

UNIVERSIDADE DE SOROCABA
PRÓ-REITORIA ACADÊMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROCESSOS
TECNOLÓGICOS E AMBIENTAIS

Paula Andréa Pannunzio Moreira

**A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE CÓRREGOS TROPICAIS:
ESTUDO DE CASO DO CÓRREGO DA CAMPININHA, SP, BRASIL**

Sorocaba / SP

2016

Paula Andréa Pannunzio Moreira

**A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE CÓRREGOS TROPICAIS:
ESTUDO DE CASO DO CÓRREGO DA CAMPININHA, SP, BRASIL**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais da Universidade de Sorocaba, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Welber Senteio Smith

Sorocaba / SP
2016

Ficha Catalográfica

M838r Moreira, Paula Andréa Pannunzio
A restauração ecológica de córregos tropicais : estudo de caso
do Córrego da Campininha, SP, Brasil / Paula Andréa Pannunzio
Moreira. – 2016.
75 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Welber Senteio Smith
Dissertação (Mestrado em Processos Tecnológicos e
Ambientais) – Universidade de Sorocaba, Sorocaba, SP, 2016.

1. Rios – Recuperação. 2. Restauração ecológica. 3. Áreas de
conservação de recursos naturais. 4. Organismos aquáticos. 5. Meio
ambiente. I. Smith, Welber Senteio, orient. II. Universidade de
Sorocaba. III. Título.

Paula Andréa Pannunzio Moreira

**A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE CÓRREGOS TROPICAIS:
ESTUDO DE CASO DO CÓRREGO DA CAMPININHA, SP, BRASIL**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais da Universidade de Sorocaba.

Aprovado em:

____/____/____.

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: Prof. Dr. Welber Senteio Smtih - UNISO

Prof. Dr. Waldemar Bonventi Junior - UNISO

Prof. Dr. Alexandre M. da Silva - UNESP

Dedico este trabalho, *in memoriam*, à minha mãe querida, Marlene, pelas conquistas alcançadas, dificuldades superadas e principalmente a ela que esteve sempre presente ao meu lado, de todo meu amor, minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me guiado, dando sabedoria, persistência e força para superar as dificuldades.

A minha família ao meu marido, aos meus filhos João Felipe e Thiago, pela compreensão e paciência durante este processo.

Em especial ao meu orientador Prof. Dr. Welber S. Smith, pela oportunidade, dedicação, persistência, tranquilidade e paciência. Por todos os ensinamentos e conceitos que me foram ofertados.

À professora Dr^a. Débora Zumkeller Sabonaro, por seu auxílio e apoio no estabelecimento deste trabalho.

Ao professor Dr. Waldemar Bonventi Junior, pelo auxílio e orientação no desenvolvimento e análise das imagens aéreas.

À Universidade de Sorocaba, pela oportunidade e confiança a mim concedida.

À Fundação Dom Aguirre pela concessão da bolsa.

À empresa Toyota do Brasil, em especial a Paulo Henrique Gomes.

Ao Professor Alexandre Marco da Silva por aceitar participar da banca de defesa de Mestrado e pela contribuição ao trabalho.

À Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Sorocaba, pelos dados fornecidos e pela autorização no desenvolvimento deste trabalho.

À todas as pessoas que conheci e convivi nesta nova jornada.

Muito obrigada.

RESUMO

A restauração de rios é uma abordagem recente no Brasil, mas que é desenvolvida há pelo menos 30 anos em países como Estados Unidos, Inglaterra, Alemanha, Austrália e na Coreia do Sul. No Brasil, as iniciativas são voltadas para o saneamento ambiental, como o gerenciamento de esgotos, realocação de famílias de áreas irregulares e a implementação de parques lineares. Sendo assim o presente projeto teve como objetivo a análise da eficiência de um estudo de caso de elaboração e implantação de um projeto de restauração do córrego da Campininha no município de Sorocaba, levando-se em consideração as configurações originais do córrego, o projeto contempla a instalação de gabiões para auxiliar a drenagem da água, além de realizar a revegetação da APP com espécies nativas. A avaliação foi realizada por meio de análises físicas, além de uma ampla caracterização de diferentes pontos do córrego, usando relatórios fotográficos e indicadores ecológicos de áreas intangíveis como referência antes e após a restauração. Adicionalmente optou-se por substituir o lago existente, refazendo o trecho lótico. As intervenções realizadas foram escolhidas para mitigar impactos da erosão e assoreamento e restaurar a APP. Concluímos que as intervenções executadas no córrego da Campininha foram favoráveis a recuperação do local, porém, não consideramos como restauração efetivada, Para considerar como restaurado, haverá a necessidade de um prazo maior e realizar o monitoramento da biota aquática que é uma importante técnica de avaliação de processos de restauração.

Palavras-chave: Barramento. Área de preservação permanente. Erosão. Assoreamento. Biota aquática.

ABSTRACT

The restoration of rivers is a new approach in Brazil, but that is developed for at least 30 years in countries like the United States, England, Germany, Australia and South Korea. In Brazil, the initiatives are geared towards environmental sanitation, as sewage management, relocation of families in irregular areas and implementation of linear parks. Therefore this project aims to analyze the efficiency of a manufacturing case study and implementation of a Campininha Stream restoration project in the city of Sorocaba, taking into account the original stream settings, the project contemplates the gabion installation to aid water drainage, and perform revegetation with native species of APP. The evaluation was performed by means of physical, as well as a broad characterization of different stream points, using ftográficos reports and ecological indicators of intangible areas as a reference before and after restoration. In addition it was decided to replace the existing lake, remaking the lotic stretch. The interventions were chosen to mitigate erosion and sedimentation impacts and restore APP. We concluded that interventions performed in Campininha stream were favorable recovery of the site, however, not considered as effective restoration, to consider how restored, there will be the need for more time and carry out the monitoring of aquatic biota is an important valuation technique restoration processes.

Keywords: Damming. Permanent preservation area. Erosion. Siltation. Biota aquatic.

LISTA DE SIGLAS

APP - Área de Preservação Permanente

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CSO – Concentração de Sedimentos Orgânicos

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

MMA - Ministério do Meio Ambiente

NRRSS - National River Restoration Science Synthesis, Ciências da Restauração de Rios

OD – Oxigênio Dissolvido

PNMCBio – Parque Natural Municipal Corredores da Biodiversidade

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto

SER – Sociedade da Ecologia da Restauração

SEMA – Secretaria do Meio Ambiente

SEMA SP – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo

SMA 032 – Resolução que Estabelece as Normas e Regulamentações de Restauração Ecológica e Seu Monitoramento

UC – Unidades de Conservação

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Rio Cheonggyecheon (Seul) que teve seu leito canalizado em 1970.....	21
Figura 02 - Rio Cheonggyecheon (Seul) após processo de restauração ecológica mostrando interação com os cidadãos.....	21
Figura 03 - Remoção total da mata ciliar e da vegetação riparia no rio Mapocho...	23
Figura 04 - Melhorias no regime das águas devido à intervenção e processo de restauração no rio Mapocho.....	23
Figura 05 - Rio Sena e a restauração ecológica posterior a 1960.....	24
Figura 06 - Imagens do rio Sena com iluminação, após recuperação este rio sempre foi um dos principais pontos turísticos da cidade.....	25
Figura 07 - Rio Tijuco Preto mostrando suas margens degradadas, ausência de mata ciliar e pontos com assoreamento.	26
Figura 08 - Trecho do Rio Tijuco Preto com lançamento de esgoto.....	27
Figura 09 - Rio Tijuco Preto e a contenção das margens, evitando processos de erosão.....	27
Figura 10 - Imagem do rio Srocaba.....	28
Figura 11 - Imagem do Parque das Águas.....	29
Figura 12 - Imagem do rio Sorocaba em área adjacente ao Parque das Águas.....	30
Figura 13 - Micro Bacia do córrego da Campininha, indicando a área de estudo.....	33
Figura 14 - Área de intervenção e restauração.....	34
Figura 15 - Croqui do projeto de restauração.....	35
Figura 16 - Esquema de gabião.....	37
Figura 17 - Pontos de amostragem utilizados para avaliação.....	38
Figura 18 - Protocolo dos parâmetros avaliados.....	39
Figura 19 - Vista aérea do córrego da Campininha em diferentes anos mostrando as transformações ao longo do tempo.....	44
Figura 20 - Lago formado pelo barramento do córrego e margem assoreada.....	45
Figura 21 - Foto mostrando as margens.....	46
Figura 22 - Imagens do lago após ruptura da barragem em 2014.....	46
Figura 23 - Imagens do lago após ruptura da barragem em 2014.....	46
Figura 24 - Leito do córrego após a ruptura da barragem em 2014.....	47

Figura 25 - Imagens de trecho erosivo e a contenção realizada, setembro de 2014.....	48
Figura 26 - Imagens de trechos erosivos e plantio de gramíneas em setembro de 2014.....	48
Figura 27 - Gabião em outubro de 2014.....	49
Figura 28 - Gabião em março de 2015.....	49
Figura 29 - Gabião nos pontos 4 e 5 respectivamente.....	50
Figura 30 - Imagens de plantio de espécies nativas, em outubro de 2014, outubro de 2015 e maio de 2016 respectivamente.....	51
Figura 31 - Imagens do plantio e do riacho em junho de 2015.....	52
Figura 32 - Evolução das intervenções realizadas considerando respectivamente o início em 2014, dezembro de 2015 e março de 2016.....	55
Figura 33 - Trecho evidenciando os diferentes habitats sendo formados.....	56
Figura 34 - Estabilização das margens e fluxo hídrico.....	56
Figura 35 - Estabilização das margens e aumento do fluxo hídrico.....	57
Figura 36 - Médias dos parâmetros avaliados durante os anos de 2014, 2015 e 2016.....	58
Figura 37 - Pontuação dos parâmetros avaliados.....	60
Figura 38 - Imagens originais (superior) e resultado da segmentação (embaixo)...	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Relação das intervenções executadas no córrego da Campininha.....	36
Quadro 2 - Pontos de amostragem para monitoramento.....	38
Quadro 3 - Pontuação de parâmetros, protocolo de avaliação da qualidade.....	40
Quadro 4 - Relação de espécies plantadas na APP do córrego da Campininha.....	53
Quadro 5 - Descrição dos segmentos obtidos por tom de cinza, em cada imagem.....	61
Quadro 6 - Técnicas para avaliação de projetos de restauração de córregos e rios.....	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo Geral	13
2.2 Objetivos Específicos	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 Restauração Ecológica	14
3.2 A Restauração Ecológica em Ecossistemas Aquáticos	17
3.3 Exemplos de Restauração de Rios	19
3.3.1 Rio Cheonggyecheon	20
3.3.2 Rio Mapocho	22
3.3.3 Rio Sena	24
3.3.4 Rio Tijuco Preto	26
3.3.5 Rio Sorocaba	28
3.4 Indicadores Ecológicos em Restauração de Rios	30
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
4.1 Área de Estudo	32
4.2 Desenvolvimento da Pesquisa	34
4.2.1 Caracterização Ambiental do Córrego.....	35
4.2.2 Execução e Implantação do Projeto de Restauração.....	35
4.2.3 Avaliação Ambiental Através de Protocolo e Análise de Imagens.....	37
4.2.4 Aplicação da Análise de Imagens.....	41
4.2.5 Técnicas para Avaliação de Projetos de Restauração de Córregos e Rios.....	42
5 RESULTADOS	43
5.1 Caracterização Ambiental do Córrego.....	43
5.2 Execução e Implantação do Projeto de Restauração.....	48
5.3 Avaliação das Medidas Adotadas para a Restauração	57
5.4 Técnicas para Avaliação de Projetos de Restauração de Córregos e Rios	62
6 DISCUSSÃO	63
6.1 Caracterização Ambiental do Córrego.....	63
6.2 Execução e Implantação do Projeto de Restauração.....	64
6.3 Avaliação através do Protocolo das Intervenções Realizadas.....	65
6.4 Técnicas para Avaliação de Projetos de Restauração de Córregos e Rios	67
7 CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS.....	71

1 INTRODUÇÃO

A degradação dos recursos naturais pelo homem é tão antiga quanto sua existência (SANCHEZ; JACOBI, 2012). No entanto, esta não se reduziu com os avanços tecnológicos, ao contrário, se intensificou. Os impactos causados ao meio ambiente afetam diretamente os recursos naturais. Podemos constatar que um dos recursos mais prejudicados, é o hídrico, mesmo sabendo de sua fundamental importância para todas as formas de vida neste planeta (FERREIRA et al., 2013).

Nos últimos 150 anos, mais de 80% da área do Estado de São Paulo era coberta por florestas. Entretanto, os processos de urbanização aliados a expansão da agricultura reduziram a 7% da área total (BRASIL, 2005). A desenfreada expansão urbana foi um dos fatores que resultou na degradação dos ecossistemas, afetando principalmente os aquáticos. Com a crescente necessidade de água para o abastecimento, além da irrigação e geração de energia, quase todas as atividades humanas estão cada vez mais dependentes da disponibilidade das águas continentais (PEREIRA, 2011).

Entre os principais impactos que prejudicam a conservação destes ecossistemas, no Brasil, destacamos os barramentos, a retificação dos leitos, a canalização, o lançamento de efluentes domésticos e industriais, a supressão da vegetação ripária, a erosão do solo e o conseqüente assoreamento, o uso de defensivos agrícolas e a introdução de espécies exóticas. Alterações nas áreas adjacentes aos correios e rios, também influenciam de forma negativa tais ambientes (CARMO et al., 2013). Pelo exposto acima a conservação e recuperação dos ecossistemas aquáticos, vem se despontando como a solução mais adequada e funcional (ESPINDOLA; BARBOSA; MEDIONDO, 2005).

O presente estudo foi realizado em um córrego pertencente a bacia do rio Sorocaba, que ao longo do tempo, sofreu três importantes perturbações: represamento, assoreamento e perda da vegetação ripária. O principal objetivo foi elaborar um estudo de caso de um projeto de restauração ecológica, assim como efetuar a sua implantação e propor indicadores ecológicos para avaliá-lo. A nossa justificativa para este projeto é a divulgação de resultados de projetos de desta natureza, visto que, muitos são os projetos e poucos os resultados divulgados.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de um projeto de restauração em um trecho do córrego da Campininha que foi degradado, principalmente por barramento, remoção da vegetação ripária e assoreamento.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterização e diagnóstico ambiental do córrego;
- execução e implantação do projeto de restauração;
- avaliação ambiental através de protocolo;
- análise e proposta de indicadores de avaliação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Restauração Ecológica

Não podemos considerar suficiente apenas a proteção de fragmentos, de áreas de preservação permanentes e florestas tropicais. Isto em longo prazo pode não ser suficiente para a conservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (METZGER, 2010). Considerando estes princípios, a restauração ecológica deve ser vista como uma necessidade que surge como alternativa eficaz para o resgate da biodiversidade e das interações ecológicas, assim como os serviços ambientais que foram perdidos pela degradação antrópica (METZGER, 2010).

A restauração ecológica é uma prática que ainda necessita de muitos avanços para que atinja a efetividade necessária, especialmente em florestas tropicais e subtropicais inseridas em paisagens antrópicas (BRANCALION et al., 2012). Justamente nessas condições mais críticas, a restauração ecológica tem de ser muito mais do que a aplicação de um simples pacote de técnicas silviculturais, acreditando-se que a diversidade biológica e os processos ecológicos serão restabelecidos por si só, em situações que já ultrapassaram o nível crítico da resiliência (TABARELLI et al., 2010). Nesse contexto, a restauração ecológica deve assumir a difícil responsabilidade de restabelecer os processos ecológicos e as espécies que auxiliam no estabelecimento de florestas biologicamente viáveis, que favoreçam a persistência da biodiversidade mesmo em paisagens antrópicas tropicais (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

A restauração ecológica surge como forma de recuperar ecossistemas degradados a partir da intervenção humana, visando facilitar e acelerar o processo natural da sucessão ecológica, sendo considerada uma necessidade contemporânea, principalmente em se tratando de áreas de preservação permanente, como as situadas ao longo de qualquer curso d'água (SILVEIRA, 2004). A perda da vegetação ciliar interfere na comunidade biótica terrestre e aquática, na manutenção e conservação dos solos e na interceptação da radiação solar, alterando a estabilidade térmica dos cursos de água, resultando em prejuízos sócio-ambientais (RIGUEIRA; MARIANO, 2013).

A partir da análise, interpretação e estabelecimento de circunstâncias de degradação ambiental, identificamos a necessidade de intervir em determinadas situações, buscando soluções para minimizar os impactos gerados pelas diversas atividades humanas. Um fator muito importante que vem se destacando é o manejo de áreas e ecossistemas degradados (SILVA, 2010). Muitos termos são utilizados na literatura científica para caracterizar a abordagem de manejo destas áreas, são estes: restauração ecológica, renaturalização, revitalização, reabilitação, restauração, recuperação entre outros (ROSGEN, 2006).

“Restauração Ecológica é o processo e a prática de auxiliar a recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído” (SERI, 2004 apud BRANCALION; LIMA, p. 566, 2013). Recuperação é termo genérico aplicado a todas as atividades que visam melhorar as condições ambientais de um dado ecossistema degradado, podendo incluir ações de engenharia ecológica, recuperação de áreas degradadas, reabilitação ecológica e restauração ecológica.

Renaturalização, Revitalização e Reabilitação é a melhoria das funções do ecossistema sem que necessariamente se atinja um retorno a condições pré-distúrbios (ROSENBERG; RESH, 1993). Geralmente é dada ênfase à recuperação de processos e funções do ecossistema para aumentar o fluxo de serviços e benefícios às pessoas, mas sem que haja uma intenção explícita em se restabelecer a composição e estrutura originais do ecossistema (ARONSON; DURIGAN; BRANCALION, 2011).

A restauração ecológica de ecossistemas degradados pode ser considerada um dos mais importantes instrumentos de manejo e recuperação destes ecossistemas. Um ecossistema significa um conjunto de características físicas, químicas e biológicas que influenciam a existência de uma espécie animal ou vegetal. É uma unidade natural constituída de parte não viva água, gases atmosféricos, sais minerais e radiação solar e de parcela viva (plantas e animais, incluindo os microrganismos) que interagem com o meio físico ou se relacionam entre si, formando um sistema estável (RODRIGUES, 2013). Os ecossistemas são divididos em ecossistemas terrestres e ecossistemas aquáticos podendo a restauração ecológica ser aplicada em ambos (COSTA; POMPEU, 2008).

A restauração ecológica é uma atividade deliberada, que inicia ou acelera a recuperação de um ecossistema com respeito à sua saúde, integridade e sustentabilidade (PALMER; MENNINGER; BERNHARDT, 2010). Com frequência, o

ecossistema que requer restauração foi degradado, danificado, transformado ou totalmente destruído como resultado direto ou indireto das atividades humanas. Em alguns casos, esses impactos aos ecossistemas foram causados ou agravados por causas naturais, tais como incêndios, inundações, tempestades ou erupções vulcânicas, até um grau em que o ecossistema não pode restabelecer-se por si próprio, conforme seu estado anterior à alteração ou à sua trajetória histórica de desenvolvimento (TOMMASI, 1994). Uma vez que se toma a decisão de restaurar, o projeto requer um planejamento cuidadoso e sistemático, além de um plano de acompanhamento dirigido ao restabelecimento do ecossistema (SERI, 2004 apud BRANCALION; LIMA, 2013)

A restauração ecológica não significa o retorno da paisagem ao estado original não influenciado pelo homem, mas corresponde ao desenvolvimento sustentável do ecossistema em conformidade com as necessidades e conhecimentos contemporâneos (RIGUEIRA; MARIANO, 2013). Atualmente projetos de restauração ecológica tentam incorporar particularidades de cada unidade de paisagem, com o objetivo de restaurar processos ecológicos importantes na reconstrução da paisagem (SILVA; PIRES, 2007).

As técnicas de restauração ecológica tiveram as primeiras experiências a partir de intervenções em ecossistemas terrestres, observou-se a necessidade de interferir nos ecossistemas aquáticos, para se alcançar a efetiva resiliência do meio (RORIGUES; GANDOLFI, 2000).

Esta prática tem tido avanços significativos nas últimas décadas, contribuindo para as atividades de recuperação e restauração dos ecossistemas degradados, contribuindo então para o desenvolvimento e ampliação do pensamento ecológico (RODRIGUES, 2013). Essa área da ecologia vem se tornando uma ferramenta importante para o manejo, conservação e recuperação de muitos ecossistemas ao redor do mundo (SOARES, 2008). As intervenções empregadas em restaurações variam muito entre projetos, dependem de vários fatores como: extensão e duração das perturbações passadas, condições culturais que formaram a paisagem, além das limitações e oportunidades atuais (SILVEIRA, 2004).

3.2 A Restauração Ecológica em Ecossistemas Aquáticos

Atualmente com a crescente expansão das atividades antrópicas, os processos de degradação dos ecossistemas aquáticos sofrem cada vez mais com a poluição, assoreamento, barramentos, entre outros impactos (SMITH; ESPÍNDOLA; ROCHA, 2014). A degradação dos ecossistemas aquáticos e seus impactos negativos têm despertado interesse e reconhecimento sobre a importância de se restaurar os ambientes degradados (CARDOSO; BAPTISTA, 2011).

Algumas estratégias conservacionistas sobre a restauração do habitat aquático passaram a ocupar papel de relevância científica e social no momento em que a recuperação de rios passou a ser feita com base na morfologia fluvial (MOKANY et al., 2014). A incorporação da morfologia fluvial nas abordagens de recuperação de rios, nos permite alcançar a sua renaturalização de forma científica, resultando numa redução de distúrbios ambientais devido, em parte, a adoção de algumas técnicas de bioengenharia (FERREIRA et al., 2013).

Grande parte da degradação dos ecossistemas aquáticos trazem ameaças à biodiversidade (PALMER et al., 2007). Com relação à água, estes se caracterizam pela necessidade de implementar ações voltadas à restauração e a sua conservação, a partir das ações realizadas nos ecossistemas. Isso se deve pela crescentedemanda cada vez maior. Associada a esta exacerbada utilização, inclui-se também a degradação dos córregos e rios. A degradação desses ecossistemas tem despertado uma crescente demanda por projetos de manejo e recuperação (SMITH; ESPÍNDOLA; ROCHA, 2014).

No Brasil, assim como em muitos outros países, sempre houve uma grande tendência em eliminar os rios e córregos do contexto urbano, executando sua canalização, retificando seu leito e eliminando a mata ciliar. Estas intervenções visavam construir grandes avenidas, afastar o ambiente ora insalubre pelo lançamento de esgoto das pessoas e até reduzir enchentes. Estas ações trouxeram muitas conseqüências que culminaram em impactos severos nesses ambientes (RIGOTTI; POMPEO, 2011). A partir da necessidade de sanar estes impactos, foi percebido que se deve adequar o sistema de crescimento urbano com a preservação da geografia hídrica (SANCHEZ; JACOBI, 2012).

O primeiro passo para implementar um projeto de restauração de um rio deve ser baseado no estabelecimento das condições de sua degradação. Entre os pontos

a serem caracterizados estão: aspecto físico do rio; vazão da água; qualidade da água, condições da mata ciliar, diversidade e riqueza de habitats (CASTRO; MELLO; POESTER, 2012). Além de mencionar estes aspectos é necessário também constatar outros fatores que podem elevar o potencial da degradação são eles: represamento, dragagem, erosão, remoção da mata ciliar, atividades agrícolas, pecuárias, mineração, poluição difusa e pontual (LAMOUROUX; OLIVIER, 2015). Para auxiliar projetos de restauração ecológica a NRRSS (National River Restoration Science Synthesis, 2006), estabeleceu treze abordagens para efetivar o manejo de rios degradados:

1. estética/recreacional/educacional - atividades que engrandecem os valores comunitários tais quais o uso, aparência, acesso, segurança e conhecimento;
2. estabilização de margem - práticas destinadas a reduzir/eliminar erosão ou deslizamento do material da margem para dentro do canal fluvial;
3. reconfiguração de canal - alteração da forma em planta do canal ou perfil longitudinal e/ou "daylighting" (convertendo galerias pluviais e tubulações em canais abertos) - inclui restauração de meandros fluviais e estruturas internas do canal que alterem o seu talvegue;
4. remoção de barragem/reajuste - remoção de barragens e diques ou modificação/reajustes de uma barragem existente para reduzir impactos ecológicos negativos, exclui modificação de barragem destinada para melhorar a passagem de peixe;
5. passagem para peixe - remoção de barreiras para a migração de peixes a montante/jusante, inclui a remoção física de barreiras e também a construção de caminhos alternativos, bem como a criação de barreiras de migração posicionadas em locais estratégicos ao longo dos rios para prevenir o acesso de espécies indesejáveis a áreas a montante;
6. reconexão de planície de inundação - práticas que facultam o alcance das cheias nas áreas da planície de inundação e/ou promovem o fluxo de organismos e materiais entre a margem e as áreas da planície de inundação;
7. modificação de fluxo - prática que altera a sincronia e aporte da água aos canais, associada com a liberação de represamento e construção de reguladores de fluxo, não inclui o gerenciamento de água pluvial tipicamente (mas não necessariamente);
8. melhoria de habitat no interior do canal – alterando-se a complexidade estrutural para aumentar a disponibilidade e diversidade de habitat para organismos alvos e a provisão de habitat de alimentação e refúgio ou situações de distúrbio e predação;
9. gerenciamento de espécies no interior do canal - práticas que diretamente alteram a distribuição e abundância de espécies aquáticas nativas, através da adição (abastecimento) ou translocação de espécies de plantas e/ou animal ou a remoção de espécies exóticas; exclui manipulações físicas de habitat/território de alimentação;
10. aquisição de terra - práticas que obtêm arrendamento/título/servidão para as terras nas margens de canais com propósito explícito de remoção ou preservação de agentes de impactos e/ou facilitar futuros projetos de restauração;
11. gerenciamento ribeirinho - revegetação da zona ribeirinha e/ou remoção de espécies exóticas (ex: ervas Revista Brasileira de Geografia Física 03 (2010) 23-32 Silva, L.C. da 26 daninhas, gado); exclui plantação localizada para estabilizar áreas de margens;

12. gerenciamento de água pluvial - caso especial de modificação de fluxo que inclui a construção e gerenciamento de estruturas (pequenos lagos, brejos e reguladores de fluxos) em áreas urbanas para modificar a liberação do escoamento para os cursos de água a partir de bacias com elevada impermeabilidade, essas práticas/estruturas geralmente têm o objetivo de reduzir pico de fluxo e sua duração;

13. gerenciamento da qualidade da água - práticas que protegem a qualidade existente da água ou de modificação na composição química e/ou carga de partículas em suspensão, remediação de resíduos oriundos de minas, como também separação da concentração de sedimentos orgânicos (CSO) estão incluídos nessa categoria. Exclui gerenciamento da quantidade de escoamento urbano (apud SILVA, p. 25-26, 2010).

Em diversos países a adoção destas abordagens, nas práticas de restauração dos rios, tem melhorado a saúde dos córregos e rios bem como a qualidade de vida da sua biota.

3.3 Exemplos de Restauração de Rios

O projeto de restauração pode ser considerado como um instrumento que planeja, implementa e monitora os processos da restauração ecológica de ambientes ou áreas degradadas, sendo sua reabilitação o principal objetivo (IBAMA, 2011). Esta recomposição baseia-se na restauração do ecossistema ou comunidade biológica nativa degradada ou alterada, a uma condição não degradada, que pode ser próxima a seu estado original ou diferente de sua condição; porém preservando condições salubres do referido ecossistema (CARDOSO; BAPTISTA, 2011). O projeto deve ser elaborado a partir de pesquisas e documentação da evolução morfológica do ecossistema aquático e da biota, em função dos métodos de engenharia ambiental aplicados (CARMO et al., 2013).

Para avaliar a restauração de um rio é necessária a avaliação do seu entorno. A partir de sua bacia hidrográfica, devemos definir os objetivos específicos da restauração sendo imprescindível comparar a realidade atual com a situação ideal, considerando as condições ecológicas da zona ribeirinha (PEREIRA, 2011). Para se alcançar a restauração ecológica, dos ecossistemas aquáticos, buscaremos como objetivo principal, recriar ou simular um sistema natural e auto-regulado ecologicamente integrado com a paisagem (RIGUEIRA; MARIANO, 2013).

Além de análises realizadas, com a implantação do projeto de restauração, deverá ser inserido, planos de manejo, com base em dados práticos. Com esse objetivo teremos dados e diagnósticos concretos, de como se realizar a restauração

e sua implantação de maneira eficaz. O monitoramento deve ser realizado periodicamente, utilizando indicadores mensuráveis, previamente estabelecidos, capazes de revelar se os objetivos do restauro estão sendo alcançados e as dinâmicas populacionais e de interações que irão garantir a auto-manutenção do ecossistema serão novamente estabelecidas (UEHARA; GANDARA 2011).

A maioria dos rios do planeta enfrentam problemas com a poluição, de acordo com dados da Comissão Mundial de Águas. Apesar disso várias cidades já transformaram seus rios degradados em importantes símbolos das cidades, como Seul, Paris e Londres, que proporcionaram aos seus rios o retorno da biodiversidade da sua vida social e econômica (EL-DEIR, 2014). Eis alguns casos que podem ser utilizados como exemplos:

3.3.1 Rio Cheonggyecheon

O Rio Cheonggyecheon Seul (Figura 1) em 1978, teve suas margens e leito canalizados dando lugar à uma grande avenida. Em meados dos anos 2000 um grupo de pesquisadores resolveu restaurar o rio executando as seguintes intervenções: a restauração histórica e cultural do centro de Seul (OLIVEIRA; ENGEL, 2011). A demolição das estruturas de concreto (Figura 2) e criação de uma estação de suprimento de água, a implementação de tratamento de efluentes, a execução de projetos de paisagismo e iluminação, obras de controle de cheias, além do retorno do rio para o convívio da cidade (GARCIAS; AFONSO, 2013).

Figura 1 - Rio Cheonggyecheon (Seul) que teve seu leito canalizado em 1970.



Fonte: Disponível em: <<http://solucoesparacidades.com.br/saneamento/coreia-despoluir-para-apreciar/>>. Acesso em: 25 out. 2015.

Figura 2 - Rio Cheonggyecheon (Seul) após processo de restauração ecológica, mostrando interação com os cidadãos.



Fonte: Disponível em:< <http://solucoesparacidades.com.br/saneamento/coreia-despoluir-para-apreciar/> >. Acesso em: 15 mar. 2015.

3.3.2 Rio Mapocho

O rio Mapocho (Figuras 3 e 4), localiza-se na região metropolitana de Santiago (Chile), com nascentes na cidade de Barnechea, passando por várias comunidades, incluindo as cidades de Providência, Maipu e Santiago. Sua extensão é de aproximadamente 110 km, sendo que a área de drenagem da sua bacia hidrográfica é 4230 km². Fatores como poluição orgânica proveniente da falta de rede de esgoto, lançamento de chorume devido à disposição final inadequada de resíduos sólidos, ausência de conservação do seu leito e fragmentação dos espaços urbanos relacionados ao rio, constituem as principais causas de degradação dos trechos dos rios (SEAR et al., 2009).

Entre as consequências da degradação, citam-se as alterações na biota e falta de espaços e falta de água de boa qualidade, para abastecimento e proporcionar a recreação e o contato direto da população com o rio (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Na década de 1960, foi proposto pelos urbanistas que produziram o plano diretor de Santiago, a formação de um corredor ecológico para integrar e harmonizar o rio com a paisagem da cidade. Porém, por diversas razões pertinentes à época, a execução dessa proposta não foi efetivada, mas a idéia vem sendo resgatada pelos urbanistas em vários planos subseqüentes de recuperação do rio Mapocho (GARCIAS; AFONSO, 2013).

Figura 3 - Remoção total da mata ciliar e da vegetação riparia no rio Mapocho.



Fonte: Disponível em: < <http://www.panoramio.com/photo/109800128> >. Acesso em: 25 mar. 2015.

Figura 4 - Melhorias no regime das águas devido à intervenção e processo de restauração no rio Mapocho.



Fonte: Disponível em: < <http://www.kaleberg.com> >. Acesso em: 25 mar. 2015.

3.3.3 Rio Sena

O Sena em Paris (Figuras 5 e 6) foi degradado por conta da poluição industrial e também do esgoto doméstico. Por conta de seu estado degradado, desde a década de 1920 o Sena é alvo de preocupações ambientais. Mas foi apenas em 1960 que os franceses passaram a investir na revitalização do local, construindo estações de tratamento de esgoto (OLIVEIRA, 2014).

Na década de 50, a bacia do rio Sena contava apenas com onze estações de esgoto, desde 2008 este número elevou-se para 2000 estações em funcionamento. Hoje nota-se grande diferença na situação da qualidade das águas (Figura 5), além disso, já existem 30 espécies de peixes no rio, mas o processo para que isso acontecesse foi lento. No começo, havia apenas 11 estações em funcionamento. Em 2008 já eram duas mil, mas a meta é que em 2015 o rio já esteja 100% despoluído. Como parte do processo de tratamento esgoto, o governo criou leis que multam fábricas e empresas que despejem substâncias nas águas. Além disso, há um incentivo entre 100 e 150 euros por hectare para que agricultores que vivem às margens do rio não o poluam (GARCIAS; AFONSO, 2013).

Figura 5 - Rio Sena e a restauração ecológica posterior a 1960.

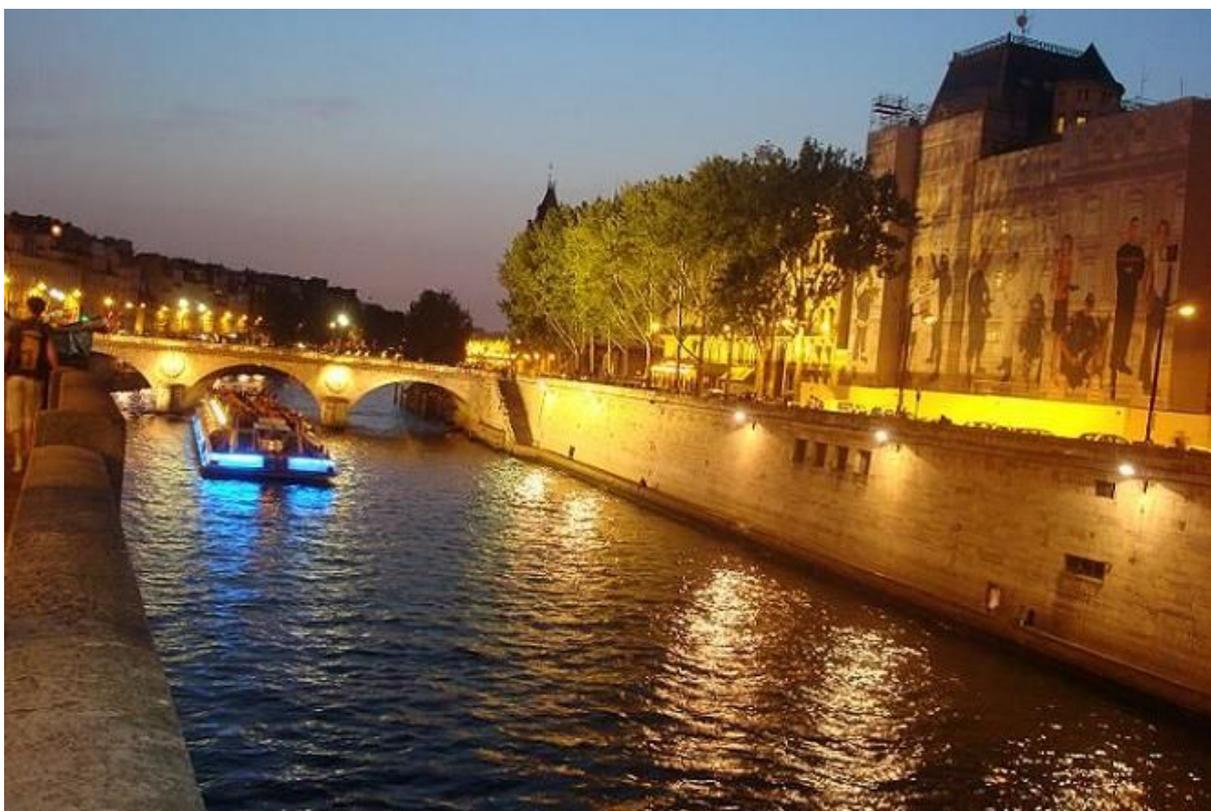


Fonte: Disponível em: < <http://www.gettyimages.pt/search/2/image?family=creative&language=pt-pt&p=rio+sena> >. Acesso em: 20 maio 2015.

A bacia do Rio Sena compreende quase 20% do território francês e sua área corresponde a 100.000 km². Ali situam-se cerca de oito mil cidades, também denominadas de comunas, e sua população total equivale a 8 milhões de habitantes. Desse total, 80% vive em Paris que compreende 30% das atividades industriais, que equivalem a quase 5 mil indústrias dos mais variados setores. 20% da produção agrícola francesa é oriunda das suas áreas de drenagem. Conforme cita a agência de águas responsável a revitalização da bacia não deve considerar somente a qualidade das águas, mas também a qualidade de seus habitats. Sob o ponto de vista principal com relação a esta bacia, um dos principais desafios das restaurações ecológicas é o tratamento de esgotos e efluentes (CASTEROT, 2010).

Considerando que a França foi um dos países pioneiros a considerar que a bacia hidrográfica é a principal unidade de gestão dos recursos hídricos, este modelo de gestão possui suas ações operacionalizadas pela constituição de comitês de bacias hidrográficas, que são formados por representantes de diversos setores da sociedade, cujo objetivo é proporcionar melhorias ambientais na qualidade de suas bacias (GARCIAS; AFONSO, 2013).

Figura 6 - Imagens do rio Sena com iluminação, após recuperação este rio sempre foi um dos principais pontos turísticos da cidade.

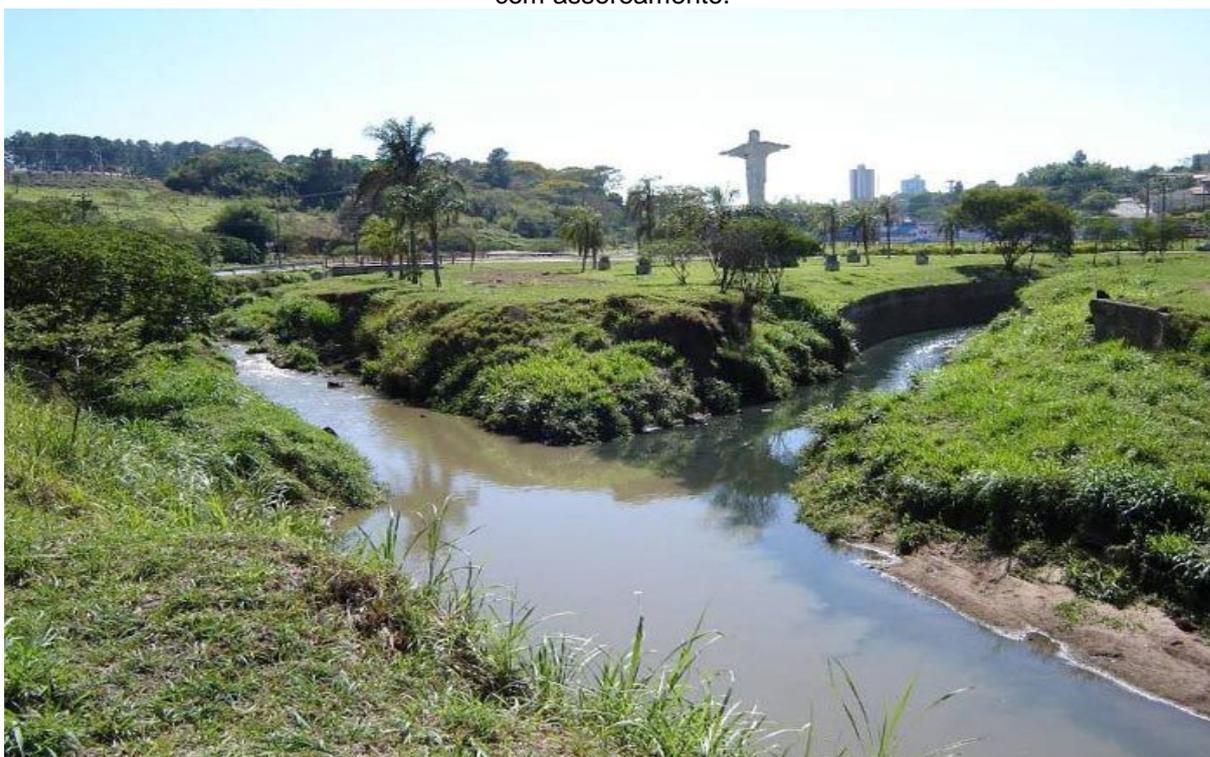


Fonte: Oton Lima, 2009.

3.3.4 Rio Tijuco Preto

O Rio Tijuco Preto localizado na cidade de São Carlos, SP, passou por problemas de poluição desde 1960. Com o lançamento de esgoto e efluentes, levando suas águas a poluição extrema, não obstante, grande parte de sua extensão, assim como suas margens foram impermeabilizadas. Procurando melhorar esta situação, um grupo de professores da USP envolvidos na questão ambiental, juntamente com a prefeitura local, desenvolveram projetos para buscar sua revitalização ecológica e recuperar o rio, buscando então, alcançar os aspectos funcionais e diminuir o lançamento de esgotos e efluentes (Figuras 7, 8 e 9) no mesmo (ESPÍNDOLA; BARBOSA; MEDIONDO, 2005).

Figura 7 - Rio Tijuco Preto mostrando suas margens degradadas, ausência de mata ciliar e pontos com assoreamento.



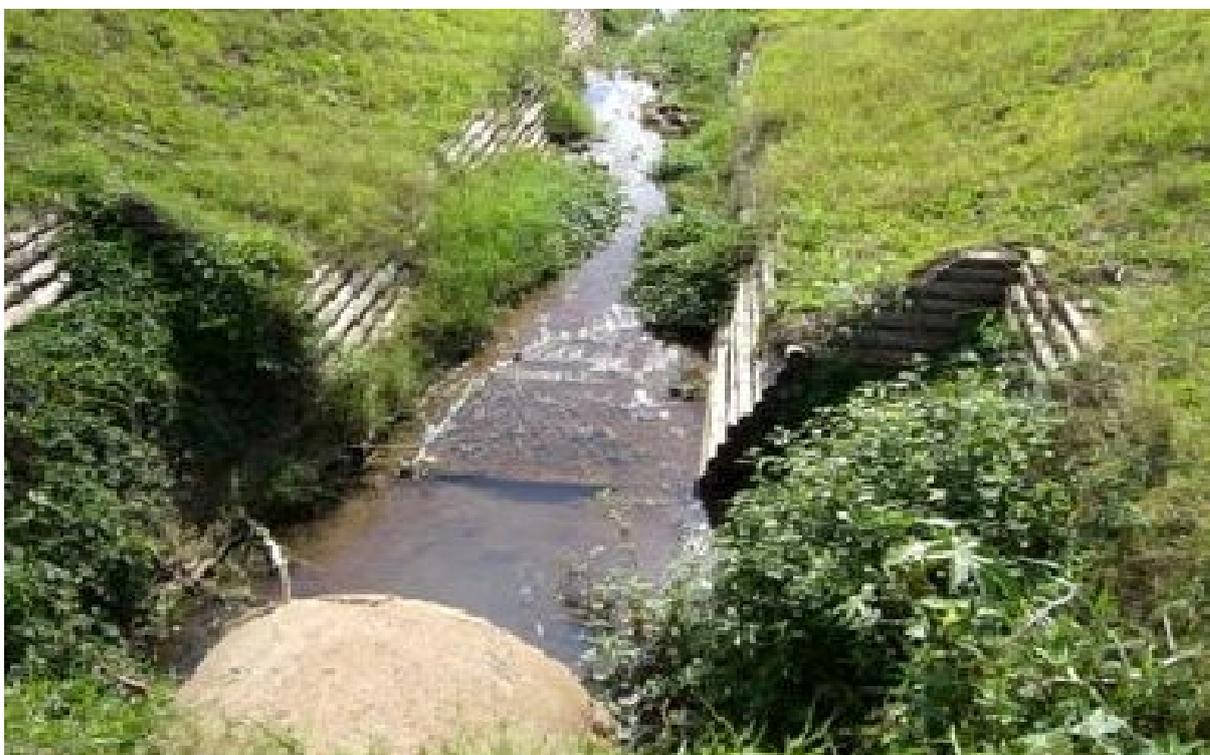
Fonte: USP/ EESC/SHS/ LHC, 2011.

Figura 8 - Trecho do Rio Tijuco Preto com lançamento de esgoto.



Fonte: USP/ EESC/SHS/ LHC, 2011.

Figura 9 - Rio Tijuco Preto e a contenção das margens, evitando processos de erosão.



Fonte: USP/ EESC/SHS/ LHC, 2011.

3.3.5 Rio Sorocaba

Desde o ano 2000 foi implantado o Programa de Revitalização do Rio Sorocaba (Figura 10). Esse programa é constituído por diversas intervenções de coleta, afastamento e tratamento do esgoto produzido na cidade, retirando esse efluente do dos córregos e do rio Sorocaba. Foram construídos 28 km de interceptores de esgoto, implantados ao longo das duas margens do rio Sorocaba, desde a rodovia Raposo Tavares até o Parque Vitória Régia; além de estações elevatórias de esgoto e estações de tratamento (REVITALIZAÇÃO..., 2015).

O Programa contribuiu para eliminar o processo de degradação do rio e melhorou a qualidade da água. Houve também o envolvimento da comunidade e das escolas públicas nas ações de plantio e revitalização do rio Sorocaba e seus afluentes, sendo plantadas cerca de 130 mil mudas de espécies nativas, as margens do rio e de seus afluentes. Além disso, Cerca de 7.000 pessoas que ocupavam áreas irregulares, nas margens alagáveis do rio Sorocaba, foram transferidas.

Figura 10 - Imagem do rio Srocaba.



Fonte: SAAE – Sorocaba, 2014..

As análises da água, cujo monitoramento tiveram início em 2005 (iniciado com a instalação da primeira ETE), são efetuadas quinzenalmente (com coletas da água em dois pontos do rio) e vêm mostrando melhora gradativa em todos os parâmetros analisados: sólidos sedimentáveis, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), temperatura, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), coliformes fecais, coliformes totais, óleos e graxas.

A revitalização do rio e dos córregos de Sorocaba (Figura 11 e 12) alcançaram resultados satisfatórios como a minimização da degradação ambiental, redução de doenças de veiculação hídrica, possibilidade de múltiplos usos do rio: lazer, turismo, transporte, reurbanização da região, alcançando assim, melhor qualidade de vida na cidade. O exemplo de Sorocaba foi destaque no 6º Fórum Mundial da Água, em Marselha, na França, em 2012, com a palestra da cidade sobre o Programa de Revitalização do Rio Sorocaba, durante a Conferência Internacional de Autoridades Locais e Regionais pela Água. “De acordo com a Agência Nacional de Águas, a classificação do Rio Sorocaba passou de Ruim para Regular, entre 2005 e 2010” (REVITALIZAÇÃO..., 2015).

Figura 11 – Imagem do Parque das Águas.



Fonte: SAAE – Sorocaba. 2015.

Figura 12 – Imagem do rio Sorocaba em área adjacente ao Parque das Águas.



Fonte: SEMA Sorocaba, 2015.

3.4 Indicadores Ecológicos em Restauração de Rios

Os indicadores constituem informações quantificadas, de cunho científico e de fácil compreensão, usadas nos processos de decisão (JANSSON; NILSSON; MALMQVIST, 2007). São úteis como ferramentas de avaliação de determinados fenômenos, apresentando suas tendências e progressos que se alteram ao longo do tempo (LAMOUREUX; OLIVIER, 2015). Estes devem ser considerados estatísticas que representam ou resumem alguns aspectos dos rios ou córregos, dos recursos naturais e de atividades humanas relacionadas que envolvem questões como: a preservação, conservação e utilização sustentável de ecossistemas, preservação e conservação da biodiversidade e das florestas, instrumentos econômicos e sociais para a melhoria da qualidade ambiental, assim como o uso sustentável dos recursos naturais, entre outras (WOOLSEY et al., 2007). Constituem-se, portanto, como ferramentas indispensáveis para acompanhamento e definição das políticas, ações e estratégias.

Portanto consideramos os indicadores como variáveis, cuja finalidade é medir as alterações em um fenômeno ou processo por meio do monitoramento, tal como alterações na biodiversidade ou nos processos ecológicos do ecossistema em restauração, ao longo de sua trajetória em relação ao estado desejado. Na literatura científica muitos autores estabelecem a importância paisagística, ecológica e a qualidade da água no contexto da restauração ecológica dos ecossistemas aquáticos. Os principais indicadores de projetos de restauração ecológica de ecossistemas aquáticos são:

- Parâmetros, físicos, químicos e biológicos;
- remoção de poluentes;
- restauração da vegetação ripária;
- aumento e melhoria de habitats físicos dentro dos cursos d'água;
- aumento da fauna silvestre;
- estabilização das margens e do canal fluvial;
- controlar enchentes.

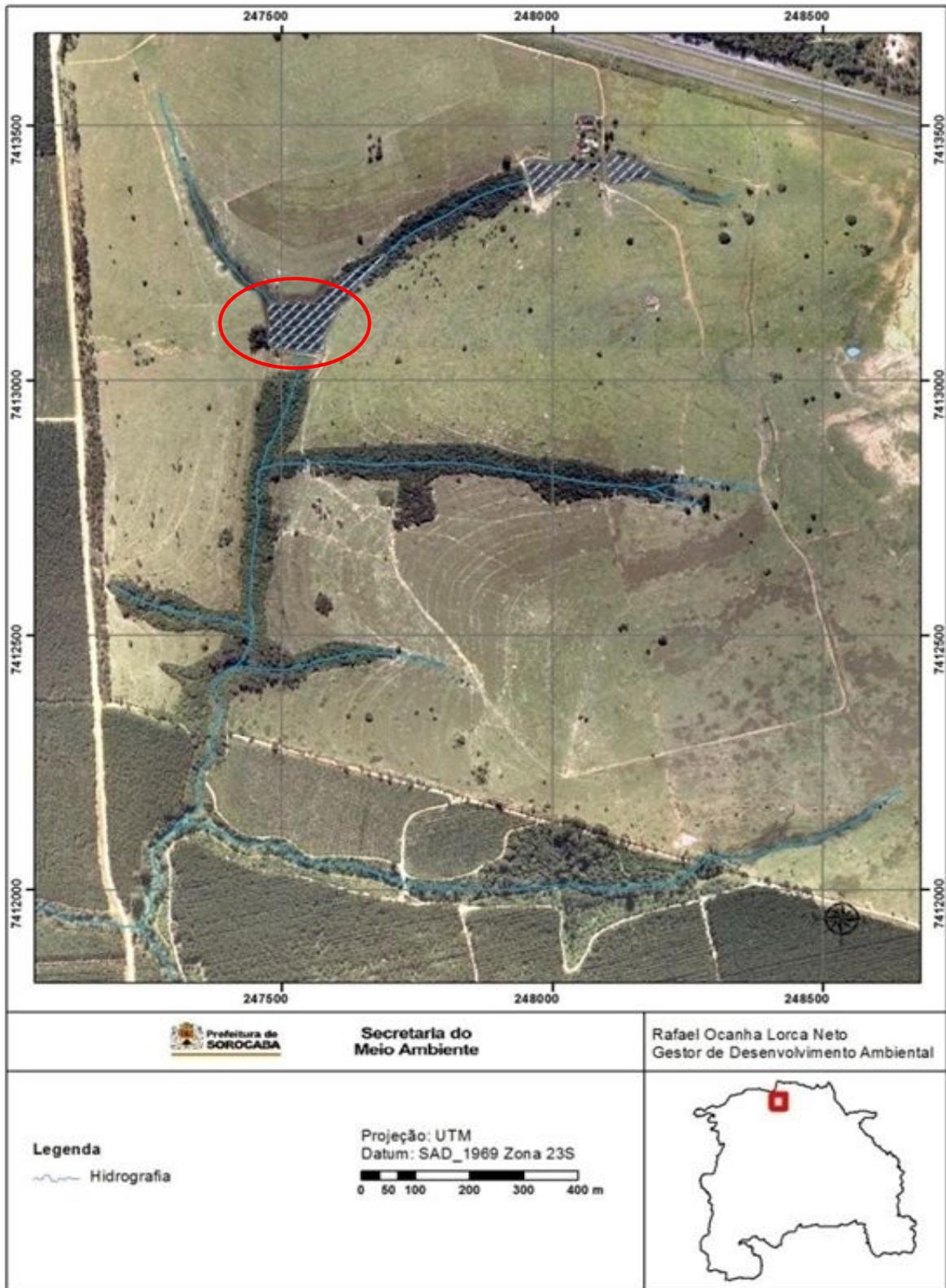
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

A área possui 14.460 m² e está localizada no novo Distrito Industrial do município de Sorocaba - SP, no Km 91 da rodovia Castelo Branco (SP-280). As coordenadas geográficas são aproximadamente 23°23' de latitude sul e 47° 27' de longitude oeste. Apresenta um clima subtropical, temperado. De acordo com a classificação de Köppen. A área de estudo possui clima dominante do tipo "Cwa", que caracteriza clima subtropical quente. O córrego da Campininha (Figura 13) está localizado na região norte do município, sendo considerado de 1ª ordem e afluente da margem direita do rio Sorocaba, formado a partir da confluência de duas nascentes. Os solos da região, tanto de áreas intangíveis, quanto de áreas de recuperação são naturalmente pobres em nutrientes. Destacamos a importância da manutenção do teor de matéria orgânica da camada superficial do solo para preservar o potencial de retenção de cátions. As zonas estudadas foram realizadas no parque PNMCBio, as zonas que apresentam estudos apresentam valores físico-hídricos aquém do recomendado para um bom crescimento e desenvolvimento de plantas. No entanto, estudos sobre a vegetação do PNMCBio, demonstraram que há baixa diversidade de espécies na Zona Intangível, o que sugere uma relação com os resultados pouco satisfatórios sobre os aspectos físico-hídricos, assim a deficiência de nutrientes encontrados na área.

A complexidade dos fatores relacionados ao solo e suas interações, associado à carência de estudos que integrem todos estes fatores em sistemas naturais, dificultam a exposição de uma avaliação efetiva em relação à área (SIMONETTI et al., 2015).

Figura 13 - Micro Bacia do córrego da Campininha, indicando a área de estudo.



Fonte: SEMA, 2010.

Este córrego sofreu diversas perturbações decorrentes de atividades antrópicas, tais como: remoção da vegetação ripária, represamento, erosão, assoreamento e rompimento de barragem.

4.2 Desenvolvimento da Pesquisa

O projeto de pesquisa foi desenvolvido em quatro etapas. Na primeira elaborou-se a caracterização e diagnóstico ambiental pré intervenção, na segunda fase, a implantação do projeto ações intervencionistas, na terceira etapa, a avaliação através de protocolo e na quarta etapa, técnicas para avaliação de projetos de restauração de córregos e rios. Foi feito um inventário fotográfico para demonstrar as principais etapas da restauração e a evolução inicial.

Na fase de avaliação do projeto, utilizamos informações e dados de um córrego de referência não impactado pertencente a mesma bacia de drenagem. Buscamos relacionar os resultados de principais estratégias construtivas que puderam conciliar a funcionalidade ecológica com desempenho da drenagem do córrego. A partir do levantamento, priorizou-se a utilização de intervenções inclusive a execução de obras de engenharia civil, além de técnicas tradicionais de restauro, reflorestamento, ligação entre os córregos, de diferentes níveis topográficos. A proposta do projeto foi auxiliar o retorno do leito do córrego às suas configurações originais. Na Figura 14 destaca-se a área, onde foi implantado o projeto de restauração.

Figura 14 - Área de intervenção e restauração.



Fonte: Google Earth, 2015

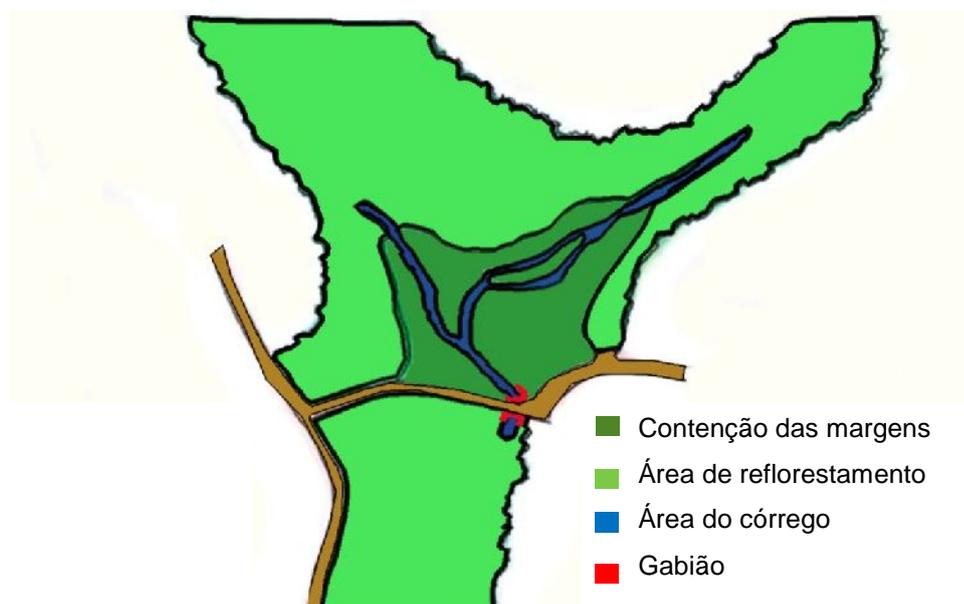
4.2.1 Caracterização Ambiental do Córrego

A caracterização do córrego da Campininha foi realizada através da averiguação dos principais impactos que incidem sobre o trecho avaliado. Além disso, foi realizada uma caracterização fotográfica através de imagens do Google (períodos de 2010, 2012, 2013 e 2014) e levantamento fotográfico para registrar os vários momentos das intervenções no córrego. Foram obtidas as medidas da largura e profundidade em diferentes pontos do córrego utilizando para isso uma trena métrica. Realizaram-se visitas técnicas da área de estudo, de setembro de 2014 a março de 2016. Foi utilizado ainda o protocolo de avaliação rápida para caracterizar o córrego, ver tópico 4.2.1.3.

4.2.2 Execução e Implantação do Projeto de Restauração

O projeto de restauração do córrego foi elaborado a partir da decisão de não refazer o lago existente quando do rompimento da sua barragem. Optou-se por restaurar o trecho que ora era o lago, refazendo o seu curso e recuperando a sua APP. O projeto baseou-se em 4 intervenções apresentadas na Figura 15 e no Quadro 1 detalhando as ações realizadas.

Figura 15 - Croqui do projeto de restauração.



Fonte: Elaborado pelo autor.

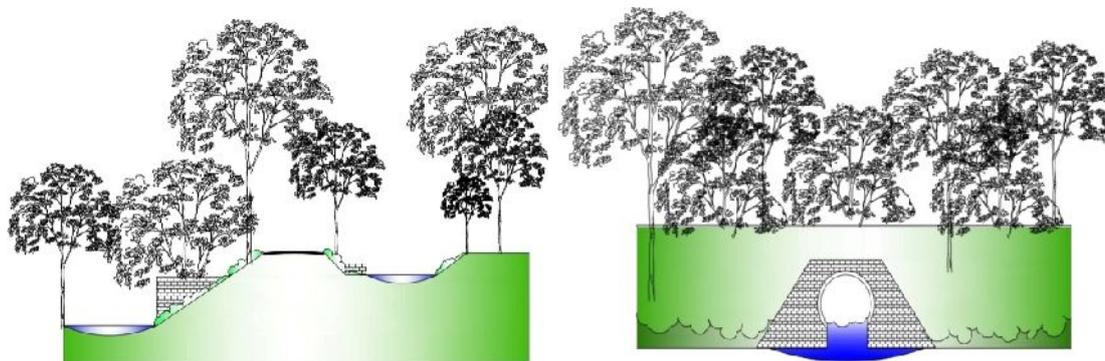
Quadro 1 - Relação das intervenções executadas no córrego da Campininha.

Intervenção	Objetivo	Observação
Terraplenagem do local (fevereiro de 2014)	Adequar o local para iniciar as obras de restauração e plantio de gramíneas, para contenção de deslizamento de margens e processos erosivos..	O terraplenagem serve para nivelamento do local, adequando-o para intervenções como o plantio a estabilização da topografia.
Construção do sistema de drenagem através de gabiões. (maio de 2014).	Auxiliar o retorno das configurações originais do leito do córrego, recuperar a geometria hídrica	No local não há outra solução, se não a implantação do sistema de drenagem e conexão entre os riachos.
Plantio de grama no talude (setembro de 2014)	Impedir o carreamento de sedimentos para o córrego	Para auxiliar a estabilização das margens em um rápido período, é a solução mais eficiente.
Recuperação do leito (setembro de 2015)	Implantar 500 metros de uso do córrego e estabelecer a configuração natural.	Utilizou-se um córrego referência próximo ao local.
Recuperação da APP (outubro de 2014)	Aumentar a proteção do córrego e os recursos fornecidos para a biota aquática	Utilizaram-se espécies nativas e procedimentos baseados na SMA 032/2014.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Cabe ressaltar que foi necessário para conectar os trechos a montante e a jusante da antiga barragem, que apresenta diferença de topografia a execução do gabião (Figura 16). Os plantios realizados para recuperar a APP foram realizados seguindo a resolução SMA 032/2014 (SÃO PAULO, 2014).

Figura 16 - Esquema de gabião.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.3 Avaliação Ambiental Através de Protocolo e Análise de Imagens

A fim de avaliar o estado de conservação do riacho bem como verificar a influência das medidas adotadas para a restauração do córrego, foi utilizado o protocolo de avaliação rápida adaptado de Callisto, Moretti e Goulart (2001) em 9 campanhas de amostragem (setembro, outubro, novembro e dezembro de 2014, março, junho e dezembro de 2015 e fevereiro e março de 2016). A avaliação se deu pela caracterização dos pontos de amostragem (Quadro 2 e Figura 17), atribuindo valores às características físicas do ecossistema, tais como tipo de substrato, impactos como erosão, assoreamento, estado da mata ciliar e cobertura vegetal (Figura 18 e Quadro 3). O somatório dos valores de cada atributo reflete o nível de preservação do trecho do riacho, sendo considerados impactados trechos com pontuações entre 0-40, alterados trechos com valores entre 41-60 e naturais trechos com somatórios acima de 61 pontos.

Quadro 2 - Pontos de amostragem para monitoramento.

Pontos de Amostragem	Coordenadas UTM	Altitude
1A	23K 0247584 7413147	596
1B	23K 0247513 7413086	596
1C	23K 0247467 7413073	596
2A	23K 0247439 7413101	597
2B	23K 0247455 7413045	597
3	23K 0247483 7423019	596
4	23K 0247493 7412979	591
5	23K 0247433 7412833	591

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 17 - Pontos de amostragem utilizados para avaliação.

Fonte: Google Earth, 2015.

Figura 18 - Protocolo dos parâmetros avaliados.

Protocolo de campo

Avaliação habitat: físico e Qualidade da água

Data ___/___/___ horário: _____

Pesquisador: _____

Riacho: _____ Ordem: _____ UTM: _____ LAT/LONG _____ Foto _____

Nº _____ Data: ___/___/___ Horário _____

Características Estruturais									
	0m			50m			100m		
largura									
prcfundidade									
Qtd. pools									
Qtd. Riffles									
Qtd. Runs									
	Mrg. direita			centro			Mrg. esquerda		
substrato	0m	50m	100m	0m	50m	100m	0m	50m	100m

Protocolo de avaliação da qualidade ambiental, níveis de impactos ambientais e conservação de habitats

PARÂMETROS	pontuação			
	5	3	2	0
1- tipos de ocupação da margem do rio				
2- Características da Vegetação				
3- Largura da Mata Ciliar				
4- Erosão próxima e eu nas margens do rio e assoreamento em seu leito				
5- Assoreamento				
6- características do fluxo de água				
7-Substrato				
8-Variação de velocidade e profundidade				
9-Oleosidade da água				
10-Transparência da água				
11-Combinação de meso-habitats				

Coleta de análises microbiológicas () sim () não

Coleta de análise de nutrientes () sim () não Nome:Amostra _____ nº _____

Observações: _____

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Callisto, Moretti e Goulart (2001).

Quadro 3 - Pontuação de parâmetros, protocolo de avaliação da qualidade.

Parâmetros	5	3	2	0
1. tipos de ocupação das margens	Ausência de ocupação vegetação natural	Sítios chácaras locais para recreação	Pecuária, atividades agrícolas e outras	Residencial comercial industrial
2. características da vegetação	Vegetação natural	Capoeira com subbosque: áreas de reflorestamento	Pasto / agricultura gramíneas	Solo exposto sem vegetação
3. Largura da mata ciliar	> 30m	30 > 20	20 > 10	< 10
4. Erosão próxima nas margens	Ausente	Ambiente propício	Erosão pouco evidente	Muito evidente
5. Assoreamento	0-5% da extensão amostrada	5-30%	30 – 50%	> 50%
6. Características do fluxo d'água	Constante sem interrupções, ausência de barragens	Presença de pequenas barragens	Fluxo d'água prejudicado por construções	Fluxo d'água interrompido
7. Substrato	Heterogênea ótima proporção de material, alóctone	Presença de galhos e folhas em menor proporção que seixos e lajes	Apenas 2 itens escritos na pontuação, areia, silte e pedras	Ausência generalizada de habitats prevalência de areia e silte
8. Velocidade e profundidade	Proporção de lento-profundo, lento raso, rápido raso e rápido profundo	Apenas 3 das 4 descrições de pontuação	Apenas 2 das 4 descrições de pontuação	Apenas um dos itens descritos na pontuação
9. Oleosidade na água	Ausente	Entre 20 – 40% do local amostrado	Entre 40 – 60 % do local amostrado	Acima de 60%
10. Transparência da água	Transparente	Barrenta – marrom forte	Turva – cor de chá verde escuro ou acinzentada	Colorida afluentes industriais
11. Combinação de meso habitats	Presença de corredeiras, remansos e menor proporção de "runs" (corredeira profundas)	Predomínio de runs sobre as corredeiras e pequenos remansos marginais	Apenas "runs" e pequenos remansos marginais	Somente "runs"
Pontuação	Acima de 61 – trechos naturais	50 – 60 trechos alterados	31 – 50 trechos impactados	0-30 trecho muito degradado

Fonte: Elaborado pelo autor, adaptado de Callisto, Moretti e Goulart (2001).

4.2.4 Aplicação da Análise de Imagens

Foi utilizada ainda a análise de imagens aéreas em diferentes datas (anos) da área estudada utilizando a segmentação de imagem que consiste em particioná-la em objetos que a compõe. Para ser útil, cada parte deve possuir um significado por si. Como consequência, deve existir uma forte correlação entre os pontos pertencentes a cada parte. O método de agrupamento (*clustering*) consiste em, a partir de um conjunto de dados, classificarem os objetos em grupos baseados na similaridade entre eles. Esta classificação deve ser realizada de maneira automática, sem intervenção do usuário, sem considerar previamente propriedades características dos grupos e sem o uso de grupos de teste previamente conhecidos para direcionar a classificação.

As medidas de similaridade são conhecidas como medidas de distância entre dados. Se os dados são numéricos, como é o caso das coordenadas de uma cor no espaço RGB, a *distância euclidiana*, dada por:

$$d(\mathbf{cor}_1, \mathbf{cor}_2) = \sqrt{(r_1 - r_2)^2 + (g_1 - g_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$$

é uma medida de similaridade entre duas cores, onde r, g e b são os valores das coordenadas nos eixos primários do espaço de cores.

Os métodos de agrupamento procuram classificar elementos (no caso, cores) em um grupo com distâncias pequenas entre si. Um bom agrupamento caracteriza-se por pequenas distâncias entre elementos do mesmo grupo e grandes distâncias entre elementos de grupos diferentes. Os vários métodos existentes podem ser rotulados como hierárquicos e particionais. Os métodos particionais são baseados na minimização de uma função de custo, onde os padrões são agrupados em um número k de agrupamentos escolhido *a priori*. Uma das principais vantagens dos métodos particionais em relação aos métodos hierárquicos é a possibilidade de um padrão poder mudar de agrupamento com a evolução do algoritmo e a possibilidade de se operar com bases de dados maiores.

Os métodos particionais são extremamente mais rápidos que os métodos hierárquicos. As principais desvantagens dos métodos particionais estão no fato do número de agrupamentos terem que ser escolhido *a priori*, o que poderá sugerir interpretações erradas sobre a estrutura dos dados caso o número de agrupamentos não seja o ideal, e no fato de que o algoritmo é em geral sensível às condições

iniciais, podendo gerar resultados diferentes a cada rodada (FUNG, 2001). O problema quando se escolhe erroneamente o número de agrupamentos é que o método irá impor uma estrutura aos dados, no lugar de buscar a estrutura inerente a estes (KAINULAINEN, 2002). Segundo Bonventi, Smith e Moreira. (2016), a metodologia identifica e caracteriza a situação da área, através do agrupamento de pixels e com a segregação das imagens através das cores, transformando grupos, caracterizando a composição do tipo de terreno analisado. Métodos de detecção de agrupamentos (*clustering*) podem separar (segmentar) as imagens por semelhanças de cores.

4.2.5 Técnicas para Avaliação de Projetos de Restauração de Córregos e Rios

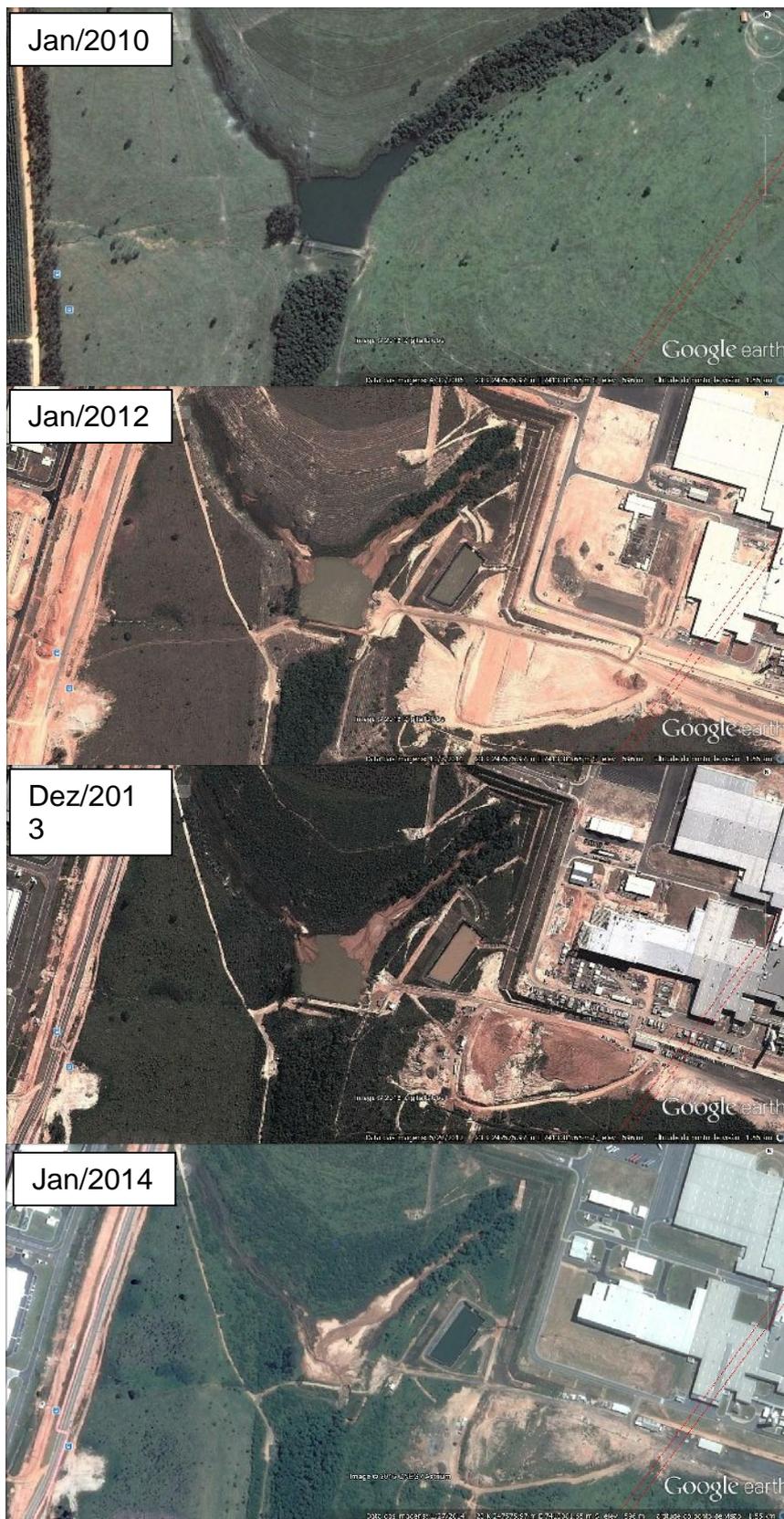
Para a verificação das técnicas utilizadas e realizar uma avaliação destas, foi executado um levantamento dos artigos científicos publicados, em inglês que apresentassem em seus títulos o termo *restoration*, utilizando a base bibliográfica *ISI Web of Knowledge*. Para incluir artigos que se relacionassem diretamente à discussão sobre a restauração ecológica, ou à descrição de projetos de restauração em diferentes ecossistemas, optou-se pela seleção de 12 periódicos da área ecológica / biológica, disponíveis na base utilizada: *Restoration Ecology*; *Ecological Engineering*; *Conservation Biology*; *Freshwater Biology*; *Biodiversity and Conservation*; *Environmental Management, Science*; *Applied Vegetation Science*; *Biotropica*; *Oecologia*; *Landscape Ecology* e *Ecology*. Todos os artigos foram incluídos numa lista para verificação e, a partir dos seus títulos, foi feita uma primeira triagem, de forma a excluir os artigos que não se referiam à restauração ecológica de córregos e rios. Dessa forma, foram excluídos artigos cujo enfoque do termo restauração não se referia com aquele proposto para esta pesquisa. A segunda triagem foi feita para obter apenas artigos que apresentassem técnicas de avaliação de projetos de restauração de córregos e rios.

5 RESULTADOS

5.1 Caracterização Ambiental do Córrego

O Córrego da Campininha é de primeira ordem, os rios de primeira ordem correspondem às nascentes, onde o volume de água ainda é baixo. Formado por duas nascentes, sendo afluente da margem direita do rio Sorocaba, estando localizado na região norte do município de Sorocaba (Figura 19). Este córrego sofreu diversas perturbações decorrentes de atividades antrópicas, tais como: remoção da vegetação ripária, represamento, erosão, assoreamento e rompimento de barragem. Foram construídas barragens, que resultaram em pequenos lagos, destinados à pesca esportiva e a criação de tilápias, descaracterizando a cabeceira do córrego.

Figura 19 - Vista aérea do córrego da Campininha em diferentes anos mostrando as transformações ao longo do tempo.



Fonte: Google Earth, 2015.

Desde o período anterior a 2010, a área em questão já se encontrava impactada devido ao barramento do córrego, remoção da mata ciliar, introdução de espécies exóticas da fauna aquática, entre outros como pode ser verificado na imagem de janeiro / 2010 (Figura 19). Em 2012, iniciaram-se as atividades de infraestrutura de inúmeras instalações industriais e duplicação da avenida Itavuvu, através de intensa movimentação de terra, causou o carreamento de sedimentos para o córrego, levando ao seu assoreamento e dos trechos a jusante (Figura 19), imagens janeiro de 2012 e dezembro de 2013. No fim de 2013 e início de 2014, o contínuo carreamento de sedimentos, a falta de manutenção da barragem com a forte precipitação da época resultou na ruptura da barragem e o desaparecimento do lago (Figura 19, janeiro de 2014).

Anterior à ruptura da barragem, o lago apresentava-se com depósitos de sedimentos, as margens e a vegetação ripária inexistente (Figura 20). A mata ripária foi removida e substituída por gramíneas (Figura 21), além do plantio de eucalipto, em alguns trechos.

Figura 20 - Lago formado pelo barramento do córrego e margem assoreada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 21 - Foto mostrando as margens.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a ruptura da barragem, o lago foi suprimido (Figuras 22 e 23) desaparecendo o ecossistema lântico com a sua biota. A Figura 24 mostra as águas do córrego correndo por onde era o lago. Deve ser ressaltado o impacto do ocorrido na comunidade. Além disso, grande quantidade de sedimento depositado no lago foi transportada rio abaixo, ocasionando intenso assoreamento e impacto à comunidade nesses trechos. Diante do exposto foi imprescindível a execução e implantação do projeto de restauração do córrego.

Figura 22 - Imagens do lago após ruptura da barragem, em 2014.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 23 - Imagens do lago após ruptura da barragem em 2014.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 24 - Leito do córrego após a ruptura da barragem em 2014.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2 Execução e Implantação do Projeto de Restauração

De acordo com o apresentado na Figura 15 e Quadro 1 (ver item 4.2.2) foram realizadas algumas intervenções no córrego na tentativa de recuperá-lo e reduzir o principal impacto, que é a erosão e o carreamento de sedimento para seu curso. A Figura 25 mostra os processos erosivos e a contenção realizada. Diversos pontos das margens apresentaram situação semelhante, sendo executado ainda plantio de gramíneas, para auxiliar na contenção das margens e evitar deslizamentos de sedimentos e processos erosivos (Figura 26). Em seguida foi executado a instalação do gabião (Figura 27 e 28), necessário para conectar os trechos a montante e a jusante no ponto da antiga barragem, pois apresenta diferença de topografia. Além disso, serve para drenagem de águas pluviais e contenção parcial das margens.

Figura 25 - Imagens de trecho erosivo e a contenção realizada, setembro de 2014.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 26 - Imagens de trechos erosivos e plantio de gramíneas em setembro de 2014.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 27 - Gabião em outubro de 2014.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 28 - Gabião em março de 2015.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em 2016, a utilização destes sistemas (Figura 29), favoreceu e propiciou a reabilitação e os aspectos funcionais dos sistemas lóticos, conseguindo alcançar a funcionalidade ecológica dentro da unidade física. Após as intervenções físicas foi executado o reflorestamento da APP com o plantio de espécies nativas (Figura 30). Este plantio baseou-se na Resolução SMA 032/2014 (SÃO PAULO (Estado), 2014). Esta Resolução estabelece diretrizes e orientações para a elaboração, execução e monitoramento de Projetos de Restauração Ecológica no Estado de São Paulo, além de critérios e parâmetros para avaliar seus resultados e atestar sua conclusão.

Figura 29 - Gabião nos pontos 4 e 5 respectivamente



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 30 - Imagens de plantio de espécies nativas, em outubro de 2014, outubro de 2015 e maio de 2016 respectivamente.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O projeto visou a implantação do reflorestamento de uma área de 14.460m² (Figura 31), onde o espaçamento adotado foi de 3,0 x 2,0 metros, com densidade de 1776 mudas / ha, ou seja, 2411 mudas, somando-se 10% para reposição de falhas, totalizando aproximadamente 2550 mudas que foram adquiridas. Ao todo foram plantadas 2550 mudas de 80 espécies.

Figura 31 - Imagens do plantio e do riacho em junho de 2015.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A composição geral das espécies florestais foi constituída por:

- 50% de indivíduos classificados como espécies pioneiras e secundárias iniciais, com variabilidade dentro de cada grupo de pelo menos, espécies de pioneiras e espécies secundárias iniciais. Estas plantas apresentam rápido crescimento e boa capacidade de cobertura, sendo responsáveis pela velocidade de cobertura do solo, redução de custos de manutenção e maior atratividade para fauna, em razão da frutificação precoce e abundante.
- 50% de indivíduos classificados como espécies secundárias tardias e climácicas, com variabilidade mínima de espécies secundárias tardias e climácicas. Essas plantas são responsáveis pela maior diversidade florestal do povoamento, abrigando o grande grupo das leguminosas de melhor desempenho em termos de rusticidade, contribuindo também para a oferta de alimento à mesofauna, e especificado conforme Quadro 4.

Quadro 4 - Relação de espécies plantadas na APP do córrego da Campininha.

Nº	Nome vulgar	Nome científico	Sucessão	Dispersão	Quantid.
1	Ipê roxo	<i>Tabetula heptaphylla</i>	NP	Anemocórica	100
2	Aroeira pimenteira	<i>Thinus terebinthifolius</i>	P	Zoocórica	40
3	Aroeira preta	<i>Miracrodruon urendeuva</i>	NP	Autocórica	40
4	Maricá	<i>Mimosa bimucronata</i>	P	Autocórica	96
5	Quaresmeira	<i>Tibouchina granulosa</i>	P	Anemocórica	72
6	Branquilha	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	P	Autocórica	77
7	Paineira	<i>Seiba speciosa</i>	NP	Anemocórica	93
8	Goroçaia	<i>Paraptedenia rígida</i>	NP	Autocórica	18
9	Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i>	NP	Zoocórica	56
10	Pau viola	<i>Citharexylum murianthum</i>	P	Zoocórica	131
11	Açoita cavalo	<i>Luehea divaricata</i>	NP	Anemocórica	100
12	Sobrasil	<i>Colubrina glandulosa</i>	NP	Zoocórica	30
13	Imbira de sapo	<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i>	np	Autocórica	16
14	Dedaleiro	<i>Lafoensia pacari</i>	NP	Anemocórica	100
15	Canafistula	<i>Peltophorum dubium</i>	P	Autocórica	20
16	Pau d'alto	<i>Gallesia integrifolia</i>	NP	Anemocórica	35
17	Figueira branca	<i>Ficus guaranitica</i>	NP	Zoocórica	16
18	Fruta de sabiá	<i>Acristus arborescens</i>	P	Zoocórica	16
19	Sangra d'gua	<i>Croton urucurana</i>	P	Autocórica	68
20	Manacá da serra	<i>Tibouchina mutabilis</i>	P	Anemocórica	30
21	Grumixama	<i>Eugenia brasiliensis</i>	NP	Zoocórica	30
22	Palmito jussara	<i>Euterpe edulis</i>	NP	Zoocórica	30
23	Jeriva	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	NP	Zoocórica	30
24	Erva da gralha	<i>Psychotria carthagenensis</i>	NP	Zoocórica	37
25	Murici	<i>Byrsonima basiloba</i>	NP	Zoocórica	12
26	Guarcinia	<i>Garcinia gardneriana</i>	NP	Zoocórica	35
27	Veludinho	<i>Guettarda uruguensis</i>	NP	Anemocórica	20
28	Jacatirão cabuçu	<i>Miconia cabussu Hoehne</i>	NP	Zoocórica	7
29	Braga de macaco	<i>Posoqueria acutifolia</i>	NP	Zoocórica	35
30	Cedro Rosa	<i>Cedreia fissilis</i>	NP	Anemocórica	16
31	Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	NP	Zoocórica	23
32	Guapuruvu	<i>Schizolobium parahyba</i>	P	Autocórica	16
33	Capixingui	<i>Croton floribundus</i>	P	Autocórica	16
34	Araça piranga	<i>Eugenia leitonil</i>	NP	Zoocórica	100
35	Algodoeiro	<i>Heliocarpus popayanesis</i>	P	Anemocórica	60
36	Pata de vaca	<i>Bauhinia forticata</i>	P	Autocórica	16
37	Araça amarelo	<i>Psidium cattleyanum</i>	NP	Zoocórica	50
38	Tapiá	<i>Alchomea glandulosa</i>	P	Zoocórica	50
39	Aldrago	<i>Pterocarpus violaceus</i>	NP	Anemocórica	50
40	Ipê amarelo	<i>Tabebuia chrysotricha</i>	NP	Anemocórica	28
41	Mulungu	<i>Erythrina speciosa</i>	P	Autocórica	42
42	Embauba	<i>Acropia pachystachia</i>	P	Zoocórica	8
43	Guanandi	<i>Calophyllum brasiliense</i>	NP	Zoocórica	24
44	Lixeira	<i>Aloysia virgata</i>	P	Anemocórica	12
45	Ingá	<i>Inga vera</i>	P	Zoocórica	25
46	Araruna	<i>Centrololium tomentosun</i>	NP	Anemocórica	12
47	Ipê branco do cerrado	<i>Tabebuia roseo alba</i>	NP	Anemocórica	30
48	Ipê Rosa	<i>Tabebuia heptaphylla</i>	NP	Anemocórica	40
49	Catigua palens	<i>Trichilia elegans</i>	NP	Zoocórica	30
50	Caroba brasileira	<i>Jacaranda macrantha</i>	P	Autocórica	40
51	Jequitibá branco	<i>Cariniana estrellensis</i>	NP	Anemocórica	10
52	Cedro cheiroso	<i>Cedrela fissilis</i>	NP	Autocórica	10
53	Cambui	<i>Myciaria tenella</i>	NP	Zoocórica	10

54	Jacatirão do brejo	<i>Miconia ligustroides</i>	NP	Zoocórica	12
55	Gabirola de árvore	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	NP	Zoocórica	12
56	Anjico preto	<i>Anandananthera macrocarpa</i>	NP	Autocórica	20
57	Timburi	<i>Enterobiu, contortistiquim</i>	P	Autocórica	10
58	Viraro	<i>Ruprechtia laxiflora</i>	NP	Anemocórica	30
59	Leiterinho	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	P	Autocórica	20
60	Arco de peneira	<i>Cupania vernalis</i>	NP	Zoocórica	30
61	Canela amarela	<i>Nectandra leucanta</i>	NP	Zoocórica	15
62	Aroeira branca	<i>Lithraea molleoides</i>	P	Zoocórica	10
63	Caviuna	<i>Machaerium scleroxylon</i>	NP	Anemocórica	12
64	Cha de bugre	<i>Cordia sellowiana</i>	P	Zoocórica	12
65	Saraguaji amarelo	<i>Ramnidium elaeocarpum</i>	NP	Zoocórica	7
66	Copaiba	<i>Copaifera langsdorfii</i>	NP	Zoocórica	12
67	Coração de negro	<i>Poecilanthus parviflora</i>	NP	Autocórica	12
68	Salta martin	<i>Strychnos brasiliensis</i>	NP	Zoocórica	12
69	Araça azedo	<i>Psidium guineense</i>	NP	Zoocórica	7
70	Murta brasileira	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	NP	Zoocórica	7
71	Taiuva	<i>Maclura tinctoria</i>	NP	zoocórica	7
72	Maria pobre	<i>Dilodendrom bipinnatum</i>	P	Zoocórica	20
73	Pau cigarra	<i>Sanna mltijuga</i>	P	Zoocórica	25
74	Canudo de pito	<i>Mabea fistulifera</i>	P	Autocórica	25
75	Manduirana	<i>Senna macranthera</i>	P	Autocórica	25
76	Amburana	<i>Amburana cearenses</i>	NP	Anemocórica	12
77	Timbó	<i>Ateleia glazioviana</i>	P	Anemocórica	28
78	Cum cum	<i>Helietta apiculata</i>	P	Anemocórica	15
79	Agulheiro	<i>Seguiera langsdorfii</i>	P	Anemoocórica	15
80	Lobeira	<i>Solanum lycocarpum</i>	P	Zoocórica	40
Total					2550

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 31 mostra a evolução das intervenções realizadas entre setembro de 2014 e março de 2016. É possível verificar a conformação do trecho, a contenção das margens e o maior volume de água.

No início da implantação do projeto, em 2014, (Figura 32), observamos o assoreamento do leito, margens que não possuem vegetação, identificamos apenas a presença de gramíneas. Posteriormente, em 2015, observamos o resultado da estabilização das margens após o plantio de espécies nativas, onde as mudas encontravam-se com 50 cm de altura aproximadamente. Identifica-se também a melhoria significativa na qualidade da água, evidenciando o aumento da largura e profundidade do leito. Em 2016, o plantio de espécies nativas foi realizado, juntamente com a estabilização das margens, a regeneração natural se intensificou, principalmente pela presença de herbáceas e arbustos e o crescimento das mudas plantadas. Na qualidade das águas, denota-se considerável melhoria da vazão das águas, relacionadas a profundidade e largura do leito, assim como o surgimento de macroinvertebrados bentônicos.

Figura 32 - Evolução das intervenções realizadas considerando respectivamente o início em 2014, dezembro de 2015 e março de 2016.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As Figuras 33 e 34 abaixo mostram fotos com o surgimento de habitats importante para a fauna, além do aumento da heterogeneidade ambiental do córrego e de sua APP.

No ponto 2B, antigo trecho de deslizamento e erosão (Figura 33) em junho de 2015, percebe-se as que margens deste trecho foram estabilizadas, devido ao plantio das gramíneas e do capim. Neste local, também é possível identificar surgimento fitoplânctons e matéria orgânica no ecossistema aquático.

Figura 33 - Trecho evidenciando os diferentes habitats sendo formados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O gabião no ponto 4 (Figura 34) teve suas margens estabilizadas, percebe-se que neste trecho que o plantio de espécies nativas, favoreceu a recuperação do solo e o aumento do volume das águas.

Figura 34 - Estabilização das margens e fluxo hídrico.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O ponto 1A, (Figura 35) verifica-se a efetiva melhoria do hábitat, devido ao plantio das espécies nativas, eliminando o solo assoreado e aumentando o fluxo e volume das águas.

Figura 35 - Estabilização das margens e aumento do fluxo hídrico.



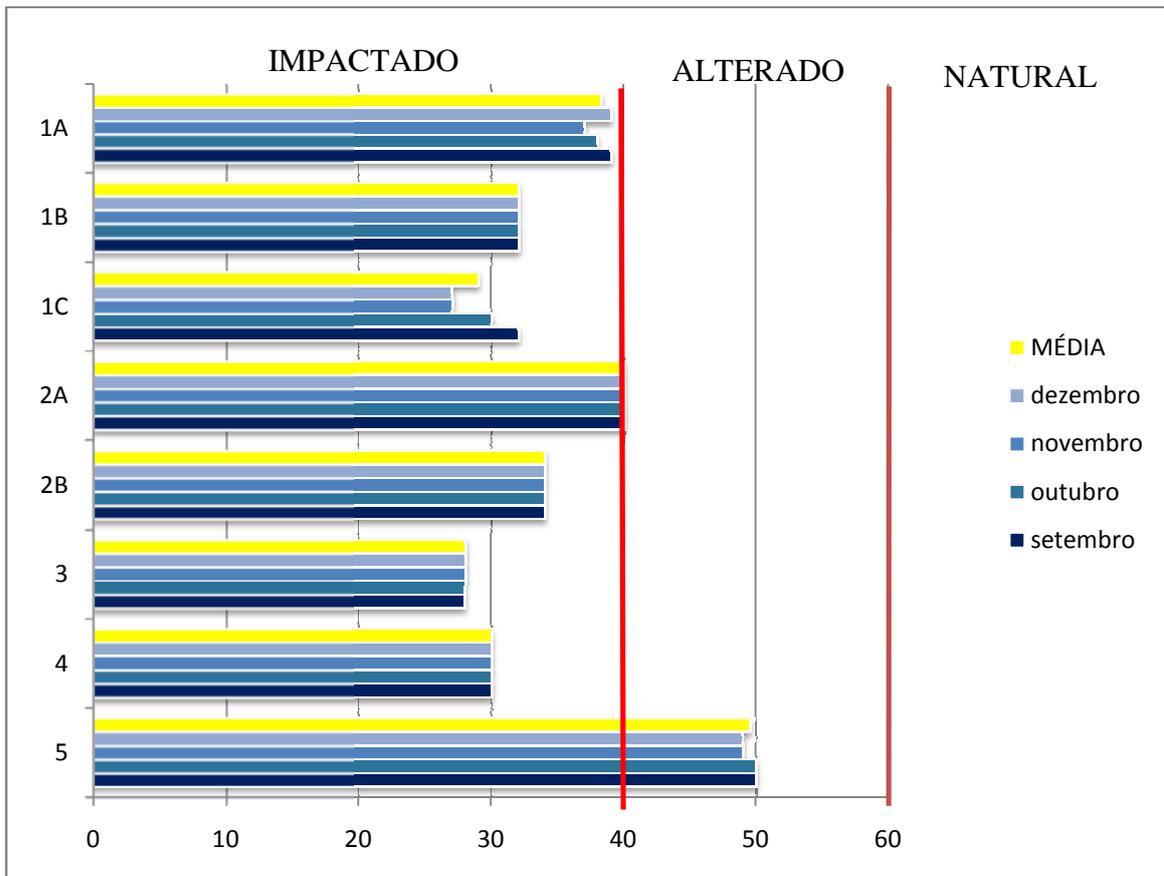
Fonte: Elaborado pelo autor.

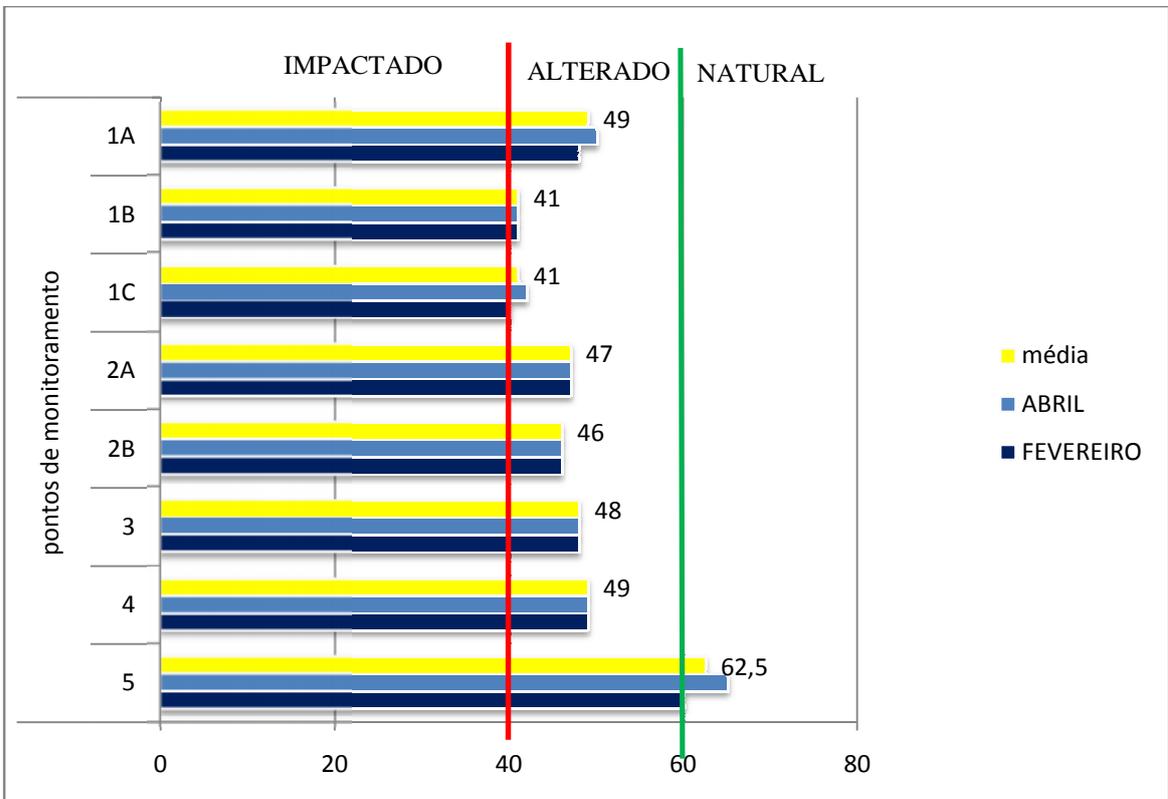
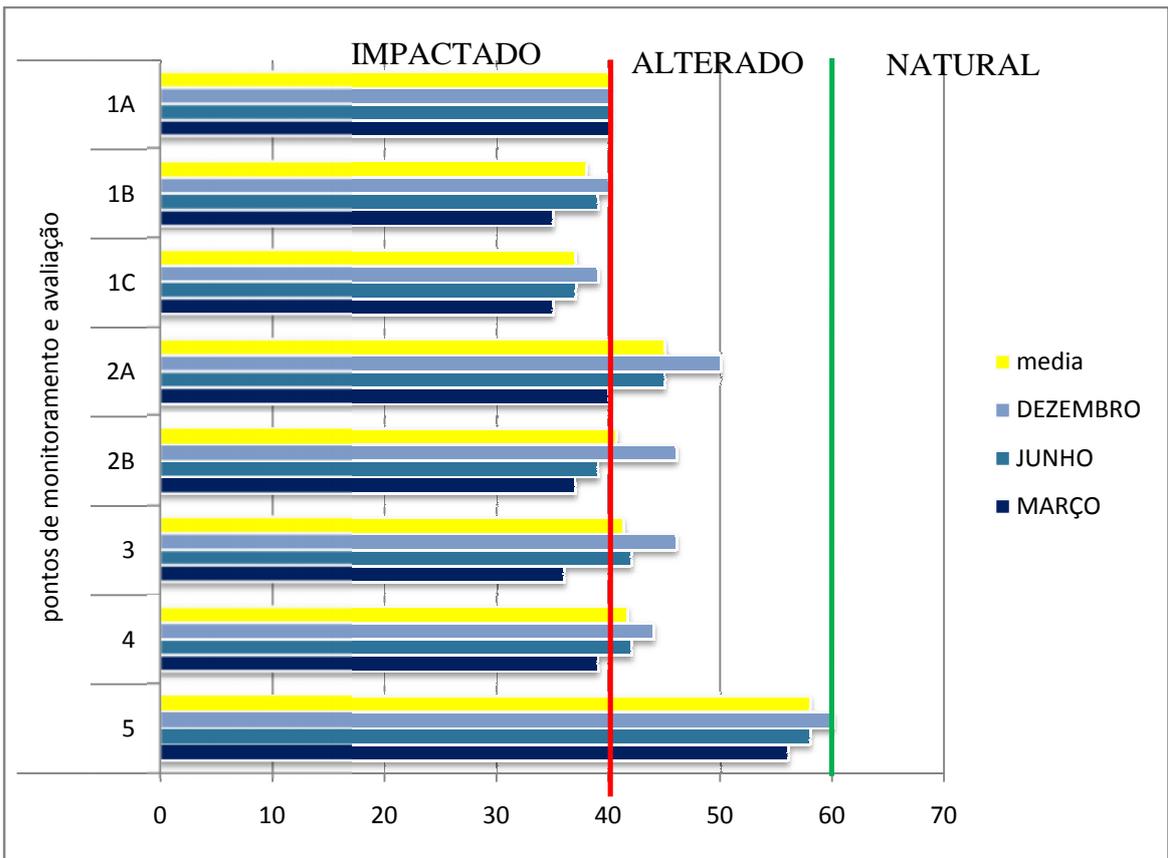
5.3 Avaliação das Medidas Adotadas para a Restauração

A avaliação da restauração através do protocolo iniciou-se a partir de setembro de 2014 ocorrendo até março de 2016, realizadas a partir de 09 campanhas de monitoramento. O resultado da aplicação do protocolo nos 8 pontos do córrego da Campininha são apresentados nas Figuras 37 e 38. Observando a pontuação nas nove campanhas, pôde ser constatada uma perceptível melhoria na categoria a qual os pontos se enquadravam e atualmente se enquadram, mudando de impactado para alterado a partir de junho de 2015. A pontuação média nos 8 pontos foi de 35 em 2014, 41 em 2015 e 48 em 2016 (Figura 37). As pontuações mínimas foram obtidas nos pontos 1B, 1C, 2B, 3 e 4 e as maiores pontuações ocorreram no ponto 5 (Figura 38). Nos demais, trechos onde as pontuações apresentavam valores abaixo de 40, em 2014.

Observando a pontuação final de cada trecho, pode ser constatado que todos os pontos (com exceção do trecho 5), se enquadraram na categoria de impactado em 2014, pois a pontuação era menor que 40. O ponto 5 se caracterizou como alterado em 2014, passando a alcançar pontuação > 60 em junho de 2015, portanto este foi o único trecho considerado natural. Os demais trechos também obtiveram evolução e obtiveram pontuação entre < 40 e > 60, portanto consideramos estes pontos de avaliação como trechos alterados.

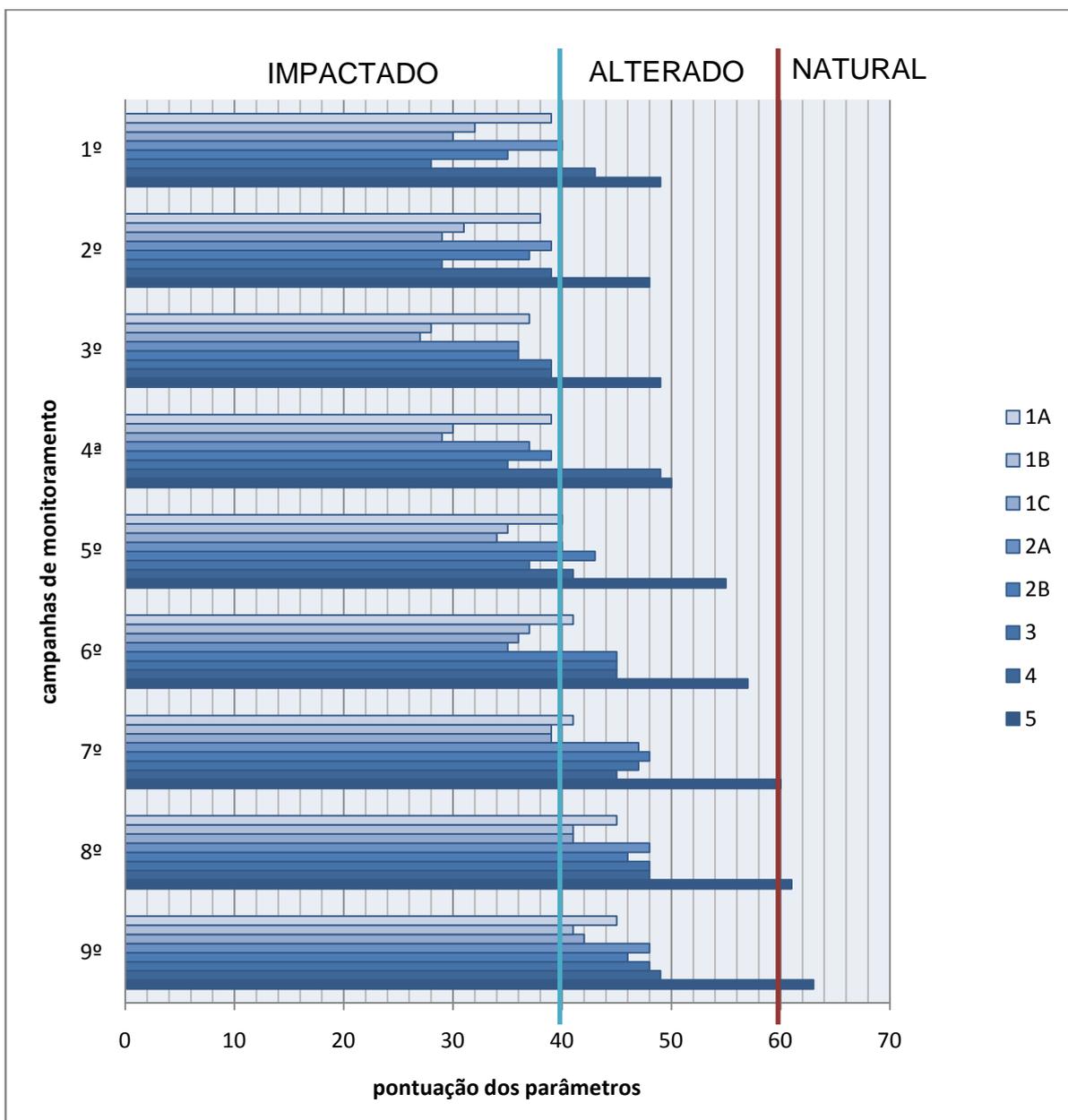
Figura 36 - Médias dos parâmetros avaliados durante os anos de 2014, 2015 e 2016.





Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 37 - Pontuação dos parâmetros avaliados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Através da análise de resultados de imagens aéreas (Figura 38), a partir da interpretação e da segmentação por pixels formando agrupamentos por cores, verificou-se o aumento da área vegetada, incluindo a regeneração natural (gramíneas e arbustos), além dos plantios realizados, resultado este obtido a partir das intervenções na APP. O Quadro 5 apresenta os resultados das 4 imagens analisadas, com datas diferentes, onde pode-se observar a evolução da área estudada, principalmente no que se refere a APP. A partir da coloração na escala tonal de branco até preto identificamos os seguintes resultados:

- O branco representa solo exposto e vegetação incipiente;
- Os tons de cinza escuro estabelecem predomínio de evolução da vegetação;
- Os tons de preto a vegetação em estágio mais avançado de resuperação;
- O lago possui uma pigmentação diferente onde percebemos o assoreamento em 2011, 2012, já em 2015, transformando-se novamente no córrego.

Figura 38 - Imagens originais (superior) e resultado da segmentação (embaixo).



Fonte: Google Earth, 2015.

Quadro 5 - Descrição dos segmentos obtidos por tom de cinza, em cada imagem.

Segmento	Imagem a)	Imagem b)	Imagem c)	Imagem d)
	Vegetação rala (46,4%)	Vegetação 1 (61,1%)	Vegetação 1 (53,6%)	Terra nua (38,4%)
	Vegetação 1 (21,6%)	Vegetação rala (4,1%)	Vegetação 2 (4,0%)	Vegetação rala (7,1%)
	Vegetação rala (12,8%)	Terra nua (6,1%)	Vegetação rala (21,3%)	Vegetação 1 (21,9%)
	Barro + água suja (5,7%)	Terra nua (9,0%)	Barro + água suja (7,1%)	Estrada e outras (5,3%)
	Terra nua (9,1%)	Barro + água suja (4,3%)	Terra nua (6,0%)	Vegetação rala (7,6%)
	Vegetação 2 (4,4%)	Vegetação 2 (15,5%)	Vegetação rala (8,0%)	Vegetação 2 (19,5%)

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4 Técnicas para Avaliação de Projetos de Restauração de Córregos e Rios

Foi realizada uma avaliação dos principais indicadores utilizados em restauração de córregos e rios. Foram analisadas 12 periódicos, em um total de 11 artigos publicados. Os indicadores propostos pelos manuscritos avaliados são apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 - Técnicas para avaliação de projetos de restauração de córregos e rios.

INDICADORES			
INDICADOR	CARACTERIZAÇÃO	Referencia	OBSERVAÇÃO
Sensoriamento remoto	Utilizado para estudo e monitoramento	Osborne et al. 1993	É utilizado para avaliar o fluxo e as condições e fatores limitantes, realizadas através de imagens e softwares.
Monitoramento de variáveis físicas e químicas	Juntamente com a avaliação de variáveis microbiológicas (coliformes totais e fecais), este sistema constitui-se como ferramenta fundamental na classificação e enquadramento de rios e córregos em classes de qualidade de água e padrões de potabilidade e balneabilidade humanas	Alba-tecedor, 1996.	O monitoramento de variáveis físicas e químicas traz algumas vantagens na avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos, tais como: identificação imediata de modificações nas propriedades físicas e químicas da água; detecção precisa da variável modificada, e determinação destas concentrações alteradas.
Avaliação de riscos ecológicos	Os riscos ecológicos, definidos como a probabilidade de que efeitos ecológicos adversos possam ocorrer como resultado da exposição dos ecossistemas naturais a um ou mais agentes estressores podem causar riscos severos à saúde humana e das demais comunidades biológicas	Rosenberg e Resh, 1993.	É realizada através do monitoramento ambiental preventivo dos ecossistemas em risco. Em função da grande diversidade de impactos ambientais sobre os ecossistemas aquáticos, o controle ambiental de riscos ecológicos deve envolver uma abordagem integrada, através do monitoramento da qualidade física, química e biológica da água, bem como a avaliação da qualidade estrutural de habitats.
Monitoramento biológico	Aplicação de diferentes protocolos de avaliação	Pedersen et al., 2006.	Avaliação, índices biológicos e multimétricos, tendo como base a utilização de bioindicadores de qualidade de água e habitat. Os principais métodos envolvidos abrangem o levantamento e avaliação de modificações na riqueza de espécies e índices de diversidade; abundância de organismos resistentes; perda de espécies sensíveis; medidas de produtividade primária e secundária; sensibilidade a concentrações de substâncias tóxicas

Fonte: Elaborado pelo autor.

6 DISCUSSÃO

6.1 Caracterização Ambiental do Córrego

O córrego da Campininha sofreu inúmeros impactos conforme apresentado nos resultados. Tais impactos acarretaram alterações em inúmeras características do córrego, como a largura e profundidade, a integridade das margens, o que resultou na deterioração da complexidade ecológica do córrego, bem como no declínio da biota aquática. Segundo Bernhardt e Palmer (2007), a degradação dos ecossistemas aquáticos, principalmente em riachos, é comum, sendo as principais ações de degradação a construção de barramentos, canalização e o lançamento de efluentes.

A caracterização dos impactos do córrego da Campininha através de levantamentos fotográficos antigos e atuais evidenciou as transformações que esse corpo d'água sofreu ao longo do tempo, mostrando principalmente o efeito da movimentação de terra e o conseqüente carreamento de sedimento para seu leito. Doledec et al. (2015), afirmam que caracterizar o grau em que um rio se aproxima ou se afasta das condições naturais, a partir de dados anteriores ou rios de referência ou algum outro tipo de coleta de informações, são indispensáveis para sua caracterização.

Como uma alternativa, a caracterização pode ser desenvolvida com base em dados históricos e modelos teóricos de outros projetos e áreas de referências próximas ao local (JANSSON; NILSSON; MALMQVIST, 2007). Na maioria dos países e bacias hidrográficas, pontos de referência naturais já não existem sendo uma dificuldade o uso de locais de referência. A caracterização e o diagnóstico ambiental são processos imprescindíveis para execução de projetos de restauração (LAKE; BOND; REICH, 2007). Na caracterização e diagnóstico, deve ser analisado o grau do impacto, procurando eliminar os fatores impactantes, estudando áreas similares que não tenham sofrido perturbações, verificando assim, quais finalidades se pretende alcançar com a recuperação da área (STODDARD et al., 2006).

Deve ser salientado que outras ações impactantes também foram verificadas como o represamento, a inclusão de espécies exóticas na fauna aquática, a remoção da mata ciliar e o plantio de espécies exóticas (eucalipto). Dos impactos mais relevantes, ocorridos no córrego da Campininha, consideramos que a ruptura

da barragem foi o fator predominante que estabeleceu a necessidade da implantação de um projeto de recuperação do local. Segundo Doledec et al. (2015), a recuperação bem sucedida de um rio requer caracterização ambiental, ou seja, uma análise cuidadosa de vários elementos que interferem no estado do ecossistema, seja para impactar ou para recuperar. O presente estudo salienta que a caracterização deve ser realizada através da averiguação dos principais impactos que ocorreram no local, tais como:

- Enumerar as causas dos impactos;
- Disseminar os agentes causadores do impacto;
- Mensurar dimensões relacionadas à estrutura física do fluxo hídrico, (largura, profundidade, vazão e velocidade);
- Coletar informações relacionadas à características originais (antes do impacto) físicas e estruturais do local;
- Analisar fauna e flora relativas;

6.2 Execução e Implantação do Projeto de Restauração

Stoddard et al. (2006), afirmam que, considerando as intervenções realizadas para implantar um projeto de restauração de rios e córregos, dois objetivos são muito comuns: manejo das áreas ripárias e melhorias no habitat. Bernardt e Palmer (2007) divulgaram dados sobre estudos realizados a partir de análises de restaurações de vinte córregos urbanos nos Estados Unidos, concluindo que os objetivos mais comuns destes projetos são a redução de processos erosivos nas margens e a estabilização do canal. Mencionando a afirmação de Pedersen, Baattrup-Pedersen e Madsen (2006, tradução nossa),

Quando se pretende executar um projeto de restauração dos ecossistemas aquáticos, intenciona-se aumentar os bens e os serviços, e converter sistemas ameaçados em ambientes sustentáveis, protegendo assim o rio a montante e as margens. Isto vem de encontro aos objetivos do projeto apresentado nesse trabalho.

De acordo com o projeto executado e apresentado aqui, optou-se por direcionar o fluxo das águas às suas configurações originais, transformando o ambiente lêntico em lótico. No entanto, um desnível topográfico necessitou de

intervenção da bioengenharia, através da implantação do gabião no ponto 4. Este gabião promoveu o escoamento de águas pluviais e contenção parcial das margens no ponto 4. Os trechos a montante e a jusante de onde estava a barragem não tiveram sua conexão reestabelecida devido ao declive existente, oriundo de anos de erosão. O gabião construído nesse local para manter a integridade do local, foi muito importante para promover esta conexão hídrica. Porém, ele dificulta o intercâmbio das espécies de fauna aquática do trecho inferior para o superior do riacho. Para solucionar este problema deveria ter sido projetado através da terraplenagem, o movimento de terra, que resultasse numa declividade mais favorável e que possibilitasse o intercâmbio dos peixes. Essa intervenção deve ser executada no futuro.

Osborne et al. (1993), alegam que a restauração pode ou não ser passiva, quando permite que os fluxos hídricos naturais atuem e restaurem a heterogeneidade do local impactado, de forma mais específica e ativa do que anterior ao processo do impacto. Relacionado a afirmação acima podemos citar a recuperação realizada na APP através do plantio de espécies nativas e o manejo de gramíneas. Esta ação foi de vital importância para a recuperação das margens do córrego, reduzindo o assoreamento e promover um fluxo das águas mais efetivo.

A intenção do projeto elaborado, no córrego da Campininha, procura direcionar o local a alcançar a resiliência. Devido a ocorrência dos impactos de grande relevância, não é possível alcançar este objetivo sem intervenção antrópica. Além das intervenções da engenharia civil, o projeto também teve a finalidade de recuperar a vegetação ripária assim como a estabilização das margens que causam o assoreamento do leito do córrego.

6.3 Avaliação através do Protocolo das Intervenções Realizadas

Palmer, Menninger e Bernhardt (2010) afirmam que a falta de critérios para a avaliação do sucesso destes projetos, revelam que a aparência positiva e a opinião pública são comumente usadas pelos executores dos projetos como medida de avaliação do sucesso e mais da metade dos projetos de restauração não apresentam variáveis mensuráveis como forma de avaliação.

A utilização do protocolo de avaliação rápida foi fundamental para determinar e identificar o nível da restauração. O monitoramento, realizado através das visitas,

dos relatórios fotográficos, juntamente com o preenchimento do protocolo, auxiliaram a coleta e manutenção de informações e dos dados estatísticos que determinaram a pontuação destes parâmetros. Analisando os resultados da pontuação, ratificamos, portanto a efetivação da restauração. Sendo assim, caracterizamos o atual estado como regular. O que se interpreta como progressivo, pois anteriormente, o local encontrava-se uma situação de extremo impacto e agora encontra-se estabelecido como situação regular.

Um importante elemento é a avaliação sistemática se os objetivos do projeto foram alcançados, procurando detectar falhas na concepção ou implementação do projeto, para permitir uma gestão adaptativa ou adicionais medidas de restauração, se os objetivos não forem cumpridos. Resultados analisados através de falhas de restauração e sucessos são também muito importantes para futuros projetos. No entanto, em casos de restauração malsucedidas devem ser comunicados pois servirão de informações para projetos futuros (WOOLSEY et al., 2007).

Callisto, Moretti e Goulart (2001), afirmam que, utilizar parâmetros na avaliação do projeto é muito importante para caracterizar os resultados. Estes parâmetros são baseados na análise de indicadores. Segundo Jansson, Nilsson e Malmqvist (2007), por melhor que sejam implantados os projetos de restauração, estes não garantem que a área restaurada terá ótima capacidade de auto-regeneração. Para avaliar a sustentabilidade desses ecossistemas e se os objetivos dos projetos estão sendo alcançados, são necessários indicadores de avaliação e monitoramento apropriados. Através deles é possível determinar a condição atual da área restaurada e possibilitar o monitoramento das mudanças de suas condições ambientais ao longo do tempo. Conforme Callisto, Moretti e Goulart (2001), o método de avaliação visual constitui importante ferramenta na avaliação de processos de restauração.

O protocolo de avaliação proposto por Callisto, Moretti e Goulart (2001) mostrou-se de aplicação fácil e rápida e forneceu um panorama preliminar do grau de alteração do curso do córrego da Campininha. A utilização do protocolo de avaliação rápida serviu para contabilizar o sucesso da restauração, as visitas técnicas, juntamente com o preenchimento do protocolo, auxiliaram a coleta de informações e dados estatísticos para a interpretação da pontuação destes parâmetros, para definir o desenvolvimento do processo de restauração. Além da pontuação dos parâmetros, uma análise de imagens áreas também muito contribuiu

para aquisição destas informações. Neste caso a continuidade do monitoramento deve ser levada em consideração. Após a implantação do projeto, a recuperação e restauração ecológica, teve seu estabelecimento iniciado, porém não se pode concluir sua efetivação. Para estabelecer o processo da restauração sugerimos a análise dos indicadores discriminados.

Foi executado a contenção das margens do riacho, nos trechos suscetíveis a deslizamento e pontos erosivos, consequência da execução do plantio de gramíneas e espécies nativas. A melhoria da qualidade hídrica ocorreu significativamente com o aumento do fluxo hídrico, tanto na largura quanto na profundidade do riacho. A presença de microorganismos aquáticos foi estabelecida pela presença de macroinvertebrados, fitoplânctons e microorganismos aquáticos, que devem ser utilizados como bioindicadores. A melhoria dos habitats será responsável pelo incremento da riqueza bentônica. Porém a presença dos peixes ainda é um fato inexistente, pois o intercâmbio destes, com a área do riacho de topografia inferior impossível. O retorno da fauna silvestre, também deverá é considerado como bioindicador.

6.4 Técnicas para Avaliação de Projetos de Restauração de Córregos e Rios

Conforme a sugestão de Osborne et al.(1993), após a implantação de um processo de restauração ecológica, seria necessário o monitoramento por 10 ou 20 anos para determinar o sucesso de melhorias de habitat sob uma variedade de regimes hidrológicos. A análise dos regimes hidrológicos deve ser efetuada a partir da avaliação de diversos indicadores.

Jansson, Nilsson e Malmqvist (2007), conceituam indicadores de avaliação e monitoramento como fenômenos observáveis que refletem as mudanças no estado qualitativo e quantitativo de um sistema ecológico. Tais indicadores podem ser um alerta ou servirem como diagnóstico ambiental. Um indicador pode ser uma característica do ambiente, que quando medida, quantifica a magnitude das características do stress, habitat, grau de exposição ao estressor, ou grau a resposta ecológica à exposição e fornece informações sobre a condição do sistema.

Woolsey et al. (2007), explicam que indicadores podem servir como ferramentas para avaliar, de forma quantitativa e qualitativa, a condição de um rio alcançar os objetivos da restauração. Ao definir indicadores de acordo com estes

objetivos, várias características indicadoras precisam ser consideradas. Eles incluem as características ecológicas sociais e políticas. Devem ser relevantes e ter facilidade para medição e interpretação.

Um importante elemento é a avaliação sistemática se o projeto e os objetivos foram alcançados, é a avaliação crítica, que procura detectar falhas na concepção ou implementação do projeto, para permitir uma gestão adaptativa ou adicionais medidas de restauração, se os objetivos não forem cumpridos. Resultados analisados através de falhas de restauração e sucessos são também muito importantes para futuros projetos. No entanto, em casos de restauração mal sucedida devem ser comunicados, pois servirão de informações para projetos futuros (NORRIS; THOMS, 1999).

Por melhor que sejam implantados os projetos de restauração, estes não garantem que a área restaurada terá ótima capacidade de regeneração. Para avaliar a sustentabilidade desses ecossistemas e se os objetivos dos projetos estão sendo alcançados, são necessários indicadores de avaliação e monitoramento apropriados. Através deles é possível determinar a condição atual da área restaurada e possibilitar o monitoramento das mudanças de suas condições ambientais ao longo do tempo (JANSSON; NILSSON; MALMQVIST, 2007).

Conforme Barbour et al. (1999), as comunidades biológicas refletem a integridade ecológica total dos ecossistemas (p. ex., integridade física, química e biológica), integrando os efeitos dos diferentes agentes impactantes e fornecendo uma medida agregada dos impactos. As comunidades biológicas de ecossistemas aquáticos são formadas por organismos que apresentam adaptações evolutivas a determinadas condições ambientais e apresentam limites de tolerância a diferentes alterações das mesmas (ALBA-TERCEDOR, 1996). Desta forma, o monitoramento biológico constitui-se como uma ferramenta na avaliação das respostas destas comunidades biológicas a modificações nas condições ambientais originais. Lamouroux e Olivier (1999) salientam que o monitoramento biológico deve ser realizado principalmente através da aplicação de diferentes protocolos de avaliação, índices biológicos e multimétricos, tendo como base a utilização de bioindicadores de qualidade de água e habitat. Os principais métodos envolvidos devem abranger o levantamento e avaliação de modificações na riqueza de espécies e índices de diversidade; abundância de organismos resistentes; perda de espécies sensíveis;

medidas de produtividade primária e secundária; sensibilidade a concentrações de substâncias tóxicas (ensaios ecotoxicológicos), entre outros.

A utilização do protocolo de avaliação rápida foi fundamental para determinar e identificar o nível da restauração. O monitoramento, realizado através das visitas, dos relatórios fotográficos, juntamente com o preenchimento do protocolo, auxiliaram a coleta e manutenção de informações e dos dados estatísticos que determinaram a pontuação destes parâmetros.

Devido à intervenção antrópica no processo de restauração, foi perceptível que após estas intervenções, o processo da recuperação e restauração ecológica, teve seu *start up* iniciado. Efetuou-se a contenção das margens dos leitos, a recuperação da mata ciliar, que resultou no aumento do fluxo hídrico, considerado melhoria da qualidade hídrica, ocorreu também o retorno da fauna silvestre, e a presença de habitats dentro do curso d'água. A melhoria dos habitats será responsável pelo incremento da riqueza bentônica. Porém a presença dos peixes nativos e o intercâmbio destes, com a área do riacho de topografia inferior é deparado com a impossibilidade da transposição deste nível.

7 CONCLUSÃO

Concluimos que as intervenções executadas no córrego da Campininha foram favoráveis a recuperação do local, porém, não consideramos como restauração efetivada, pois o local que anteriormente encontrava-se impactado pelos indicadores do protocolo de avaliação, agora pode ser considerado como alterado. Para considerar como restaurado, haverá a necessidade de um prazo maior e realizar o monitoramento da biota aquática que é uma importante técnica de avaliação de processos de restauração. Apesar dos impactos evidentes no meio aquático, fica claro que devido ao caráter recente da ecologia da restauração e seus fundamentos, muitos dos assuntos referentes à restauração destes ecossistemas estão no campo empírico. Nos projetos documentados e publicados, poucos são os que realmente apresentam variáveis e critérios claros sobre a recuperação. Assim, a publicação de dados sobre o que tem sido feito é necessária para que a ecologia da restauração se estabeleça definitivamente como ciência. Outro fator importantíssimo a ser considerado é o papel do cidadão na restauração, em muitos casos o sucesso de um projeto depende diretamente da opinião pública, sendo necessário agregar em todos os projetos a educação ambiental como ferramenta da manutenção e manejo dos ecossistemas restaurados.

Finalmente, é evidente que a restauração de ecossistemas aquáticos só gerará resultados positivos caso haja um monitoramento e acompanhamento do projeto em longo prazo, fazendo alterações do mesmo quando necessário. O presente estudo apresenta o caso do córrego da Campininha que após ser submetido a inúmeros impactos teve um trecho submetido a intervenções cujo objetivo foi mitigar impactos da erosão e assoreamento e restaurar a APP.

REFERÊNCIAS

ARONSON, J.; DURIGAN, G.; BRANCALION, P. H. S. **Conceitos e definições correlatos á ciência e á prática da restauração ecológica**. São Paulo: Instituto Florestal, 2011. (If Série Registros, n.44).

ALBA-TERCEDOR, J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. In: SIMPÓSIO DEL AGUA EM ANDALUCÍA (SIAGA), 4. : 1996, Almeria, Espanha. **IV Simposio del agua em Andalucía**. Madrid: Instituto Tecnológico GeoMineiro de España, 1996. v. 2. p. 203-213.

BARBOUR, M.T. et al. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers**: periphyton, benthic macroinvertebrates, and fish. 2nd ed. Washington, D.C: U.S. Environmental Protection Agency Office of Water, 1999.

BERNHARDT, E.; PALMER, M. A. Restoring streams in an urbanizing world. **Freshwater Biology**, v. 52, n. 4, p. 738–751, apr. 2007.

BONVENTI, W.; SMITH, W. S.; MOREIRA, P. A. P. Análise de imagens de área degradada e sua recuperação. In: CONGRESSO DE PESQUISAS AMBIENTAIS, 2. : 2016, Itapetininga, SP. **[Anais...]**. Itapetininga, SP: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia, 2016.

BRANCALION, P. H. S. et al. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. In: MARTINS, S. V. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa, MG: UFV, 2012. p. 262-293.

BRANCALION, P. H. S.; LIMA, L. R. Restauração ecológica como estratégia de resgate e conservação da biodiversidade em paisagens antrópicas tropicais. In: PERES, C. A. et al. (Orgs.). **Conservação da biodiversidade em paisagens antropizadas do Brasil**. Curitiba: UFPR, 2013.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 71-82, jan./mar. 2001.

CARDOSO, A. S.; BAPTISTA, M. B. Metodologia para avaliação de alternativas de intervenção em cursos de água em áreas urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.16, n. 1, p.129-139, jan./mar. 2011.

CARMO, R. L. et al. População e consumo urbano de água no Brasil: interfaces e desafios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20.: 2013, Bento Gonçalves, RS. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2013.

CASTRO, D.; MELLO, R. S. P.; POESTER, G. C (Orgs.). **Práticas para restauração da mata ciliar**. Porto Alegre: Catarse, 2012.

CASTEROT, B. Rio Sena: Paris, França. In: MACHADO, A. T. G. M. (Org.) et al. **Revitalização de rios no mundo: América, Europa e Ásia**. Belo Horizonte: Instituto Guaicury, 2010. P. 119-130.

COSTA, S. D.; POMPEO, C. A. Revitalização de cursos d'água em áreas urbanas: caracterização e avaliação da degradação ambiental na zona de proteção legal do Rio Córrego grande em Florianópolis - SC. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS SUL-SUDESTE, 2.: 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2008.

DOLEDEC, S. et al. Effects of large river restoration on currently used bioindicators and alternative metrics. **Freshwater Biology**, v. 60, n. 6, p. 1221–1236, June 2015.

EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos, perspectivas e desafios para a gestão integrada**. Recife: EDUFRPE, 2014.

ESPÍNDOLA, E. L. G.; BARBOSA, D. S.; MEDIONDO, E. M. Diretrizes ecológicas em projetos de recuperação de rios urbanos tropicais: estudo de caso no Rio Tijuco Preto (São Carlos-SP, Brasil). In: SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 7.: 2005, Évora. **[Anais...]**. Lisboa, Portugal: APRH, 2005. Disponível em: < http://www.aprh.pt/7_silusba/ARTIGOS/11B.PDF >. Acesso em: 15 mar. 2015.

FERREIRA, L. S. et al. Diretrizes de infra-estrutura verde para o desenho urbano: um exercício de planejamento paisagístico na área da Luz, São Paulo. **Revista Labverde**, São Paulo, n. 6, p. 191-218, Jun. 2013.

FUNG, G. A. Comprehensive Overview of Basic Clusterin. Algorithms. 2001. Disponível em: < <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.5.7425&rep=rep1&type=pdf> >. Acesso em: 23 abr. 2015.

GARCIAS, C. M.; AFONSO, J. A. C. Revitalização de rios urbanos. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, Salvador, v. 1, n. 1, p. 131-144, 2013.

IBAMA. Instrução Normativa Nº. 4, de 13 de abril de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 abr. 2011. Seção 1, p. 100-103. Disponível em: < <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/IBAMA/IN0004-130411.PDF> >. Acesso em: 2015.

JANSSON, R.; NILSSON, C.; MALMQVIST, B. Restoring freshwater ecosystems in riverine landscapes: the roles of connectivity and recovery processes. **Freshwater Biology**, v. 52, n. 4, p.589–596, Apr. 2007.

KAINULAINEN, J. **Clustering algorithms: basics and visualization**. Espoo, Finland: University Of Technology Helsinki. Laboratory of Computer and Information Science, 2002. T-61.195 Special Assignment 1. Disponível em: < <https://www.niksula.hut.fi/~jkainula/pdfs/clustering.pdf> >. Acesso em: 12 maio 2015.

LAKE, P. S.; BOND, N.; REICH, P. Linking ecological theory with stream restoration. **Freshwater Biology**, v.52, n. 4, p. 597–615, apr. 2007.

LAMOUREUX, N.; OLIVIER, J. M.; Testing predictions of changes in fish abundance and community structure after flow restoration in four reaches of a large river (French Rhone). **Freshwater Biology**, v. 60, n. 6, p. 1118-1130, june 2015.

METZGER, J. P. O. Código Florestal tem base científica? **Natureza & Conservação**, Rio de Janeiro, v.8, n.1, p. 92-99, 2010.

MOKANY, D. A. et al. Metcalfe-Identifying Priority areas for conservation and management in diverse tropical forests. **PLOS one**, v.9, n. 2, febr. 2014. Disponível em: < <http://journals.plos.org/plosone/article/asset?id=10.1371%2Fjournal.pone.0089084.PDF> >. Acesso em: 18 mar. 2015

NORRIS, R. H.; THOMS, M. C. What is river health? **Freshwater Biology**, v. 41, n. 2, p. 197-209, mar. 1999.

OLIVEIRA, F. Q. S. **Operação urbana consorciada Tietê II: do plano urbano ao projeto urbano**. 2014. 280 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2014.

OLIVEIRA, R. E.; ENGEL, V. L. A. Restauração ecológica em destaque: um retrato dos últimos vinte e oito anos de publicações na área. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 303-315, jun. 2011.

OSBORNE, L. L. et al. Restoration of lowland streams: an introduction. **Freshwater Biology**, v. 29, n. 2, p. 187-194, apr. 1993.

PALMER, M. A.; MENNINGER, H. L.; BERNHARDT, E. River restoration, habitat heterogeneity and biodiversity: a failure of theory or practice? **Freshwater Biology**, v. 55, Suppl. 1, p.205–222, jan. 2010.

PALMER, M. River restoration in the Twenty-First Century: data and experiential knowledge to inform future efforts. **Restoration Ecology**, v.15, n. 3, p. 472-481, sep. 2007.

PEDERSEN, T. C. M.; BAATTRUP-PEDERSEN, A.; MADSEN, T. V. Effects of stream restoration and management on plant communities in lowland streams. **Freshwater Biology**, v.51, n. 1, p.161–179, jan. 2006

PEREIRA, A. L. Princípios da restauração de ambientes aquáticos continentais. **Boletim ABLimno**, Rio Claro, SP, v. 39, n.2, p.1-21, jul. 2011. Disponível em: < [http://www.ablimno.org.br/boletins/pdf/bol_39\(2-1\).pdf](http://www.ablimno.org.br/boletins/pdf/bol_39(2-1).pdf) >. Acesso em: 25 mar. 2015.

REVITALIZAÇÃO do Rio Sorocaba: bens naturais comuns. Programa Cidades Sustentáveis. Disponível em: < <http://www.cidadessustentaveis.org.br/boas-praticas/revitalizacao-do-rio-sorocaba> >. Acesso em: 24 maio 2015.

RIGOTTI, J. A.; POMPÊO, C. A. Estudo de revitalização de cursos d'água: Bacia Hidrográfica do Futuro campus UFSC, Joinville - SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19.: 2011, Maceió, AL. [**Anais...**]. Porto Alegre: ABRH, 2011.

RIGUEIRA, D. M. G.; MARIANO, E. N. Monitoramento: uma proposta integrada para avaliação do sucesso em projetos de restauração ecológica em áreas florestais brasileiras. **Revista CAITITU**, Salvador, v. 1, n. 1, p. 73-88, set. 2013.

RODRIGUES, E. **Ecologia da restauração**. Londrina. PR: Planta, 2013

RODRIGUES, R. R.; GALDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2000.

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: _____ (Eds.). **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall, 1993.

ROSGEN, D. L. River restoration using a geomorphic approach for natural channel design. In: FEDERAL INTERAGENCY SEDIMENTATION CONFERENCE, 8.: 2006, Reno, Nevada, USA. **Proceedings...** Reno, Nevada, USA, 2006. p. 394-401. Disponível em: < http://acwi.gov/sos/pubs/8thFISC/Session%205B-1_Rosgen.pdf >. Acesso em: 23 maio 2015.

SANCHEZ, S. S.; JACOBI, P. Políticas de Recuperação de Rios Urbanos na cidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, Recife, v. 14, n. 2, p. 119-132, nov. 2012.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Resolução SMA Nº 32, de 03 de abril de 2014. Estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas. **Diário Oficial**, São Paulo, 05 abr. 2014. Seção 1, p. 36-37.

SEAR, D. et al. A method for applying fluvial geomorphology in support of catchment-scale river restoration planning. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 19, n. 5, p. 506-519, july/aug. 2009.

SILVA, J. P.; PIRES, M. A. F. Renaturalização de rios, em áreas de trechos, urbanos com a aplicação de técnicas de bioengenharia em obras de engenharia hidráulica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 8.: 2007, São Paulo, SP. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2007.

SILVA, L. C. da. Manejo de rios degradados: uma revisão conceitual. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 3, n. 1, p. 23-32, 2010. Disponível em: < <http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/92/82> >. Acesso em: 2015.

SILVEIRA, M. P. **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.

SIMONETTI, V. C. et al. Características físico-químicas do solo do Parque Natural Municipal Corredores da Bio diversidade (PNMCBio). In: SMITH, W. S.; RIBEIRO, C. A. **Parque Natural Municipal Corredores de Biodiversidade: pesquisas e perspectivas futuras**. Sorocaba, SP: Secretaria do Meio Ambiente, 2015. p. 225-236.

SMITH, W. S.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; ROCHA, O. Environmental gradient in reservoirs of the medium and low Tietê River: limnological differences through the habitat sequence. **Acta Limnológica Brasiliensia**, Rio Claro, SP, v. 26, n. 1, p.73-88, 2014.

SOARES, S. M. P. **Técnicas de restauração e áreas degradadas**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2008.

STODDARD, J. L. et al. Setting expectations for the ecological condition of streams: the concept of reference condition. **Ecological Applications**, v. 16, n. 4, p. 1267-1276, aug. 2006.

TABARELLI, M. et al. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 455-470, 2010.

TOMMASI, L. R. **Estudo de impacto ambiental**. São Paulo; CETESB, 1994.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

UEHARA, T. H. K.; GANDARA, F. B. **Monitoramento de áreas em recuperação: subsídios à seleção sw indicadores para avaliar o sucesso da restauração ecológica**. Secretaria do Estado do Meio Ambiente, São Paulo: SMA, 2011. (Cadernos da Mata Ciliar, 4).

WOOLSEY, S. et al. A strategy to assess river restoration success. **Freshwater Biology**, v. 52, n. 4, apr. 2007.