a 1190
4.	1190 a 1215

Clinográfica (Classes de Declividade em %)	
1.	0 a 20
2.	20 a 35
3.	35 a 86

Como pode ser notado na Tabela 8, os mapas hipsométrico e clinográfico foram classificados e apresentaram 4 e 3 classes, respectivamente. Já com a reclassificação do mapa de uso e ocupação do solo, foram obtidas 5 classes. O trabalho com classes sintetizadas teve como intuito diminuir o número final de classes decorrentes do posterior cruzamento das imagens. Esse cruzamento, denominado Tabulação Cruzada (*Crosstab*), se refere a operação do *software* IDRISI, que cruza arquivos *raster*, obtendo como resultado uma tabela cujos dados podem ser analisados interpretados e discutidos.

Para a caracterização do meio físico nos riachos de baixa ordem do PEC, a Tabulação Cruzada foi realizada entre os mapas referentes às Figuras 13, 14 e 15. Em seguida, foram feitas janelas com *buffer* de 100m de raio em torno de cada ponto de amostragem constante na Figura 2 e Tabela 1. Para tanto, utilizou-se ferramentas de SIG disponíveis no *software* IDRISI Taiga. Estas janelas foram utilizadas para analisar as imagens de uso e ocupação do solo, derivadas da classificação multiespectral das imagens ALOS-AVNIR; hipsométrica oriunda da classificação de imagem TOPODATA; clinográfica, derivada da análise superficial da imagem TOPODATA.

Com a Tabulação Cruzada para a área de cada *buffer*, foram estabelecidas novas categorias sintetizadas para subsidiar a comparação entre os pontos de amostragem quanto aos aspectos físicos. As informações obtidas nos *buffers*, extraídos da imagem “mãe” (Figura 16), juntamente com os levantamentos expeditos feitos em cada ponto, no período compreendido entre os meses de Agosto e Setembro de 2011, formaram um banco de dados georreferenciados.

Por fim, a semelhança entre os pontos de amostragem foi avaliada pelo emprego de análise de agrupamento hierárquico (método de agrupamento pareado e índice de similaridade de Bray Curtis), com o *software* Past 2.17 (HAMMER *et al.*, 2001). Para tanto, utilizou-se o percentual de cada classe obtida pela tabulação cruzada em cada *buffer*, salientando que cada *buffer* representa um ponto de amostragem.

Salienta-se que os pontos RCC11 e RCC25 (Tabela 1) foram subtraídos da análise de agrupamento pelos motivos que seguem. A água do primeiro corre longamente por uma pequena tubulação antes escoar a céu aberto e poder ser coletada. Assim, após análises mais aprofundadas concluiu-se que a água neste ponto não refletiria o efeito do uso e ocupação do solo. O ponto RCC25, por sua vez, localiza-se no rio Cabuçu de Cima antes de sua entrada no PEC, a cerca de 150m antes do ponto RCC26. Assim, foi amostrado com o objetivo de oferecer subsídios para o entendimento das características observadas no ponto RCC26.

4. Resultados e Discussão

A partir da tabulação cruzada entre os mapas contendo as informações de uso e ocupação do solo, hipsométricas e clinográficas, ainda que, com classes sintetizadas, foram estabelecidas 50 novas classes. Destas, 14 classes são pertinentes a este estudo (Tabela 9), pois integram a área de 100m dos *buffers* referentes a cada ponto amostrado (Figura 17), tendo sido extraídas da imagem apresentada na Figura 16.

Figura 16 – Mapa resultante da Tabulação Cruzada dos dados de uso e ocupação do solo, hipsométrico e clinográfico, de onde foram extraídos os buffers.

Tabela 9 - Classes procedentes da tabulação cruzada entre os mapas com as informações de uso e ocupação do solo, hipsométricas e clinográficas do Parque Estadual da Cantareira (SP).

Classes	<i>Uso e Ocupação do Solo</i>	<i>Altitude</i>	<i>Declividade</i>
1 -	Vegetação Herbácea	700-790	0-20
2 -	Vegetação Arbórea+Silvicultura	700-790	0-20
3 -	Urbanização+Asfalto+Brilhante	790-990	0-20
4 -	Vegetação Herbácea	790-990	0-20
5 -	Vegetação Arbórea+Silvicultura	790-990	0-20
6 -	Água+Névoa	790-990	0-20
7 -	Vegetação Arbórea+Silvicultura	990-1190	0-20
8 -	Vegetação Herbácea	700-790	20-35
9 -	Vegetação Arbórea+Silvicultura	700-790	20-35
10 -	Vegetação Herbácea	790-990	20-35
11 -	Vegetação Arbórea+Silvicultura	790-990	20-35
12 -	Vegetação Arbórea+Silvicultura	990-1190	20-35
13 -	Vegetação Arbórea+Silvicultura	790-990	35-86
14 -	Vegetação Arbórea+Silvicultura	990-1190	35-86

Pôde-se notar com a execução dos *buffers* (Figura 17), que toda a área de amostragem foi bem representada pelas classes nas quais ocorre a presença de vegetação arbórea com silvicultura. Salienta-se que dentre estas classes, apenas algumas contam com a presença de silvicultura. Estas duas fisionomias foram unidas apenas para diminuir o número de classes na tabulação cruzada e facilitar a interpretação final. O mesmo ocorreu com as classes 3 e 6.

A altitude e a declividade foram bem distribuídas entre as classes, não havendo predomínio de uma altura ou inclinação. A altitude variou de 700m a 1190 e a declividade de 0m a 86.

A partir da análise dos *buffers*, pôde-se identificar o predomínio quantitativo da classe de número 5, em todos os pontos de amostragem, com exceção dos pontos RCC21, RCC25, RCC26, RSP27 e RSI30 (Figura 17). Ou seja, na maioria dos pontos ocorre a presença de vegetação arbórea, podendo ou não ter trechos de silvicultura, com a altitude entre 790 e 990m e declividade baixa em torno de 0 a 20%. A classe de número 11 também se

destacou no que se refere à representatividade, visto que, difere da classe de número 5 pela declividade mais pronunciada.

Figura 17 - Buffers de 100m de raio referente aos pontos de amostragem do Parque Estadual da Cantareira (SP), com o resultado da tabulação cruzada.

Ainda com relação à Figura 17, justifica-se a análise conjunta dos *buffers* referentes aos pontos RCC17 e RCC18, por serem muito próximos, e terem sua área sobreposta formando apenas um *buffer*. O mesmo ocorreu com os pontos RCC25 e RCC26.

A partir da análise da área dos *buffers*, obteve-se os dados percentuais referentes a cada classe (Tabela 10), os quais foram utilizados para a realização da análise de agrupamento (Figura 18).

Tabela 10. Dados percentuais referentes a cada *buffer*, utilizados na análise de agrupamento.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
CCB1					88,8						11,2			
CCB2					60,9						38,2		1,0	
CCB3					95,1						4,9			
CCB4					80,9						17,1		2,0	
CCB5					95,7						3,9		0,3	
CCB6					74,7						23,7		1,6	
CCB7					99,3						0,7			
CCB8					93,4						6,6			
CCB9				29,9	60,5					2,3	6,9		0,3	
CCB10				7,2	92,8									
RCC12				0,3	99,0						0,7			
RCC13					90,5						9,5			
RCC14					83,9						12,2		3,9	
RCC15				9,2	89,5						1,3			
RCC16				3,3	77,0						18,4		1,3	
RCC17				4,3	93,1	0,9					1,7			
RCC18				4,3	93,1	0,9					1,7			
RCC19		16,4			77,0				1,0		5,6			
RCC20		27,0			73,0									
RCC21		70,4			28,6						1,0			
RCC22		26,6			73,4									
RCC23					100,0									
RB24					100,0									
RCC26	38,4	57,8						2,4	1,4					
RSP27							88,2					11,5		0,3
RAC28				13,2	86,8									
RAC29			0,3	32,9	66,8									
RSI30							98,0					2,0

Figura 18 - Representação diagramática do agrupamento hierárquico referente ao percentual de cada classe representada nos *buffers*. A linha vermelha faz referencia ao “ponto de corte”.

Na análise da representação diagramática, o grau de similaridade de 75% foi definido como o ponto “de corte” para a o agrupamento dos pontos. Como entre eles há bastante semelhança no que se refere aos aspectos físicos e de uso e ocupação do solo, não

houve diferenciação de muitos grupos (Figura 18). Formou-se um grande grupo, denominado Grupo Principal (*GP*), representado pelos pontos CCB1, CCB3, CCB4, CCB5, CCB6, CCB7, CCB8, CCB10, RCC12, RCC13, RCC14, RCC15, RCC16, RCC17, RCC18, RCC19, RCC20, RCC22, RCC23, RB24, RAC28, mostrando que a paisagem não apresenta grande variação para a maioria dos pontos amostrados em cada *buffer*, conforme Figura 19.

Os demais pontos foram denominados Grupo Externo (*GEX*), ou seja, a união dos pontos externos ao Grupo Principal, os quais, além de possuírem diferenças com este grupo, também possuem diferenças entre si. O *GEX* foi composto pelos pontos RSP27 e RSI30, que vertem para a face norte do PEC, embora sendo de microbacias diferentes, apresentaram muita semelhança entre si, e diferenças entre os demais pontos principalmente pela presença de vegetação numa classe de altitude mais pronunciada. Também compuseram este grupo os pontos RCC21 e RCC26 que se diferenciaram pela presença da vegetação em baixa altitude, se comparados com as demais classes, e baixa declividade. No plano de manejo do PEC, (INSTITUTO FLORESTAL, 2009b), áreas com altitudes coincidentes com o valor do intervalo encontrado nas classes que integram estes dois pontos são caracterizadas como fundos de vale. Uma característica peculiar do ponto RCC26, no núcleo Cabuçu, é sua proximidade com a área urbana. Os pontos CCB9 e o RAC29 também não integraram o Grupo Principal por se diferenciarem pelo grande percentual de vegetação herbácea em suas adjacências, fator que levou a área deste primeiro ponto a ser denominada popularmente como “chapadinha”, além disso, este ponto foi contemplado por classes onde a declividade é mais pronunciada, motivo pelo qual o ponto CCB2 também foi diferenciado dos demais.

Em toda a área do PEC ocorre o predomínio de vegetação em estágio de regeneração, sendo poucos os remanescentes em estágio avançado e maduro, que estão localizados na face norte do Parque (INSTITUTO FLORESTAL, 2009b). Sabe-se que a cobertura florestal é importante para a mitigação da degradação do habitat aquático e da qualidade da água (WANG *et al.*, 2011). Além disso, a topografia do PEC, isto é, a altitude e a declividade, juntamente com sua categoria de conservação, ou seja, Proteção Integral, aparentemente têm dificultado a expansão urbana, assim como as influências antropogênicas diretas sobre a área do Parque.

Sliva e Williams (2001), que investigaram a relação entre as características locais da paisagem e a qualidade da água em bacias hidrográficas, constataram que, após o uso urbano do solo, o indicador considerado mais importante para a determinação da qualidade da água foi a cobertura florestal, seguido da declividade. Este último fator, de acordo com Richards *et al.*, (2006), é um parâmetro fundamental para prever as taxas de fluxo da água através das superfícies, pois o aumento das taxas de fluxo aumentam as taxas de erosão, ou seja, com mais partículas entrando no riacho aumentam também as chances destes fluxos carregarem poluentes de superfícies. De forma semelhante, Castro e Lopes (2001), salientam o potencial da influência do escoamento superficial, decorrente da declividade pronunciada, também pela erosão, resultando em perdas de solo, água, matéria orgânica, nutrientes, microfauna, assim como assoreamento e eutrofização dos corpos d'água. Entretanto, em áreas protegidas, onde a cobertura vegetal se encontra em estado satisfatório de conservação, como no PEC, a declividade exerce pouca influência nos corpos d'água.

A integridade biológica também é um fator influenciado pelo uso do solo. Wang *et al.* (2011), ao analisarem a influência do uso do solo na qualidade do hábitat e na integridade biológica de riachos, em nível de bacia hidrográfica, encontraram relações lineares entre cobertura florestal, hábitat aquático e integridade biológica. Os locais com melhor qualidade de habitat e maior integridade biológica tinham por característica altos gradientes, substratos rochosos e ausência de retificação. Em contrapartida, o uso urbano do solo foi associado à integridade biótica pobre, situação inexistente no PEC por se tratar de uma área protegida.

Além disso, Sliva e Williams (2001) abordaram a efetividade da escala de análise para o diagnóstico da qualidade da água. A questão não é simples e aborda as vantagens em se levar em consideração as imediações dos rios e riachos ou o uso do solo na bacia hidrográfica inteira. Quando esses autores correlacionaram a qualidade da água com dados da paisagem da bacia hidrográfica inteira os resultados foram ligeiramente mais significativos do que quando

esta correlação foi feita com a paisagem *buffer* com 100m. Semelhantemente, Hunsaker e Levine (1995), quando estudaram a relação entre uso do solo e qualidade da água em nível de bacia hidrográfica, encontraram uma relação mais intensa do que quando fizeram uso de *buffer* de 200 e 400m. Em contrapartida, Johnson *et al.* (1997), verificaram que a explicação em nível de bacia hidrográfica sobre a variabilidade da qualidade da água foi ligeiramente inferior à encontrada na avaliação por meio do *buffer* de 100m utilizado.

É importante neste contexto suscitar a condição de área natural protegida do local estudado e sua localização em uma serra, o que, de certo modo, dificulta a ocorrência de impacto antropogênico. E também ressaltar o fato de o PEC não receber contribuições de afluentes externos, visto que, quase a totalidade de seus cursos d'água se origina dentro da área do Parque. É sabido que a qualidade da água de riachos de baixa ordem, principalmente os de alto gradiente, é determinada pela interação de diversos fatores como clima, cobertura vegetal, topografia e que alterações nestes elementos em nível de bacia podem ocasionar modificações na qualidade da água (ROCHA *et al.*, 2008). Os pontos de amostragem, ou seja, as áreas (*buffer* 100m) amostradas foram alocadas em sua grande maioria em declividades moderadas de forma que se obteve os efeitos resultantes dos usos a montante das bacias, as quais estão protegidas pela presença de cobertura vegetal.

Neste sentido, a busca das informações topográficas e de uso e ocupação do solo, em nível de “*buffer*”, permitiu avaliar a influência do uso e ocupação do solo sobre a qualidade das águas nos pontos estudados. Além disso, serviu para otimizar as amostragens de campo e subsidiar a interpretação dos resultados referentes à qualidade da água e a busca de condições referência no PEC, como se verá posteriormente.

5. Conclusão

- Na análise da paisagem do Parque Estadual da Cantareira não houve grande variação espacial na macroescala física de análise;
- A maioria dos pontos avaliados neste estudo, de acordo com a delimitação de *buffers*, é caracterizada por um evidente predomínio da cobertura vegetal arbórea com altitude entre 790 e 990m, com baixa declividade;
- Em áreas com cobertura vegetal conservada como o PEC, a declividade deve assumir um papel de importância secundária sobre a qualidade da água;
- A delimitação *buffer* com um raio de 100m estabelecido para cada ponto foi útil na busca de semelhanças entre estes, e na síntese de informações à montante das bacias onde foi alocado;
- O uso da Tabulação Cruzada (*crosstab*) é útil para a diferenciação física de áreas extensas como o PEC, entretanto, para futuros estudos sugere-se o cruzamento do mapa hipsométrico com o mapa de uso e ocupação do solo e separadamente o cruzamento deste último com o mapa clinográfico. Desta forma, as informações sobre altitude e declividade podem melhor corroborar a análise, visto que, as informações de uso e ocupação do solo em área protegida são pouco variáveis.

CAPÍTULO III. AVALIAÇÃO RÁPIDA DE RIACHOS

1. Introdução

Uma característica marcante de ambientes lóticos é seu alto nível de heterogeneidade espacial e temporal. As diferenças ao longo do percurso de rios e riachos proporcionam habitats que são associados às propriedades físicas e químicas do ambiente tornando-os peculiares ao local (HYNES, 1970).

Karr (1991) identificou cinco conjuntos de variáveis ambientais primárias que quando afetadas por atividades humanas resultam na degradação do ecossistema, e consequentemente num habitat perturbado. Em síntese estas se referem à alterações em fontes de alimento (energia); qualidade da água (parâmetros físicos e químicos); estrutura do habitat; regime de fluxo e interações bióticas. Este autor destaca a estrutura do habitat como um fator importante com potencial para degradar os recursos aquáticos. Quando este é estruturado por características ecológicas e topográficas de seu entorno, é um dos principais determinantes do potencial da comunidade aquática.

A identificação dos agentes de estresse específicos causadores de impacto é uma tarefa difícil e dispendiosa já que existe uma variedade de poluentes importantes assim como suas combinações. Para situações em que a degradação é predominante, uma combinação de bioavaliação e avaliação do habitat é indicada (BARBOUR e STRIBLING, 1991).

Habitat e diversidade biológica são profundamente ligados (RAVEN *et. al.*, 1998). No protocolo de avaliação rápida apresentado por Barbour *et.al.* (1999) a definição para habitat é direcionada para a qualidade ecológica e ripária do habitat que influencia a estrutura e função da comunidade aquática de um fluxo de água.

Protocolos de Avaliação Rápida (PAR) tiveram sua origem na necessidade de se recolher, compilar, analisar e interpretar dados ambientais de forma ágil e eficiente, no intuito de facilitar as decisões de gestão e o controle de ações e mitigação de impactos.

Os PARs abarcam uma avaliação integrada comparando habitat, qualidade da água e medidas biológicas com condições de referência definidas empiricamente. Locais de referência podem ser atuais, ou a partir de dados históricos por modelagem ou extrapolação. Para Gibson *et al.* (1996), o melhor estabelecimento das condições referência é dado por meio do acompanhamento sistemático dos locais atuais que representam o alcance da variação natural das condições química e biológica da água de um habitat minimamente perturbado.

Um dos PARs mais conhecidos e utilizados, uma vez que permite adaptações de acordo com as diferenças regionais, é o *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Wadable Streams and Rivers* (BARBOUR *et al.*, 1999), da agência ambiental norte-americana (EPA). Este protocolo é composto de duas linhas de análise, a primeira compreendendo a avaliação das características físicoecológicas do entorno e canal dos riachos, e a segunda faz referência à caracterização do hábitat aquático propriamente dito, como se verá com mais detalhes posteriormente. Em síntese, este protocolo consiste de um conjunto de parâmetros a serem descritos em categorias e pontuados. As pontuações finais refletem o nível de preservação das condições ecológicas da área estudada. De acordo com os autores, todos os parâmetros de hábitat avaliados estão relacionados ao uso geral da vida aquática e são uma fonte potencial de limitação para a biota aquática. A combinação das informações provenientes de medições relacionadas aos aspectos de avaliação físicoecológica, com as medições para a caracterização do hábitat aquático fornecem uma probabilidade quanto à capacidade dos corpos d'água sustentarem uma comunidade aquática saudável (BARBOUR *et al.*, 1999).

Embora o PEC se encontre numa situação favorecida, pois, além de tratar-se de uma área protegida, onde as atividades são controladas, as interferências diretas externas por meio da água são minimizadas pela sua localização e pelo abrigo de nascentes, nem todos os riachos encontram-se no mesmo estado de conservação, o que torna necessária a busca por áreas referência. A finalidade deste trabalho foi realizar uma análise espacial por meio da aplicação de PAR, considerando a elevada extensão da área do PEC, assim como os dois outros eixos da presente avaliação integrada, ou seja, a avaliação na macroescala do meio físico e a avaliação do ambiente aquático água por meio de variáveis relacionadas à qualidade da água, focando na alteração de hábitat numa área protegida.

Considerou-se a premissa de Karr *et al.* (1986) de que a presença de uma estrutura de hábitat alterada é um dos principais estressores de sistemas aquáticos. Além disso, um hábitat degradado pode confundir investigações sobre efeitos de toxidade e poluição. E ainda, que a avaliação da qualidade do hábitat pode ser realizada por caracterização de alguns parâmetros físicos e químicos, em conjugação com uma avaliação sistemática da estrutura física.

2. Objetivos

Objetivo geral

- Selecionar os riachos que conservem as características mais próximas às naturais, isto é, características de ambientes com ausência ou pouca perturbação, considerando-se a estrutura do habitat aquático e das margens.

Objetivos Específicos

- Identificar o nível de preservação dos corpos d'água de alto gradiente do PEC, por meio das duas linhas de análise propostas pelo PAR desenvolvido pela EPA;
- Realizar a caracterização ambiental dos riachos, alocados em diferentes classes de zoneamento do PEC;
- Identificar áreas com características ambientais diferentes.

3. Material e métodos

3.1. Caracterização ambiental da área de amostragem

Junto às representações fotográficas da Figura 20 estão compiladas informações sobre coordenadas geográficas, núcleo, município, bairro e acesso, microbacia e dados sobre a contribuição aos riachos e rios adjacentes, entre outras informações peculiares a cada um dos trinta pontos de amostragem.

CCB1

- Coordenadas Geográficas
46°42' 01"W, 23° 26' 10"S
- Núcleo Pedra Grande
- Microbacia córrego Cabuçu de Baixo
- Córrego Cuca - contribuinte do córrego Bananal (córrego Cabuçu), e sequencialmente do Rio Cabuçu de Baixo.
- Município de São Paulo
- Bairros circunvizinhos - Brasilândia e Jaraguá
- Acesso – estrada da Vista Alegre (estrada da Cuca)

CCB2

- Coordenadas Geográficas
46° 41' 35"W, 23° 26' 23" S
- Núcleo Pedra Grande
- Microbacia córrego Cabuçu de Baixo
- Córrego Canivete – contribuinte do córrego Bananal (córrego Cabuçu), e sequencialmente do Rio Cabuçu de Baixo
- Município - São Paulo
- Bairros circunvizinhos - Brasilândia
- Acesso – estrada da Vista Alegre (estrada da Cuca)
- Presença de vestígios de edificações do antigo Sistema de Abastecimento público de água

CCB3

- Coordenadas Geográficas
46° 41' 14" W, 23° 26' 32" S
- Núcleo Pedra Grande
- Microbacia córrego Cabuçu de Baixo
Contribuinte do córrego Bananal (córrego Cabuçu), e sequencialmente do Rio Cabuçu de Baixo
- Município – São Paulo
- Bairros circunvizinhos - Brasilândia
- Acesso – estrada da Vista Alegre (estrada da Cuca)
- Presença de vestígios de edificações do antigo Sistema de Abastecimento público de água

CCB4

- Coordenadas Geográficas
46° 40' 47"W, 23° 26' 22" S
- Núcleo Pedra Grande
- Microbacia córrego Cabuçu de Baixo
Contribuinte do córrego Bananal (córrego Cabuçu), e sequencialmente do Rio Cabuçu de Baixo
- Município – São Paulo
- Bairros circunvizinhos - Brasilândia
- Acesso – estrada da Vista Alegre (estrada da Cuca)
- Presença de vestígios de edificações do antigo Sistema de Abastecimento público de água

CCB5

- Coordenadas Geográficas
46° 40' 31"W, 23° 26' 23" S
- Núcleo Pedra Grande
- Microbacia córrego Cabuçu de Baixo
- Córrego Manino - Contribuinte do córrego Bananal (córrego Cabuçu), e sequencialmente do Rio Cabuçu de Baixo
- Município – São Paulo
- Bairros circunvizinhos - Brasilândia
- Acesso – estrada da Vista Alegre (estrada da Cuca)
- Presença de vestígios de edificações do antigo Sistema de Abastecimento público de água

CCB6

- Coordenadas Geográficas
46° 40' 11"W, 23° 26' 17" S
- Núcleo Pedra Grande
- Microbacia córrego Cabuçu de Baixo
- Córrego Itaguaçu - Contribuinte do córrego Bananal (córrego Cabuçu), e sequencialmente do Rio Cabuçu de Baixo
- Município – São Paulo
- Bairros circunvizinhos - Brasilândia
- Acesso – estrada da Vista Alegre (estrada da Cuca)
- Presença de vestígios de edificações do antigo Sistema de Abastecimento público de água

CCB7

- Coordenadas Geográficas
46° 40' 04" W, 23° 26' 47" S
- Núcleo Pedra Grande
- Microbacia córrego Cabuçu de Baixo
Contribuinte do córrego Bananal (córrego Cabuçu), e sequencialmente do Rio Cabuçu de Baixo
- Município – São Paulo
- Bairros circunvizinhos – Cachoeirinha e Brasilândia
- Acesso – estrada da Vista Alegre (estrada da Cuca)
- Presença de vestígios de edificações do antigo Sistema de Abastecimento público de água – Aqueduto Matheus

CCB8

- Coordenadas Geográficas
46° 39' 24"W, 23° 26' 35" S
- Núcleo Pedra Grande
- Microbacia córrego Cabuçu de Baixo
- Braço direito do córrego do Bispo - Contribuinte do Rio Cabuçu de Baixo
- Município – São Paulo
- Bairros circunvizinhos – Cachoeirinha e Brasilândia
- Acesso – estrada da Vista Alegre (estrada da Cuca)
- Presença de vestígios de edificações do antigo Sistema de Abastecimento público de água – Aqueduto Bispo

CCB9

- Coordenadas Geográficas
46° 38' 24"W, 23° 26' 55" S
- Núcleo Pedra Grande
- Microbacia córrego Cabuçu de Baixo
- Córrego Guaraú - Contribuinte do córrego Vila Amália e sequencialmente, Rio Cabuçu de Baixo
- Município – São Paulo
- Bairros circunvizinhos – Mandaqui e Tucuruvi
- Acesso – Sede do PEC – Estrada do Guaraú

CCB10

- Coordenadas Geográficas
46° 38' 24" W, 23° 27' 02" S
- Núcleo Pedra Grande
- Microbacia córrego Cabuçu de Baixo
Contribuinte do córrego Vila Amália e
sequencialmente, Rio Cabuçu de Baixo
- Município – São Paulo
- Bairros circunvizinhos – Mandaqui e Tucuruvi
- Acesso – Sede do PEC – Trilha das Figueiras

RCC11

- Coordenadas Geográficas
46° 38' 06" W, 23° 27' 06"S
- Núcleo Pedra Grande
- Microbacia rio Cabuçu de Cima
Contribuinte do ribeirão Tremembé e
sequencialmente rio Cabuçu de Cima
- Município – São Paulo
- Bairros circunvizinhos – Tremembé e Tucuruvi
- Acesso – Sede do PEC – Trilha da Biquinha

RCC12

- Coordenadas geográficas
46° 37' 59"W, 23° 26' 46"S
- Núcleo Pedra Grande
- Microbacia rio Cabuçu de Cima
Contribuinte do ribeirão Tremembé e
sequencialmente rio Cabuçu de Cima
- Município – São Paulo
- Bairros circunvizinhos – Tremembé e Tucuruvi
- Acesso – Sede do PEC – Residência de
funcionário.

RCC13

- Coordenadas Geográficas
46° 37' 28"W, 23° 26' 26" S
- Núcleo Pedra Grande
- Microbacia rio Cabuçu de Cima
Contribuinte do ribeirão Tremembé e
sequencialmente rio Cabuçu de cima
- Município – São Paulo
- Bairros circunvizinhos - Tremembé
- Acesso – Clube da Sabesp

RCC14

- Coordenadas Geográficas
46° 36' 39"W, 23° 25' 35" S
- Núcleo Pedra Grande
- Microbacia rio Cabuçu de Cima
- Córrego Cassununga - Contribuinte do Rio
Cabuçu de Cima
- Município – São Paulo
- Bairros circunvizinhos - Tremembé
- Acesso – Estrada do Engordador – Residência de
funcionário

RCC15

- Coordenadas Geográficas
46° 35' 08"W, 23° 24' 12" S
- Núcleo Engordador
- Microbacia rio Cabuçu de Cima
Contribuinte do ribeirão Engordador e
sequencialmente rio Cabuçu de Cima
- Município – São Paulo
- Bairros circunvizinhos – Tremembé
- Acesso – Av. Coronel Sezefredo Fagundes – Sede
do Núcleo Engordador
- Presença de estruturas para visitação

RCC16

- Coordenadas Geográficas
46° 35' 40"W, 23° 24' 09"S
- Núcleo Engordador
- Microbacia rio Cabuçu de Cima
Contribuinte do reservatório Engordador, ribeirão Engordador e sequencialmente rio Cabuçu de Cima
- Município – São Paulo
- Bairros circunvizinhos – Tremembé
- Acesso – Av. Coronel Sezefredo Fagundes – Reservatório Engordador

RCC17

- Coordenadas Geográficas
46° 35' 21"W, 23° 23' 52"S
- Núcleo Engordador
- Microbacia rio Cabuçu de Cima
Contribuinte do reservatório Engordador, ribeirão Engordador e sequencialmente rio Cabuçu de Cima
- Município – São Paulo
- Bairros circunvizinhos - Tremembé
- Acesso – Av. Coronel Sezefredo Fagundes – Reservatório Engordador

RCC18

- Coordenadas Geográficas
46° 35' 17" W , 23° 23' 50" S
- Núcleo Engordador
- Microbacia rio Cabuçu de Cima
Contribuinte do reservatório Engordador, ribeirão Engordador e sequencialmente rio Cabuçu de Cima
- Município – São Paulo
- Bairros circunvizinhos - Tremembé
- Acesso – Av. Coronel Sezefredo Fagundes – Reservatório Engordador
- Presença de cachoeira acima e vestígios de edificações do antigo Sistema de Abastecimento público de água, assim como aquedutos

RCC19

- Coordenadas Geográficas
46° 33' 49"W, 23° 23' 35" S
- Núcleo Engordador
- Microbacia rio Cabuçu de Cima
- Ribeirão Barrocada - Contribuinte do ribeirão Engordador e sequencialmente rio Cabuçu de Cima
- Município – São Paulo
- Bairros circunvizinhos – Tremembé
- Acesso – Estrada da Barrocada
- Receptor de contribuição da região da Mata Fria
- Presença de vestígios de edificações do antigo Sistema de Abastecimento público de água

RCC20

- Coordenadas Geográficas
46° 31' 44"W , 23° 23' 11" S
- Núcleo Cabuçu
- Microbacia rio Cabuçu de Cima
Contribuinte do reservatório Cabuçu e sequencialmente rio Cabuçu de Cima
- Município – Guarulhos
- Acesso – reservatório Cabuçu

RCC21

- Coordenadas Geográficas
46° 31' 37"W, 23° 23' 13" S
- Núcleo Cabuçu
- Microbacia rio Cabuçu de Cima
Contribuinte do reservatório Cabuçu e sequencialmente rio Cabuçu de Cima
- Município – Guarulhos
- Acesso – reservatório Cabuçu

RCC22

- Coordenadas Geográficas
46° 31' 29"W, 23° 23' 16"S
- Núcleo Cabuçu
- Microbacia rio Cabuçu de Cima
Contribuinte do reservatório Cabuçu e
sequencialmente rio Cabuçu de Cima
- Município – Guarulhos
- Acesso – reservatório Cabuçu

RCC23

- Coordenadas Geográficas
46° 31' 07"W, 23° 23' 16"S
- Núcleo Cabuçu
- Microbacia rio Cabuçu de Cima
- Junção do ribeirão dos Macacos e córrego Pari -
Contribuinte do reservatório Cabuçu e
sequencialmente rio Cabuçu de Cima
- Município – Guarulhos
- Acesso – reservatório Cabuçu
- Receptor de contribuição da região da
Hortolândia, Toca da Onça e Capim Branco

RB24

- Coordenadas Geográficas
46° 29' 11" W , 23° 23' 13" S
- Núcleo Cabuçu
- Microbacia Baquirivu
Contribuinte do rio Baquirivu
- Município – Guarulhos
- Acesso – Estrada dos Veigas
- Local conhecido popularmente como Ururuquara

RCC25

- Coordenadas Geográficas
46° 31' 52"W , 23° 24' 09" S
- Núcleo Cabuçu
- Microbacia rio Cabuçu de Cima
Contribuinte do rio Cabuçu de Cima
- Município – Guarulhos
- Acesso – Sede do Núcleo Cabuçu

RCC26

- Coordenadas Geográficas
46° 31' 50"W , 23° 24' 08" S
- Núcleo Cabuçu
- Microbacia rio Cabuçu de Cima
Contribuinte do rio Cabuçu de Cima
- Município – Guarulhos
- Acesso – estrada David Corrêa
- Área contígua ao Núcleo Cabuçu

RSP27

- Coordenadas Geográficas
46° 36' 44"W, 23° 24' 07"S
- Núcleo Engordador
- Microbacia ribeirão São Pedro
- Córrego São Pedro – Contribuinte do reservatório
Paiva Castro
- Município de Mairiporã
- Acesso – Estrada das Roseiras - estrada dos
Macacos
- Local conhecido popularmente como Pinheirinho

RAC28

- Coordenadas Geográficas
46° 38' 55"W, 23° 24' 54" S
- Núcleo Águas Claras
- Microbacia ribeirão Águas Claras
- Ribeirão Águas Claras – Contribuinte do reservatório Águas Claras e sequencialmente reservatório Paiva Castro
- Município de Mairiporã
- Acesso – Condomínio Alpes da Cantareira

RAC29

- Coordenadas Geográficas
46° 38' 35"W, 23° 24' 49" S
- Núcleo Águas Claras
- Microbacia ribeirão Águas Claras
Contribuinte do reservatório Águas Claras e sequencialmente reservatório Paiva Castro
- Município de Mairiporã
- Acesso – Condomínio Alpes da Cantareira

RSI30

- Coordenadas Geográficas
46° 41' 06"W, 23° 24' 58" S
- Núcleo Pedra Grande
- Microbacia Santa Inês
- Córrego Pau Furado - Contribuinte do ribeirão Santa Inês, reservatório Águas Claras e sequencialmente reservatório Paiva Castro
- Município de Caieiras
- Acesso – estrada Santa Inês e estrada Santa Rosa (Estrada do Governo)

Figura 20 - Caracterização dos 30 pontos de amostragem no Parque Estadual da Cantareira (SP).

3.2. Procedimentos Metodológicos

Em cada um dos trinta pontos de amostragem (Tabela 1; Figura 2) estabelecidos nos riachos de baixa ordem do Parque Estadual da Cantareira (PEC), foi aplicado um Protocolo de Avaliação Rápida (PAR), baseado na adaptação feita pela CETESB (2002), do protocolo da Agência de Proteção Ambiental norte-americana (*Rapid Bioassessment Protocols for Use in Wadable Streams and Rivers*), proposto por Barbour *et al.* (1999).

Como dito anteriormente, este protocolo prevê duas linhas de análise (Figura 21). A primeira, refere-se à avaliação de características físicoecológicas (Tabela 11), e a segunda faz referência à caracterização do habitat aquático propriamente dito (Tabela 12).

Neste trabalho foi utilizada a abordagem “físicoecológica” na 1ª linha de análise, como referência às informações físicas e relativas às condições estruturais dos riachos, as quais possuem o potencial para identificar a “saúde” de um corpo d’água. Com esta abordagem, alguns parâmetros redundantes com a 2ª linha de análise foram eliminados e os dados foram sintetizados para possibilitar a análise quantitativa, além da qualitativa.

A avaliação foi realizada em período único, e para tanto, as visitas a campo foram realizadas entre os dias 9 e 24 de novembro de 2011.

Figura 21 - Esquema metodológico da avaliação rápida de riachos

Para tratamento dos dados, uma abordagem multivariada foi utilizada tendo por finalidade separar grupos, formados nas duas linhas de análise, de acordo com o grau de conservação do entorno e dos corpos de água. O estabelecimento dos locais mais conservados ocorreu por meio da média entre os resultados obtidos nas duas linhas de análise, que passou

pela análise final de agrupamento hierárquico (método Ward e distância euclidiana como medida de dissimilaridade), utilizando o *software Past 2.17* (HAMMER *et al.*, 2001).

3.2.1. Primeira linha de análise – Avaliação Fisicoecológica

Para a avaliação qualitativa dos aspectos fisicoecológicos dos riachos estabelecidos, utilizou-se uma ficha de campo adaptada à realidade local (ANEXO 1), com os parâmetros sintetizados e apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Relação dos parâmetros propostos na primeira linha de análise do protocolo.

	Características Fisicoecológicas
Entorno da área de drenagem	Paisagem predominante; conservação da trilha; poluição pontual; poluição difusa; erosão.
Zona ripária	Vegetação.
Estrutura do canal	Predominância de mesohábitat; cobertura do dossel; retificação do canal; Barragem/Vestígio de edificação/sistemas adutores desativados.
Vegetação aquática	Enraizada; flutuante livre; ausente.
Substrato/Sedimento no canal	Odor; óleo; deposição nas margens; presença de substrato inorgânico; presença de substrato orgânico.
Qualidade da água	Presença de odor; óleo; material flutuante.

Cada parâmetro foi ranqueado, ou seja, foram ordenados hierarquicamente em ordem decrescente, de forma que as melhores condições pudessem receber as maiores pontuações. Isto é, quanto maior a pontuação, melhor a qualidade do local em análise com relação ao parâmetro avaliado.

O valor final para cada ponto ranqueado foi obtido pela somatória dos valores atribuídos a cada parâmetro independentemente. Com o intervalo entre o menor e o maior

valor obtido na somatória, foram estabelecidas as categorias da avaliação fisioecológica, conforme se verá na apresentação dos resultados.

Para determinação das variáveis fisioecológicas, além dos parâmetros que requerem observações visuais, alguns equipamentos foram utilizados como GPS Garmin modelo GPSMAP 62s, Fluxômetro modelo Columbia (The Great Atlantic Trading Co. Ltd), Trena (com medida em metros) e régua. Todas as determinações foram realizadas *in situ*.

3.2.2. Segunda linha de análise – Avaliação do Hábitat Aquático

A segunda linha de avaliação faz referência à caracterização da estrutura do hábitat aquático. Para tanto, foi utilizada uma matriz contendo uma relação de parâmetros, adaptados pela CETESB (2002), em relatório técnico (ANEXO 2), que foi readaptada para atender as necessidades deste trabalho, conforme síntese na Tabela 11.

Tabela 12 - Relação dos parâmetros avaliados na segunda linha de análise do protocolo.

Caracterização do hábitat aquático	
1.	Substrato para Epifauna/abrigo disponível
2.	Deposição de sedimentos
3.	Condição do fluxo no canal
4.	Alteração no canal
5.	Estabilidade da margem (*md)
	Estabilidade da margem (*me)
6.	Proteção vegetal da margem (*md)
	Proteção vegetal da margem (*me)
7.	Largura da vegetação ripária (*md)
	Largura da vegetação ripária (*me)

* md (margem direita) / me (margem esquerda)

Baseado em observações visuais das condições de hábitat aquático, foram atribuídas pontuações entre 0 e 20 para cada parâmetro. Sendo a avaliação por meio de 7 parâmetros, obteve-se o intervalo de 0 a 140. O valor final para cada ponto de amostragem foi obtido a partir da somatória dos valores atribuídos a cada parâmetro avaliado. Após ajuste

prévio das fichas em face da realidade local, foram definidas quatro faixas de preservação (Tabela 13). Salienta-se que quanto maior a pontuação, maior o grau de conservação do trecho avaliado do riacho.

Tabela 13 - Categorias da Avaliação do Hábitat Aquático

Categoria	Pontuação
Ótimo	106-140
Bom	71-105
Regular	36-70
Ruim	0-35

4. Resultados e Discussão

4.1. Primeira linha de análise - Avaliação Físicoecológica

Partindo das observações visuais definidas pela ficha de campo (ANEXO1), as informações sobre as características físicoecológicas dos riachos para cada ponto de amostragem foram alocadas numa matriz com os parâmetros ranqueados, conforme o ANEXO 3. Com a somatória dos valores de todos os parâmetros analisados para cada ponto de amostragem individualmente, obteve-se o intervalo de pontuação final entre 22 e 52. As classes de avaliação obtidas nesta análise são apresentadas em ordem decrescente na Tabela 14, as quais balizaram os pontos com as melhores condições físicoecológicas até os pontos classificados com qualidade inferior.

Tabela 14 - Categorias da Avaliação Físicoecológica

Categoria	Pontuação
Ótimo	45-52
Bom	38-44
Regular	30-37
Ruim	22-29

O ponto RCC25 foi retirado da análise por se situar fora dos limites do PEC. A amostragem do ponto RCC11 também foi insuficiente para a comparação necessária com os demais pontos e, portanto, foi suprimido da análise.

Com a representação gráfica do resultado da avaliação fisioecológica apresentado na Figura 22, pode-se notar como primeira evidência a dissemelhança do ponto RCC26 em face dos demais. Embora este seja um caso contrastante no núcleo Cabuçu, onde todos os demais pontos se apresentaram na categoria Ótima, isto é, o RCC20, RCC21, RCC22, RCC23 e RCC24, a categoria Ruim do ponto RCC26 deve-se à entrada do rio Cabuçu de Cima, que penetra no PEC em pequeno trecho, voltando em seguida à área externa. O rio Cabuçu de Cima adentra no PEC com características intensas de ambientes perturbados e mesmo recebendo as águas de um riacho tributário da face interna do parque, com melhor qualidade de água, não alcançou uma melhor pontuação nos parâmetros desta análise, motivo de sua baixa classificação.

Figura 22 - Representação gráfica do resultado da Avaliação Fisioecológica em riachos do Parque Estadual da Cantareira (SP).

A classificação Regular do ponto CCB4 ocorreu devido à impossibilidade de coleta de alguns parâmetros em campo. Muito provavelmente este ponto apresentaria classificação semelhante aos pontos adjacentes como o CCB1, CCB2, CCB3, CCB5, CCB6, CCB7 e CCB8, que se apresentaram na categoria “Bom”. Todos estes pontos se encontram localizados na estrada da Vista Alegre. Às margens desta estrada, como relatado por Instituto Florestal (2009b), ocorrem problemas na regeneração natural da floresta. Alguns cursos

d'água e áreas de drenagem têm o desenvolvimento de espécies arbóreas dificultado pela dominância de espécies herbáceas, trepadeiras e epífitas podendo este fator ter contribuído para a categorização destes pontos.

Os pontos RAC28 e RAC29 situem-se em uma mesma área do PEC onde há influência de habitações (Condomínio Alpes da Cantareira), entretanto, o ponto RAC28 apresentou a categoria Regular por pequenas diferenças que situaram o ponto RAC29 na categoria “Bom”. Os pontos RCC15 e RCC16 foram os dois únicos pontos do núcleo Engordador que integraram a categoria “Bom”. A categorização do ponto RCC15 já era esperada, visto que este se encontra em zona de uso intensivo, ou seja, em local de uso público do núcleo Engordador, alcançado pela pressão antropogênica direta.

Os pontos RCC17, RCC18 e RCC19 foram classificados como Ótimos. A proteção destes pontos é dada pela dificuldade de acesso a estes, já que a principal forma é por meio de barco, via reservatório Engordador, no núcleo homônimo.

4.2. Segunda linha de análise – Avaliação do Hábitat Aquático

Dadas as categorias propostas na metodologia (Tabela 12), foi construída uma matriz, com os pontos de amostragem e os dados obtidos em campo, conforme ANEXO 4, como resultado das observações visuais, balizadas pela ficha apresentada no ANEXO 2. A somatória de tais resultados categorizou os diferentes pontos conforme apresentado na Figura 23.

Figura 23 - Representação gráfica do resultado da Avaliação do Hábitat Aquático em riachos do Parque Estadual da Cantareira (SP).

Nos resultados obtidos na avaliação do hábitat aquático nota-se a predominância da categoria “Ótimo”. Destaca-se a baixa pontuação do ponto RCC26 em todos os parâmetros do hábitat, sendo classificado como Ruim. Assim como o ponto RCC15 que se apresentou na categoria Regular. As classificações diferenciadas destes dois pontos tem sua justificativa análoga à 1ª linha de análise, mencionada anteriormente.

4.3. Integração da Avaliação Fisicoecológica e Avaliação do Hábitat Aquático

Com a finalidade de buscar a semelhança entre os pontos de amostragem nas duas linhas de análise, foi extraída a média dos dois resultados para a análise de agrupamento (técnica de Ward e distância euclidiana como medida de dissimilaridade), conforme apresentado no dendrograma da Figura 24. A escolha do ponto de corte para seleção dos grupos ocorreu com aproximadamente 90% de semelhança entre os pontos, estabelecendo-se quatro grupos (Tabela 15).

Figura 24 - Representação diagramática do agrupamento hierárquico referente a integração da Avaliação Fisicoecológica e Avaliação do Hábitat Aquático em riachos do Parque Estadual da Cantareira (SP). O ponto “de corte” é representado pela linha vermelha.

Tabela 15 - Grupos finais estabelecidos pela integração das duas linhas de análise da Avaliação Rápida de Riachos no Parque Estadual da Cantareira (SP)

Grupos	Categoria
<i>G1</i>	Ótimo
<i>G2</i>	Bom
<i>G3</i>	Regular
<i>G4</i>	Ruim

De modo geral, 53,5% dos 28 pontos analisados enquadraram-se na categoria “Ótimo”; 28,5% na categoria “Bom”; 14,2% na categoria Regular e 3,5% na categoria Ruim.

Com este agrupamento pode-se notar que os pontos com as melhores condições, isto é, os integrantes do grupo ***G1***, foram CCB9, CCB10, RCC12, RCC13, RCC14, RCC17, RCC18, RCC19, RCC20, RCC21, RCC22, RCC23, RCC24, RSP27 e RSI30. No grupo ***G2*** ficaram os pontos CCB1, CCB2, CCB3, CCB6, CCB7, CCB8, RCC16 e RAC29. No grupo ***G3***, os pontos CCB4, CCB5, RCC15 e RAC28. No grupo com a pior pontuação ***G4***, ficou apenas o ponto RCC26. A distribuição espacial do agrupamento final é apresentada a seguir na Figura 25.

Figura 25 - Caracterização das condições, resultantes da aplicação de protocolo de avaliação rápida, dos riachos do Parque Estadual da Cantareira (SP).

A avaliação das condições dos riachos em face de microbacias e núcleos do PEC mostra a variabilidade destas condições numa ótica diferente da análise em na escala da paisagem. Como contribuição em termos de gerenciamento, uma análise fragmentada torna-se útil à medida que dinamiza tomada de decisões no nível de diferentes microbacias, o que seria mais natural, ou dos núcleos, o que poderia ser mais prático em termos de execução.

Na Microbacia Córrego Cabuçu de Baixo o resultado final obtido foi 20% para o grupo **G1**; 60%, **G2** e 20%, **G3**. A Microbacia Rio Cabuçu de Cima apresentou 76,9% para o grupo **G1**; 7,6%, **G2**; 7,6%, **G3** e 7,6%, **G4**. As Microbacias Ribeirão São Pedro, Ribeirão Santa Inês e Rio Baquirivu apresentaram 100% para o grupo **G1**. Por fim, a Microbacia Ribeirão Águas Claras apresentou 50% para o grupo **G2** e 50% para o grupo **G3**.

De modo geral, em quase todas as microbacias ocorreu predominância da categoria de melhor qualidade **G1**, excetuando as Microbacias Rio Cabuçu de Cima e Ribeirão Águas Claras.

Na Microbacia Rio Cabuçu de Cima houve predominância da categoria “Bom”, **G2**. Esta última constatação decorre da localização desprivilegiada destes cursos d’água. A maioria dos pontos ali avaliados faz fronteira com uma área fortemente urbanizada no município de São Paulo, por meio da estrada da Santa Inês. A influência antropogênica nesta área já foi descrita pelo Instituto Florestal (2009b). Nesta área, ou seja, na face Sul do PEC, em pouco menos de dez anos (1990 a 1999), surgiram 23 loteamentos clandestinos, ocupando uma área de 925 ha, com a supressão de 278 ha de vegetação. Além destes fatores da zona de amortecimento, os quais tornam o PEC vulnerável, durante o período de coletas nesta pesquisa, constatou-se o descarte de lixos e entulhos na área, assim como veículos roubados e resíduos de práticas religiosas na área interna do Parque.

Na Microbacia Ribeirão Águas Claras, os riachos integram as categorias “Bom”, **G2** e “Regular”, **G3**. Os dois riachos analisados nesta microbacia localizam-se no Município de Mairiporã, dentro de um condomínio, local onde há influência antropogênica direta.

Na análise dos pontos agrupados por Núcleos também se observou variação percentual nos resultados. O Núcleo Pedra Grande apresentou 42,8% dos pontos no grupo **G1**, 42,8% no grupo **G2** e 14,2% no grupo **G3**. O Núcleo Engordador apresentou 66,6% dos pontos no grupo **G1**, 16,6% no grupo **G2** e 16,6% no grupo **G3**. No Núcleo Cabuçu obteve-se os percentuais de 83,3% e 16,6% para os grupos **G1** e **G4**, respectivamente. Por fim, no Núcleo Águas Claras o resultado consistiu em 50% para o grupo **G2** e 50% para o grupo **G3**. Foi notória a boa qualidade dos corpos d’água do núcleo Cabuçu, com exceção do ponto

RCC26, por motivos já descritos anteriormente, os quais diferenciam as condições do hábitat aquático deste local em face dos demais.

Os resultados obtidos a partir da aplicação do protocolo da avaliação rápida demonstraram que existem variações entre os riachos no que diz respeito à qualidade do habitat, apesar de não terem sido observadas grandes diferenças no nível da paisagem. Hoekstra *et. al.* (2005), ao analisarem em nível global a conversão de habitats e a proteção dos mesmos, concluíram que a conversão excede a proteção numa razão de 10:1 na maioria das ecorregiões com alta riqueza biológica. Estes autores sugerem que esforços não sejam apenas para proteção de espécies, como normalmente ocorre, mas também da diversidade de paisagens, das interações ecológicas e das pressões evolutivas que sustentam a biodiversidade, gerando os serviços ecossistêmicos e a formação de novas espécies. Assim sendo, é importante que se pensar também na recuperação dos habitats aquáticos, e não apenas da vegetação, como uma forma de proteger a biota aquática do PEC.

5. Conclusão

- A pressão decorrente da proximidade dos limites da área do PEC com a área urbana é refletida nas condições do hábitat aquático.
- Riachos mais distantes das áreas lindeiras do PEC conservam as melhores condições do hábitat.
- A Avaliação Rápida de Riachos foi útil na diferenciação das condições ambientais dos diferentes riachos do PEC.

CAPÍTULO IV. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

1. Introdução

Conservar recursos hídricos ou aquáticos em áreas naturais protegidas implica, muitas vezes, em permitir o uso da água para diversas finalidades, enfatizando o abastecimento urbano, mas não contempla o monitoramento da qualidade desta. Uma das possíveis explicações para esta ocorrência é o conceito remoto de que por se tratar de área protegida, os recursos hídricos e aquáticos nela inseridos já se encontram salvaguardados.

O Parque Estadual da Cantareira apresenta inúmeras nascentes pertencentes a seis sub-bacias hidrográficas, a do córrego Cabuçu de Baixo, do ribeirão Santa Inês, do ribeirão Águas Claras, do ribeirão São Pedro, do rio Baquirivu e do rio Cabuçu de Cima. Muitos benefícios decorrem do fato do PEC abrigar muitas nascentes em seu interior e, conforme Morsello (2001), além de garantir a manutenção da qualidade e da quantidade de água para a fauna e a flora, reduz o potencial de erosão e alagamento, e ainda, diminui a possibilidade de invasão humana pelos rios e os custos de fiscalização.

Na realidade, existem contradições a respeito da eficácia de áreas protegidas em preservar os recursos hídricos e aquáticos nelas contidos. Como exemplo se cita a área de estudo, o PEC, no qual a conservação da vegetação, apesar de fundamental para a integridade dos corpos d'água, talvez não assegure sua real proteção. Saunders *et al.* (2002) salientam que Parques terrestres, muitas vezes não conseguem lidar com importantes preocupações aquáticas tais como, hidrologia, introdução de espécies não nativas e integridade da bacia hidrográfica. E, ainda, que as águas doces sempre serão afetadas em algum nível por atividades que ocorrem fora dos limites fronteiriços de área protegida.

Para Abell *et al.* (2007), a maioria das áreas protegidas são criadas sem considerar os ambientes aquáticos. Estes autores discorrem ainda sobre a escassez de sistemas de água doce preservados e, conforme Primack e Rodrigues (2001), estratégias de conservação para ambientes aquáticos naturais são raras.

Embora a conservação da fauna e flora terrestres tenham sido a principal razão para o estabelecimento da maioria das unidades de conservação nas últimas três décadas, o conhecimento e o entendimento dos ecossistemas aquáticos em áreas protegidas brasileiras são desafios atuais. A conservação da diversidade biológica das águas interiores do Brasil

depende da eficiência na manutenção da integridade hidrológica regional (AGOSTINHO & GOMES, 2005).

O papel das florestas ante o equilíbrio e conservação dos ambientes aquáticos e biodiversidade tem estado entre as principais pautas de pesquisas mundiais. Dudley e Stolton (2005), à medida que relacionam o suprimento de água a áreas florestais protegidas, chamam atenção para a funcionalidade dos corpos d'água presentes em unidades de conservação, como recursos hídricos. É geral a suposição de que florestas ajudam a manter constante o abastecimento de água de boa qualidade e que, em contrapartida, sua diminuição acarreta em perdas catastróficas da qualidade assim como da quantidade da água.

No estudo desenvolvido por Dudley e Stolton (2005), foi pesquisada uma centena de grandes cidades mundiais buscando interpretar a importância das florestas, e consequentemente das áreas protegidas, para o abastecimento público. A constatação de que um terço destas cidades faz uso de uma proporção significativa de água retirada diretamente de áreas protegidas reforça a necessidade de um monitoramento na qualidade desta. Portanto, a relação de dependência entre o uso da água e a conservação denota a complexidade de gerenciar as áreas protegidas localizadas em regiões urbanizadas, assim como ocorre com o Parque Estadual da Cantareira.

Assim, considera-se a premissa de que áreas protegidas com grandes dimensões territoriais apresentam heterogeneidade na qualidade da água não apenas por diferenças decorrentes de aspectos naturais, mas por influência antropogênica.

2. Objetivos

Objetivo Geral

- Caracterizar a água dos riachos de baixa ordem do PEC, na busca das condições físicas, químicas, biológicas e hidrobiológicas mais próximas às naturais, por meio de variáveis físicas, químicas, biológica e hidrobiológica.

Objetivos Específicos

- Avaliar a existência de impactos sobre a qualidade da água dos riachos decorrentes da proximidade da área urbana com o PEC;
- Contribuir para a discussão sobre a interface uso da água e monitoramento;
- Oferecer subsídios para a conservação da água no Parque Estadual da Cantareira.

3. Material e métodos

Para a avaliação do sistema hídrico, foram realizadas três coletas de dados que ocorreram nos meses de Julho, Agosto e Setembro de 2010, com espaçamento aproximado de 20 dias. A opção pelo período de seca adveio do fato do aumento da vazão no período chuvoso poder inviabilizar o acesso a grande parte dos locais de amostragem, além de representar riscos potenciais de ocorrência de acidentes visto que se trata de uma área de serra.

Em cada ponto de amostragem, foram coletadas amostras de água em galões de polietileno, os quais foram mantidos no escuro em bolsas térmicas até o processamento em laboratório. A análise das variáveis físicas, químicas, biológicas e hidrobiológicas (Tabela 15) foi realizada no Laboratório de Limnologia do Departamento de Ecologia do IB/USP. Salienta-se que réplicas dos valores de oxigênio dissolvido (OD), potencial de oxirredução (ORP), temperatura (T), condutividade (COND), turbidez (TUR), potencial hidrogeniônico (pH) e sólidos totais dissolvidos (TDS), foram obtidas *in situ*, por meio de sonda multiparâmetros.

Além da metodologia de análise detalhada na Tabela 16, coletas, acondicionamento e conservação das amostras foram realizadas observando os detalhamentos metodológicos especificados em “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, editado pela “American Public Health Association” (APHA, 1995).

Para tratamento dos dados obtidos, tanto em laboratório como *in situ*, foi realizada uma análise exploratória visando buscar relações entre as variáveis e entre estas e os pontos de coleta. A semelhança entre os pontos de amostragem foi avaliada pelo emprego de análise de agrupamento hierárquico (método aglomerativo de Ward e distância euclidiana como medida de dissimilaridade) e a relação entre as variáveis abióticas nos pontos amostrados foi estabelecida pela Análise de Componentes Principais (*PCA*) (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998). As técnicas de estatística multivariada foram realizadas com o auxílio dos softwares *Statistica7* e *Past 2.14* (HAMMER, 2001), respectivamente.

Na tentativa de se estabelecer as componentes principais utilizou-se uma matriz com os 30 pontos estabelecidos previamente e as variáveis nitrogênio total (NT), nitrato (NO_3), oxigênio dissolvido (OD), potencial de oxirredução (*ORP*), temperatura (T), condutividade (COND), turbidez (TUR), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos totais dissolvidos (*TDS*), sólidos totais (ST), material em suspensão total (MST), material em suspensão orgânico (MSO), material em suspensão inorgânico (MSI) e enterococos (ENT).

O primeiro passo para a *PCA* foi realizar um pré-tratamento à matriz dos dados para assegurar que todas as variáveis tivessem o mesmo peso na análise. Para tanto, os dados foram padronizados com o objetivo de alcançar uma média zero e um desvio padrão 1. O ajustamento simultâneo da magnitude e variabilidade das variáveis foi baseado no método *Ranging* proposto por Sneath e Sokal (1973) *apud* Legendre e Legendre (1998).

Tabela 16 - Variáveis físicas, químicas, biológica e hidrobiológica avaliadas em riachos de baixa ordem do Parque Estadual da Cantareira (SP).

Variáveis	Unidades	Métodos	Equipamentos	Referências
Temperatura da Água	°C	Medida direta	Sonda multiparâmetros Horiba U-50	-
Turbidez	NTU	Medida direta	Sonda multiparâmetros Horiba U-50	-
pH	pH	Medida direta	Sonda multiparâmetros Horiba U-50	-
Condutividade Elétrica	uS/cm	Medida direta	Sonda multiparâmetros Horiba U-50	-
Oxigênio Dissolvido	mg/L	Medida direta	Sonda multiparâmetros Horiba U-50	-
Potencial de Oxirredução	mV	Medida direta	Sonda multiparâmetros Horiba U-50	-
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	Medida direta	Sonda multiparâmetros Horiba U-50	-
Sólidos Totais	mg/L	Gravimétrico	-	Wetzel e Likens (1991)
Sólidos em suspensão totais	mg/L	Gravimétrico	-	Wetzel e Likens (1991)
Sólidos em suspensão orgânicos	mg/L	Gravimétrico	-	Wetzel e Likens (1991)
Sólidos em suspensão inorgânicos	mg/L	Gravimétrico	-	Wetzel e Likens (1991)
Nitrato	mg/L	Espectrofotométrico	Cirrus 80	Mackereth <i>et al.</i> (1978)
Nitrito	mg/L	Espectrofotométrico	Cirrus 80	Mackereth <i>et al.</i> (1978)
Amônia	mg/L	Espectrofotométrico	Cirrus 80	Koroleff (1976)
Ortofosfato	mg/L	Espectrofotométrico	Cirrus 80	Golterman <i>et al.</i> (1978)
Ortosilicato	mg/L	Espectrofotométrico	Cirrus 80	Strickland e Parsons (1960)
Fósforo Total	mg/L	Espectrofotométrico	Cirrus 80	Valderrama (1981)
Nitrogênio Total	mg/L	Espectrofotométrico	Cirrus 80	Valderrama (1981)
Clorofila <i>a</i>	mg/L	Espectrofotométrico	Cirrus 80	Lorenzen (1967)
<i>Enterococcus</i>	UFC	Membrana filtrante Incubação (36°C, 48h)	-	APHA/WEF/AWWA (1995)

4. Resultados e Discussão

Algumas variáveis propostas para avaliação do sistema hídrico foram excluídas da análise estatística, visto que os resultados obtidos na análise das amostras foram abaixo do limite de detecção dos respectivos métodos pré-estabelecidos. São estas fósforo total, ortofosfato, ortosilicato, nitrito, amônio e clorofila *a*. Na série de sólidos em suspensão, embora se tenha analisado as porções orgânicas e inorgânicas, optou-se por utilizar apenas o material em suspensão total pois a alta correlação entre as duas porções ($>0,9$), compromete a organização das componentes principais. Tais dados estão apresentados nos Anexos 5, 6 e 7, assim como valor mínimo e máximo, média e desvio padrão de todas as variáveis.

A primeira combinação linear da *PCA* gerou 14 componentes principais onde se destacaram os pontos RCC25 e RCC26 como determinantes da componente principal 1. O efeito destes pontos era esperado pelo fato de apresentarem valores muito distintos de certas variáveis indicadoras da contaminação por esgoto doméstico. Outro ponto que sobressaiu no arranjo inicial foi o RCC11 em função de sua relação altamente positiva com a variável NO_3 e negativa com a variável pH, de modo que foi determinante para a componente principal 2. A inclusão destes três pontos acabou dificultando a análise do arranjo dos demais pontos, de forma que se procedeu a uma nova *PCA* excluindo-se os três.

Na nova *PCA* (Figura 26), cerca de 50% do arranjo é explicado pelas duas primeiras componentes (Tabela 17). A primeira componente principal foi determinada positivamente especialmente pelas variáveis nitrogênio total e nitrato, e negativamente pelo pH. Já na segunda componente, a condutividade e os sólidos totais dissolvidos foram determinantes (Tabela 18).

Figura 26 - Diagrama *biplot* resultante da *PCA* aplicada às variáveis ambientais avaliadas em riachos de baixa ordem do Parque Estadual da Cantareira (SP). Vide Tabela 1 para o significado das siglas correspondentes aos pontos de amostragem.

Tabela 17 - Contribuição de cada componente principal na explicação do arranjo da *PCA* aplicada às variáveis ambientais avaliadas em riachos de baixa ordem do Parque Estadual da Cantareira (SP).

Componentes Principais	Autovalores	Variância (%)
1	0,184949	33,679
2	0,107762	19,623
3	0,076362	13,905
4	0,05895	10,735
5	0,037882	6,8982
6	0,030588	5,57
7	0,019916	3,6266
8	0,01249	2,2744
9	0,011808	2,1501
10	0,005452	0,99283
11	0,002999	0,54613

Tabela 18 - Coeficientes das duas componentes principais de maior representatividade apresentando os autovetores das variáveis avaliadas em riachos de baixa ordem do Parque Estadual da Cantareira (SP).

Variáveis	Autovetores	
	CP1	CP2
Sólidos Totais	0,1365	0,08589
Material em suspensão total	0,2842	0,5601
Nitrogênio total	0,5747	-0,2442
Nitrato	0,5901	-0,2662
Temperatura	0,0359	0,2396
Potencial hidrogeniônico	-0,09233	-0,1158
Potencial de oxirredução	0,3895	-0,1346
Turbidez	0,2121	0,5527
Oxigênio dissolvido	-0,1123	-0,3899
Condutividade	-0,01756	-0,02727
<i>Enterococcus</i>	0,05191	-0,0348

No agrupamento hierárquico (Figura 27) utilizou-se os valores dos *scores* das duas primeiras componentes principais obtidas pela *PCA*. O agrupamento dos *scores* balizou o estabelecimento dos grupos obtidos na *PCA*.

Figura 27 - Representação diagramática dos *scores* 1 e 2, obtidos na análise de componentes principais.

A escolha do ponto de corte para seleção dos grupos no dendrograma foi baseada na representação gráfica da distância de ligação entre os grupos (Figura 28). Neste caso optou-se por desconsiderar o maior salto em distância (3), que nos daria apenas dois grupos, invalidando o objetivo deste agrupamento, que neste caso, como mencionado anteriormente, é balizar a PCA. O ponto de corte ocorreu no distanciamento 2,5.

Figura 28 - Representação gráfica da distancia de ligação entre os grupos (o ponto de corte é evidenciado pela linha vermelha).

Três agrupamentos se destacaram no arranjo da *PCA*. O primeiro, denominado **G1**, envolvendo os pontos CCB1, CCB6, CCB8, CCB9, CCB10, RCC16, RCC18, RCC19, RCC20, RCC21, RCC22, RCC23, RB24, RSP27, RAC29, RSI30, o segundo (**G2**), com os pontos CCB2, CCB5, CCB7, RCC15, RCC17, e o terceiro (**G3**), com os pontos CCB3, CCB4, RCC12, RCC13, RCC14.

De modo geral, o grupo **G1** se destacou por apresentar pontos com água de melhor qualidade. Estes pontos, de acordo com a *PCA*, sofreram pouca influência das variáveis que determinaram a análise, isto é, do Nitrogênio Total, Nitrato e Potencial de Oxirredução, na 1ª componente principal e do Material em Suspensão Total e Turbidez, na 2ª componente principal.

A distribuição, no PEC, dos pontos de amostragem incluídos em cada um dos três grupos é apresentada na Figura 29.

Figura 29 - Caracterização do Sistema Hídrico do Parque Estadual da Cantareira (SP).

No que se refere à representatividade por microbacias, o grupo **G1** foi o mais significativo, de modo que, a microbacia rio Cabuçu de Cima contribuiu com 43,75% dos pontos, a microbacia córrego Cabuçu de Baixo com 31,25%, e as microbacias rio Baquirivu, ribeirão São Pedro, ribeirão Águas Claras e ribeirão Santa Inês com 6,25% cada. O grupo **G2** foi representado pelas microbacias córrego Cabuçu de Baixo, com 60% dos pontos e rio Cabuçu de Cima, com 40%. O grupo **G3** foi formado pelo percentual de 60% de pontos da microbacia rio Cabuçu de Cima e 40% da microbacia córrego Cabuçu de baixo.

No grupo **G1**, alguns fatores ficaram evidentes, como por exemplo, as boas condições da água no núcleo Cabuçu, o qual se situa no município de Guarulhos, representada pelos pontos RCC19, RCC20, RCC21, RCC22, RCC23 E RCC24.

Os pontos RSP27, RAC28, RAC29 e RSI30, embora de microbacias e núcleos diferentes, têm como característica comum a vertente voltada ao norte, isto é, são contribuintes indiretos do reservatório Paiva Castro. Com a alocação destes pontos no grupo **G1** pôde-se inferir a homogeneidade e a boa qualidade da água partícipe desta contribuição.

O núcleo Pedra Grande, região norte do município de São Paulo, apresentou alguns pontos que compuseram o grupo **G1**. A inclusão dos pontos CCB1, CCB6 e CCB8 foi inesperada, pois obtiveram qualidade diferenciada dos pontos próximos, conforme explanação posterior. Os pontos CCB9 e CCB10, os quais o acesso se dá a partir da área administrativa do referido núcleo, possuem trilhas em fase de reconstituição e o acesso é dificultado.

O grupo **G2** constituiu-se como resultado da 2ª componente principal, em que o Material em Suspensão Total e a Turbidez foram determinantes. O grupo **G3** foi condicionado pela 1ª componente principal, na qual o Nitrogênio Total e o Nitrato foram determinantes. Os valores elevados destas variáveis condicionaram estes dois grupos como inferiores em face do grupo **G1**. É importante observar que os pontos CCB2, CCB3, CCB4, CCB5, E CCB7, os quais se distribuem nestes dois grupos, têm como característica compartilhada sua proximidade com a área urbanizada. Neste local existe uma estrada desativada, conhecida como Vista Alegre, que favorece a entrada da população residente nas imediações, a qual faz uso das cachoeiras como área de lazer. Constatou-se também a retirada clandestina da água, ocorrência favorecida pela orientação das vertentes para a face Sul do Parque. Neste sentido, salientam-se os pontos CCB2, CCB3, CCB4 e CCB5. Outros pontos destes grupos como, por exemplo, RCC12, RCC13 e RCC14, também são de muito fácil acesso sendo que o primeiro localiza-se nas proximidades da administração do PEC, mais especificamente atrás da casa de um funcionário, e o segundo dentro do Clube da Sabesp, o qual oferece recreação em piscinas e cachoeira.

Ainda neste contexto, os pontos RCC15 e RCC17 integram o Núcleo Engordador, sendo que diferentemente desse primeiro, que se localiza em área de visitação, a qualidade inferior da água do ponto RCC17 foi inesperada por situar-se a montante do reservatório Engordador. Este núcleo mostrou-se bem diversificado, pois também apresentou três pontos no grupo de melhor qualidade (**G1**), ou seja, RCC16, RCC18 e RSP27.

Finalmente, é preciso chamar atenção para o fato do ponto RCC26, localizado no interior do PEC, e o RCC25 mostrarem claramente contaminação por esgoto doméstico apresentando os maiores valores de turbidez, sólidos totais dissolvidos, sólidos totais, material em suspensão (representado principalmente pela fração orgânica), fósforo e nitrogênio totais, nitrito, amônia, fosfato e condutividade, e os menores de potencial de oxirredução e oxigênio dissolvido. Este fato demonstra que a presença de vegetação nem sempre é suficiente para garantir a proteção dos corpos de água em unidades de conservação, reforçando a necessidade de monitorar a qualidade da água. Entrada de tributário contaminado por esgoto doméstico e consequente degradação de corpos d'água também ocorre no Parque Estadual do Jaraguá, outra unidade de conservação de proteção integral localizada em área urbana, no município de São Paulo (INSTITUTO FLORESTAL, 2010).

Além da influência supostamente ocasionada pela proximidade da área urbana na determinação dos grupos, uma característica observada nos grupos **G2** e **G3** foi o fato de que nestes encontram-se pontos em que a cobertura vegetal é menos densa, o que aponta para a premência de sua recuperação. Dudley e Stolton (2005) salientam que a composição da floresta influencia o regime hídrico e que microbacias florestadas apresentam impacto positivo sobre a água. Baseado nesta premissa, muitas cidades têm introduzido a proteção florestal, ou o reflorestamento, como forma de manutenção do abastecimento público de água. Segundo os mesmos autores, grandes centros urbanos, como Nova York e Quito, reconhecem a importância das bacias hidrográficas e a sua proteção é critério para criação de áreas protegidas, com intuito de manter o abastecimento de água de alta qualidade. Assim sendo, é relevante considerar que as cidades dependem de áreas protegidas.

O resultado obtido neste estudo está em concordância com os resultados observados por Nel *et al.* (2007) que, ao analisarem rios dentro e fora de áreas protegidas, constataram que 50% dos corpos d'água que integram estas áreas mantiveram suas características ecológicas naturais bem preservadas.

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que a presença de vegetação tem protegido riachos no interior do PEC, havendo um grupo que se sobressai apresentando uma maior qualidade da água. Embora o alcance desta proteção não tenha sido quantificado, os

resultados apontam para a necessidade de uma maior fiscalização dos riachos do PEC, principalmente em regiões de acesso público facilitado, mesmo que clandestino. Assim, considera-se primordial a existência de monitoramento periódico da qualidade da água na região estudada com vistas à conservação dos recursos hídricos e aquáticos.

5. Conclusão

- A análise dos dados mostrou uma heterogeneidade na qualidade da água do Parque Estadual da Cantareira.
- Houve relação entre qualidade relativamente inferior da água com a proximidade de áreas habitadas, o que suscita indícios de influência antropogênica na variabilidade da qualidade da água.
- A análise das variáveis selecionadas nesta pesquisa foi útil para a busca das condições naturais da água do PEC, pois, permitiu separar os pontos em impactados e não impactados, os quais foram referência neste trabalho.

CAPÍTULO V. AVALIAÇÃO FINAL INTEGRADA

Combinando as avaliações dos três eixos centrais desta pesquisa, isto é, Avaliação do meio Físico, Avaliação Rápida dos Riachos e a Avaliação da Qualidade da Água, por meio da sobreposição dos pontos que apresentaram os melhores resultados para cada eixo de análise (Figuras 19, 25 e 29), chegou-se aos pontos que apresentaram as condições naturais dos corpos d'água do Parque Estadual da Cantareira (Tabela 19 e Figura 30). Essa combinação considerou a maior qualidade dentro de cada análise, isto é, os pontos com as melhores características ambientais. A exceção se deu na análise do Meio Físico, em que se optou por considerar os pontos do Grupo Principal, não apenas por apresentarem semelhança entre si, mas também pelas observações expeditas durante a pesquisa em campo.

Tabela 19 - Integração da Avaliação do Meio Físico, da Avaliação Rápida de Riachos e da Qualidade da Água.

Pontos	Meio Físico ¹	PAR ²	Qualidade da água ³
CCB1	GP	G2	G1
CCB2	GEX	G2	G2
CCB3	GP	G2	G3
CCB4	GP	G3	G3
CCB5	GP	G3	G2
CCB6	GP	G2	G1
CCB7	GP	G2	G2
CCB8	GP	G2	G1
CCB9	GEX	G1	G1
CCB10	GP	G1	G1
RCC11	-	-	-
RCC12	GP	G1	G3
RCC13	GP	G1	G3
RCC14	GP	G1	G3
RCC15	GP	G3	G2
RCC16	GP	G2	G1
RCC17	GP	G1	G2
RCC18	GP	G1	G1
RCC19	GP	G1	G1
RCC20	GP	G1	G1
RCC21	GEX	G1	G1
RCC22	GP	G1	G1
RCC23	GP	G1	G1
RB24	GP	G1	G1

RCC25	-	-	-
RCC26	GEX	G4	-
RSP27	GEX	G1	G1
RAC28	GP	G3	G1
RAC29	GEX	G2	G1
RSI30	GEX	G1	G1

¹Meio Físico (**GP** - Grupo Principal; **GEX** – Grupo dos Pontos Externos ao Grupo Principal);

²PAR (**G1** – Ótimo; **G2** – Bom; **G3** – Regular; **G4** – Ruim);

³Qualidade da Água (**G1** – Ótimo; **G2** – Bom; **G3** – Regular).

É importante salientar que o PEC está enquadrado em cinco categorias de vulnerabilidade, de acordo com Instituto Florestal (2009b). Pela ocupação urbana, com pressões sobre mananciais por meio de esgotos domésticos, assoreamento dos corpos d'água, ocupação de encostas, captação irregular de água, impermeabilização do solo, remoção da vegetação, alteração da paisagem, perda da biodiversidade, entre outros; pela facilidade de acesso, por meio de rodovias, vias pavimentadas e trilhas; pelas linhas de alta tensão que atravessam o Parque ocasionando a supressão da vegetação e alterando a paisagem; por atividades de mineração; e pela presença de aterro sanitário em suas imediações.

Sob esta perspectiva, destacam-se os pontos CCB1, CCB2, CCB3, CCB4, CCB5, CCB6, CCB7 e CCB8, os quais se localizam na estrada da Vista Alegre, ressaltando que o trecho que abrange os cinco últimos é também denominado popularmente como estrada da Cuca. Embora este local não represente as melhores condições da água do PEC, trata-se de uma área em zona de recuperação, contígua a zona de uso histórico-cultural do parque, caracterizada pelos vestígios do antigo sistema de abastecimento de São Paulo, que data da segunda metade do século XIX. É uma área bastante alterada pelas pressões do passado e que, ainda hoje, encontra-se ameaçada pela expansão urbana do município de São Paulo.

No estudo de Silva (2004), as áreas contidas na bacia do alto Cabuçu de baixo, que são equivalentes às regiões adjacentes à microbacia córrego Cabuçu de Baixo abordada no presente trabalho, mais especificamente, localizadas na zona de amortecimento do Parque, passaram por um processo intenso de supressão da vegetação e urbanização ao longo da década de 1990. A porção oeste da bacia foi a mais intensamente desmatada na ocasião. Ali se

Figura 30 - Condições Naturais dos riachos de baixa ordem do Parque Estadual da Cantareira (SP)

localizam os bairros Jaraguá, Brasilândia e Cachoeirinha, onde predominam loteamentos clandestinos, assim como sub-habitações.

No córrego Cabuçu de Baixo, assim como em seus tributários, córrego do Bananal, córrego do Bispo e córrego do Guaraú, de acordo com a mesma autora, houve grandes modificações na vegetação ao longo das margens de 1986 a 2001. Enquanto em 1986 pôde-se notar existência de mata ciliar, por meio de imagem de satélite, em 2001 as mesmas margens encontravam-se completamente urbanizadas. Destaca-se que um grande número de nascentes que compõem estes córregos originam-se no PEC. Quando a vegetação ripária é reduzida ou eliminada por alterações pelo uso do solo, o riacho pode mudar a sua produtividade e a biota será comprometida pois passará a se alimentar de matéria autóctone, em decorrência da não existência da vegetação ciliar (BUNN *et al.*, 1998; HEARTSILL-SCALEY e AIDE, 2003). Outra fator que deve ser considerado, de acordo com Carpenter *et al.* (1998), é o aumento da erosão pela ausência da vegetação ripária que resulta no aumento a entrada de nutrientes no riacho, podendo levar ao crescimento excessivo de algas devido à maior disponibilidade de luz.

Cabe ressaltar que a porção oeste da microbacia córrego Cabuçu de Baixo (estrada da Vista Alegre), representada pelos 8 primeiros pontos de amostragem neste trabalho, como mencionado anteriormente situa-se em zona de Recuperação. Essa classe de zoneamento é considerada provisória, sendo que, de acordo com Instituto Florestal (2009b), deve ser incorporada novamente a uma das zonas permanentes, desde que cumprido o objetivo de restauração da área. Toda a margem ao Sul desta área se constitui como zona de uso histórico-cultural e, embora nesta área seja vedada qualquer alteração nos cursos d'água assim como a circulação de pessoas não autorizadas, a estrada da Vista Alegre, mesmo que desativada, torna-se uma facilitadora para a entrada clandestina da população circunvizinha que usa as pequenas represas e cursos d'água deste local como meio de recreação. Existe também a ocorrência de práticas religiosas que resultam em resíduos deixados na água, como pôde ser vista nos momentos da amostragem nesta pesquisa. No Plano de Manejo do PEC existe uma demanda por fiscalização, sendo proposta a instalação de uma guarita no início desta estrada.

O Governo do Estado juntamente com a Prefeitura de São Paulo desenvolve uma ação conjunta denominada “Operação Defesa das Águas”, a qual visa, entre as várias práticas de política urbana e ambiental, a implantação de parques lineares como forma de amortecimento do crescimento e das atividades urbanas que ameaçam o PEC (INSTITUTO FLORESTAL, 2009b). Na zona Norte de São Paulo, é prevista a implantação de Parques

lineares às margens do PEC, como forma de prover a população de formas alternativas de lazer, como o Parque linear Brasilândia/Freguesia do Ó, Bispo e Bananal/Canivete.

O ponto CCB9, localizado em área popularmente denominada “chapadinha”, foi o último ponto da microbacia córrego Cabuçu de Baixo a apresentar condições hídricas não naturais. Esse ponto situa-se em zona de Uso Especial, ou seja, área com alto grau de intervenção. Além disso, é composto por um percentual expressivo de vegetação herbácea com alta declividade, se comparando com os demais pontos, sendo inclusive uma área prioritária de recuperação do solo e recomposição da vegetação no Plano de Manejo do PEC.

Os pontos RCC12, RCC13, RCC14, embora com características físicas e de hábitat bem preservadas, apresentaram uma menor qualidade química da água, especificamente no que tange ao nitrogênio total e nitrato. De acordo com Andersson e Nyberg (2009), a química dos riachos de cabeceira é influenciada por vários fatores de paisagem que estão relacionadas com a geologia, topografia, clima e vegetação. Sertezer *et al.* (2008) ressaltam que as características químicas do solo também tem um efeito importante na qualidade da água. Sugerem ainda que a vegetação pode ser usada como indicadora das características químicas do solo e da qualidade da água. Os pontos RCC12 e RCC13 são classificados como zona de Uso Conflitante, ou seja, seus usos conflitam com os objetivos de conservação da área protegida. No caso destes dois pontos há uma influência antropogênica direta. O primeiro localiza-se nas imediações da casa de um funcionário nas proximidades da área administrativa do PEC, e o segundo é uma área ocupada pela associação dos funcionários da Sabesp, onde se encontram piscinas e cachoeira para recreação. O ponto RCC14, por sua vez, localiza-se em zona histórico-cultural, tratando-se de uma área bastante alterada pelo uso no passado.

No núcleo Engordador os pontos RCC15, RCC16 e RCC17 não apresentaram características naturais de ambientes não perturbados. O primeiro ponto sofre influência antropogênica direta e já era esperada sua disparidade em face dos demais. Além disso, situa-se em zona de Uso Intensivo. Os pontos RCC16 e RCC17, que ficam a montante do reservatório Engordador, foram condicionados, respectivamente, por alterações ecológicas nas características do riacho e de variáveis físicas e químicas (alteração na turbidez e material em suspensão) na água. Ressalta-se que estes pontos são classificados como zona de uso primitivo, onde se espera a mínima intervenção humana, devendo esta área possuir características de transição entre a zona de Uso Intangível e de Uso Extensivo.

Os pontos RAC28 e RAC29, únicos representantes do núcleo e microbacia Águas Claras, situam-se no interior de um condomínio de alto padrão denominado, e já era esperado

que não apresentassem as melhores condições ambientais. Embora estes pontos pertençam à zona de recuperação, sua restauração é comprometida pela pressão antropogênica direta decorrente de sua localização.

O único ponto do núcleo Cabuçu que não integrou o grupo das condições naturais, foi o RCC26 que possui uma localização delicada, pois se localiza-se no rio Cabuçu de Cima logo após sua entrada no Parque, quando já se encontra totalmente poluído e com teor de oxigênio dissolvido abaixo do permitido para a Classe I da Resolução CONAMA. Situa-se em zona de Uso Intensivo.

Os pontos que obtiveram a melhor colocação no que se refere às características físicoecológicas e da qualidade do habitat e da água representam, na atualidade, os riachos mais conservados no Parque Estadual da Cantareira, ou seja, os que estão mais próximos das condições naturais. Destes, a grande maioria encontra-se estabelecida no núcleo Cabuçu, isto é, os pontos RCC19, RCC20, RCC21, RCC22, RCC23 e RCC24. O núcleo Pedra Grande foi representado pelos pontos CCB10 e RSI30 e o núcleo Engordador pelos pontos RCC18 e RSP27.

Com relação aos pontos do núcleo Cabuçu, o RCC19 representa o ribeirão Barrocada. Esta área, embora pressionada pelas proximidades da Rodovia Fernão Dias, despontou-se entre os locais melhor preservados do Parque. Sua classe de zoneamento é Uso Histórico-Cultural. Os pontos RCC20, RCC21, RCC22 e RCC23 pertencem à zona de Uso Primitivo. Trata-se de uma área fundo de vale com altitudes e declividades bastante baixas. Situam-se a montante do reservatório Cabuçu e, entretanto, a área passa por forte pressão pela entrada clandestina de caçadores, pescadores e da população circunvizinha na busca de áreas de lazer. Por enquanto, tais vetores de pressão não diminuíram a qualidade da água neste local, mas é premente a necessidade de se intensificar a fiscalização. O ponto RB24 é o único representante da microbacia Baquirivu. Situa-se em zona de Recuperação. A região é conhecida popularmente como “Ururuquara”, sendo acessada pela estrada dos Veigas, local bastante ameaçado por despejo de lixo e ocorrências infracionais como desmanche de veículos.

Com relação ao ponto CCB10, único representante das condições naturais da microbacia córrego Cabuçu de Baixo, trata-se de uma área onde o acesso se dá por meio do centro de visitação do núcleo Pedra Grande, entretanto o acesso por trilha é bastante difícil. É classificado como zona de Recuperação, e pelo apresentado aqui, tem cumprido o seu papel.

O ponto RSI30, embora em zona de Uso Primitivo, recebe contribuição da área a montante dessa bacia, a qual pertence à zona de Uso Intangível. Mais especificamente, de

acordo com Instituto Florestal (2009b), da zona de Uso Intangível I, onde a área denomina-se popularmente como “Morro do Pavão” ou “Pau Furado”. Esta região compreende testemunhos de floresta original e seu zoneamento prioriza, entre outros aspectos, a intensificação de sua proteção e fiscalização.

O ponto RCC18, situado a montante do reservatório Engordador, tem como classe de zoneamento o Uso Primitivo. Este ponto contrastou com os demais, sendo o único a representar as condições naturais da água advinda deste núcleo.

O ponto RSP27 se localiza em uma região denominada popularmente como “Pinheirinho”, sendo bastante conhecida por praticantes de esportes radicais como *mountain bike* e *bicicross*. De acordo com Instituto Florestal (2009b), esta prática forma valas em meio à mata ocasionando problemas de erosão pela drenagem inadequada das águas pluviais na estrada. Os riachos da região, de acordo com o mesmo autor, encontram-se impactados pela água escoada do leito desta estrada, sugerindo uma possível contaminação da água em decorrência de carreamento de substâncias advindas deste escoamento. Entretanto, esta atividade parece não afetar este ponto, visto que apresentou características físicas e químicas bem conservadas, diferenciando-se apenas na macroescala física de análise, na qual foi representado por um grande área percentual com vegetação em uma altitude e declividade bastante alta. Este foi o motivo pelo qual este ponto se diferenciou na análise de agrupamento, assim como o ponto RSI30, fazendo-os separar do Grupo Principal na análise do Meio Físico. Entretanto, a proximidade com a condição natural destes pontos foi acatada.

A declividade possui um papel importante na distribuição de água entre o escoamento superficial e subterrâneo, entre outros processos (Castro e Lopes, 2011). Uma declividade pronunciada aliada à ausência de cobertura vegetal e intensidade de chuvas, dentre outros, acarreta numa maior velocidade de escoamento e menor quantidade de água armazenada no solo, ocasionando enchentes e sujeitando a bacia à degradação. Em suma, o escoamento superficial é fortemente relacionado ao relevo. A oportunidade de infiltração e a suscetibilidade do solo à erosão dependem da velocidade deste escoamento, que por sua vez é influenciado pela declividade da bacia. O fato do PEC apresentar cobertura arbórea na maioria de sua extensão minimiza grandemente os impactos que maiores declividades poderiam exercer sobre a qualidade da água e do habitat aquático.

Embora seja conflituosa a relação entre os municípios limítrofes e a floresta da Cantareira, esta cumpre seu importante papel tanto nos serviços ambientais à população, como a manutenção das condições naturais dos riachos do PEC.

Tais condições naturais, em termos de parâmetros ambientais, significaram, no âmbito deste trabalho, ou seja, para o período e pontos amostrados, os valores apresentados na Tabela 20. A escolha de tais valores foi realizada a partir dos dados constantes dos Anexos 5, 6, e 7, tomando-se o mínimo valor de oxigênio dissolvido e os máximos para as demais variáveis analisadas e a faixa de valores de pH encontrada entre o mínimo e o máximo observados.

Tabela 20. Valores Referência das Condições Naturais do Parque Estadual da Cantareira.

VARIÁVEIS	VALORES REFERÊNCIA
Clorofila a	Mínimos valores ou ausência
Ortofosfato	Mínimos valores ou ausência
Ortosilicato	Mínimos valores ou ausência
Fósforo Total	Mínimos valores ou ausência
Nítrito	Mínimos valores ou ausência
Amônio	Mínimos valores ou ausência
Nitrato	< 0,81 mg/L
Nitrogênio Total	< 2,1 mg/L
Material em Suspensão Total	< 4,53 mg/L
Turbidez	< 7,1 NTU
Sólidos Totais	< 92,3 mg/L
Condutividade Elétrica	< 58 μ S/cm
Oxigênio Dissolvido	> 7,6 mg/L
Potencial Hidrogeniônico	entre 6,5 e 7,3
Condições Fisicoecológicas	Livres de alterações
Hábitats	Ausência ou mínima perturbação

Quanto ao meio físico, as áreas nas quais foram observados os locais com condições mais próximas às naturais são caracterizadas por vegetação de porte arbóreo, altitude variando entre 700 e 1190m e baixa declividade. Isto não significa que em altitudes e declividades superiores não ocorram riachos com tais condições, esperando-se inclusive que por estarem em locais mais protegidos possam estar ainda melhores. Salienta-se que estes

foram os resultados obtidos a partir do universo amostral deste trabalho, no qual por motivos logísticos e de segurança não foram amostrados locais com maiores altitudes e declividades.

Sertezer *et al.* (2008) constataram que espécies da vegetação terrestre poderiam ser usadas como indicadoras tanto da qualidade química do solo quanto da água, devido à intensa relação entre vegetação e água. Sabe-se também que a vegetação circundante ao riacho provê a sombra necessária para regimes de temperatura naturais e melhora a saúde do ecossistema do riacho (BUNN *et al.*, 1999). Dentro deste contexto, salienta-se que as condições naturais dos riachos, encontradas no presente trabalho distribuíram-se entre várias classes de zoneamentos, sendo sete pontos em zona de Uso Primitivo, dois pontos em zona de Recuperação e um ponto em zona de Uso Histórico-Cultural, demonstrando que a presença de vegetação conservada é um indício muito importante sobre a preservação de uma área, mas não invalida a necessidade de avaliação dos corpos d'água que a integram. Caso contrário, todos os pontos sob vegetação arbórea teriam ótima qualidade da água.

A abordagem utilizada nesta pesquisa, ao buscar respostas olhando as três escalas de estudo, é o esforço de um primeiro passo para a compreensão das condições naturais dos corpos d'água do PEC. O aprofundamento desta compreensão deverá ocorrer com análises que incluam a dimensão temporal e a integridade biológica destes locais.

Este tipo de abordagem integrada, assim como a abordagem de avaliação apresentada neste trabalho, ainda não está consolidada no Brasil, mas ambas são utilizadas e bastante conceituadas na União Europeia. De acordo com Cardoso-Silva (2008), o modelo de gestão brasileiro prioriza os usos em detrimento da proteção dos ecossistemas aquáticos, em contraste com a Diretiva Quadro da Água (DQA), em que a gestão não está atrelada ao uso, mas à qualidade ecológica.

A DQA estabelece a estratégia para a melhoria da qualidade ecológica dos ecossistemas lóticos. Um dos pontos fortes desta Diretiva é o fato desta criar um sistema uniforme que permite a adaptação dos objetivos de qualidade gerais às condições ambientais específicas de cada bacia hidrográfica (HENRIQUES, *et al.* 2000). Tal sistema, no que se refere às águas superficiais, tem base no conceito de “estado ecológico”, que consiste na avaliação da qualidade ecológica destas águas no âmbito dos ecossistemas aquáticos, independentemente de seus usos atuais ou potenciais (BERNARDINO *et al.*, 2000).

O estado ecológico de um corpo d'água é expresso com base no conceito de “desvio da qualidade ecológica”, relativamente às condições de um corpo d'água idêntico às condições prístinas (Henriques *et al.*; 2000; INAG, 1998). Tais condições são correspondentes

ao estado ecológico de referência que significa a ausência de influência antropogênica significativa nos ecossistemas aquáticos.

Para a efetividade da DQA, e da avaliação do estado ecológico, são estabelecidos “ecótipos”, ou seja, áreas com características geográficas e hidrológicas relativamente homogêneas relevantes para o objetivo a que se destina.

O estado ecológico a que se refere a DQA é composto por três grupos de elementos: biológicos, hidromorfológicos e físicos e químicos. Os dois últimos são elementos de suporte aos elementos biológicos, já que se tratam de fatores abióticos que condicionam a comunidade biológica. A ênfase da DQA pelo uso do componente biológico reside no fato de que o conhecimento das comunidades biológicas, e das respectivas tolerâncias às alterações a que estão sujeitos os corpos d’água, permite uma avaliação global de sua qualidade (BERNARDINO *et al.*, 2000).

Em suma, tendo sido identificados os “ecótipos”, o próximo passo é a aplicação do conceito de “desvio da qualidade ecológica” dentro de cada área que se pretende avaliar. Desta forma, pontos em um mesmo “ecótipo” podem ser comparados com grande eficiência. Dada a consolidação da DQA no continente Europeu, pesquisadores voltam-se à busca do aprimoramento da informação da qualidade ecológica referente aos ecossistemas lóticos, como o trabalho de Bernardino *et al.* (2000) que desenvolveram o índice de Qualidade da Informação da Qualidade Ecológica – IQIQE.

Os Estados-membro da Comissão Europeia têm entre os objetivos para alcançar as metas ambientais propostas na DQA a preparação de programas de medidas para cada região hidrográfica, e estas devem permitir o alcance do comprimento de outras diretivas relacionadas ao ambiente, entre estas se destaca a Diretiva Hábitats (92/43/CEE) (CORREIA, 2005). Esta Diretiva, juntamente com a Diretiva Aves (79/409/CEE), compõem a rede Natura 2000, a maior rede ecológica do mundo, constituída por zonas especiais de conservação.

A rede ecológica Europeia estabelece zonas especiais de preservação em que os habitats naturais são alojados em sítios, que são zonas geográficas delimitadas, para ter sua manutenção e reestabelecimento assegurados. Alguns critérios são utilizados para a avaliação destes locais como o grau de representatividade do tipo de habitat natural para a área, a superfície do local coberta por esse tipo de habitat natural, a superfície relativa total coberta por esse tipo de habitat natural no território nacional, o grau de conservação da estrutura e das funções do tipo de habitat natural em questão e a avaliação global do valor para a conservação do tipo de habitat natural em questão (EUROPEAN COMMISSION, 2012).

Na África do Sul também existem avanços na conservação da água no que se refere aos métodos de avaliação dos ecossistemas lóticos. O Department Water Affairs (DWAf) é o departamento de recursos hídricos responsável pela gestão da água neste país.

O RHP (South African River Health Programme) consiste num programa nacional de monitoramento da saúde dos ecossistemas aquáticos cujo objetivo é servir como uma fonte de informações sobre o estado ecológico dos ecossistemas fluviais na África do Sul, a fim de apoiar a gestão racional desses recursos naturais e oferecer suporte a gestão de recursos hídricos. Este programa visa satisfazer os requisitos da Lei Nacional da Água (nº 36/1998), e torna possível a abordagem de “EcoStatus”, desenvolvida pela DWAf (2002).

Semelhante ao que ocorre na Europa pela aplicação da Diretiva Quadro da Água, o método para determinação da categoria ecológica de um rio é denominada ecoclassificação. As condições dos corpos d’água ou da qualidade de água não podem ser avaliadas sem a informação sobre a previsão do estado resultante, ou da Categoria Ecológica.

EcoStatus constitui um estado ecologicamente integrado, aliando aspectos hidrológicos, geomorfológicos e físicos e químicos ao componente biótico, podendo ser peixes, macroinvertebrados aquáticos e vegetação. O método é baseado no princípio de que as manifestações biológicas resultam da influência dos vetores de pressão que por sua vez tem efeitos ecológicos, podendo ser determinado cinco níveis de ecoStatus. Diferentes índices são utilizados dependendo do objetivo que se deseja alcançar, pois os diferentes níveis de EcoStatus requerem diferentes níveis de informação (DWAf, 1999).

Nos Estados Unidos (EUA) também existe uma abordagem diferenciada com relação aos ecossistemas. A legislação que norteia a gestão das águas é a *Clean Water Act* (CWA), sendo que esta determina os objetivos de qualidade hídrica e os instrumentos para seu alcance. Sob determinação da EPA encontram-se os processos de designação do uso da água. Essa designação deve ser realizada mediante avaliação das características químicas, físicas, e biológicas da água, hidromorfologia, estrutura e funcionamento dos ecossistemas aquáticos, entre outros (PIZELLA, 2006).

De acordo com Pizella (2006), a derivação dos critérios biológicos se dá inicialmente perante uma avaliação das condições do corpo d’água sob designação procedendo-se à análise comparativa de sua biota aquática com aquela do local de referência. A autora salienta o fato de a adoção de critérios biológicos para a criação de objetivos de qualidade hídrica não ser obrigatória naquele país, mas que entretanto é um fato que tem se tornado comum em alguns Estados.

No que concerne à avaliação de ambientes lóticos, registram-se avanços nos EUA. Um exemplo é o protocolo para avaliação de riachos utilizado nesta pesquisa. Trata-se de um trabalho bastante desenvolvido e flexível. O âmbito da presente pesquisa abarcou os eixos propostos para avaliação do hábitat e características físicoecológicas dos riachos, entretanto, o componente biológico também é bastante contemplado, tornando-o um trabalho conceituado que é utilizado como referência em vários locais do mundo.

No Brasil, uma importante questão salientada por Pizella (2006) é o desenvolvimento de padrões de qualidade hídrica. Aqui, se considera apenas as características físicas, químicas e microbiológicas da água em detrimento de suas características ecossistêmicas.

A Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), dada pela Lei nº 9.433 de 1997 também denominada Lei das Águas, estabelece como um de seus objetivos *assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos*. Esta Lei também estabelece o enquadramento dos corpos d'água como um dos instrumentos da Política Nacional dos Recursos Hídricos (ANA, 2010).

A implementação da Lei das Águas exige a articulação entre o Sistema Nacional de Recursos Hídricos (SINGREH) e o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Antes de sua existência, o enquadramento dos corpos d'água competia exclusivamente ao Sistema Nacional do Meio Ambiente. Atualmente cabe tanto ao SISNAMA quanto ao SINGREH. E ainda, de acordo com ANA (2010), o artigo 10 desta Lei determina que a legislação ambiental seja responsável pelo estabelecimento das classes de corpos d'água.

A definição de padrões de qualidade para águas superficiais é regulamentada pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 e o enquadramento dos corpos d'água superficiais pelo CNRH nº 12 de 2000.

De acordo com Pizella (2006), indicadores da qualidade hídrica, com vistas ao atendimento dos objetivos das legislações supracitadas, podem ser estabelecidos como variáveis individuais ou por índices de qualidade. O uso de parâmetros individuais apresenta a vantagem de detalhar informações ambientais e de otimizar a detecção de variáveis em desacordo com o padrão estabelecido. Em contrapartida, a desvantagem de seu uso é dada pela dificuldade de avaliar efeitos sinérgicos em face do elevado número de variáveis a serem analisadas. Os índices de qualidade, por sua vez, facilitam o entendimento, por gestores e pelo público em geral, do estado do sistema avaliado, entretanto perdem-se informações pela ausência de detalhamento, já que geralmente apresentam médias das variáveis analisadas.

A mesma autora discorre sobre a importância do uso de indicadores biológicos. Embora os indicadores físicos e químicos sejam consolidados tanto no Brasil como no exterior, em virtude de sua praticidade e facilidade de reprodução metodológica, apenas são eficientes na sua totalidade quando combinados com avaliações que demonstrem o impacto acumulado sobre a integridade de todo o ecossistema aquático, ou seja, torna-se imprescindível o uso de indicadores biológicos.

A análise realizada no presente trabalho trouxe à tona a questão de que áreas protegidas necessitam de formas refinadas de análise não existentes na legislação vigente. Esse fato ficou claro na análise do sistema hídrico quando não se obteve valores para as variáveis Nitrito, Fósforo, Ortofosfato, Ortosilicato e Amônio. A ausência destes valores não significa que estes compostos não ocorram neste ambiente, mas que os métodos de análise não são suficientemente sensíveis para determinar as baixas concentrações destes compostos, características de áreas livres de grandes alterações. Resta esclarecer se este seria o motivo pelo qual não foram estabelecidos os padrões para a classe especial na Resolução CONAMA 357/2005 ou se esta ausência está relacionada ao fato das condições naturais serem específicas para diferentes localidades. Uma vez que existe esta lacuna e que esta resolução é mais voltada aos usos da água para as diferentes atividades humanas, deve-se procurar uma alternativa para a análise das águas presentes em áreas protegidas no Brasil. Como visto, nas experiências apresentadas na Europa, África do Sul e EUA, existem inúmeras formas de avaliação bastante eficientes que poderiam ser adaptadas para as áreas protegidas de diferentes regiões do Brasil.

CONCLUSÃO FINAL

- A avaliação baseada na integração de dados físicos, de habitats aquáticos assim como das características ecológicas do entorno, e da qualidade da água por meio de variáveis físicas, químicas, biológica e hidrobiológica possibilita, de uma maneira dinâmica, o estabelecimento de condições naturais em Unidades de Conservação de Proteção Integral;
- Riachos que integram áreas de proteção integral podem estar sujeitos a impactos antropogênicos. Esta realidade foi constatada nesta pesquisa pela heterogeneidade espacial encontrada na qualidade da água do Parque Estadual da Cantareira;
- O conhecimento da paisagem na busca das condições naturais dos corpos d'água do PEC foi relevante para a caracterização do meio físico predominante no entorno dos pontos de amostragem, sendo subsídio à avaliação do habitat aquático e das condições fisioecológicas, assim como à avaliação da qualidade da água no que diz respeito aos aspectos físicos e químicos.
- A pressão decorrente da proximidade dos limites da área do PEC com a área urbana é refletida nas condições do habitat aquático, visto que, os riachos mais distantes destas áreas conservam as melhores condições do habitat.
- A análise das variáveis selecionadas nesta pesquisa foi útil para a busca das condições naturais da água do PEC, pois, permitiu separar os pontos em impactados e não impactados, os quais foram referência neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELL, R.; ALLANB, J.D.; LEHNERA, B. Unlocking the potential of protected areas for freshwaters. **Biological Conservation**, 134:48-63. 2007.

ALLAN, J. D.; ERICKSON, D. L.; FAY J. The influence of catchment land use on stream integrity across multiple spatial scales. **Freshw. Biol.** 37: 149-61. 1997.

ALLAN, J. D. Landscapes and riverscapes: The influence of land use on stream ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 35: 257-84. 2004

ALLEY, E. R. **Water quality control**. Virginia: Wef Press, 2007.

AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ S. M.; Gomes, L. C. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. **Megadiversidade** (1) 1. 2005.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION and WATER POLLUTION AND CONTROL FEDERAL, APHA/AWWA/WPCF, **Standard Method for the Examination of Water and Wastewater**, 20th ed. Washington, USA. 1.085p., 1998.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. APHA/WEF/AWWA, **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 19th ed. Washington, USA. 1.400p. 1995

ANA. Agência Nacional das Águas. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água**. Brasília: ANA. 2010.

ANDERSSON, J. O.; NYBERG, L. Using official map data on topography wetlands and vegetation cover for prediction of stream water chemistry In boreal headwater catchments. **Hidrol. Earth Sci.** 13, 537-549, 2009.

AYRES, J. M.; FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A. B.; QUEIROZ, H. L.; PINTO, L. P. S.; MASTERSON, D. ; CAVALCANTI, R. B **Abordagens Inovadoras para a Conservação da Biodiversidade no Brasil: Os Corredores das Florestas Neotropicais**. vol. 1: Aspectos Gerais; Vol. 2: Amazônia; Vol. 3: Mata Atlântica. Versão 2.0. PP/G7- Programa Piloto para a Proteção das Florestas Neotropicais: Projeto Parques e Reservas. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA)/ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). 1997.

AYRES, J. M. ; FONSECA, G. A. B.; RYLANDS, A. B.; QUEIROZ, H. L.; PINTO, L. P. S.; MASTERSON, D.; CAVALCANTI, R. B. **Os corredores ecológicos das florestas tropicais do Brasil**. Pará: Sociedade Civil Mamirauá. 2005.

BARBOUR, M. T.; STRIBLING J. B. **Use of habitat assessment in evaluating the biological integrity of stream communities**. In: Gibson G. R. (Org). *Biological criteria: Research and regulation, proceedings of a symposium, 12-13 December 1990, Arlington, Virginia*. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C. EPA-440-5-91-005. 1991.

BARBOUR, M. T.; GERRISTSEN, J; SNYDER, B. C.; STRIBLING, J. B. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates, and fish**. Second Edition. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C. EPA 841-B-99-002. 1999.

BERNARDINO, R.; RODRIGUES, S.; RAFAEL, M. T.; ALVES, M. T.; HENRIQUES, A. G. Análise comparativa da qualidade ecológica das águas superficiais nacionais tendo como base os planos de bacia hidrográfica. Porto: Actas do II Congresso Ibérico sobre Planeamento e Gestão da Água, Portugal, 2000.

BITENCOURT, M. D. **Modelagem espaço espectro temporal da qualidade a água, utilizando análise geográfica computadorizada**. Parte 1, Relatório FAPESP (Processo: 2006/51869-3), Vigência: 01/12/2006 a 30/04/2010, 2010. 53p.

ALVES, B. T. (Org.) **Billings**. São Paulo: SMA/CEA. 2010.

BRASIL (CNRH) – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Estabelece procedimentos para o enquadramento dos corpos d'água em classes segundo os usos preponderantes. Resolução nº 12, de 19 de Julho de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, D.F., 20 Jul 2000.

BRASIL (CONAMA) - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução número 357/2005. Dispõem sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes, e dá outras providências. Resolução nº 357 de 17 de Março de 2005. Diário Oficial da União, Brasília, D. F., 18 Mar 2005.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Unidades de Conservação do Brasil**. MMA. 2007.

BRITO, M. A. W. **Unidades de Conservação: Intenções e resultados**. São Paulo: Annablume: FAPESP. 2000.

BURT, T. P.; PINAY, G. Linking hydrology and biogeochemistry in complex landscapes. Progress in **Physical Geography**. 29 (3): 297-316, 2005.

CAROTHERS, S. W. **Importance, preservation and management of riparian habitat: an overview**. In: USDA Forest Service General. Technical Report RM, Importance, Preservation and management of riparian habitat rocky mountain forest and range experiment station, Ford Collins CO. 43: 2-4. 1977.

CARPENTER, S. R.; N. F CARACO, N. F.; CORRELL, D. L.; R. W. HOWARTH, R. W.; SHARPLEY, A. N.; SMITH, V. H. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorous and nitrogen. **Ecological Applications**. 8: 559-568. 1998.

CASTRO, P.; LOPES, J. D. S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa, MG: CPT, 2001. 84p.

CETESB. **Estudos preliminares para o uso de índices biológicos no biomonitoramento de ambientes aquáticos continentais - riachos e corredeiras na bacia hidrográfica do rio Atibaia**. São Paulo: CETESB; 2002. 99 p

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ. **Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê**. São Paulo: Fundação de apoio à Universidade de São Paulo (FUSP). 2009.

EUROPEAN COMMISSION. Ambiente. A Diretiva Hábitats. Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/index_en.htm> Acesso em: 04 set 2012.

CONSERVAÇÃO INTERNACIONAL DO BRASIL. **Mata atlântica**. Disponível em: <http://www.conservation.org.br/onde/mata_atlantica/>. Acesso em: 12 mai 2012.

CONSERVATION INTERNATIONAL. **The Biodiversity Hotspots**. Disponível em: <http://www.conservation.org/where/priority_areas/hotspots/Pages/hotspots_main.aspx> Acesso em: 25 dez 2012.

CORREIA, F. N. Algumas reflexões sobre os mecanismos de gestão de recursos hídricos e a experiência da União Europeia. **REGA**. Vol. 2, no. 2, p. 5-16, jul./dez, 2005

DAVIES, P. E.; MCINTOSH, P. D.; WAPSTRA, M; BUNCE, S. E. H.; COOK, L. S. J.; FRENCH, B.; MUNKS, S. A. Changes to headwater stream morphology, habitats and riparian vegetation recorded 15 years after pre-forest practices code forest clear felling in

upland granite terrain, Tasmania, Australia. **Forest Ecology and Management**. 217: 331-350, 2005.

DESCAMPS, H.; PINAY, G.; NAIMAN, R. J. **Trees along river banks**. In: FARINA, A. (Org). *Perspectives in ecology*. Leiden: Backhuys Publishers. 1999.

DINIZ, T. L. 2006. “Efetivação das metas de qualidade de águas superficiais do Brasil”. Dissertação de Mestrado, PROCAM, Universidade de São Paulo, São Paulo.

DUDLEY, N.; STOLTON, S. **The role of forest protected areas in supplying drinking water to the world's biggest cities**. Ted Trzyna, ed *The urban imperative*. California Institute of Public Affairs, International Union for Conservation of Nature (IUCN), California, 2005.

DUNN, W. C.; MILNE, B. T.; MANTILLA, R.; GUPTA, V. K. Scaling relations between riparian vegetation and stream order In the Whitewater river network, Kansas, USA. **Landscape Ecol.** 26: 983-997, 2011.

DWAF. Department of Water Affairs and Forestry. **National Water Resource Strategy**. Proposed First Edition. Republic of South Africa: DWAF. 2002.

EITEN, G. A. A vegetação do Estado de São Paulo. *Boletim do Instituto de Botânica*, v.7, 1-147, 1970.

EMPLASA. **Região Metropolitana de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.emplasa.sp.gov.br/emplasa/gsp/gsp.asp>>. Acesso em: 15 fev 2012.

EPA. U.S. Environmental Protection Agency. **Water Quality Research**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/wq/index.html>> Acesso em 22 dez 2012.

FAUSCH, K. D.; TOGERSEN, C. E.; BAXTER, C. V; LI, H. W. Landscapes to riverscapes: bridging the gap between research and conservation of stream fishes. **Bioscience** 52: 483-98, 2002.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley & Sons. 1986.

FUNDAÇÃO SEADE. Espaços e Dimensões da Pobreza nos Municípios do Estado de São Paulo. Índice Paulista de Vulnerabilidade Social. Disponível em : <<http://www.seade.gov.br/produtos/imp/index.php?page=varinf>> Acesso em: 10 Nov 2012.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. Unidades de Conservação. Disponível em: <<http://sosmataatlantica.org.br/index.php?section=inf&action=unidades>> Acesso em 04 mar 2009.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, período 2008-2010**. São Paulo: INPE. 2011.

GIBSON, G. R.; BARBOUR, M. T.; STRIBLING, J. B.; GERRITSEN, J.; KARR, J. R. **Biological criteria: Technical guidance for streams and small rivers**. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D. C. EPA 822-B-96-001. 1996.

GOLTERMAN, H.L.; CLIMO, F.S.; OHNSTAD, M.A.M. . **Methods for Physical and Chemical analysis of fresh waters**. 2ed. Oxford: IBP. 1978.

HAMMER, Ø; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Paleontologia Electronica** 4(1): 9pp., 2001

HENRIQUES, A.G.; WEST, C.A.; PIO, S. Directiva quadro da água: um instrumento integrador da política da água da União Européia. 5º Congresso da Água. Lisboa: Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. 2000.

HUNSAKER, C. T.; LEVINE, D. A. Hierarchical approaches to the study of water-quality in rivers. **Bioscience**. 45: 193-203, 1995.

HEARTSILL-SCALLEY, T.; AIDE, T. M. Riparian vegetation and stream condition in a tropical agriculture secondary forest mosaic. **Ecological applications**. 13(1): 225-234, 2003.

HOEKSTRA, J. M.; BOUCHER, T. M.; RICKETTS, T. H.; ROBERTS, C. Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. **Ecology**, 8: 23-29. 2005.

HULTMAN, S. **Urban Forests in Sweden: their use for recreation and timber growing**. In: Proceedings of papers. Symposia. Trees and Forests for human Settlements. Toronto: IUFRO, 36-42. 1976.

INAG. **Implementação da Diretiva Quadro da Água: 2000-2005**. Lisboa: Instituto da Água, I.P. 2006.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN). **Guidelines for Protected Areas Management Categories**. Gland, Switzerland. 1994.

INSTITUTO FLORESTAL. **Inventário Florestal da Vegetação Natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: SMA. 2005.

INSTITUTO FLORESTAL. **Parque Estadual da Cantareira a maior floresta urbana nativa do mundo**. <<http://iflorestsp.br/cantareira/>>. Acesso em 21 mai 2009a.

INSTITUTO FLORESTAL. **Plano de Manejo do Parque Estadual da Cantareira**. São Paulo: Instituto Florestal/Fundação Florestal/SMA. 2009b.

INSTITUTO FLORESTAL. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Jaraguá**. São Paulo: Instituto Florestal/Fundação Florestal/SMA. 2010.

JOHNSON, B. L.; RICHARDSON, W. B.; NAIMO, T. J. Past, present and future concepts in large river ecology. **Bioscience**. 45: 134-141, 1995.

JOHNSON B. L.; RICHARDS C.; HOST, G. E.; ARTHUR, J. W. Landscape influences on water chemistry in mid western stream ecosystem. **Freshw. Biol.** 37: 193-208, 1997.

KARR, J. R. Biological integrity: A long-neglected aspect of water resource management. **Ecological Applications** 1:66-84, 1991.

KARR, J. R. Health, integrity and biological assessment. The importance of measuring whole things. *In*: PIMENTEL, D.; WESTRA, L.; NOSS, R. F. **Ecological Integrity: Integrating Environment, Conservation and Health**. California, USA: Island Press. p.209-226. 388p.

KIBRIT, R. (Org.). **Biodiversidade no Estado de São Paulo**. São Paulo: SMA. 2010.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. *In*: K. GRASSHOFF (Ed.) **Environmental Hydrology**. New York: Verlag Chemic Weinheim. p. 117-181. 1976.

LACAVA, M. A. 2007. "Comportamento hídrico de superfície da bacia do Rio Cabuçu de Cima, Núcleo Cabuçu do Parque Estadual da Cantareira, Guarulhos, SP". Dissertação de Mestrado, Universidade Guarulhos, Guarulhos.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**. Amsterdam: Elsevier. 1998.

LORENZEN, C. J. Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: Spectrophotometric equations. **Limnol. Oceanogr.** v. 12, p. 343-346, 1967.

MACEDO, M. F. 2007. "Avaliação do sistema de monitoramento de recursos hídricos e da viabilidade técnica e econômica da aplicação da Resolução CONAMA 357/2005 para a sub-

bacia do Ribeirão das Cruzes (Araraquara - SP)". Dissertação de Mestrado, Centro Universitário de Araraquara, Araraquara.

MACKARETH, F.J.H.; HERON, J.; DALLING, J.F. **Water Analysis: some revised methods for Limnologists**. Fresh Water Biological Association. 1978.

MARTINS, M. L. R. São Paulo: além do Plano Diretor. São Paulo: **Estudos Avançados** 17 (47), 2003.

MAZZEI, K. 2000. "Manejo de unidades de conservação em áreas urbanas: Parque Estadual da Cantareira: Discussão para incorporação de novas áreas". Dissertação de Mestrado, Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, FFLCH-USP, São Paulo.

MYERS, N. **et al.** Biodiversity hotspots for conservation priorities. Washington: **Nature**, 403 (24), 2000.

MORSELLO, C. **Áreas protegidas públicas e privadas: seleção e manejo**. São Paulo: Annablume, FAPESP, 2 ed.. 2006.

MORENO, P.; ROCHA, L.; CALLISTO, M. Efetividade de áreas protegidas (APs) na conservação da qualidade das águas e biodiversidade aquática em sub-bacias de referência no rio das Velhas (MG). **Neotropical Biology and Conservation** 3 (3):149-158, 2008.

NCR (NATIONAL RESEARCH COUNCIL). **Riparian areas: functions and strategies for management**. Washington, D. C: National Academy Press. 2002

NEL, J. L.; ROUX, D. J.; MAREE, G.; KLEYNHANS, C. J.; MOOLMAN, J.; MEYERS, B.; ROUGET, M.; COWLING, R. M. Rivers in peril inside and outside protected areas: A systematic approach to conservation assessment of river ecosystems. **Diversity and Distributions**, 13:341-352, 2007.

NOVION, H. P. I. **O que são serviços ambientais**. In: Instituto socioambiental (ISA). Disponível em: <<http://uc.socioambiental.org/servi%C3%A7os-ambientais/o-que-s%C3%A3o-servi%C3%A7os-ambientais>>. Acesso em 30 Jul 2011.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M. & CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida**. Instituto Campinas: Instituto Agrônômico; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1999.

PEREIRA, P. F. & SCARDUA, F. P. Territorial spaces with special protection: concept and legal implications. **Ambiente e Sociedade**. 11(1), pp.81-97, 2008.

PIMENTEL, D.; WESTRA, L.; NOSS, R. F. **Ecological Integrity: Integrating Environment, Conservation and Health**. California, USA: Island Press. 2000.

PIRES NETO, A. G.; ROSSI, M.; MATTOS, I. F. A.; KANASHIRO, M. M.. Análise de terrenos como ferramenta de planejamento de unidades de conservação, São Paulo – Brasil: o caso da Serra da Cantareira. VI Seminário Latino Americano de Geografia Física II Seminário Ibero Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra. 2010.

PIZELLA, G. D. 2006 “Análise da sustentabilidade ambiental do sistema de classificação das águas doces superficiais”. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade São Paulo, São Paulo.

PONÇANO, W. L.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A.; ALMEIDA, F. F. M. & PRANDINI, F. L. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. São Paulo. **Series in Monografia**, 5 IPT, 1981.

PORTO, M. 2003. **Recursos Hídricos e Saneamento na Região Metropolitana de São Paulo: Um desafio do tamanho da cidade**. Série Água Brasil v. 3. Brasília: Banco Mundial. 2003.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina: Vida. 2001.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA B.; TUNDISI J. G. (Orgs.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Editora. 2006.

REI, F. F. C. (Org.) **Agenda 21 em São Paulo, 1992-2002**. São Paulo: World Summit on Sustainable Development/ SMA. 2002.

RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA (RBMA)/MaB UNESCO. **Anuário Mata Atlântica**. Disponível em: <http://www.rbma.org.br/anuario/mata_04_areas_corredores_ecologicos.asp>. Acesso em 12 ago 2011.

RICHARDS, C.; JOHNSON, L. B.; HOST, E. G. Landscape-scale influences on stream habitats on biota. **Can. J. Fish. Aquat.Sci.** vol.53 (1), 295–311, 1996.

RYLANDS A. B. Unidades de Conservação Brasileiras. Minas Gerais: **Megadiversidade** 1(1), 2005.

ROBINSON, C. T.; TOCKNER, K.; WARD, J. K. The fauna of dynamic riverine landscapes. **Freshw. Biol.** 47: 661-77, 2002.

ROCHA, A. L. A. **et al.** Monitoramento da qualidade da água de nascentes na bacia hidrográfica do rio preto, sub-bacia do médio rio São Francisco. IX Simpósio Nacional do Cerrado. Anais, 2008.

ROCHA, G. A. **et al.** **Recursos hídricos**. São Paulo: Coordenadoria de Educação ambiental (CEA); Secretaria do Meio Ambiente (SMA). 2011.

ROSS, J. L. S. & MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia, Depto. Geografia, FFLCH/USP; Laboratório de Cartografia Geotécnica, Geologia Aplicada, IPT; FAPESP. Mapas e relatórios. 1997.

SAUNDERS, D. L.; MEEUWIG, J. J.; VINCENT A. C. J. Freshwater Protected Areas: Strategies for Conservation. **Conservation Biology**, (16)30–41 n. 1, 2002.

SILVA, A. N. **et al.** Unidades de conservação da natureza. *In*: OLIVEIRA, L. R. N. (Org.). **Unidades de Conservação da Natureza**. São Paulo, SMA. 2009.

SIGAM (SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO AMBIENTAL); SMA (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE). **Área de proteção aos mananciais**. Disponível em: <<http://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Default.aspx?idPagina=5484>>. Acesso em: 29 ago 2011.

SERTEZER, A. Æ; KARG/OG~LU, M. Æ; IC,AG~A, Y.; KONUK, M. Æ. Vegetation as an Indicator of Soil Properties and Water Quality in the Akarc,ay Stream (Turkey). **Environmental Management** 42:764–770, 2008.

SIGRH. Sistema de Informações para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. **Plano Estadual de Recursos Hídricos. Base Documental 2011**. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/regnet.exe?lig=podfp>>. Acesso em: 23 fev 2011.

SILVA, D. A. 2005. “Zoneamento Ambiental de um setor do Parque Estadual da Cantareira e entorno seccionado pela Rodovia Fernão Dias (BR 381)”. Tese de Doutorado, Departamento de Geografia, Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade São Paulo, FFLCH-USP, São Paulo.

SILVA, L. S. 2004. “Proteção ambiental e expansão urbana: a ocupação ao sul do Parque da Cantareira”. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, PROCAM, São Paulo.

SILVA, L. S.; GROSTEIN, M. D. **A ocupação ao sul do Parque Estadual da Cantareira: um estudo empírico**. São Paulo: Fórum de difusões científicas para inovações de pesquisa e extensão. 2007.

SLIVA, L.; WILLIAMS, D. D.; Buffer zone versus whole catchment approaches to studying land use impact on river water quality. **Wat. Res.** 35:14. 3462-3472, 2001.

SNEATH, P. H. A. & R. R. SOKAL. 1973. **Numerical taxonomy – The principles and practice of numerical classification**. San Francisco: W. H. Freeman. 1973

SSRH. SECRETARIA DE SANEAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS; CRHi. COORDENADORIA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório da situação dos recursos hídricos do Estado de São Paulo**. São Paulo: SSRH/CRHi. 2011.

STRAYER, D. L.; BEIGHLEY, R. E.; THOMPSON, L. C.; BROOKS, S.; NILSSON, C. Effects on land cover on stream ecosystems: roles of empirical models and scaling issues. **Ecosystems**. 6: 407-23, 2003.

TABACCHI, E.; CORRELL, D. L.; PINAY, G.; PLANTY-TABACCHI, A. M.; WISSMAR, R. C. Development maintenance and role of riparian vegetation in the river landscape. **Freshwater Biology** 40: 497-516, 1998

THOMSON, J. R; BOND, N. R.; CUNNINGHAM, S. C.; METZELING, L.; REICH, P.; THOMSON, R. M.; NALLY, R. M. The influences of climatic variation on vegetation on stream biota: lessons from the big dry in southeastern Australia. **Global Change Biology**. 18: 1582-1596, 2012

TOWNSEND, C. R; DOLEC, S.; NOVIES, R.; PEACOCK, K.; ARBUCKLE, C. The influence of scale and geography on relationships between stream community composition and landscape variables: description and prediction. **Freshw. Biol.** 48:7. 68-85, 2003.

TUNDISI, J. G. **A Água no Século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA. 2003.

TUNDISI, J. G. “Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. São Paulo:”. **SciELO**. 63 (22), 2008.

VALDERRAMA, J. C. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. **Mar. Chem.**, v. 10, 109-122, 1981.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE. 1991.

VICTOR, M. **Cem anos de devastação**. São Paulo: Suplemento do jornal O Estado de São Paulo, 1975.

WANG, L; LYONS, J.; KANEHL, P.; GATTI, R. Influences of watershed land use on habitat quality and biotic integrity in Wisconsin streams. **Fisheries**, 22:6, 6-12, 2011.

WARD, J.V. Riverine landscapes: biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation. **Biol. Conser.** 83: 269-78, 1998.

WARD, J. V.; TOCKNER, K.; ARSCOTT, D. B.; CLARET, C. Riverine landscapes diversity. **Freshw. Biol.** 47: 517-39, 2002.

WELLS, F. **Classification and risk assessment of headwater streams to improve management in the forestry estate of Tasmania**. Report to the Forest Practices Board and the FIAT/FT Research Fund. Forest Practices Board, Hobart, Australia. 2002.

WESTRA, L. **Living in integrity. A global ethic to restore a fragmented earth**. Maryland: Rowman & Littlefield Lanham. 1998.

WETZEL, R. G. & LIKENS, G. E. **Limnological analyses**. New York: Springer-Verlag. 1991.

WWF BRASIL; RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA (RBMA) /MaB UNESCO. **Convenção sobre a Diversidade biológica. Metas 2010 – Mata Atlântica**. São Paulo. 2011.

ANEXOS

ANEXO 1 - Protocolo de Avaliação Rápida

FICHA DE CAMPO
CARACTERIZAÇÃO FÍSICOECOLÓGICA

NOME DO SÍTIO	LOCALIZAÇÃO	
ESTAÇÃO _____ EXTENSÃO _____ (m)	ORDEM DO RIO	
LAT _____ LONG _____	BACIA DE DRENAGEM	
EQUIPE	DISTÂNCIA DA NASCENTE	
PREENCHIDO POR	DATA _____	ALTITUDE _____ (m)
	HORA _____	

CONDIÇÕES DO TEMPO¹	<table style="width: 100%;"> <tr> <th style="text-align: center;">Agora</th> <th style="text-align: center;">Últimas 24h</th> <th style="text-align: center;">Chuvas fortes nos últimos 7 dias ?</th> </tr> <tr> <td>() Chuva forte constante</td> <td>()</td> <td>() Sim () Não</td> </tr> <tr> <td>() Chuva forte intermitente</td> <td>()</td> <td></td> </tr> <tr> <td>() Chuva fraca constante</td> <td>()</td> <td>Temperatura do Ar _____ °C</td> </tr> <tr> <td>() Chuva fraca intermitente</td> <td>()</td> <td>Outras obs.: _____</td> </tr> <tr> <td>() Limpo/ensolarado</td> <td>()</td> <td>_____</td> </tr> </table>	Agora	Últimas 24h	Chuvas fortes nos últimos 7 dias ?	() Chuva forte constante	()	() Sim () Não	() Chuva forte intermitente	()		() Chuva fraca constante	()	Temperatura do Ar _____ °C	() Chuva fraca intermitente	()	Outras obs.: _____	() Limpo/ensolarado	()	_____
Agora	Últimas 24h	Chuvas fortes nos últimos 7 dias ?																	
() Chuva forte constante	()	() Sim () Não																	
() Chuva forte intermitente	()																		
() Chuva fraca constante	()	Temperatura do Ar _____ °C																	
() Chuva fraca intermitente	()	Outras obs.: _____																	
() Limpo/ensolarado	()	_____																	
CARACTERIZAÇÃO DO RIO	<p>Sub-sistema do rio</p> <p>() Perene () Intermitente () Zona de maré</p> <p>Origem do rio²</p> <p>() Montanha () Reservatório () Brejo</p> <p>() Origem mista () Olho d'água</p> <p>() Outra _____</p> <p>Obs.: _____</p>																		
CARACTERÍSTICAS DO ENTORNO DA ÁREA DE DRENAGEM	<p>Paisagem predominante</p> <p>() Mata/Reflorestamento () Comercial</p> <p>() Campo/Pastagem () Industrial</p> <p>() Agricultura () Outros _____</p> <p>() Residencial</p> <p>Obs.: _____</p> <hr/> <p>Topografia</p> <p>() Topo de morro () Fundo de vale () Encosta () Planície</p> <p>Solos</p> <p>() Arenoso () Argiloso () Hidromórfico () Litossolo</p> <p>Conservação da trilha</p> <p>() Excelente () Bom () Regular/difícil () Ruim</p> <p>Poluição pontual na área de drenagem³</p> <p>() Indústria () Esgoto () Outras _____</p> <p>Poluição difusa na área de drenagem</p> <p>() Nenhuma evidência () Algumas fontes pontenciais () Fontes óbvias</p> <p>Erosão na área de drenagem local</p> <p>() Nenhuma () Moderada () Intensa</p>																		

ANEXO 1 - Continuação

ZONA RIPÁRIA	Largura		Estabilidade das margens				
	ME	MD	ME	MD			
	() >30m	()	() <5% afetada	()			
	() 20-30m	()	() 5-30% afetada	()			
	() 10-20m	()	() 30-60% afetada	()			
	() <10m	()	() 60-100% afetada	()			
Grau de sombreamento/luminosidade							
MD (mín.) _____		MD (máx.) _____					
ME (mín.) _____		ME (máx.) _____					
VEGETAÇÃO RIPÁRIA	Indique o tipo dominante e registre (se possível) as espécies dominantes presentes						
	() Arbórea () Arbustiva () Herbácea () Gramíneas						
Espécies dominantes presentes: _____							
ESTRUTURA DO CANAL	Área amostrada _____ m ²		Cobertura do dossel				
	Área (m²/1000) _____ km ²		() Parcialmente aberto	() Aberto			
			() Parcialmente protegido	() Protegido			
	Prof. Mín. _____ m		Proporção de mesohabitats				
	Prof. Máx. _____ m		() Poças _____ %				
	Larg. Mín. _____ m		() Corredeiras _____ %				
	Larg. Máx. _____ m		() Fluxo _____ %				
	Vel. Corrente Mín. _____ m/S		Marca d'água mais alta ⁴ _____ m				
	Vel. Corrente Máx. _____ m/S						
	Vazão Mín. _____ m ³ /S		Retificado: () Sim () Não				
	Vazão Máx. _____ m ³ /S		Barragem ⁵ : () Sim () Não				
QUALIDADE DA ÁGUA	Odor na água						
	() Normal/nenhum		Espuma na superfície da água				
	() Esgoto		() Espuma fina				
	() Petróleo		() Espuma espessa				
	() Químicos		() Outro				
	() Peixe						
	() Outros _____						
	Óleo na superfície da água						
	() Nenhum		() Manchas				
	() Filme		() Outros _____				

ANEXO 1 - Continuação

VEGETAÇÃO AQUÁTICA	Indique o tipo dominante e registre (se possível) as espécies dominantes presentes				
	☐ Enraizada com folhas emergentes ☐ Enraizada submersa ☐ Enraizada com folhas flutuantes ☐ Flutuantes livres ☐ Algas fixas ☐ Ausente				
	Espécies dominantes presentes ⁶ _____ Parte do trecho com vegetação aquática ⁷ _____ %				
SUBSTRATO / SEDIMENTO	Odores ☐ Normal ☐ Esgoto ☐ Petróleo ☐ Químicos ☐ Anaeróbio ☐ Nenhum ☐ Outros _____				
	Óleos ☐ Ausente ☐ Pouco ☐ Moderado ☐ Muito				
	Deposição nas margens ☐ Lodo ☐ Areia ☐ Serragem ☐ Fibras de papel ☐ Conchas ☐ Lixo doméstico ☐ Outros _____				
SUBSTRATO INORGÂNICO			SUBSTRATO ORGÂNICO		
TIPO	DIÂMETRO	COMPOSIÇÃO %	TIPO	CARACTERÍSTICAS	%
Laje			Detritos (MOGP)	galhos, pedaços de troncos, material vegetal grosseiro, etc..	
Matacão	>256 mm				
Blocos	>64mm - <256mm				
Seixos	>4mm - <64mm		Orgânico lodoso (MOFP)	material vegetal fino e/ou em decomposição, mto.fragmentado	
Cascalho	>2mm - <4mm				
Areia	>64µm - < 2mm				
Silte	>4µm - <64µm		Outros		
Argila	<4µm				

¹ Procure moradores locais para informações passadas.

² Se não for possível observar, consulte o mapa ou informações com moradores locais.

³ Entrada de poluente claramente visível, como cano, valeta, etc.

⁴ Observe a vegetação marginal próxima ao canal do rio; procure algum sinal de enxurrada, como detritos pendurados, sinal de barro, etc. Meça a altura em relação ao nível da água.

⁵ Se não for possível observar, consulte o mapa ou informações com moradores locais.

⁶ Anote o nome popular.

⁷ Avalie a % em quartos: 0%, 25%, 50%, 75%, 100%.

ANEXO 2 - Protocolo de Avaliação Rápida

FICHA DE CAMPO: AVALIAÇÃO DO HABITAT - RIOS DE ALTO GRADIENTE (frente)

NOME DO RIO:	PONTO:	REFERÊNCIA:
PREENCHIMENTO:	DATA:	HORA:

PARÂMETROS DE 1. - 3., DEVEM SER AVALIADOS NO TRECHO DE AMOSTRAGEM

PARÂMETRO DO HABITAT	CATEGORIA DE CONDIÇÃO			
	ÓTIMO	BOA	REGULAR	RUIM
1. Substrato para epifauna/abrigo disponível	Mais de 70% do substrato favorável à colonização pela epifauna e abrigo para peixes; mistura de tocos, troncos submersos, escavação, seixos ou outro habitat estável ao ponto de permitir o desenvolvimento do potencial total de colonização (isto é, os troncos/tocos não são recém-caídos e não transitórios).	40 - 70% de mistura de habitats estáveis; favoráveis ao potencial total de colonização; habitat adequado para a manutenção de populações; presença de substrato extra na forma de material recém-caído, mas ainda não preparado para a colonização (pode atingir o valor máximo da escala).	20 - 40% de mistura de habitats estáveis; disponibilidade de habitat menor do que desejável; substrato frequentemente perturbado ou removido.	Menos de 20% de habitat estável; ausência óbvia de habitat; substrato instável ou ausente.
PONTOS	20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0
2. Deposição de sedimento	Pouco ou nenhum desenvolvimento de ilhas ou bancos pontuais, e menos de 5% do fundo afetado pela deposição de sedimento.	Pequeno desenvolvimento recente na formação de bancos, a maioria de cascalho, areia ou sedimento fino, 5 - 30% do fundo afetado; leve deposição nas poças.	Deposição moderada de cascalho, areia ou sedimento fino (novos) sobre bancos antigos e novos; 30 - 50% do fundo afetado; depósitos de sedimentos nas obstruções, constricções e curvas, predomina deposição moderada nas poças.	Intensos depósitos de material fino; aumento no desenvolvimento dos bancos; mais de 50% do fundo com mudanças frequentes; poças quase ausentes pela deposição substancial de sedimento.
PONTOS	20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0
3. Condição do fluxo no canal	A água alcança as bases de ambas as margens mais baixas e uma porção mínima do substrato do canal fica exposto.	A água cobre >75% do canal disponível; ou <25% do substrato do canal fica exposto.	A água cobre 25-75% do canal disponível, e/ou a maior parte dos substratos da corredeira fica basicamente exposta.	Muito pouca água no canal que basicamente está presente como poças estagnadas.
PONTOS	20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0

FICHA DE CAMPO: AVALIAÇÃO DO HABITAT - RIOS DE ALTO GRADIENTE (verso)

PARÂMETROS DE 4. - 7., DEVEM SER AVALIADOS EM TRECHO MAIS AMPLO DO QUE O DE AMOSTRAGEM

PARÂMETRO DO HABITAT	CATEGORIA DE CONDIÇÃO																				
	ÓTIMO					BOA					REGULAR					RUIM					
4. Alteração no canal	Canalização ou dragagem ausentes ou mínimas; rio com curso normal.					Presença de alguma canalização, geralmente em áreas de pilares de pontes; evidência de canalização anterior, i.e., podem ocorrer dragagens (com mais de 20 anos), mas não canalizações recentes.					A canalização pode ser extensa; presença de diques ou estruturas de escoras em ambas as margens; 40 - 80% do trecho do rio canalizado e degradado.					Margens escoradas com gabião ou cimento; mais de 80% do trecho do rio canalizado e degradado. Habitat no canal muito alterado ou totalmente removido.					
PONTOS	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
5. Estabilidade das margens (pontue cada margem)	Margens estáveis; evidência de erosão ou falha na margem ausente ou mínima; baixo pontencial para problemas futuros; <5% da margem afetada.					Moderadamente estável; pequenas áreas de erosão, na maioria recuperadas; 5 - 30% da margem do trecho apresenta áreas de erosão.					Moderadamente instável; 30 - 60% da margem do trecho apresenta áreas de erosão; alto potencial para erosão durante as enchentes.					Instável; muitas áreas erodidas; áreas "nuas" frequentes ao longo das seções retas e curvas; colapsos de margem óbvios; 60 - 100% da margem apresentam cicatrizes de erosão.					
ME	ME	10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			
MD	MD	10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			
6. Proteção vegetal das margens (pontue cada margem)	Mais de 90% da superfície da margem e zonas ripárias imediatas cobertas por vegetação nativa, incluindo arbóreas, arbustivas, sub-arbóreas ou macrófitas não lenhosas; degradação vegetal por pastejo ou corte mínimo ou não evidente; quase todas as plantas crescendo naturalmente.					70 - 90% da superfície da margem coberta por vegetação nativa, mas com uma categoria de planta não bem representada; degradação evidente mas sem afetar visivelmente a estrutura da mata; mais da metade dos indivíduos de porte arboreo permanece.					50 - 70% da superfície da margem coberta por vegetação; degradação óbvia; manchas de solo nu ou ocorrência de plantas com cortes rasos; menos da metade dos indivíduos de porte arboreo permanece.					Menos de 50% da superfície da margem coberta por vegetação marginal muito intensa; vegetação removida, em média, a 5cm ou menos de altura da planta.					
ME	ME	10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			
MD	MD	10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			
7. Largura da vegetação ripária (pontue cada margem)	Largura da zona ripária > 30m*; o impacto humano (ou seja, estacionamentos, estradas, desmatamentos, gramados ou cultivos) não impactam a zona. *Obs: de acordo com o Código Florestal					Largura da zona ripária de 20 - 30m; as atividades humanas produzem apenas impacto mínimo na zona.					Largura da zona ripária de 10 - 20m; as atividades humanas impactam a zona significativamente.					Largura da zona ripária < 10m; pouca ou nenhuma vegetação ripária, devido às atividades humanas.					
ME	ME	10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			
MD	MD	10	9			8	7	6			5	4	3			2	1	0			

ANEXO 3 - Caracterização Fisicocológica

Caracterização físicoecológica			Peso	CCB1	CCB2	CCB3	CCB4	CCB5	CCB6	CCB7	CCB8	CCB9	CCB10	RCC12	RCC13	RCC14	RCC15	RCC16	RCC17	RCC18	RCC19	RCC20	RCC21	RCC22	RCC23	RE24	RCC26	RSP27	RAC28	RAC29	RS130	
Entorno da área de drenagem																																
Paisagem predominante	Mata/reflorestamento	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		5				5	
	Campo/Pastagem	4																														
	Industrial/Comercial	3																														
	Residencial	2																									2		2	2		
	Outros	1																														
Conservação da trilha	Excelente	4									4																					
	Boa	3											3		3	3			3		3	3	3	3	3	3		3			3	
	Regular	2																2		2									2	2		
	Ruim	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1			1				2								2	2		
Poluição pontual	Nenhuma	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	
	Indústria/Esgoto	1																									1					
Poluição difusa	Nenhuma evidência	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		3	3	3	3	3	3	3	3	3		3			3	
	Fontes potenciais	2															2												2	2		
	Fontes óbvias	1																									1					
Erosão	Nenhuma	3		3	3		3	3					3		3			3	3		3	3	3		3			3	3		3	
	Moderada	2	2			2				2		2		2		2	2			2				2		2				2		
	Intensa	1																									1					
Zona Ripária																																
Vegetação	Predominantemente arbórea	3				3		3				3			3	3						3	3	3	3	3		3			3	
	(1)Diversificada com V. A.	2		2	2		2		2	2		2	2					2		2	2								2	2		
	(2)Diversificada sem V. A.	1	1															1									1					
Canal																																
Mesohabitat	(3)Diversificado	3										3	3		3				3	3					3							
	(4)Parcialmente diversificado	2	2		2		2	2	2	2			2		2		2				2			2		2		2		2	2	
	(5)Não diversificado	1		1													1					1	1				1					
Cobertura do dossel	Protegido	4											4						4													
	Parcialmente protegido	3																				3							3			
	Parcialmente aberto	2	2			2				2	2	2		2							2	2		2	2	2			2		2	2
	Aberto	1		1	1		1	1							1	1	1	1								1						
Retificado	Não	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Sim	1																														
Barreira física de obstrução aos sedimentos	Não	2								2		2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2	2		2			2		
	Sim	1	1	1	1	1	1	1			1					1										1		1	1		1	
Vegetação aquática dominante	Enraizada	3			3								3	3	3	3	3		3		3	3		3		3					3	
	Flutuantes livres	2																														
	Ausente	1	1	1			1	1	1	1	1	1						1		1			1		1		1	1	1	1		

Substrato/Sedimento																														
Odor	Normal/Nenhum	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	4	
	Químico/Esgoto/Anaeróbico	1													1										1					
Óleo	Ausente	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	
	Presente	1																							1					
Deposição nas margens	Ausente	3							3			3	3			3	3	3	3	3		3		3		3			3	
	Areia	2	2	2	2		2	2		2	2			2	2					2		2	2				2	2		
	Lixo doméstico	1																							1					
Presença de substrato inorgânico	(6) Diversificado	3								3	3		3	3	3	3	3	3					3	3			3		3	
	(7) Parcialmente diversificado	2	2		2		2	2	2			2							2	2	2	2						2		
	(8) Pouco diversificado	1		1																				1	1		1			
Substrato orgânico	(9) MOGP e MOFP	3			3		3		3	3				3	3			3	3	3	3	3	3	3	3				3	
	(10) MOGP ou MOFP	2						2			2	2	2														2	2		
	Ausente	1	1	1		1											1	1								1	1			
Qualidade da água																														
Odor	Normal/Nenhum	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	
	Químico/Esgoto	1																							1					
Óleo	Nenhum	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	Manchas	2																												
	Filmes	1																												
Material Flutuante	Ausente	3		3	3	3	3	3	3		3	3	3	3		3	3	3	3	3	3	3	3	3		3	3	3	3	
	Espuma fina	2	2							2					2															
	Espuma espessa	1																								1				
Total			38	38	44	32	42	42	44	40	48	51	46	50	45	41	44	51	46	49	49	47	49	49	46	22	46	37	39	52
Categoria			Bom	Bom	Bom	Regular	Bom	Bom	Bom	Bom	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Bom	Bom	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ruim	Ótimo	Regular	Bom	Ótimo

(1) Diversificada com presença de vegetação arbórea, podendo ter arbustos, herbáceas ou gramíneas;

(2) Diversificada sem presença de vegetação arbórea, podendo ter arbustos, herbáceas ou gramíneas;

(3) Poça, corredeira e fluxo;

(4) Presença de apenas 2 mesohábitats, podendo ser poça, corredeira ou fluxo;

(5) Presença de apenas 1 mesohábitat, podendo ser poça, corredeira ou fluxo;

(6) Matacão, blocos, seixos, cascalho, areia, silte e argila;

(7) Presença de pelo menos 4 substratos entre, matacão, blocos, seixos, cascalho, areia, silte e argila;

(8) Presença de 3 substratos ou menos, entre, matacão, blocos, seixos, cascalho, areia, silte e argila;

(9) MOGP (Detritos) galhos, pedaços de troncos, material vegetal grosseiro, etc, e MOFP (Lodoso) Material vegetal fino e/ou em decomposição, muito fragmentado;

(10) MOGP (Detritos) galhos, pedaços de troncos, material vegetal grosseiro, etc, ou MOFP (Lodoso) Material vegetal fino e/ou em decomposição, muito fragmentado;

ANEXO 4 - Avaliação do Habitat Aquático

Parâmetros do habitat	Pontos	CCB1	CCB2	CCB3	CCB4	CCB5	CCB6	CCB7	CCB8	CCB9	CCB10	RCC12	RCC13	RCC14	RCC15	RCC16	RCC17	RCC18	RCC19	RCC20	RCC21	RCC22	RCC23	RB24	RCC26	RSP27	RAC28	RAC29	RSI30
1		5	2	8	n.a.	3	8	15	17	19	15	18	19	14	10	14	18	15	13	13	10	19	19	10	2	16	8	12	14
2		7	16	4	n.a.	3	6	15	10	19	18	17	18	15	6	14	15	8	19	17	15	15	17	5	2	19	5	7	16
3		19	3	18	n.a.	9	16	13	16	15	19	9	13	15	19	16	15	18	18	19	18	17	14	20	16	18	19	14	19
4		19	7	3	n.a.	2	3	20	12	19	20	20	20	5	13	20	20	20	14	20	20	20	20	20	0	12	13	20	14
5	md	3	9	9	9	5	9	9	6	9	10	9	9	8	4	8	9	6	8	9	9	8	9	10	4	9	4	1	9
	me	5	9	9	9	5	9	7	4	9	10	6	9	9	3	8	9	6	8	7	9	8	9	10	2	10	3	5	9
6	md	4	7	6	8	5	7	9	6	9	9	9	8	6	3	9	9	8	10	9	8	9	9	9	0	9	3	1	8
	me	5	7	8	8	5	9	6	7	9	9	7	8	5	1	9	9	8	7	9	8	9	9	9	4	10	4	7	8
7	md	6	9	6	9	6	7	9	8	10	9	9	8	8	2	10	10	9	10	10	9	9	10	10	0	9	2	9	10
	me	8	9	8	9	6	9	6	8	10	9	6	8	8	1	10	10	9	7	10	9	9	10	10	5	10	5	0	10
Total		81	78	79	52	49	83	109	94	128	128	110	120	93	62	118	124	107	114	123	115	123	126	113	35	122	66	76	117
Qualidade		Bom	Bom	Bom	Regular	Regular	Bom	Ótimo	Bom	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Bom	Regular	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ruim	Ótimo	Regular	Bom	Ótimo

(n.a.) não avaliado; (md) margem direita; (me) margem esquerda.

ANEXO 5 - Média $\pm$ desvio padrão, valores (máximo-mínimo), das variáveis físicas, temperatura ($^{\circ}\text{C}$), turbidez (TUR), sólidos totais dissolvidos (TDS), sólidos totais (ST), material em suspensão total (MST), material em suspensão orgânico (MSO) e material em suspensão inorgânico.

Variável	T	TUR	TDS	ST	MST	MSO	MSI
Unidade	$^{\circ}\text{C}$	NTU	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
CCB1	16,1 $\pm$ 0,6 (15,8-16,9)	1,2 $\pm$ 2,1 (0 - 3,6)	25,0 $\pm$ 1,0 (24,0-26,0)	45,2 $\pm$ 6,0 (41,0-49,5)	1,00 $\pm$ 0,24 (0,73-1,20)	0,82 $\pm$ 0,14 (0,67-0,93)	0,18 $\pm$ 0,14 (0,07-0,33)
CCB2	15,8 $\pm$ 0,4 (15,5-16,3)	5,3 $\pm$ 4,7 (0-9,0)	23,6 $\pm$ 1,1 (23,0-25,0)	49,7 $\pm$ 14,5 (39,5-60,0)	9,24 $\pm$ 7,35 (5,00-17,73)	4,22 $\pm$ 2,84 (2,20-7,47)	5,02 $\pm$ 4,56 (2,00-10,27)
CCB3	15,8 $\pm$ 0,5 (15,4-16,4)	2,7 $\pm$ 2,3 (0-4,1)	24,3 $\pm$ 0,5 (24,0-25,0)	42,3 $\pm$ 1,0 (41,5-43,0)	2,87 $\pm$ 2,37 (1,33-5,60)	1,78 $\pm$ 1,46 (0,87-3,47)	1,09 $\pm$ 0,91 (0,47-2,13)
CCB4	15,8 $\pm$ 0,5 (15,4-16,4)	1,42 $\pm$ 1,8 (0-3,5)	27,6 $\pm$ 1,1 (27,0-29,0)	54,3 $\pm$ 12,4 (45,5-63,0)	5,64 $\pm$ 9,72 (0-16,87)	2,53 $\pm$ 4,16 (0-7,33)	3,11 $\pm$ 5,56 (-0,27-9,53)
CCB5	16,5 $\pm$ 0,6 (16,1-17,1)	10,9 $\pm$ 14,4 (0-27,3)	22,6 $\pm$ 1,1 (22,0-24,0)	53,8 $\pm$ 13,1 (44,5-63,0)	7,31 $\pm$ 6,14 (2,40-14,20)	3,51 $\pm$ 3,04 (0,80-6,80)	3,80 $\pm$ 3,14 (1,60-7,40)
CCB6	16,0 $\pm$ 0,7 (15,4-16,7)	3,0 $\pm$ 3,3 (0-6,6)	21,0 $\pm$ 1,0 (20,0-22,0)	38,0 $\pm$ 8,49 (32,0-44,0)	1,29 $\pm$ 0,17 (1,13-1,47)	0,82 $\pm$ 0,27 (0,53-1,07)	0,47 $\pm$ 0,12 (0,40-0,60)
CCB7	17,2 $\pm$ 0,9 (16,3-18,2)	4,1 $\pm$ 3,7 (0-6,9)	23,0 $\pm$ 2,6 (21,0-26,0)	21,5 $\pm$ 0 (21,5-21,5)	3,27 $\pm$ 0,76 (2,73-4,13)	1,44 $\pm$ 0,50 (0,93-1,93)	1,82 $\pm$ 0,49 (1,27-2,20)
CCB8	17,3 $\pm$ 0,7 (16,7-18,1)	2,4 $\pm$ 4,2 (0-7,2)	21,3 $\pm$ 0,5 (21,0-22,0)	36,2 $\pm$ 1,1 (35,5-37,0)	0,93 $\pm$ 0,27 (0,67-1,20)	0,62 $\pm$ 0,04 (0,60-0,67)	0,31 $\pm$ 0,30 (0-0,60)
CCB9	15,6 $\pm$ 1,2 (14,2-16,4)	3,3 $\pm$ 4,9 (0-9,0)	24,6 $\pm$ 2,08 (23,0-27,0)	48,5 $\pm$ 0 (48,5-48,5)	2,64 $\pm$ 1,70 (1,53-4,60)	1,13 $\pm$ 0,52 (0,80-1,73)	1,51 $\pm$ 1,19 (0,67-2,87)
CCB10	16,4 $\pm$ 1,1 (15,1-17,3)	2,37 $\pm$ 4,1 (0-7,1)	25,6 $\pm$ 1,1 (25,0-27,0)	43,0 $\pm$ 0 (43,0-43,0)	1,62 $\pm$ 0,60 (1,00-2,20)	1,07 $\pm$ 0,35 (0,80-1,47)	0,56 $\pm$ 0,43 (0,07-0,87)
RCC11	18,5 $\pm$ 0,5 (18,0-18,9)	5,9 $\pm$ 6,0 (0-12,0)	29,6 $\pm$ 3,2 (26,0-32,0)	52,0 $\pm$ 0 (52,0-52,0)	0,02 $\pm$ 0,04 (0-0,07)	0,20 $\pm$ 0,35 (0-0,60)	-0,18 $\pm$ 0,37 (-0,60-0,07)
RCC12	16,6 $\pm$ 2,5 (14,0-19,0)	3,1 $\pm$ 5,4 (0-9,4)	27,6 $\pm$ 2,08 (26,0-30,0)	48,0 $\pm$ 0 (48,0-48,0)	2,64 $\pm$ 0,33 (2,27-2,87)	1,27 $\pm$ 0,20 (1,07-1,47)	1,38 $\pm$ 0,37 (1,00-1,73)
RCC13	16,2 $\pm$ 0,6 (15,5-16,6)	2,8 $\pm$ 4,8 (0-8,4)	24,0 $\pm$ 3,4 (22,0-28,0)	46,0 $\pm$ 0 (46,0-46,0)	2,40 $\pm$ 1,00 (1,27-3,13)	1,51 $\pm$ 0,39 (1,07-1,80)	0,89 $\pm$ 0,60 (0,20-1,33)
RCC14	16,6 $\pm$ 0,2 (16,4-16,8)	2,3 $\pm$ 4,1 (0-7,1)	23,6 $\pm$ 1,1 (23,0-25,0)	47,5 $\pm$ 0 (47,5-47,5)	0,47 $\pm$ 0,37 (0,13-0,87)	0,40 $\pm$ 0,27 (0,13-0,67)	0,07 $\pm$ 0,12 (0-0,20)
RCC15	17,0 $\pm$ 0,9 (16,4-18,1)	8,7 $\pm$ 3,6 (4,8-11,9)	19,0 $\pm$ 1,0 (18,0-20,0)	50,8 $\pm$ 7,4 (45,5-56,0)	5,63 $\pm$ 0,93 (4,56-6,20)	2,76 $\pm$ 0,59 (2,22-3,40)	2,87 $\pm$ 0,57 (2,33-3,47)
RCC16	15,3 $\pm$ 1,1 (14,2-16,4)	3,9 $\pm$ 5,6 (0-10,4)	19,3 $\pm$ 1,5 (18,0-21,0)	43,8 $\pm$ 0,3 (43,5-44,0)	0,89 $\pm$ 0,28 (0,67-1,20)	0,64 $\pm$ 0,17 (0,47-0,80)	0,24 $\pm$ 0,42 (0-0,73)
RCC17	15,1 $\pm$ 1,3 (14,0-16,5)	1,6 $\pm$ 1,7 (0-3,4)	19,3 $\pm$ 0,5 (19,0-20,0)	61,6 $\pm$ 4,7 (58,3-65,0)	8,38 $\pm$ 12,49 (1,00-22,80)	3,60 $\pm$ 4,50 (1,00-8,80)	4,78 $\pm$ 7,99 (0-14,00)
RCC18	14,8 $\pm$ 1,5 (13,4-16,4)	2,1 $\pm$ 2,1 (0,7-4,5)	18,6 $\pm$ 1,1 (18,0-20,0)	48,1 $\pm$ 14,3 (38,0-58,3)	0,76 $\pm$ 0,47 (0,33-1,27)	0,67 $\pm$ 0,52 (0,33-1,27)	0,09 $\pm$ 0,15 (0-0,27)
RCC19	15,4 $\pm$ 1,5 (13,9-16,9)	2,95 $\pm$ 2,8 (0-5,5)	26,3 $\pm$ 1,5 (25,0-28,0)	56,0 $\pm$ 5,6 (52,0-60,0)	2,56 $\pm$ 0,34 (2,27-2,93)	0,80 $\pm$ 0,23 (0,67-1,07)	1,76 $\pm$ 0,14 (1,60-1,87)
RCC20	15,8 $\pm$ 0,6 (15,1-16,3)	0	22,3 $\pm$ 0,5 (22,0-23,0)	31,7 $\pm$ 24,4 (14,4-49,0)	1,07 $\pm$ 0,18 (0,87-1,20)	0,98 $\pm$ 0,10 (0,87-1,07)	0,09 $\pm$ 0,08 (0-0,13)
RCC21	16,1 $\pm$ 0,6 (15,5-16,7)	0	22,5 $\pm$ 0,5 (22,0-23,0)	67,9 $\pm$ 34,5 (43,5-92,3)	1,24 $\pm$ 0,82 (0,33-1,93)	0,67 $\pm$ 0,37 (0,27-1,00)	0,58 $\pm$ 0,57 (0,07-1,20)

ANEXO 5 – Continuação

RCC22	15,8 ± 0,7 (15,1-16,6)	0,37 ± 0,6 (0-1,1)	19,3 ± 0,5 (19,0-20,0)	4,8 ± 49,1 (30,0-39,5)	1,22 ± 0,47 (0,73-1,67)	0,93 ± 0,18 (0,73-1,07)	0,29 ± 0,34 (0-0,67)
RCC23	16,7 ± 0,2 (16,5-16,9)	1,1 ± 2,0 (0-3,6)	35,0 ± 1,0 (34,0-36,0)	61,1 ± 0,1 (61,0-61,1)	2,69 ± 1,21 (1,33-3,67)	0,82 ± 0,17 (0,67-1,00)	1,87 ± 1,11 (0,67-2,87)
RB24	16,1 ± 1,1 (15,2-17,3)	0	35,5 ± 3,12 (32,0-38,0)	46,6 ± 9,82 (39,6-53,5)	1,44 ± 0,30 (1,13-1,73)	0,80 ± 0,29 (0,60-1,13)	0,64 ± 0,57 (0-1,07)
RCC25	19,0 ± 0,8 (18,2-19,8)	95,28 ± 36,2 (55,9-127,0)	212,17 ± 77,61 (157,5-301,0)	211,5 ± 28,32 (191,4-231,5)	44,44 ± 11,60 (36,00-57,67)	35,22 ± 9,41 (28,67-46,00)	9,22 ± 3,67 (5,00-11,67)
RCC26	19,3 ± 0,4 (18,9-19,8)	131,35 ± 39,5 (97,1-174,5)	291,6 ± 26,73 (261,0-310,0)	211,2 ± 48,4 (177,0-245,5)	70,72 ± 37,72 (40,50-113,00)	55,17 ± 23,62 (37,50-82,00)	15,56 ± 14,22 (3,00-31,00)
RSP27	13,5 ± 2,7 (10,4-15,3)	0,05 ± 0,1 (0-0,2)	15,6 ± 1,1 (15,0-17,0)	48,6 ± 0 (48,6-48,6)	0,82 ± 0,82 (0,13-1,73)	0,67 ± 0,64 (0,07-1,33)	0,16 ± 0,21 (0-0,40)
RAC28	14,5 ± 2,4 (11,8-16,0)	2,0 ± 1,2 (1,0-3,4)	24,0 ± 1,7 (23,0-26,0)	54,5 ± 0 (54,5-54,5)	2,71 ± 1,20 (1,47-3,87)	1,27 ± 0,23 (1,13-1,53)	1,44 ± 1,02 (0,33-2,33)
RAC29	14,6 ± 2,2 (12,1-15,9)	1,0 ± 1,6 (0-2,9)	20,6 ± 1,1 (20,0-22,0)	29,1 ± 0 (29,1-29,1)	1,60 ± 0,74 (0,80-2,27)	0,87 ± 0,12 (0,80-1,00)	0,73 ± 0,73 (0-1,47)
RSI30	13,2 ± 2,5 (10,3-14,8)	2,7 ± 2,4 (0-4,5)	22,0 ± 1,7 (21,0-24,0)	49,0 ± 0 (49,0-49,0)	3,11 ± 1,55 (1,47-4,53)	1,93 ± 1,23 (0,53-2,87)	1,18 ± 0,42 (0,93-1,67)

ANEXO 6 - Média $\pm$ desvio padrão, valores (máximo-mínimo), das variáveis biológica enterococos (ENT) e hidrobiológica clorofila a (Clo.a).

Variável	Biológica	Hidrobiológica
Unidade	ENT UFC	Clo. a $\mu\text{g/L}$
CCB1	127 $\pm$ 69 (71-204)	<l.d.
CCB2	141 $\pm$ 38 (108-183)	<l.d.
CCB3	136 $\pm$ 61 (77-199)	<l.d.
CCB4	76 $\pm$ 7 (69-83)	<l.d.
CCB5	116 $\pm$ 50 (59-153)	<l.d.
CCB6	117 $\pm$ 40 (75-155)	<l.d.
CCB7	148 $\pm$ 30 (113-172)	0,001 $\pm$ 0,158(-0,165-0,150)
CCB8	169 $\pm$ 75 (122-256)	<l.d.
CCB9	135 $\pm$ 44 (84-161)	0,069 $\pm$ 0,065(0,021-0,144)
CCB10	230 $\pm$ 105 (109-301)	<l.d.
RCC11	0	<l.d.
RCC12	124 $\pm$ 39 (97-169)	0,005 $\pm$ 0,037(-0,035-0,038)
RCC13	162 $\pm$ 82 (78-242)	<l.d.
RCC14	153 $\pm$ 47(98-183)	<l.d.
RCC15	109 $\pm$ 95 (41-218)	<l.d.
RCC16	160 $\pm$ 62 (105-228)	<l.d.
RCC17	106 $\pm$ 67(30-158)	<l.d.
RCC18	148 $\pm$ 37(123-191)	<l.d.
RCC19	125 $\pm$ 51 (82-182)	0,075 $\pm$ 0,147(-0,044-0,239)
RCC20	99 $\pm$ 81 (16-179)	0,070 $\pm$ 0,112 (-0,017-0,196)
RCC21	104 $\pm$ 47(54-147)	0,015 $\pm$ 0,025 (-0,014-0,035)
RCC22	80 $\pm$ 46 (36-128)	0,112 $\pm$ 0,09 (-0,001-0,173)
RCC23	93 $\pm$ 36 (68-135)	<l.d.
RB24	79 $\pm$ 16 (67-98)	0,099 $\pm$ 0,143 (-0,066-0,182)
RCC25	p.e	<l.d.
RCC26	p.e	<l.d.
RSP27	123 $\pm$ 59 (87-192)	0,005 $\pm$ 0,146 (-0,162-0,111)
RAC28	130 $\pm$ 39 (105-176)	<l.d.
RAC29	102 $\pm$ 67 (43-175)	<l.d.
RSI30	121 $\pm$ 22 (104-146)	0,138 $\pm$ 0,129(-0,011-0,214)

(<l.d.; abaixo do limite de detecção; p.e.; proliferação excessiva de microrganismos impediu a quantificação)

Média $\pm$ desvio padrão, valores (máximo-mínimo), das variáveis químicas, fósforo total (PT), nitrogênio total (NT), nitrato (NO_3), nitrito (NO_2), amônia (NH_4), ortofosfato (PO_4), potencial hidrogeniônico (pH), potencial de oxirredução (ORP), oxigênio dissolvido (OD) e condutividade elétrica (CON).

Variável	PT	NT	NO_3	NO_2	NH_4	PO_4	pH	ORP	OD	CON
Unidade	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	pH	mV	mg/L	$\mu\text{S/cm}$
CCB1	<1.d.±	1,29 $\pm$ 0,35 (0,92-1,6)	0,95 $\pm$ 0,04 (0,89-0,99)	<1.d.	0,018 $\pm$ 0,011 (0,011-0,032)	0,013 $\pm$ 0,003 (0,010-0,016)	6,9 $\pm$ 0,3 (6,6-7,2)	293,0 $\pm$ 37,9 (250,5-322,5)	10,0 $\pm$ 1,3 (8,7-11,3)	39,8 $\pm$ 1,4 (39,0-41,5)
CCB2	<1.d.	1,25 $\pm$ 0,07 (1,1-1,3)	0,86 $\pm$ 0,10 (0,74-0,96)	<1.d.	0,009 $\pm$ 0,035 (-0,031-0,033)	0,012 $\pm$ 0,001 (0,010-0,013)	7,2 $\pm$ 0 (7,1-7,2)	281,7 $\pm$ 23,0 (256,0-301,0)	9,5 $\pm$ 0,3 (8,7-9,2)	36,4 $\pm$ 1,5 (35,0-38,0)
CCB3	<1.d.	1,36 $\pm$ 0,46 (1,3-1,4)	1,11 $\pm$ 0,14 (0,96-1,2)	<1.d.	<1.d.	<1.d.	7,1 $\pm$ 0,2 (6,9-7,3)	294,0 $\pm$ 15,9 (276,5-308,0)	8,9 $\pm$ 0,6 (8,4-9,6)	38,2 $\pm$ 0,6 (37,6-39,0)
CCB4	<1.d.	2,05 $\pm$ 0,27 (1,7-2,3)	1,48 $\pm$ 0,12 (1,37-1,61)	<1.d.	<1.d.	<1.d.	7,1 $\pm$ 0,1 (6,9-7,1)	296,0 $\pm$ 17,3 (281,5-315,0)	9,3 $\pm$ 1,1 (8,4-10,6)	42,7 $\pm$ 1,0 (42,0-44,0)
CCB5	<1.d.	1,15 $\pm$ 0,36 (0,77-1,4)	0,83 $\pm$ 0,08 (0,73-0,88)	<1.d.	<1.d.	<1.d.	6,5 $\pm$ 0,1 (6,4-6,6)	237,6 $\pm$ 44,4 (187,0-274,0)	8,6 $\pm$ 1,2 (7,4-9,7)	35,2 $\pm$ 1,58 (34,0-37,0)
CCB6	<1.d.	0,67 $\pm$ 0,14 (0,56-0,83)	0,48 $\pm$ 0,05 (0,44-0,54)	<1.d.	<1.d.	<1.d.	7,1 $\pm$ 0,1 (7,1-7,2)	274,0 $\pm$ 10,0 (263,0-282,5)	9,0 $\pm$ 0,7 (8,3-9,6)	32,2 $\pm$ 0,69 (31,6-33,0)
CCB7	<1.d.	0,16 $\pm$ 0,03 (0,12-0,19)	0,06 $\pm$ 0,02 (0,02-0,07)	<1.d.	0,025 $\pm$ 0,050 (-0,010-0,083)	<1.d.	6,5 $\pm$ 0 (6,5-6,6)	171,0 $\pm$ 17,0 (158,0-190,5)	7,8 $\pm$ 2,0 (5,6-9,3)	36,2 $\pm$ 3,53 (33,0-40,0)
CCB8	<1.d.	0,82 $\pm$ 0,25 (0,55-1,0)	0,61 $\pm$ 0,08 (0,50-0,67)	<1.d.	<1.d.	<1.d.	6,6 $\pm$ 0,1 (6,5-6,6)	247,0 $\pm$ 16,5 (231,0-264,0)	8,4 $\pm$ 0,3 (8,3-8,9)	32,8 $\pm$ 1,0 (32,0-34,0)
CCB9	<1.d.	1,26 $\pm$ 0,60 (0,89-1,9)	0,77 $\pm$ 0,15 (0,62-0,93)	<1.d.	<1.d.	<1.d.	7,2 $\pm$ 0,1 (7,0-7,3)	275,0 $\pm$ 60,5 (207,0-322,0)	9,8 $\pm$ 0,6 (9,4-10,5)	39,1 $\pm$ 2,5 (37,0-42,0)
CCB10	<1.d.	0,64 $\pm$ 0,05 (0,59-0,69)	0,66 $\pm$ 0,05 (0,62-0,71)	<1.d.	<1.d.	<1.d.	6,6 $\pm$ 0,1 (6,5-6,6)	147,0 $\pm$ 32,7 (110,5-174,0)	9,1 $\pm$ 0,6 (8,5-9,5)	40,0 $\pm$ 1,8 (38,5-42,0)
RCC11	<1.d.	1,42 $\pm$ 0,07 (1,3-1,4)	1,56 $\pm$ 0,12 (1,4-1,6)	<1.d.	<1.d.	<1.d.	5,9 $\pm$ 0,7 (5,5-6,7)	350,0 $\pm$ 9,7 (338,5-357,0)	7,3 $\pm$ 0,7 (6,6-8,0)	48,0 $\pm$ 2,0 (46,0-50,0)
RCC12	<1.d.	1,63 $\pm$ 0,08 (1,5-1,6)	1,33 $\pm$ 0,17 (1,1-1,5)	<1.d.	0,011 $\pm$ 0,017 (-0,003-0,030)	<1.d.	6,4 $\pm$ 0,8 (5,5-7,0)	316,0 $\pm$ 65,8 (256,5-386,5)	8,8 $\pm$ 2,0 (6,6-10,1)	41,2 $\pm$ 1,3 (40,0-42,6)
RCC13	<1.d.	1,51 $\pm$ 0,76 (0,90-2,3)	1,08 $\pm$ 0,11 (1,0-1,2)	<1.d.	<1.d.	<1.d.	6,9 $\pm$ 0,1 (6,8-7,0)	319,1 $\pm$ 30,0 (300,5-353,5)	8,3 $\pm$ 0,3 (8,2-8,7)	38,2 $\pm$ 4,3 (34,5-43,0)
RCC14	<1.d.	1,21 $\pm$ 0,14 (1,0-1,3)	1,47 $\pm$ 0,02 (1,4-1,4)	<1.d.	<1.d.	<1.d.	6,7 $\pm$ 0 (6,7-6,7)	307,0 $\pm$ 17,4 (291,0-325,5)	9,0 $\pm$ 0,4 (8,6-9,4)	37,5 $\pm$ 1,2 (36,5-39,0)
RCC15	<1.d.	0,40 $\pm$ 0,29 (0,19-0,73)	0,34 $\pm$ 0,06 (0,26-0,38)	<1.d.	0,194 $\pm$ 0,114 (0,065-0,279)	<1.d.	6,7 $\pm$ 0,3 (6,4-6,9)	248,0 $\pm$ 0,5 (247,5-248,5)	8,4 $\pm$ 1,0 (7,7-9,6)	28,6 $\pm$ 1,5 (27,0-30,0)

RCC16	0,010 ± 0,007 (2,1-14,4)	0,83 ± 0,28 (0,55-1,11)	0,71 ± 0,10 (0,58-0,78)	<1.d.	<1.d.	<1.d.	7,0 ± 0,2 (6,8-7,1)	276,0 ± 43,8 (239,5-324,5)	10,3 ± 0,9 (9,5-11,3)	29,4 ± 2,5 (27,0-32,0)
RCC17	<1.d.	0,53 ± 0,11 (0,44-0,66)	0,49 ± 0,11 (0,35-0,56)	<1.d.	<1.d.	<1.d.	6,7 ± 0 (6,7-6,8)	303,0 ± 45,1 (254,5-344,0)	9,2 ± 0,5 (8,7-9,7)	29,8 ± 1,0 (29,0-31,0)
RCC18	<1.d.	0,25 ± 0,07 (0,17-0,32)	0,29 ± 0,05 (0,24-0,34)	<1.d.	0,006 ± 0,043 (-0,040-0,045)	<1.d.	6,8 ± 0 (6,8-6,9)	204,0 ± 22,7 (180,0-225,0)	9,25 ± 1,2 (8,1-10,4)	28,8 ± 1,0 (28,0-30,0)
RCC19	<1.d.	0,41 ± 0,03 (0,38-0,44)	0,25 ± 0,05 (0,21-0,30)	<1.d.	0,080 ± 0,010 (0,071-0,090)	<1.d.	7,0 ± 0,1 (6,9-7,1)	148,0 ± 21,0 (123,5-162,5)	9,3 ± 0,6 (8,7-9,7)	40,8 ± 3,0 (38,0-44,0)
RCC20	0,013 ± 0,010 (2,1-19,7)	0,18 ± 0,04 (0,14-0,23)	0,12 ± 0,01 (0,09-0,13)	<1.d.	0,017 ± 0,027 (-0,015-0,033)	<1.d.	7,0 ± 0,1 (7,0-7,1)	235,0 ± 28,0 (203,0-255,5)	9,2 ± 0,4 (8,9-9,6)	34,8 ± 1,0 (34,0-36,0)
RCC21	0,017 ± 0,013 (6,6-31,6)	0,19 ± 0,05 (0,15-0,25)	0,17 ± 0,07 (0,08-0,21)	<1.d.	0,007 ± 0,050 (-0,048-0,051)	0,012 ± 0,011 (0,001-0,023)	7,0 ± 0,1 (6,9-7,1)	238,0 ± 54,8 (174,5-272,5)	9,1 ± 0,6 (8,5-9,7)	35,1 ± 0,7 (34,5-36,0)
RCC22	0,011 ± 0,016 (-2,6-27,9)	0,16 ± 0,02 (0,13-0,18)	0,22 ± 0,06 (0,14-0,26)	<1.d.	<1.d.	<1.d.	7,1 ± 0,1 (7,0-7,1)	275,0 ± 33,8 (237,0-302,0)	8,9 ± 0,6 (8,6-9,6)	29,8 ± 1,0 (29,0-31,0)
RCC23	<1.d.	0,10 ± 0,01 (0,08-0,11)	0,12 ± 0,01 (0,10-0,13)	<1.d.	0,035 ± 0,063 (-0,026-0,100)	<1.d.	7,3 ± 0 (7,3-7,3)	162,0 ± 20,1 (143,5-183,5)	8,0 ± 0,5 (7,5-8,5)	54,2 ± 1,5 (53,0-56,0)
RB24	<1.d.	0,44 ± 0,56 (0,08-1,0)	0,14 ± 0,02 (0,11-0,16)	<1.d.	0,022 ± 0,010 (0,016-0,034)	<1.d.	7,2 ± 0,1 (7,1-7,3)	129,0 ± 57,2 (95,5-194,5)	9,2 ± 0 (9,2-9,3)	54,2 ± 4,0 (50,0-58,0)
RCC25	1,2 ± 0,34 (890,0-1580,8)	11,4 ± 0,56 (10,9-12,0)	0,06 ± 0,04 (0,06-0,14)	0,032 ± 0,018 (0,020-0,052)	2,6 ± 1,7 (1,5-4,6)	0,929 ± 0,179 (0,754-1,112)	7,2 ± 0,1 (7,1-7,3)	5,0 ± 56,8 (-60,5-44,5)	6,7 ± 1,9 (4,6-7,9)	280,7 ± 42,5 (242,0-326,3)
RCC26	1,3 ± 0,37 (909,1-1637,6)	9,2 ± 2,9 (7,1-12,6)	0,04 ± 0,01 (0,06-0,09)	0,039 ± 0,016 (0,026-0,057)	2,6 ± 1,6 (1,1-4,4)	0,975 ± 0,166 (0,784-1,086)	7,2 ± 0,1 (7,1-7,3)	-18,0 ± 28,0 (-42,5-12,5)	2,9 ± 1,8 (1,9-5,0)	442,3 ± 37,6 (402,0-476,5)
RSP27	<1.d.	1,18 ± 0,83 (0,63-2,1)	0,60 ± 0,05 (0,54-0,63)	<1.d.	<1.d.	<1.d.	6,8 ± 0,1 (6,5-6,8)	301,0 ± 20,8 (281,0-322,5)	9,9 ± 0,4 (9,6-10,4)	25,3 ± 1,5 (24,0-27,0)
RAC28	<1.d.	1,32 ± 1,3 (0,48-2,8)	0,51 ± 0,08 (0,42-0,58)	<1.d.	0,131 ± 0,043 (0,099-0,180)	<1.d.	6,6 ± 0,1 (6,5-6,8)	189,0 ± 43,3 (155,5-237,5)	8,8 ± 0,8 (8,0-9,4)	37,2 ± 1,5 (36,0-39,0)
RAC29	<1.d.	0,44 ± 0,14 (0,28-0,57)	0,55 ± 0,02 (0,52-0,56)	<1.d.	0,069 ± 0,013 (0,054-0,078)	<1.d.	6,5 ± 0 (6,5-6,5)	169,0 ± 34,8 (142,5-208,5)	9,4 ± 0,5 (9,1-10,0)	31,3 ± 1,5 (30,0-33,0)
RSI30	<1.d.	0,87 ± 0,30 (0,52-1,0)	0,76 ± 0,05 (0,71-0,81)	<1.d.	<1.d.	<1.d.	6,8 ± 0 (6,9-6,9)	263,0 ± 43,0 (223,0-308,5)	9,5 ± 0,8 (9,0-10,5)	34,2 ± 2,5 (32,0-37,0)

(<1.d.) abaixo do limite de detecção.