



Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho"
Programa Interunidades



Mestrado

Engenharia Civil e Ambiental

ROSIANE ARGENTON E SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UMA CHAVE PARA APOIO NO
DIAGNÓSTICO E NA TOMADA DE DECISÃO DE AÇÕES DE
RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE CURSOS D'ÁGUA E
ADJACÊNCIAS**

Bauru
2015



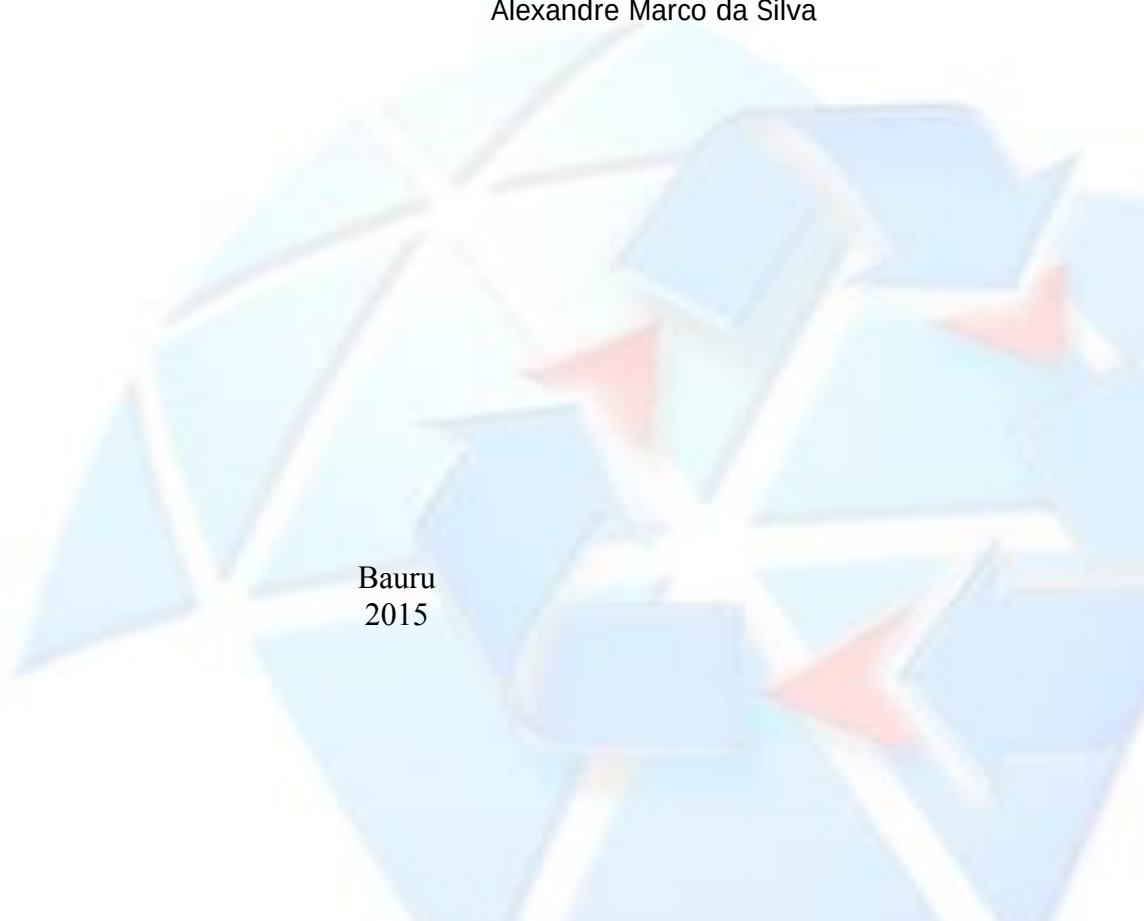
Rosiane Argenton e Silva

**DESENVOLVIMENTO DE UMA CHAVE PARA APOIO NO
DIAGNÓSTICO E NA TOMADA DE DECISÃO DE AÇÕES DE
RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE CURSOS D'ÁGUA E
ADJACÊNCIAS**

Dissertação apresentada
como requisito para a obtenção do
título de Mestre em Engenharia
Civil e Ambiental da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”, Área de Concentração
Saneamento.

Orientador: Prof. Dr.
Alexandre Marco da Silva

Bauru
2015



Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Unesp
Câmpus de Sorocaba

Silva, Rosiane Argenton e.

Desenvolvimento de uma chave para apoio no diagnóstico e na tomada de decisão de ações de recuperação ambiental de cursos d'água e adjacências / Rosiane Argenton e Silva, 2015.
65 f.: il.

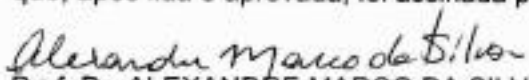
Orientador: Alexandre Marco da Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista.
Faculdade de Engenharia de Bauru, Bauru, 2015.

1. Ecossistemas aquáticos. 2. Análise ambiental. 3. Gestão ambiental. I. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Faculdade de Engenharia (Campus de Bauru). II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE ROSIANE ARGENTON E SILVA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL, DO(A) FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU.

Aos 10 dias do mês de agosto do ano de 2015, às 08:30 horas, no(a) Auditório do Câmpus Experimental de Sorocaba/UNESP, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. ALEXANDRE MARCO DA SILVA do(a) Engenharia Ambiental/Unidade de Sorocaba, Profa. Dra. ANA ADELINA DE OLIVEIRA AFONSO do(a) Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental/Sorocaba, Profa. Dra. ROSA ANTONIA ROMERO FERREIRA do(a) Empresa Limnética/Botucatu, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de ROSIANE ARGENTON E SILVA, intitulada "DESENVOLVIMENTO DE UMA CHAVE PARA APOIO NO DIAGNÓSTICO E NA TOMADA DE DECISÃO DE AÇÕES DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DE CURSOS D'ÁGUA E ADJACÊNCIAS". Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovada _____. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Prof. Dr. ALEXANDRE MARCO DA SILVA


Profa. Dra. ANA ADELINA DE OLIVEIRA AFONSO


Profa. Dra. ROSA ANTONIA ROMERO FERREIRA

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente às pessoas mais importantes da minha vida, meus pais José Romeu e Roseli, por todo apoio, amor e suporte durante toda essa trajetória. Obrigado pela ajuda nas idas a campo, nas coletas de dados e na redação, sem os quais não poderia ser possível realizar mais essa etapa tão importante da minha vida.

À Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) pela oportunidade de estágio, o qual contribuiu de maneira significativa para minha formação pessoal, profissional como bióloga e para o desenvolvimento de inúmeros pontos importantes deste trabalho. Especialmente aos queridos colegas de trabalho e agora amigos Ana Adelina e Reinaldo por todo o conhecimento ensinado, pela paciência e pelas idas a campo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alexandre Marco da Silva pela orientação, pela paciência, pelas correções e por toda dedicação.

Em especial a minha filhinha de quatro patas, Wendy (in memoriam), que me acompanhou durante toda minha trajetória me dando amor incondicional e me fazendo companhia em todos os momentos.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

Sumário

1. Introdução	9
2. Justificativa	11
3. Objetivo Geral.....	13
4. Revisão Bibliográfica.....	14
4.1 Recursos Hídricos e Degradação.....	14
4.2 Recuperação e Restauração	16
4.3 Restauração de Recursos Hídricos	17
4.4. Alguns exemplos de projetos de recuperação de cursos d'água	19
4.5. A abordagem dicotômica em trabalhos científicos.....	23
5. Procedimentos Metodológicos	25
5.3. Divisão das áreas analisadas	26
5.4. A aplicação da chave e locais de estudo (descrição).....	27
6. Resultados e Discussão	28
6.1. Conceitos básicos	28
6.2. A Chave.....	35
6.3. Potencial de uso da chave	39
6.4. Estudos de casos.....	41
7. Considerações finais.....	52
8. Referências Bibliográficas	54
APÊNDICE	62

Lista de Figuras

Figura 1:Esquema ilustrativo de bacia hidrográfica	14
Figura 2:Estratificação térmica vertical em lagos	30
Figura 3: Garrafas pet para determinação de turbidez da água	33
Figura 4: Primeira etapa proposta na divisão da chave	35
Figura 5: Chave (ambientes lóticos).....	36
Figura 6: Chave (ambientes lênticos).....	37

RESUMO - Ambientes aquáticos são usados de diversas maneiras pelo homem em seu cotidiano. Essa relação, no entanto traz alguns tipos de distúrbios a estes ambientes, que se tornam degradados e requerem cuidados. Por incluir não só o curso d'água, mas também o contexto ambiental no qual ele está incluído, essa recuperação precisa ser feita de modo mais amplo. Porém, ao mesmo tempo necessita canalizar esforços e recursos a pequenos detalhes e características do local. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho é a criação de uma chave que contem, de maneira hierarquizada, orientações sobre a obtenção de informações sobre degradação, que possibilita a elaboração de um diagnóstico do meio biofísico e antrópico e orienta o usuário a na tomada decisões para restauração de forma facilitada e precisa. O procedimento para criar a chave constitui em tornar os itens hierarquizados e em cada um deles o usuário terá uma pergunta para ser respondida em termos de diagnóstico. Em função da resposta dada a pergunta o usuário será remetido a uma nova parte da chave com novas perguntas até chegar num ponto onde o diagnóstico estará concluído e as ações a serem tomadas visando à recuperação do local estarão disponíveis. A chave busca adequar seu uso ao maior número de situações possíveis, além de tornar mais precisas, corretas e rápidas as decisões para restauração. Visando exemplificar o uso da chave, o presente projeto ainda apresenta oito estudos de caso de locais situados em diferentes regiões ao longo do estado de São Paulo, com diferentes graus de degradação e de complexidade. Os estudos de caso serviram para verificar a exeqüibilidade do uso da chave. Dentre os estudos realizados a chave permitiu efetuar um diagnóstico adequado e as ações indicadas pertinentes conforme o contexto de cada local.

Palavras-chave: Diagnóstico ambiental, recuperação de ecossistemas límnicos, gestão ambiental, ferramenta para análise ambiental, tecnologia ambiental.

Title: Development of a Key for Supporting the Assessment and Decision Making in Environmental Recovery Actions of Watercourses and Surroundings

Candidate: Rosiane Argenton e Silva.

Advisor: Prof Adj Alexandre Marco da Silva.

ABSTRACT - Aquatic environments are used in different ways by man in their daily lives. This relation, however brings some types of these disorders in the environments which become degraded and require care. For including not only the stream, but also the environmental context in which it is included, this recovery needs to be made more broadly. But at the same time need to direct efforts and resources to small details and site characteristics. Therefore, the objective of this study is the creation of a key that contains, in a hierarchical manner, guidelines on the collection of information on degradation, which allows the production of a diagnosis of biophysical and anthropic environment and guides the user in decision taking for easy way to restore and precise. The procedure for creating the key is in making the hierarchical items and each user will have a question to be answered in terms of diagnosis. According to the answer given to question the user will be referred to a new part of the key with new questions until reaching a point where the diagnosis is complete and the actions to be taken for the recovery of the site will be available. The key tries to adapt its use to the greatest number of possible situations, and make more precise, accurate and fast decisions to restore. In order to exemplify the key usage, this study also presents eight case studies

of sites located in different regions throughout the state of São Paulo, with different degrees of degradation and complexity. Case studies are used to verify the feasibility of the key usage. Among the studies allowed the key make a proper diagnosis and relevant actions indicated as the context of each site.

Key-words: Environmental diagnosis, limnic ecosystems recovery, environmental management environmental analysis tool, environmental technology.

1. Introdução

Quando se pensa em ambientes aquáticos, logo se tem a ideia dos inúmeros benefícios que estes trazem ao homem, como o abastecimento, irrigação, lazer, pesca, navegação, aquicultura; o que traz uma dependência muito grande por parte do homem desses recursos. Essa relação, no entanto, gera problemas como a degradação desse meio, colocando em risco a segurança da água e dos recursos hídricos (HOBBS & CRAMER, 2008; BAKKER, 2012). A eutrofização causada pelo lançamento de esgoto doméstico e industrial, o uso de fertilizantes da agricultura, o desmatamento de mata ciliar e o despejo de resíduos sólidos em regiões impróprias são alguns dos exemplos mais comuns de distúrbios causados pela ação antrópica em ecossistemas terrestres que vem sendo reportados desde o século passado, conforme já apontava Esteves (1998).

Considerando então esses problemas, trabalhos são realizados tentando saná-los. Esses trabalhos de recuperação ambiental podem ser desenvolvidos de maneira sistematizada. A razão disto é que, se por um lado as modalidades de impacto ambiental promovidas pelo homem são várias em escala mundial, por outro lado, elas podem ser agrupadas em alguns tipos de modalidades “padrão”, como erosão, poluição, perda de biodiversidade. Por outro lado, embora na biosfera ocorra uma enorme diversidade de ambientes, as reações aos impactos ambientais podem ser analisadas de uma forma sistêmica (desbalanço dos ciclos biogeoquímicos, contaminação, eventuais surgimentos ou perdas de nichos ecológicos).

O grande número de fatores antrópicos impactantes força, através de fatores de estresse, mudanças nos ecossistemas aquáticos (MALMQVIST & RUNDLE, 2002). Esses fatores estão divididos em: I) destruição do ecossistema, II) alteração física do habitat, III) alteração química da água e IV) adição ou remoção de espécies.

A restauração de ecossistemas aquáticos é um serviço ambiental cada vez mais necessário em diversas partes do mundo para tentar diminuir a pressão sobre os recursos

hídricos e para restabelecer níveis aceitáveis de quantidade e qualidade de água. A restauração visa recriar ou simular um sistema natural e autorregulado que seja ecologicamente integrado com a paisagem. Para que isso seja possível é preciso se fazer a reconstrução das condições físicas; ajuste químico do solo e da água; e manipulação biológica com introdução de espécies de fauna e flora nativas (PEREIRA, 2011).

Antes da restauração, todo ambiente precisa passar por uma etapa de diagnóstico para saber quais modalidades de impactos estão ocorrendo, com qual intensidade e há quanto tempo (PERROW & DAVY, 2002).

Uma análise sistematizada do diagnóstico pode ser feita por meio da criação de chave hierárquica de diagnóstico e indicação posterior das ações de manejo visando à recuperação. Isto já foi feito para ambientes terrestres (SMA, 2006; LERF ESALQ USP, s.d.).

Para ambientes aquáticos, especialmente ambientes continentais, ainda não há nada do gênero, mas existe uma demanda expressiva por trabalhos de recuperação, não só no Brasil, mas em todo o planeta. A criação de uma chave vem colaborar de forma importante, pois permitiria os usuários da chave realizar um diagnóstico de maneira mais rápida e precisa. Também ter conhecimento sobre as principais ações que seriam fundamentais para prover melhorias ao ecossistema ora impactado.

2. Justificativa

Várias regiões do mundo possuem seus recursos hídricos superficiais degradados. Diversos serviços ecossistêmicos essenciais à sustentabilidade ambiental do planeta e também à sobrevivência humana são dependentes de sistemas hídricos superficiais continentais saudáveis. O Brasil é um país que merece destaque de duas maneiras: no lado positivo devido à sua riqueza hídrica na maioria do território nacional. Por outro lado, o número de cursos d'água superficiais, especialmente de pequeno/médio porte, que estão degradados é sabidamente alto (REBOUÇAS et al., 2002). Por exemplo, ao longo dos milhares de municípios brasileiros, raríssimos são os cursos d'água que atravessam uma área urbanizada e ainda se mantêm em condições ecológicas inalteradas.

Um dos poucos caminhos que resta é lutar por atividades que visem restaurar corpos d'água, sobretudo os continentais, para que eles continuem a prover bens e serviços ecossistêmicos dos quais somos dependentes e os quais eles conseguem prover se estiverem num padrão de qualidade e conservação adequados (PALMER et al., 2005). Vários métodos já foram propostos para facilitar e acelerar trabalhos de restauração em corpos d'água superficiais.

Já existe para utilização duas chaves de tomada de decisões que visam apoiar a escolha das ações a serem realizadas em função das diferentes situações encontradas, para recuperação de áreas degradadas, porém que visa apenas ambientes terrestres. Uma delas constitui o resultado de um evento realizado em 2006, no Instituto de Botânica, São Paulo, pelo Projeto de Recuperação de Matas Ciliares da SMA, o “Workshop sobre Recuperação de Áreas Degradadas em Matas Ciliares - Modelos Alternativos para Recuperação de Áreas Degradadas em Matas Ciliares no Estado de São Paulo” (SMA, 2006). A outra, supostamente mais recente (data não informada no site) possui uma abordagem ligeiramente diferente, porém também limita-se a ambientes terrestres.

Apesar der eficientes, ambas as chaves apresentam limitações quando usadas em ambientes aquáticos ou em regiões próximas á eles. Por isso o desenvolvimento de uma chave de recuperação que seja voltada para cursos d'água é tão importante.

A criação de uma chave com perfil de uso em sistemas aquáticos continentais e superficiais visa dar subsídio a projetos de recuperação de ambientes aquáticos de maneira que contemple conceitos ecológicos cientificamente descritos e validados dentro do procedimento de diagnóstico e indicação de ações técnicas para solução dos problemas ora diagnosticados.

Por apresentar um perfil de praticidade e objetividade prevê-se a implementação e o uso dela por órgãos municipais, estaduais e federais e também por profissionais que tenham projetos na área de recuperação de recursos hídricos. Deste modo, é possível ter-se uma noção da amplitude do problema e da urgência por soluções técnicas e ecologicamente aceitáveis.

3. Objetivo Geral

Elaborar um instrumento com informações sobre degradação, que possibilite a elaboração de um diagnóstico do meio biofísico, degradado por atividades, antrópicas e oriente o usuário na tomada de decisões para restauração de forma facilitada e precisa de recursos hídricos e adjacências em áreas cotinentais.

3.1. Objetivos específicos

a. Compilar informações e apresentá-las na forma de um compêndio de conceitos e termos técnicos para dar suporte teórico de compreensão e orientação de uso da chave.

b. Averiguar, *in locu*, diversas situações de corpos d'água superficiais degradados, efetuar um diagnóstico e aplicar a chave, a fim de verificar eventuais falhas na estrutura da chave e permitir a correção desta.

4. Revisão Bibliográfica

4.1 Recursos Hídricos e Degradação

A bacia hidrográfica é utilizada como um modelo abrangente para conceituar e compreender os ecossistemas, uma vez que envolvem aspectos de geologia, vegetação, clima, uso e ocupação do solo. Ela envolve ainda componentes estruturais e funcionais, processos biogeofísicos, econômicos e sociais, tornando-a então uma unidade ideal para integrar esforços com fins de pesquisa e gerenciamento (SIQUEIRA & HENRY-SILVA, 2011). A Figura 1 ilustra uma bacia hidrográfica com suas principais características.



Figura 1: Esquema ilustrativo de bacia hidrográfica traduzido (Original disponível em: (<http://www.longtom.org/about-ltwc/watershed-diagram/>))

A relação entre bacia hidrográfica e recursos pode ser evidenciada pela frase “a água transporta substâncias e organismos, fruto de onde passou” (AZEVEDO NETTO, 1991). Desta forma, percebe-se que a degradação que eventualmente está ocorrendo num curso d’água pode ter causa externa e a montante do local impactado. Este é um princípio importante que precisa ser considerado na elaboração e execução de projetos de recuperação de sistemas aquáticos.

Quando o foco é os ambientes lóticos, ou seja, cujas águas estão em movimento ou em correnteza, é preciso lembrar que entre os ecossistemas aquáticos estes possuem fluxo predominantemente unidirecional (MALMQVIST & RUNDLE, 2012), além de possuírem uma forma linear, vazão oscilante e leitos instáveis (TOWNSEND, BEGON & HARPER, 2010). Isto pode fazer com que um distúrbio local promova consequências ao longo do seu percurso. Por outro lado, eles possuem a característica de autodepuração, que é muito importante no auxílio da sua recuperação quando se encontra degradado. Outra característica importante desse ambiente é sua relação extremamente próxima ao ambiente terrestre, ou seja, há uma natureza estreita entre esses dois ambientes, aquático e terrestre. (TOWNSEND, BEGON & HARPER, 2010).

Por outro lado, quando se trata de ambientes lênticos, a principal característica a ser lembrada é a natureza relativamente estável da água de sua bacia (TOWNSEND, BEGON & HARPER, 2010). O processo de eutrofização e também o rebaixamento do lençol freático é muito comum em lagos ao redor do mundo e, por isso, são exemplos palpáveis da degradação existente (PEREIRA, 2011).

O uso de lagos e reservatórios pelo homem traz como principais problemas a eutrofização e a acidificação das águas. A acidificação está relacionada à chuva ácida, que ocorre quando essa compromete o pH desses lagos (abaixo de 4,7). Essa chuva é causada em sua maioria por massas de ar poluídas contendo enxofre e nitrogênio que se deslocam por grandes áreas (REBOUÇAS et al., 2002).

Princípios estratégicos de restauração de lagos combinam aspectos sociais e tecnologias disponíveis. Para os casos de eutrofização é possível dividir as técnicas em duas categorias: externa e interna (*in-lake*).

Tanto o desvio de fluxos ricos em nutrientes quanto à redução de nutrientes nas principais entradas são medidas para reduzir o aporte de nutrientes em lagos (COOKE et al. 2005). O tratamento do esgoto, as mudanças nas características dos detergentes foram algumas das mudanças adotadas por países europeus e pelos Estados Unidos. O principal foco é a redução do fósforo (P) existente. A falta de uma resposta clara para diferentes reduções de P externos não significa, porém, um impedimento na melhoria na qualidade da água (COOKE et al., 1993). Em termos de tempos para recuperação, um

lago demora mais de dez anos para dar indicadores de respostas, o que pode explicar diferentes resultados obtidos (EPA, s.d.).

É essencial então, a compreensão dos processos e da estrutura que influenciam para dar suporte no gerenciamento dos sistemas fluviais, permitindo então aplicar estes conhecimentos básicos no planejamento de projetos, como na recuperação de ambientes aquáticos degradados por atividades antrópicas (PEREIRA, 2011).

4.2 Recuperação e Restauração

Quando se fala de restauração, reabilitação e recuperação de um ecossistema é viável dizer que estes são processos utilizados para restabelecer características estruturais e funcionais de ecossistemas perturbados e assim trazê-los o mais próximo do seu estado natural (BECHARA, 2006; HOBBS & CRAMER, 2008).

Impactos causados pela mineração, erosão do solo, expansão urbana, construção de rodovias, plantio de monoculturas (extinção de espécies) são alguns dos principais causadores de mudanças no ambiente que trazem consequências de degradação.

Praticamente todo ambiente que foi submetido a algum processo de degradação ambiental poderá ser naturalmente recuperado sem intervenção humana. Este é o princípio da restauração passiva (HOBBS & CRAMER, 2008). Contudo, em várias situações, o processo é bastante lento e a probabilidade de gerar um novo ambiente indesejado, devido ao processo de restauração, é alta.

A restauração nem sempre faz com que o ecossistema volte ao seu estado anterior, devido a algumas limitações existentes. Ela faz o uso de uma trajetória histórica do estado anterior do local ou visa um estado esperado para o mesmo.

A recuperação de um local degradado é um processo expressivamente complexo. Cabe ao recuperador ou restaurador promover “gatilhos ecológicos” que acelerem a sucessão natural (BECHARA, 2006). As estratégias de restauração podem se basear em uma combinação de diferentes escalas: espécies, comunidade, ecossistema, paisagem. Para que haja sucesso, essa escala deve levar em consideração a realidade sócio-econômica da região a ser implantada.

Sendo assim, a intervenção humana em várias situações faz-se necessária para atingir, ao mesmo tempo, três metas: (1) estancar o(s) processo de degradação, e/ou (2) acelerar o processo de restauração, e/ou (3) direcionar o processo de recuperação e/ou restauração (recuperação assistida), de forma que permita o restabelecimento de processos necessários para suportar o ecossistema natural de uma microbacia, melhorando a integridade ecológica local (WOHL et al., 2005).

Seguindo as Diretrizes para Desenvolver e Gerenciar Projetos de Restauração Ecológica da Sociedade Internacional para a Restauração Ecológica (CLEWELL, RIEGER & MUNRO, 2005), a restauração é feita de forma organizada e gradual para que o ambiente restaurado atinja sua melhor forma em termos de indicadores ambientais e no tempo mais breve possível.

Alguns itens importantes a serem levados em consideração são a identificação do local; tipo de ecossistema; metas de restauração; tipo de causadores de stress; acompanhamento e outras. Logo, é possível ver que esse processo se estende por etapas pré, durante e pós-restauração, para que esta seja então eficiente.

A exemplo disso tem-se o Programa de Revitalização de Bacias Hidrográficas, que é coordenado pelo governo federal brasileiro através da Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano e Ministério do Meio Ambiente entre os anos de 2003 e 2007, objetiva a recuperação, conservação e preservação das bacias hidrográficas que estão em situação de vulnerabilidade ambiental, fato que atinge os objetivos previsto no artigo 225 do capítulo VI da Constituição Federal onde “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

4.3 Restauração de Recursos Hídricos

O potencial de recuperação de um ecossistema é normalmente medido por indicadores com base na qualidade do habitat, quantidade ou diversidade de espécies. Já o sucesso na restauração de um ambiente é, assim como o próprio ambiente, um resultado variável. É necessário reconhecer a inexistência de método que seja único e

universalmente aplicável quando se fala de restauração. Isso devido às diferenças regionais em geologia, clima, vegetação, histórico de uso da terra e distribuição de espécies. No entanto não constituem a restauração ecológica, causando em alguns casos a degradação de recursos hídricos próximos (PALMER et al., 2005).

Assim, restauração pode ser considerada como uma tentativa de retornar um ecossistema à sua trajetória histórica (CLEWELL, RIEGER & MUNRO, 2005). Como pode ser difícil refazer essa trajetória, busca-se então fazer uma união de dados que ajudem como o estado do sistema, estudos comparativos do ecossistema intacto, dados culturais, regionais, etc.

Estratégias para projetos de restauração muitas vezes incluem promover níveis mais elevados de dinamismo físico em cursos d'água que foram represados, canalizados. Projetos de grande escala, embora nem sempre economicamente ou socialmente viáveis, oferecem potencial interessante para a restauração eficaz (HOBBS & CRAMER, 2008). Para que essa restauração seja feita de maneira mais eficaz, o ideal é o uso de uma equipe multidisciplinar que defina os objetivos no início do projeto visando buscar soluções cabíveis para problemas econômicos (COOKE et al., 2005).

Projetos de recuperação de rios têm sido muitas vezes desenvolvidos com pouco conhecimento da estrutura natural e função dos rios, e os projetos comumente tentam criar habitats considerados adequados para uma única espécie de interesse (RONI et al., 2005). No entanto, estudos apontam que declínios mundiais de peixes e outras espécies aquáticas em águas doces são, em parte, resultado de tentativas de gestão de espécies e características do habitat, em vez de gerir ecossistemas inteiros.

Portanto, antes de discutir a eficácia das técnicas de reabilitação de habitats, algumas informações sobre as bacias hidrográficas são necessárias para auxiliar na compreensão da variabilidade na eficácia entre as técnicas, bem como entre os estudos sobre um determinado método de reabilitação (RONI et al., 2002).

A progressiva degradação dos padrões de qualidade d'água tem como resultado, na maior parte das vezes, a alteração de um estado trófico para outro. Estas mudanças são geralmente caracterizadas, por: (a) florações de cianobactérias, diatomáceas e clorofíceas (fitoplâncton); (b) desaparecimento da vegetação aquática submersa e emergente (macrófitas aquáticas); (c) predominância de peixes planctívoros e piscívoros; e (d) redução da transparência da água (MOSS, 1990). Para que o

ecossistema que se encontra com alta turbidez volte ao equilíbrio inicial é necessário que este baixe suas concentrações de nutrientes (FRAGOSO et al., 2010).

A mata ciliar, que se estende por todo curso do rio, apresenta um papel importante, amortecendo possíveis impactos resultantes da área de captação (MALMQVIST & RUNDLE, 2012). Restabelecer a integridade da mata ciliar é com certeza um ponto que deve ser trabalhado visto sua vital importância para a preservação e manutenção dos recursos hídricos.

Duas abordagens para esse tipo de recuperação podem ser apontadas com bons exemplos: tratamentos através da silvicultura e uso de reforço nas margens e redução de pastagens nas áreas ribeirinhas (RONI et al., 2005).

Foi criado nos Estados Unidos um guia que tem como objetivo guiar as atividades de restauração de recursos hídricos do país (USEPA, 2000). Esse guia objetiva dar apoio às pessoas que buscam essa restauração através não só do âmbito técnico e científico, mas também englobando todo o manejo ambiental. Tem como tópicos a restauração da estrutura física natural; restauração da função; trabalho da restauração no contexto da bacia hidrográfica e da paisagem; conhecimento do potencial natural da bacia hidrográfica; identificação das causas da degradação; desenvolvimento de metas claras, realizáveis e mensuráveis; foco na viabilidade; uso de um local de referência para comparação de indicadores; previsão de futuras mudanças; envolvimento habilidades e conhecimentos de uma equipe multidisciplinar; restauração da integridade ecológica; uso da restauração passiva quando for possível; preservação e proteção dos recursos aquáticos.

4.4. Alguns exemplos de projetos de recuperação de cursos d'água

Este tópico foi incluído no presente trabalho para proporcionar melhor compreensão sobre recuperação de cursos d'água através de exemplos de projetos realizados em diversas escalas, diversos tempos (períodos) de execução e em diversas regiões. Os exemplos relatam uso de diferentes técnicas de recuperação face aos problemas diagnosticados e os objetivos de uso do local pós-recuperação.

Rio Skerne-Inglaterra

O rio Skerne, que está localizado na cidade de Darlington, no Condado de Durham (Inglaterra) é um exemplo de restauração urbana, que ocorreu entre os anos de 1995 e 1998. Ele sofreu modificações durante o desenvolvimento industrial e doméstico por mais de 200 anos, o que fez com que sua área fosse retificada e ampliada para reduzir enchentes e para drenar a área urbana circundante. Para a restauração foi escolhida uma área de 2 km de comprimento.

Quatro novos meandros foram formados em uma seção remanescente de várzea utilizada como um parque aberto. O excesso de solo foi utilizado para paisagens próximas às encostas íngremes. As margens foram reforçadas com salgueiros e junco, de modo a evitar erosão. Emissários de águas superficiais, que não eram visivelmente agradáveis, foram substituídos por câmaras subterrâneas que em primeiro lugar interceptam a poluição e, em seguida, descarregaram a água para o rio abaixo do nível da água.

Nos lugares onde não puderam ser criados novos meandros a solução foi à remodelação e estreitamento do leito, com a variação do fluxo para que plantas ribeirinhas pudessem ser plantadas. O objetivo final foi então “trazer o campo para a cidade”, o que localmente foi bem aceito (JELTE & ARONSON, 2006).

A restauração de um canal para um estado de equilíbrio dinâmico pode não ter um resultado socialmente aceitável se a situação resultante representa uma ameaça aos recursos ciliares ou infraestrutura (COPELAND et al., 2003).

Projeto Rio Zero-Itália

O projeto Rio Zero se utiliza de estratégias que protegem áreas de água doce e habitat estuarinos que estão relacionados ao lado de Veneza. Ele se caracteriza pela criação de metas de redução de nutrientes (nitrogênio e fósforo) através do zoneamento do risco da captação e criação de zonas tampão para a poluição que entra nessa região. Estes habitats tampão incluem lagos fluviais, grandes margens de junco, lagos de várzea e grandes áreas de mata ciliar. Isso resultou na criação de 16 km de canais de rios restaurados, 30 ha de lagos fluviais e planícies de inundação, 10 ha de áreas de junco e cerca de 160 ha de mata ciliar de um canal que antes era integralmente de concreto (JELTE & ARONSON, 2006).

Rio Pardo-Brasil

Em estudo realizado no Rio Pardo foi feito o uso de sensoriamento remoto e GIS (Sistemas de Informação Geográfica) e monitoramento da cobertura da terra para que se pudesse desenvolver um projeto de restauração da região ribeirinha (SIMÕES et al., 2002).

Foi feita uma divisão de áreas baseada na intensidade do uso da terra e através disso pode-se classificá-las em uma ordem de prioridade de restauração.

Essa classificação fez uso de características como de dados como o tipo de solo, a erosão e drenagem do solo, fertilidade, erodibilidade e rochosidade do solo.

Segundo a Lei 12.651, de 25 de maio de 2012 considera-se Área de Preservação Permanente “as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente excluído os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular...”. Estas por sua vez são regiões que por lei não podem ser tocadas ou gerenciadas sem autorização do órgão competente. No entanto, foi visto que existe o uso para pastagem dentro dessa área em grande escala.

Logo, nesse caso grande parte da área que necessita ser restaurada está na área protegida (ESPINOZA-QUIÑONES et al., 2005).

O uso de macrofitas, como a *Salvinia* sp., mostrou que quando se trata de remoção de elementos químicos poluentes da água é interessante pensar na possibilidade do seu uso. Em estudos prévios realizados no Rio São Francisco foi possível ver que essa macrófita conseguiu remover de maneira significativa metais presentes na água e pode, ou deve ser usada em conjunto com outras plantas para que essa capacidade seja potencializada.

Lagoa Rodrigo de Freitas-Brasil

A Lagoa Rodrigo de Freitas, na cidade do Rio de Janeiro sofreu grandes distúrbios desde o ano de 1808. Seu espelho d'água sofreu uma grande redução, muitos aterros foram feitos nessa região e por fim sua área alagável foi totalmente aterrada para o surgimento de bairros.

Por ser uma área costeira, apresenta sedimentos ricos em matéria orgânica e sulfato, o que a torna naturalmente eutrófica. Com o grande aporte de esgoto resultante dos bairros esse ecossistema passou então a ser hipereutrófico. A contribuição de fontes clandestinas de esgoto, águas de drenagens das ruas, e todos os esgotos *in natura* contribuiriam então para que essa situação se agravasse. A mortandade de peixes passou então a ser um indicador claro do problema.

A partir de 2010 governos municipal e estadual, ONGs e iniciativa privada se uniram para criar um programa de ações com objetivo de restaurar a Lagoa. Essas ações foram a retirada de lixo sólido de dentro da lagoa e de suas margens; redução e eliminação das fontes de esgoto; desassoreamento e manutenção do canal que liga a lagoa ao mar, que antes era usado para drenagem e agora é usado para troca de água pobre em oxigênio da lagoa por água rica em oxigênio do mar; retirada de matéria orgânica acumulada em algumas áreas da lagoa.

Após essas ações o principal indicador de eficiência do projeto foi da redução até a completa cessão da mortandade de peixes. Porém por ter as características de um ecossistema com alta carga de nutrientes, esse é um trabalho que demanda um constante acompanhamento.

Diante do exposto, verifica-se que os problemas ambientais relacionados à degradação de corpos d'água podem possuir causas comuns e cujas soluções também podem ser comuns, porém com intensidades e ordenamentos de trabalhos diversificados em função das peculiaridades de cada local.

Verificou-se que nenhum projeto descreveu de maneira sistematizada as etapas de diagnóstico e que esta geralmente é uma etapa fundamental na determinação de

tempo de execução do projeto, otimização de custos e *feedback* ecológico satisfatório de todo investimento ali injetado (NRC, 1992).

4.5. A abordagem dicotômica em trabalhos científicos

Taxonomia é o estudo teórico da classificação, que inclui bases, princípios, procedimentos e regras. Ela tem como objetivo classificações e trata de como se classifica e se identifica. Chave dicotômica é um método utilizado para que essa classificação possa ser feita. Ela pode ser definida como uma chave para identificação baseada em uma série de escolhas entre características alternativas (MERRIAM-WEBSTER ONLINE DICTIONARY, s.d.).

Ela é uma ferramenta usada nas Ciências Biológicas para identificação de espécies animais e vegetais. Devido a sua praticidade e eficiência também tem sido recentemente aplicada em trabalhos de recuperação ambiental (SMA, 2006; LERF ESALQ USP, s.d.). Ela é usada principalmente para restauração florestal, uma vez que se usa da identificação de espécies da área para facilitar as medidas de recuperação a serem proposto.

Um exemplo de sua utilização é na preparação de áreas para agricultura, onde ela considera as características do local escolhido para então sugerir medidas que o torne propício para prática de determinada cultura (HAINDS; s.d.).

Sua adaptação a diversos temas faz com que novas chaves sejam desenvolvidas para que possam suprir as necessidades de cada ambiente e de cada objetivo previsto. Esse é o caso de uma chave desenvolvida para a identificação de espécies arbóreas-arbustivas de cerrado em Itirapina (MAHMOUD et al., s.d.).

A chave para recuperação de áreas degradadas, como já foi citada anteriormente, é um claro exemplo da eficiência do uso desse conceito para a recuperação de áreas. Uma proposta foi apresentada em 2006 no Workshop sobre Recuperação de Áreas Degradadas em Matas Ciliares e tem como objetivo atender as situações de recuperação

de áreas degradadas, especialmente em mata ciliar. Ela foca em ambientes terrestres e por isso apresenta em seu decorrer características ligadas á ele. Esta possui dados para análise de características especialmente da vegetação, do solo, do uso ou não do local para alguma finalidade.

Devido a isso, as ações possíveis que são então propostas em seu decorrer, também apresentam uma ampla variedade para que possam então se adaptar á variáveis encontradas nesses ambientes a serem recuperados. Mesmo assim, algumas delas são usadas mais de uma vez por serem passíveis de uso em mais de uma situação.

A ferramenta, apresentada em forma de fluxograma e também textual, inicia-se orientando o usuário a verificar a existência ou não de fragmentos florestais no entorno próximo ao local que está sendo diagnosticado. Isto porque, para ecossistemas florestais a existência ou não de fragmentos remanescentes é um pressuposto básico para viabilizar a recolonização sem maiores intervenções humanas, sendo a maior intervenção a mitigação ou eliminação dos agentes degradantes locais.

A partir daí a chave entra em situações mais específicas especialmente para as localidades onde o diagnóstico aponta a inexistência de fragmentos florestais próximos, caracterizando situações mais agudas de degradação e com necessidade de várias formas de intervenção. Conforme se avança pelos itens da chave, estes terminam encerrando o diagnóstico e apontando soluções para a restauração.

A chave desenvolvida pelo Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal-ESALQ-USP apresenta, assim como aquela para recuperação de áreas degradadas e a apresentada neste trabalho, o objetivo de recuperar uma determinada área. Ela se utiliza do principio da associação entre o diagnóstico e ações de restauração. Assim como as outras duas, faz isso usando-se do modelo dicotômico semelhante ao utilizado em taxonomia (LERF ESALQ USP, s.d.).

Sua principal diferença quando comparada as outras duas chaves é o fato de apresentar em cada item avaliado do diagnóstico um item de ações de restauração, e vice-versa, até que se chegue ação final de restauração indicada para cada situação ambiental (LERF ESALQ USP, s.d.).

5. Procedimentos Metodológicos

5.1. Conceitos técnicos que aparecem na chave ou fortemente relacionados a ela.

Para a elaboração da chave procurou-se usar terminologia simplificada sempre que possível. Contudo, em várias situações, foi necessário o emprego de termos técnicos e/ou que se sabe que as pessoas possuem conhecimentos limitados ou ainda diferentes pontos de vista sobre determinado termo. Sendo assim, foi necessária a compilação de um conjunto de conceitos básicos visando proporcionar uniformidade de informação. Os conceitos foram obtidos em sua maioria em legislações e decretos. Foram consultadas fontes na internet de agências reguladoras e/ou fiscalizadoras de longa tradição e forte influência na área de meio ambiente em termos local (Companhia Estadual de Saneamento Ambiental de São Paulo – CETESB) ou internacional (Agência Ambiental do Governo Federal dos Estados Unidos - USEPA), além de trabalhos acadêmicos, como teses e artigos.

5.2. Critérios para a elaboração da chave.

Em termos logísticos, o desenvolvimento da chave seguiu uma forma similar àquela proposta por Carolus Linnaeus no século XVIII e usado em trabalhos de sistemática vegetal e animal. A estratégia de estruturação da chave considera que o primeiro item apresente duas possibilidades que são mutuamente exclusivas marcadas com a e b, sendo que cada uma delas conduzirá para a etapa seguinte, que poderá ser uma ação possível de restauração ou um novo item de continuação do diagnóstico. Em alguns casos haverá três opções existentes, porém estas serão do mesmo jeito, mutuamente exclusivas.

A chave inicia considerando características mais amplas e genéricas dos recursos hídricos, o que equivaleria ao nível de reino ou filo na taxonomia biológica, passando de nível após nível até chegar a características específicas, equivalente ao nível de espécie ou subespécie na Biologia. Em algumas situações pontuais, a logística foi mudada, com acréscimo de informações de maneira diferente ao usualmente feito nos trabalhos de taxonomia biológica.

Considerando a abordagem dicotômica de chave taxonômica, utilizou-se inicialmente as características mais amplas durante seu desenvolvimento consegue-se chegar a uma ou mais ações cabíveis (CAs) que sejam mais específicas e consequentemente mais eficientes naquele ambiente. Tais ações constituem o montante mínimo necessário em termos de esforço, volume de trabalho e estratégia de ação para mudar o status do corpo hídrico da condição degradada para a não degradada. Também para que alguns indicadores ecológicos de degradação, que foram previamente eleitos como prioridade atinjam valores desejáveis (quando comparados com indicadores de áreas de referência e/ou legislação em vigor e/ou indicadores que se tem informação de tempos anteriores ao local sofrer o processo de degradação).

A chave parte da condição inicial que todos os locais corpos hídricos sejam superficiais e continentais, o que já é uma delimitação importante de onde ela poderá ser utilizada. A partir daí ela vai, a cada nível, se tornando mais específica e já apresentará soluções cabíveis. Cada nível apresentará características similares entre si como hidráulico, ecossistêmico, entre outros.

Algumas soluções apresentadas numa região da chave poderão se repetir em outras, devido ao fato de algumas soluções serem viáveis em mais de uma situação, devendo assim ser aproveitadas e levadas em consideração (fato também ocorrente na chave proposta pelo Instituto de Botânica (SMA, 2006)). Além disso, algumas das soluções apresentadas podem não ser mostradas durante a chave e sim apenas citadas e explicadas nos conjuntos de soluções cabíveis, podendo ser assim usadas em mais de uma situação de acordo com a necessidade e adequação da situação.

5.3. Divisão das áreas analisadas

Para o uso desta chave as características da área em questão, como localização e vegetação próxima, foram consideradas. Uma condição básica para obter maior

eficiência é que a área analisada seja dividida em trechos de 50 metros para análise individual de suas características.

Caso seja um ecossistema lótico, seriam 50 metros de rio. Caso seja um ecossistema lêntico, seriam 50 metros de perímetro. Em ambos os casos a sinuosidade é considerada, ou seja, não são 50 metros necessariamente retilíneos. Essa medida foi escolhida levando em consideração dois pontos importantes, sendo o primeiro o fato da chave se basear em uma análise em grande parte visual. Logo, o uso dessa medida será favorável afim de evitar que ocorram grandes variações de características caso a área analisada seja muito grande.

Visto que a chave tem como objetivo orientar as atividades da recuperação, ela se baseia em características que são analisadas de forma fácil e prática. Para isso o principal método usado para se chegar á característica que será analisada é o visual. Através da análise visual que são enquadrados os atributos do local de estudo na chave.

5.4. A aplicação da chave e locais de estudo (descrição).

Visando ilustrar o uso da chave foram escolhidos sete pontos para estudo. Estes foram escolhidos por apresentarem algum tipo de degradação e também estarem localizados em lugares onde sua degradação afeta diretamente o homem e trazem consequências visíveis no seu cotidiano. Optou-se por fazer a apresentação de todas as informações de cada local na seção Resultados e Discussão, pois toda informação apresentada constitui resultado.

6. Resultados e Discussão

Em casos onde o trecho estudado se apresentou relativamente estável, a solução cabível foi a manutenção do mesmo nesse estado de equilíbrio e também o monitoramento do ambiente, uma vez que um menor número de intervenções antrópicas é sempre o ideal para que a estabilidade ambiental seja mantida. Menor intervenção humana significa também menos custos, o que é um elemento sempre fundamental em projetos de recuperação ambiental (NRC, 1992).

6.1. Conceitos básicos

Dentro do contexto da análise ambiental, incluindo a recuperação, há uma série de conceitos cuja interpretação pode variar conforme o profissional que está lidando com o caso (advogado, engenheiro, biólogo, dentre outros). A exposição destes conceitos é fundamental para nortear o delineamento de todo o trabalho, buscando haver menor ambiguidade possível na interpretação dos conceitos. A chave apresenta em seu corpo conceitos tanto comuns quanto científicos para a caracterização dos ambientes analisados. Os principais são descritos a seguir.

Ambiente Eutrófico: corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, onde ocorre aumento da concentração de nutrientes (CETESB, 2007).

Ambiente lântico: ambiente que se refere à água parada, com movimento lento ou estagnado (CONAMA, 2005).

Ambiente lótico: ambiente relativo a águas continentais moventes (CONAMA, 2005).

Ambiente mesotrófico: corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, em grande parte dos casos (CETESB, 2007).

Ambiente Oligotrófico: corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes (CETESB, 2007).

Área Pavimentada: superfície coberta com algum tipo de material, tal como pedra ou concreto, formando assim uma superfície dura para andar e dirigir (MERRIAM-WEBSTER ONLINE DICTIONARY, s.d.).

Assoreamento – (ambientes assoreados): assoreamento é um fenômeno que ocorre em rios que sofrem processos erosivos causados pelo homem ou pela natureza, provoca a redução no volume de água de algumas partes do rio e o alagamento de outras. Compromete o fluxo das correntes e a navegabilidade do rio, altera a visibilidade e a entrada de luz, e, ainda, reduz a renovação do oxigênio da água, comprometendo a qualidade da mesma, colaborando para o desequilíbrio do ecossistema (CBHSF, 2014).

Avaliação do Impacto Ambiental: é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA N° 001, de 23 de janeiro de 1986).

Bacia hidrográfica: é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Degradação ambiental: constitui qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou como uma alteração adversa de qualidade (SÁNCHEZ, 2008). De acordo com a própria definição, degradação ambiental é um termo que traz uma conotação negativa e está sempre associada ao homem, visto que este é o causador desse transtorno ao solo, vegetação ou água.

Eutrofização: se caracteriza pelo aumento na concentração de nutrientes, causa o aumento da produtividade dos compartimentos e altera o funcionamento dos ambientes aquáticos (ESTEVES, 2011).

Espécie nativa: planta que é natural, própria da região em que vive, ou seja, que cresce dentro dos seus limites naturais incluindo a sua área potencial de dispersão (IAP, s.d.).

Espécie exótica: espécie que se estabelece para além da sua área de distribuição natural, depois de ser transportada e introduzida intencional ou acidentalmente pelo homem (IAP, s.d.).

Estratificação térmica de lagos: é a maneira pela qual a água se estratifica verticalmente em resposta à temperatura onde a camada superior tem maior temperatura e é bem iluminada (epilímnio); a camada mais profunda e mais fria (hipolímnio) e uma camada de transição (termoclino ou metalímnio) (TOWNSEND, 2010).

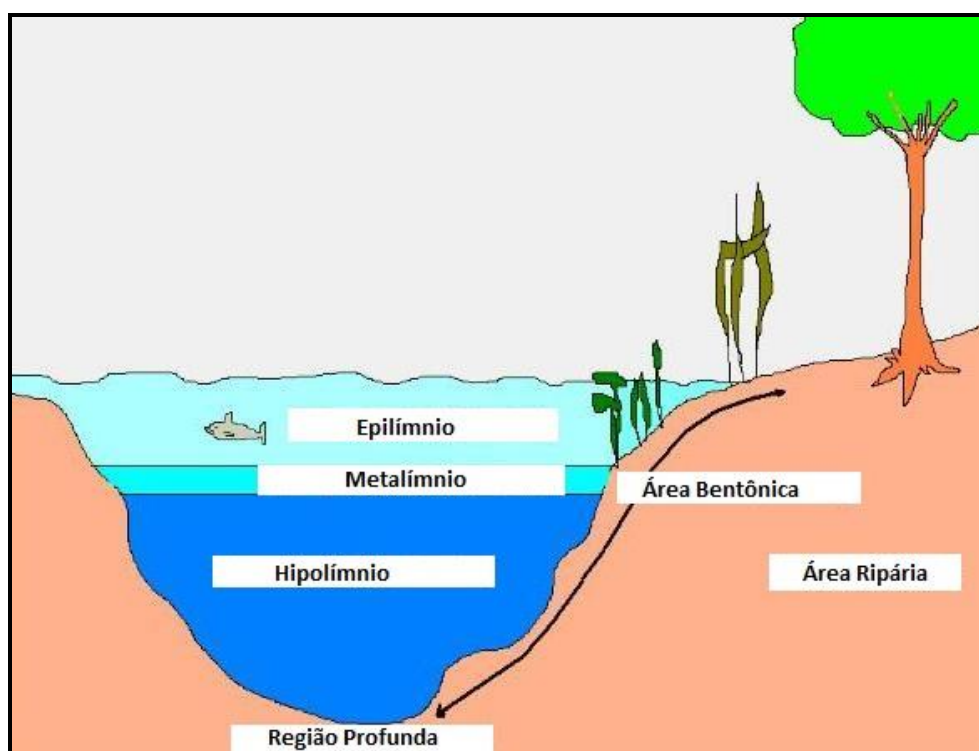


Figura 2: Estratificação térmica vertical em lagos (original disponível em: http://www.iks.hs-merseburg.de/~schz/Steini/Diplom/images/d_01.jpg)

Impacto Ambiental: é qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização (NBR ISSO 14.001: 2004).

Leito concretado: leito do rio que sofreu retificação e uma camada de concreto. Possui usualmente formato de da letra “u” ou trapezoidal.

Leito não concretado: diferentemente do citado a cima, possui o leito com características suas caraterísticas originais, ou mais próximas da mesma, mantendo sua formação e seus sedimentos.

Macrófitas: macrófitas aquáticas são plantas que podem ser encontradas nas margens e áreas rasas de rios, lagos, reservatórios e cachoeiras, fitotelmos, entre outros corpos de água (DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA, IB, USP, s.d.).

Material Orgânico Alóctone: é todo o material de origem vegetal ou animal introduzido no ambiente aquático por meio de despejos ou carreamento, ou seja, pelo arraste por água de chuva (CETESB, s.d.).

Material Orgânico Autóctone: é todo o material de origem vegetal ou animal produzido no próprio ambiente aquático (CETESB, s.d.).

Poluição: se caracteriza pela degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981).

Poluição difusa: gerada pelo escoamento superficial da água, em área urbana ou rural, e que provém de atividades que depositam poluentes, de forma esparsa, sobre a área de contribuição da bacia hidrográfica (TOMAZ, 2006).

Poluição pontual: significa qualquer entrada/introdução, incluindo, mas não limitado a tubo, vala, canal, túnel, conduíte, fissura discreta, recipiente, material circulante, navio ou outra embarcação flutuante, a partir do qual poluentes são ou podem ser descarregadas (EPA, s.d.).

Recuperação Ambiental: recuperação: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original (LEI Nº 9.985, DE 18 DE JULHO DE 2000).

Resíduos: resíduos sólidos correspondem aos resíduos domiciliares e de limpeza urbana (varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana) (PLANO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2011).

Restauração ecológica: é a intervenção humana intencional em ecossistemas degradados ou alterados para desencadear, facilitar ou acelerar o processo natural de sucessão ecológica (RESOLUÇÃO SMA Nº 32, DE 03 DE ABRIL DE 2014).

Turbidez da água – é um indicador físico de qualidade da água e que afeta a penetração da luz na coluna, podendo influenciar na produção e consumo de O₂ (EPA, s.d.). Em campo, um modo simples sugerido de avaliar e comparar a turbidez de uma amostra de água é levar duas garrafas PET incolor de 600 ml bem conservadas (sem arranhões na parte externa das garrafas). Em ambas as garrafas colam-se um adesivo circular vermelho para ser observado pelo outro lado da garrafa. Uma das garrafas é permanentemente cheia com água límpida (de torneira ou preferencialmente destilada). A outra garrafa é, em campo, cheia com a água local e o grau de atenuação do círculo vermelho da amostra é comparado com a da garrafa com água límpida (Figura 3).

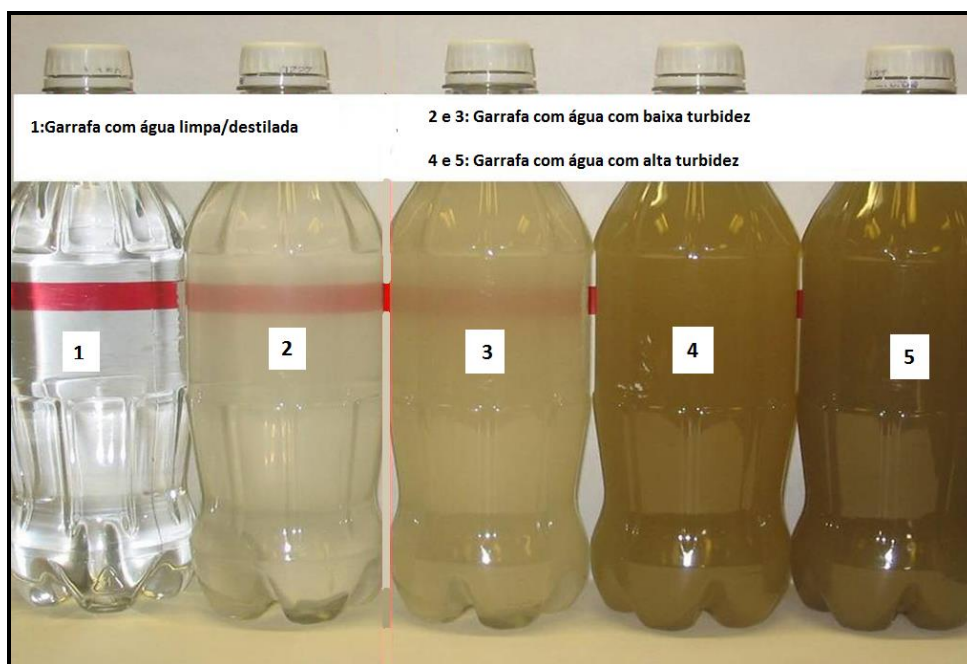


Figura 3: Garrafas pet para determinação de turbidez da água (original disponível em: <http://www.calgary.ca/UEP/Water/Pages/Watersheds-and-rivers/Erosion-and-sediment-control/Erosion-and-Sediment-Control.aspx?redirect=/wqs>)

A seguir têm-se as definições de termos utilizados na chave de tomada de decisões, citados em ordem alfabética:

Biomaniplulação: remoção dos peixes zooplantívoros, levando a um aumento da comunidade zooplantônica e diminuição da biomassa de fitoplâncton, e a redução nos níveis de fósforo de nitrogênio total (PEREIRA, 2011).

Controle biológico de macrófitas: a incorporação da biomassa de macrófitas aquáticas por animais herbívoros, como peixes e mamíferos, com peixes como a carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*), a tilápia (*Tilapia rendalli*) e o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) (MELLO & FRANCO s.d.).

Controle químico de macrófitas: uso do herbicida fluridone que é o único herbicida registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para controle de macrófitas aquáticas das espécies *Egeria densa* e *Egeria najas* (MELLO & FRANCO s.d.). No entanto é necessário lembrar aqui que as macrófitas são essenciais para a comunidade

aquática e por isso o uso de herbicidas deve ser feito de modo controlado e cuidadoso. É necessário que seja feita uma avaliação para saber se há realmente necessidade da retirada de macrófitas que estejam em excesso.

Dragagem: utilização de equipamentos para remoção da camada de materiais contaminados depositados no fundo do corpo hídrico (sedimentos e materiais orgânicos e inorgânicos associados), bem como aqueles ocorrentes na linha da água quando ocorrem vazamentos de óleos ou derivados de petróleo (SOARES, 2006).

Estocagem de piscívoros: utilização de peixes para a diminuição de compostos como amônia, fosfato, nitrito e nitrato na água (CAVALCANTE et al., 2005).

Floculação dos compostos que estão suspensos na água, incluindo algas: é feita com a pulverização da água com cálcio, zinco, sulfato de alumínio e outros. Esses compostos fazem com que as partículas sejam aglutinadas e ocorra precipitação das algas ou dos nutrientes.

Melhoria na velocidade da correnteza através da instalação de pequenos tipos de represa: podem ser feitas com restos de rochas, madeira, concreto e dispostas em diferentes formas e ângulos; é usada para criar ou melhorar microbacias para peixes e invertebrados (PEREIRA, 2011).

Oxigenação artificial do hipolímnio: emprego de dispositivos para injeção de ar no hipolímnio é um recurso para o incremento dos níveis de oxigênio aplicado em sistemas sujeitos à anoxia causada por problemas de eutrofização (<http://www.hidro.ufrj.br/>).

Proteção artificial das margens: proteger contra a erosão através do uso de troncos e raízes (PEREIRA, 2011).

Redução do tempo de residência da água: busca, através do aumento do fluxo da água, a diminuição da biomassa de algas. Essa técnica deve ser utilizada de acordo com a disponibilidade de água e com atenção para que esse grande fluxo não saia do controle (PEREIRA, 2011).

Remoção de macrófitas: pode ser feita manualmente, com auxílio de esteiras, sobre o talude com guindaste, pela margem com escavadeira (SABESP, 2014).

Revegetação: tem como objetivo criar condições para que uma área degradada recupere algumas características da floresta original, através do plantio de vegetação nativa (MACEDO, 1993).

Sombreamento: deve ser usado apenas e pequenos lagos e tem como objetivo reduzir o crescimento de algas e macrófitas aquáticas. É feito com o uso de anteparos, corantes ou árvores.

6.2. A Chave

As Figuras 4, 5 e 6 ilustram, na forma de um fluxograma, a estrutura da chave. Para questões de “formatação” e melhor uso da chave, estabeleceu-se que esta terá potencial de uso em sistemas aquáticos continentais e superficiais e de todos os tamanhos (Figura 4). Após esta primeira etapa, os corpos d’água são divididos em lótico (Figura 5) e lântico (Figura 6). No Apêndice há a exposição da chave em sua forma textual.

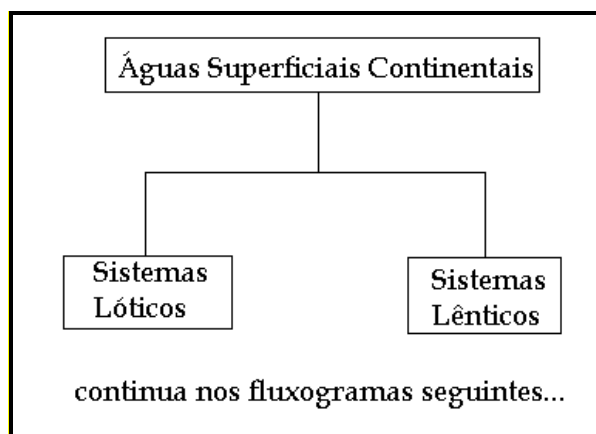


Figura 4: Primeira etapa proposta na divisão da chave.

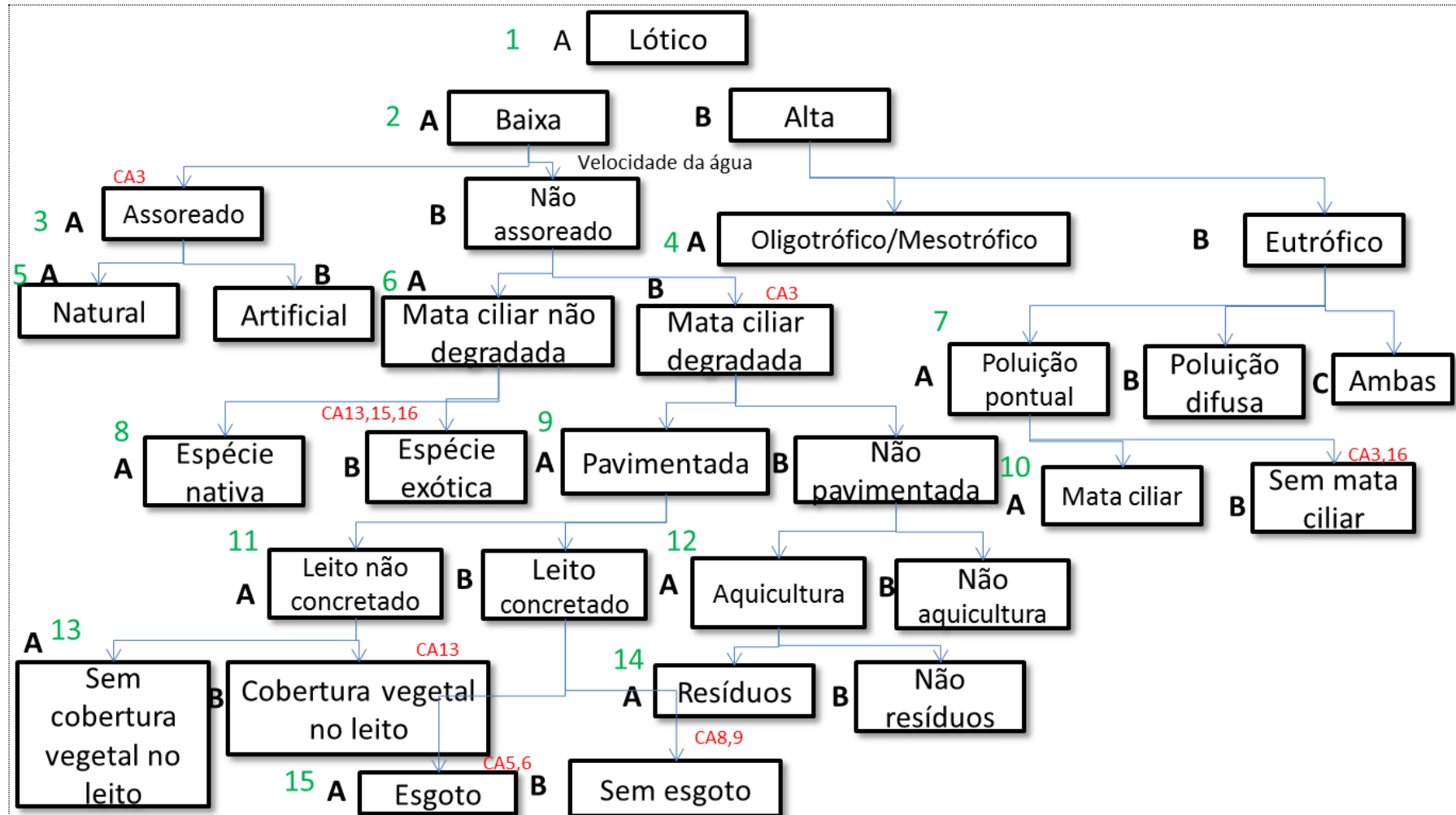


Figura 5: Chave para ambientes lóticos.

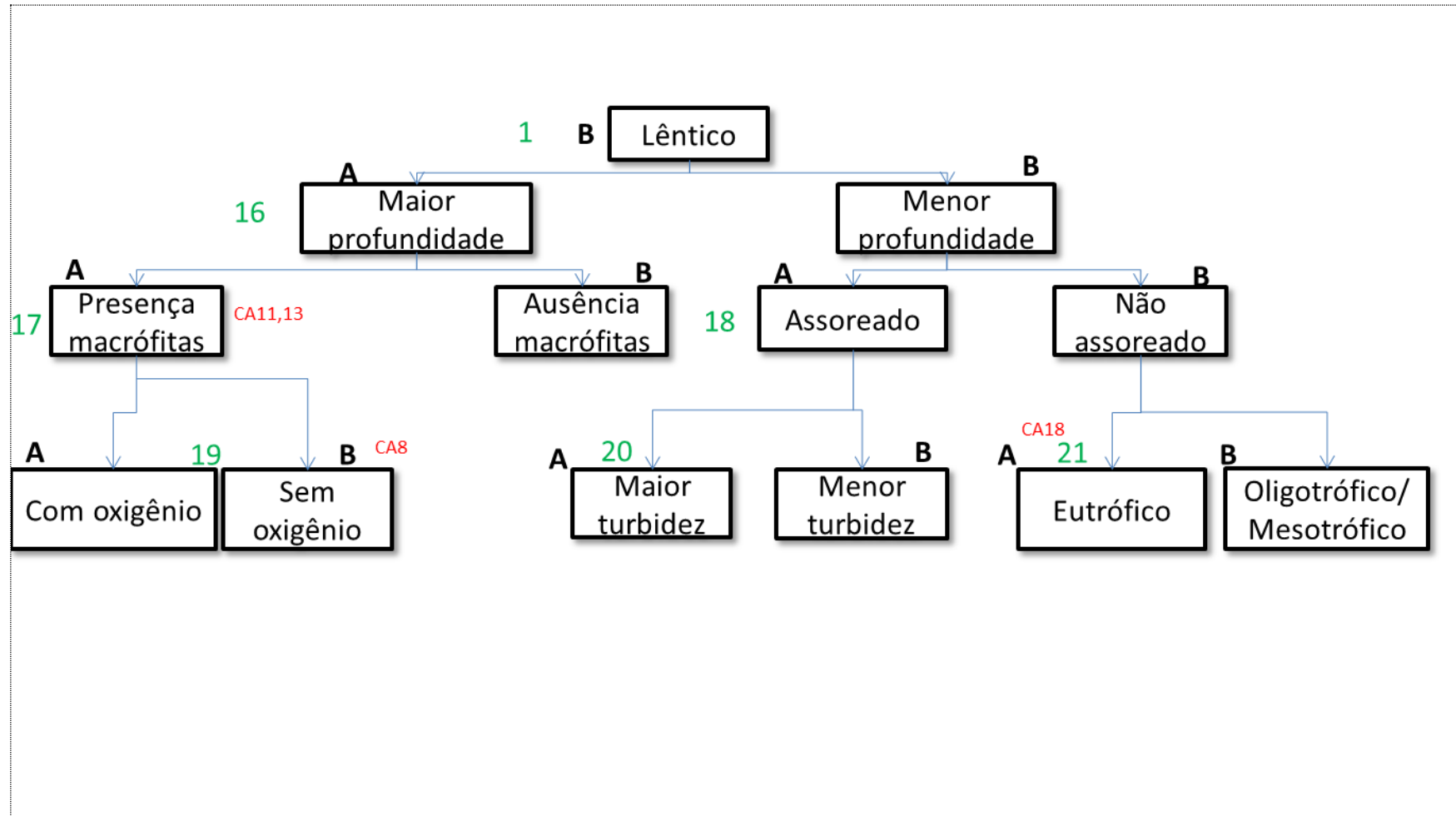


Figura 6: Chave (ambientes lênticos).

As ações cabíveis em cada situação foram enumeradas em CA1, CA2, CA3 (CA= conjunto de ações) em diante. Têm-se então uma lista de apoio com as soluções que não foram utilizadas diretamente na chave e em seguida as soluções que foram utilizadas diretamente. Abaixo consta a citação da CA. Uma explicação mais detalhada aparece no item 6.1.

- CA1: remoção de macrófitas; controle biológico e/ou químico de macrófitas.
- CA2: oxigenação da água; dragagem; biomanipulação.
- CA10: Retirada de biomassa planctônica através do uso de micropeneiras ou centrifugação de grandes volumes de água.
- CA11: Sombreamento.
- CA14: Floculação dos compostos que estão suspensos na água.

Utilizadas diretamente na chave:

- CA3: proteção artificial das margens; projetos e ações de revegetação.
- CA4: revegetação; melhoria na velocidade da correnteza com a instalação de pequenos tipos de represa.
- CA5: uso de coletores de esgoto, desejavelmente com tratamento.
- CA6: coleta dos resíduos sólidos.
- CA7: retirada seletiva de massas d'água do hipolímnio.
- CA8: Aeração através de introdução de ar comprimido a partir do hipolímnio.
- CA9: Retirada de sedimento por sucção. É usado quando o sedimento é o principal reservatório de nutrientes.
- CA12: Redução do tempo de residência da água.
- CA13: Uso de herbicidas.
- CA15: Redução de pastagens nas áreas ribeirinhas.
- CA16: Semeadura, plantio e remoção de árvores.
- CA17: Manutenção e/ou monitoramento do ambiente.
- CA18: Controle de fontes alóctones de nutrientes.

O custo de implantação de cada CA é bastante variável e também poderá variar de acordo com a intensidade do problema em questão (por exemplo, remoção de resíduos sólidos poderá ter um custo bastante baixo ou extremamente alto, dependendo da quantidade de resíduos existentes no trecho diagnosticado).

Algumas CAs podem ser implementadas pelo poder público em projetos e outras podem ser implementadas em conjunto com a população local. Em algumas são notados resultados imediatos após a implementação, em outras os resultados podem demorar um pouco mais a aparecer.

6.3. Potencial de uso da chave

Em termos ecológicos, fica evidenciado o potencial que esta chave, enquanto um instrumento de gestão ambiental, possui em orientar ações que visem a melhoria da qualidade da água em termos químicos, físicos, biológicos, a integridade do habitat considerado (considerando a parte externa do corpo hídrico, mas que faz parte da zona ripária).

Usando a chave, não seria possível talvez solucionar numa só vez todos os problemas de degradação verificados no local. Porém os principais problemas deverão ser ao menos minimizados, de forma a dar subsídios para que o sistema volte a ter condições de se auto-perpetuar (NRC, 1992). Isto caracterizaria o término da necessidade dos trabalhos que objetivam o processo de restauração orientada. Contudo, é importante lembrar que muitas vezes restaurar e conservar são ações que se mesclam fortemente. Então, o esforço da conservação sempre haverá de ter.

Verifica-se que não há a proposta de reintrodução de fauna em nenhuma das CAs, pois é senso comum que uma vez restabelecida a vegetação de entorno (quando for o caso), a fauna tende a automaticamente reaparecer (HOBBS & CRAMER, 2008).

Idealmente, a implementação de programas de restauração precisa avançar não apenas na nossa compreensão para achar a melhor maneira de restaurar sistemas lóticos e lênticos, mas também influenciar as expectativas e metas dos “stakeholders”, ou atores responsáveis pelo processo de degradação e também restauração (PALMER et al., 2005).

Mesmo restaurando apenas parte da estrutura e do funcionamento do ecossistema em foco (ao invés do todo), a proposta maior é que os ecossistemas ganhem / recuperem o valor ambiental e/ou ecológico que possuíam antes de serem degradados.

De um modo geral a chave busca de diversos âmbitos atender itens básicos presentes na Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 como “Considerando que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas”.

Além disso, considerando essa mesma resolução, a chave deve ser considerada como um elemento que auxilie na “...necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação às classes estabelecidas no enquadramento...”.

Pelas recomendações expostas anteriormente (analisar trechos de no máximo 50 metros), percebe-se que a chave foi elaborada para atuação em escala local. Contudo, o emprego concatenado da chave em vários trechos de um córrego ou ao longo de vários trechos dos arredores de uma represa, pode constituir um projeto de escala regional onde a base de obtenção das informações seja a chave aqui proposta.

Para o caso de ecossistemas lóticos, em trecho(s) analisado(s) em regiões medianas ou baixas da microbacia, é imprescindível que as principais características ambientais a montante sejam previamente analisadas. Por exemplo, área total de captação da microbacia, condições do relevo, número e localização das nascentes, padrões de cobertura da terra, pois é comum projetos de restauração de trechos de cursos d’água não terem sucesso porque as condições a montante não foram devidamente analisadas (PALMER & ALLAN, 2006).

Outro ponto a ser analisado é o potencial de aplicação em cursos d’água de grande porte. Projetos de restauração de corpos d’água de pequeno e médio porte são relativamente comuns ao longo do planeta. Contudo, restaurar completamente corpos d’água de grande porte é uma tarefa que beira o impossível (GORE & SHIELDS, 1995). Neste caso, a reabilitação de algumas funções ecológicas eleitas como essenciais talvez seja o caminho mais viável para grandes rios.

Comparando a chave aqui proposta com as duas previamente citadas (SMA, 2006 e LERF-RASLQ-USP, s.d.), verifica-se que a ação denominada “eliminação do agente degradante” é comum a todas as chaves, qualquer que seja a intensidade e modalidade de impacto que esteja ocorrendo no local. Algumas ações recuperadoras

propostas na presente chave são comuns às outras duas citadas, pela realidade do fator integração entre os recursos hídricos e suas adjacências (ambientes terrestres).

6.4. Estudos de casos

Para cada um dos pontos usados para estudo de caso uma breve descrição do local foi efetuada, incluindo a localização. É ainda mostrado cada item considerado na chave e as ações recuperadoras apresentadas na chave para a situação diagnosticada. Enfatiza-se que as fotos apresentadas em cada um dos estudos de caso foram apresentadas com o objetivo de ilustrar visualmente cada local, porém o diagnóstico foi feito (e sempre deverá ser feito) *in locu*.

Pontos 1A e 1B

Ribeirão do Ouro - localizado no município de Araraquara – SP e que faz parte da bacia hidrográfica pertencente à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Tietê-Jacaré (UGRHI 13). A área de drenagem deste córrego é de aproximadamente 84 km² e abrange em torno de 45% da área urbana desse município. Um mapeamento da cobertura da terra realizado a partir de imagens de satélite e apresentado por COSTA (2011), identificou que a Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Ouro está ocupada predominantemente por áreas agrícolas e pastos, abrangendo uma área de 48,6 km² (ou 57,6 % da área total da bacia). As áreas urbanas ocupam 27,1 % e as áreas verdes (incluindo reservas legais e matas ciliares), apenas 13,3 %. O Ribeirão do Ouro possui uma extensão aproximada de 19.900 metros. Como já foi descrito acima o uso da chave é feito de modo a analisar fragmentos separados de cada recurso hídrico e por isso alguns locais escolhidos para estudos foram divididos em duas partes de acordo com suas características para que se possa ter um melhor resultado. O ponto escolhido se localiza em 21°48'36.27"S e 48°10'37.95"O.

PONTO 1 A

Descrição do ambiente: Se localiza na parte urbana da cidade, em uma de suas entradas, onde há grande movimento devido à proximidade com o terminal rodoviário. É um ambiente lótico com baixa velocidade, o que é percebido <i>in locu</i> após alguns minutos de observação da movimentação da água. Não possui mata ciliar, tendo apenas alguma vegetação exótica às margens.		
Objetivo das Intervenções: evitar enchentes, melhorando o fluxo de pessoas e automóveis na região além de evitar possíveis acidentes ou transtornos a população local.		
Uso da chave: 1A-lótico > 2A- baixa (velocidade) > 3B- não assoreado > 6B- mata ciliar degradada > 9A- área pavimentada> 11A- leito não concretado > 13A-sem cobertura vegetal no leito.		
Principais ações de recuperação recomendadas para atingir os objetivos: CA3: proteção artificial das margens; revegetação.		
Documentação fotográfica		
		

PONTO 1B

Descrição do ambiente: Se localiza na área urbana da cidade de Araraquara, em uma de suas entradas, onde há grande movimento devido à proximidade com o terminal rodoviário.

É o segundo trecho analisado desse córrego (ponto 1A foi o primeiro) e, através novamente de observação visual, é possível ver a falta de mata ciliar, o leito concretado e a baixa velocidade da água.

Objetivo das intervenções: prevenir e evitar enchentes e consequentemente acidentes com pessoas e veículos.

Uso da chave:

1A-lótico > 2A- baixa (velocidade) > 3B- não assoreado > 6B- mata ciliar degradada > 9A- área pavimentada > 11B- leito concretado > 15A-esgoto.

Principais ações de recuperação recomendadas:

CA5: tratamento do esgoto e uso de coletores.

CA6: coleta dos resíduos sólidos.

Obs.: a ação CA3 (CA3: proteção artificial das margens; revegetação) não será usada aqui devido ao fato de ser um leito concretado.

Documentação fotográfica



PONTO 2

Córrego Água do Sobrado - localizado na cidade de Bauru - São Paulo. Localizado em área residencial carente que sofre com constantes problemas de inundações (localização: 22°20'2.57"S e 49° 5'25.63"O). Devido a esse problema, existe uma placa colocada pelo corpo de bombeiros da cidade avisando sobre o risco de alagamentos.

Descrição do ambiente: Localizado em local onde ocorrem constante enchentes. As principais características são a bioinvasão e em alguns pontos a presença de resíduos (lixo doméstico), que devido à dificuldade de acesso não foram fotografados.
Objetivo das intervenções: Devido as características locais (bairro residencial), almeja-se mitigar e desejavelmente eliminar a ocorrência de enchentes e transtornos para moradores dessa área.
Uso da chave: 1A-lótico >2A- baixa (velocidade)> 3B- não assoreado> 6B- mata ciliar degradada> 9A- área pavimentada> 11A- leito não concretado> 13B-cobertura vegetal no leito.
Principais ações de recuperação recomendadas para atingir os objetivos: CA3 proteção artificial das margens; revegetação. CA13: retirada de macrófitas.
Documentação fotográfica



PONTO 3

Rio Bauru – localizado no município de Bauru, SP e nasce na antiga fazenda Fortaleza (atual Bairro Lago Sul). São lançados aproximadamente 1000 L/s no Rio Bauru, sendo 85% despejo residencial e 15% despejo industrial. O Rio Bauru, conforme Decreto nº 8.468/76 da Legislação Estadual, fica classificado como Classe 4, que é aquele destinado à navegação e à harmonia paisagística (RESOLUÇÃO nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005), em todo o seu curso na área urbana (DAE, 2014). O ponto escolhido se localiza em 22°18'41.67"S e 49° 4'2.30"O).

Descrição do ambiente: Esse trecho escolhido se localiza em uma avenida de grande movimento da cidade por situar-se em frente ao terminal rodoviário da cidade e por ligar diferentes bairros. Em dias de chuva é uma área que sofre com constantes alagamentos.

As principais características observadas nesses trechos são a falta de mata ciliar, o leito concretado e a presença de esgoto.

Objetivo das intervenções: prevenir e evitar enchentes e consequentemente acidentes com pessoas e veículos.

Uso da chave: 1A-lótico >2A- baixa (velocidade) >3B- não assoreado > 6B- mata ciliar degradada > 9A- área pavimentada >11B- leito concretado >15A- esgoto.

Principais ações de recuperação recomendadas:

CA5: tratamento do esgoto e uso de coletores;

CA6: coleta dos resíduos sólidos.

Obs.: a ação CA3 (CA3: proteção artificial das margens; revegetação.) não será usada aqui devido ao fato de ser um leito concretado.

Documentação fotográfica



PONTO 4 A

Cachoeira da Chave - localizada em Votorantim, São Paulo em área urbana (localização 23°32'58.14"S e 47°26'43.23"O).

Descrição do ambiente: Mesmo apresentando sinais de degradação e tendo sido declarada imprópria para banho algumas vezes, é amplamente usada pela população para fins de lazer. As principais características observadas nessa área são a presença de mata ciliar em uma parte e grande quantidade de lixo doméstico e de origem da construção civil.

Objetivo das intervenções: devido ao uso dessa área para fins recreativos, o principal objeto em questão é torná-la mais adequada para tal. Para isso será necessário a revegetação na zona ripária e remoção de resíduos sólidos, que são em grande parte deixados pelos frequentadores do local.

Uso da chave:

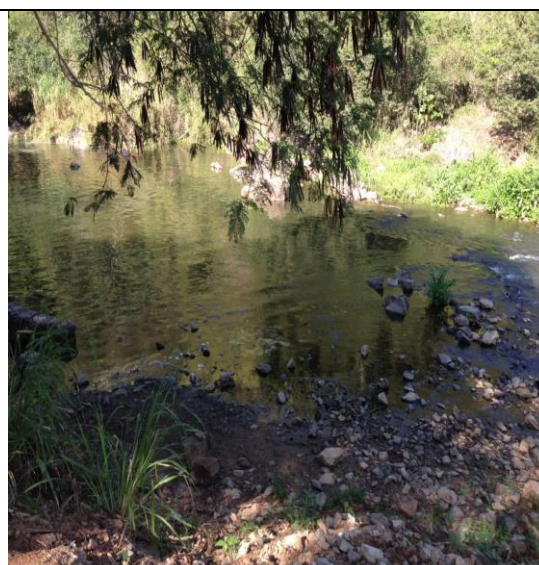
1A-lótico >2A- baixa >3B-não assoreado > 6A- mata ciliar não degradada> 8B-espécies exóticas.

Principais ações de recuperação recomendadas para atingir os objetivos:

CA13: uso de herbicidas (de modo controlado e após análise da necessidade do local)

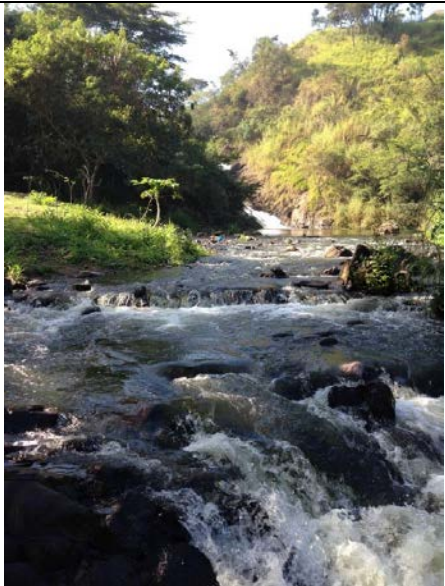
CA16: semeadura, plantio de espécies arbóreas nativas e remoção de espécies exóticas.

Obs.: alguns indivíduos da mata ciliar são de espécies nativas e por isso é necessário que sejam mantidos.

Documentação fotográfica**PONTO 4 B**

Descrição do ambiente: Esse ponto se localiza 50 metros a jusante do ponto 4ª, acima citado. Mesmo apresentando sinais de degradação e tendo sido declarada imprópria para banho algumas vezes, é amplamente usada pela população para fins de lazer. As principais características observadas nessa área são a presença de mata ciliar em uma parte e grande quantidade de lixo doméstico e de origem da construção civil.

Objetivo das intervenções: devido ao uso dessa área para fins recreativos o principal objeto em questão é torná-la mais adequada para tal. Para isso será necessário a recuperação da mata ciliar e remoção de resíduos sólidos, que são em grande parte deixados pelos frequentadores do local.

Uso da chave: 1A-lótico >2B- alta (velocidade)- encachoeirado >4B- eutrófico >7B-poluição difusa > 10A- mata ciliar não degradada.	
Principais ações de recuperação recomendadas para atingir os objetivos: CA6: coleta dos resíduos sólidos CA5: tratamento do esgoto e uso de coletores	
Documentação fotográfica	
	

PONTO 5

Córrego São Pedro - localizado as margens de uma estrada vicinal na zona rural da cidade de Itápolis, São Paulo (localização do córrego: 21°35'42.19"S e 48°44'32.00"O).

Descrição do ambiente: Fica em uma região com inúmeras propriedades que tem fácil acesso à essa água e pode se fazer do uso da mesma.

As principais características observadas nesse caso são a ausência de mata ciliar e muita bioinvasão de gramíneas.

Objetivo das intervenções: o principal objetivo a ser atingido nessa área é uma melhor

qualidade da água para os fins de dessedentação animal e irrigação e através da recuperação da mata ciliar procura-se fazer que com que o uso desse recurso a longo prazo não leve o curso d'água ao esgotamento, uma vez que este é pequeno e tem pouco volume de água.

Uso da chave:

1A-lótico >2A- baixa (velocidade) >3B- não assoreado >6B- mata ciliar degradada >9B- área não pavimentada >12B-não aquicultura.

Principais ações de recuperação recomendadas para atingir os objetivos:

CA3: proteção artificial das margens; revegetação.

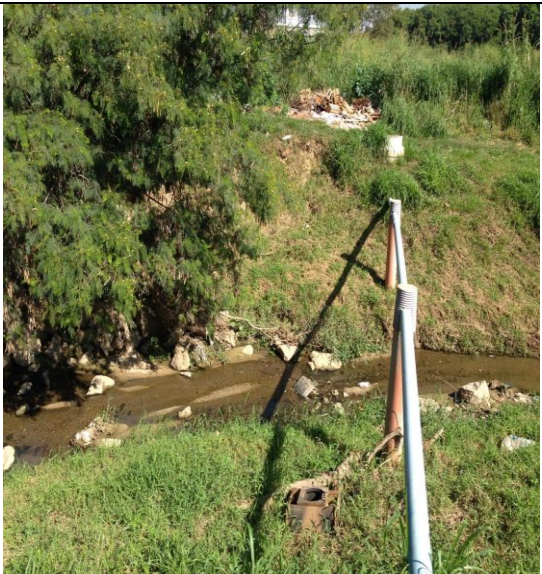
Documentação fotográfica



PONTO 6

Córrego Lavapés - localizado na cidade de Sorocaba-SP. Possui aproximadamente 2.550 m de extensão e deságua no Rio Sorocaba (URBAN, 2010). O ponto escolhido se localiza na latitude -23.488480° e longitude -47.436439°.

Descrição do ambiente: Se localiza na área urbana de Sorocaba-São Paulo, em uma

região de grande movimento.	
Não apresenta mata ciliar e possui grande quantidade de espécies vegetais bioinvasoras.	
Objetivo das intervenções: o principal objetivo da recuperação nesse ponto é o fato dele se localizar em uma área urbana de grande trânsito de pessoas e automóveis. Logo, através da recuperação de sua mata ciliar, trará benefícios na qualidade de vida da população.	
Uso da chave: 1A-lótico >2A-baixa (velocidade) >3B- não assoreado >6B- mata ciliar degradada >9A- área não pavimentada >12B-não aquicultura.	
Principais ações de recuperação recomendadas para atingir os objetivos: CA3: proteção artificial das margens; revegetação. CA13: uso de herbicidas e/ou remoção mecânica levando em consideração a necessidade do local.	
Documentação fotográfica	
	

PONTO 7

Rio Ipanema- localizado na Rodovia João Leme dos Santos, que liga Sorocaba a Salto de Pirapora, estado de SP. O ponto de estudo se localiza na cidade de Votorantim, que faz divisa com Sorocaba (localização: latitude -23.563158°e longitude -47.492469°).

Descrição do ambiente: Curso d'água que está sofrendo degradação e precisará ser recuperado devido a obras realizadas na estrada ao lado da qual ele se localiza.

As características mais evidentes nessa área são a falta de mata ciliar e o assoreamento (que já vem sendo evitado com o uso da proteção das margens).	
Objetivos das intervenções: após a finalização das obras na rodovia, fazer com que o curso d'água e a área ao seu redor possa voltar a ter a maior semelhança com as características que possuía antes de sofrer a degradação.	
Uso da chave: 1A-lótico > 2A-baixa (velocidade) > 3A-assoreado > 5B-artificial.	
Principais ações de recuperação recomendadas para atingir os objetivos CA3: proteção artificial das margens; revegetação.	
Documentação fotográfica	
	

PONTO 8

Lago sem nome conhecido-localizado as margens de estrada rural em Tapiraí-SP. Localiza-se integralmente dentro de propriedade particular, porém com acesso a quem passa na região (localização: Latitude -23,898018 e Longitude -47,506391).

Descrição do ambiente: Lago artificial localizado em área rural que tem como características principais a falta de mata ciliar e o uso para agricultura.

Objetivo das intervenções: fazer a preservação do ambiente para que ele se mantenha

em maior estabilidade e consiga obter um grau de resiliência maior ao estar em boas condições.	
Uso da chave: 1B)lêntico >16A) maior profundidade >17 B) ausência de macrófitas	
Principais ações de recuperação recomendadas para atingir os objetivos. CA3: proteção artificial das margens; revegetação. CA4: revegetação; controle do fluxo hídrico através da instalação de pequenas represas interligadas para uso como melhoria e/ou controle do tempo de residência da água. Obs. Apesar dessas ações não aparecerem na chave é visível que trarão benefícios ao ambiente.	
Documentação fotográfica	
	

7. Considerações Finais

Através deste trabalho é mostrada a importância e, simultaneamente, um pouco dos percalços em se recuperar os ambientes aquáticos devido a sua ampla complexidade e variabilidade de cenários. O uso da chave, como já foi dito, busca facilitar e auxiliar esse processo de recuperação, porém é através da análise do contexto em questão, feita pelo profissional, que iria decidir pelo uso ou não de algumas ações.

Com o desenvolvimento dessa chave foi possível obter uma ferramenta ampla que atende um grande número de situações com diferentes características, especialmente em áreas continentais e de características climáticas tropicais e subtropicais. Ela faz com que as decisões que são tomadas na restauração possam ser mais precisas, corretas e rápidas e consequentemente mais eficientes.

Seria impossível criar um modelo universal que fosse adaptável a todos ambientes aquáticos do planeta sem precisar fazer algum tipo de adaptação. Para isso foi apresentada a lista de soluções cabíveis em conjunto com a chave. Com ela é possível complementar o uso da chave com as ações, atingindo assim o objetivo principal que é a recuperação do ambiente.

Atualmente a cobertura da terra ao longo do planeta vem alterada rapidamente. As cidades estão crescendo e em vários países é praticamente impossível encontrar um rio ou córrego que não careça de alguma intervenção no sentido de prover melhorias ambientais para que o ambiente ganhe condições de se auto-perpetuar e também seja ecologicamente mais notável.

O Brasil pertence a este grupo e possui uma tradição de longa data de não conseguir manter os córregos urbanos em condições ecológicas satisfatórias. Aqui os governos, nas suas diversas esferas (municipal, estadual e federal), geralmente reconhecem o problema da degradação dos corpos d'água, tentar atuar em estratégias e ações de fiscalização contra a degradação. Porém ainda atuam de forma muito tímida em projetos que contemplem a recuperação de corpos d'água. Talvez as duas ações mais frequentes são algumas obras civis para controle de cheia onde há riscos de vida de pessoas que ali vivem (consideradas áreas de risco) ou ainda alguns projetos de recuperação de matas ciliares.

De maneira fortemente complementar, o monitoramento de rios e córregos considerados referência em termos de quantidade e qualidade de água, integridade biótica e geomorfológica é uma atividade que sempre será necessária para o estabelecimento e conhecimento de padrões regionais de qualidade e estes padrões ou índices poderão constituir a meta para ser atingida em trabalhos de restauração. Além disso, é necessário que o estudo em relação aos ambientes lênticos seja aprofundado

para que a chave se torne mais ampla e possa atender melhor as necessidades desses ambientes.

8. Referências Bibliográficas

AZEVEDO NETTO, J. M. Manual de saneamento de cidades e edificações. PINI Editora. São Paulo – SP. 229 p, 1991.

BAKKER, K. Water security: research challenges and opportunities. *Science*, 337(6097), p. 914-915. 2012.

BECHARA. F. C. Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga. Tese de Doutorado em Recursos Florestais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, Brasil, 249 p, 2006.

BRASIL, Constituição Federal, Capítulo VI - DO MEIO AMBIENTE (ART. 225), 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LeIs/L9433.htm. Acesso em: abril de 2015.

BRASIL, Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm. Acesso em: março de 2015.

BRASIL, Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LeIs/L9433.htm. Acesso em: março de 2015.

BRASIL, Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LeIs/L9985.htm. Acesso em: abril de 2015

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/agua/bacias-hidrograficas>>. Acesso em: 8 out. 2013.

BRASIL, Secretaria do Meio Ambiente. Disponível em: http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/repositorio/222/documentos/Roteiro_Elaboracao_Projetos_Recuperacao_Florestal_FEHIDRO.pdf>. Acesso em: 20 Janeiro 2014.

CAVALCANTE, V. et al. Reúso de água em um sistema integrado com peixes, sedimentação, ostras e macroalgas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 9 (suplemento), p. 118-122, 2005.

CLEWELL, A.; RIEGER, J.; MUNRO, J. Society for Ecological Restoration International. Society for Ecological Restoration International, dezembro 2005. Disponível em: <<http://www.ser.org/>>. Acesso em: 20 julho 2014.

CBHSF (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO), Assoreamento – o que é? As principais causas e suas consequências (setembro, 2014). Disponível em: <http://cbhsaofrancisco.org.br/assoreamento-o-que-e-os-principais-causadores-e-suas-consequencias/>. Acesso em maio de 2015.

CETESB (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO), Alterações físico químicas, s.d. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/mortandade/causas_materia.php. Acesso em: junho de 2015.

CETESB (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO), Índices de qualidade das águas, 2007. Disponível em: < [>>>>](http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios). Acesso em: 30 de abril de 2015.

CONSEMA, COMISSÃO DE BIODIVERSIDADE, FLORESTAS E ÁREAS PROTEGIDAS, Relatório sobre a análise da proposta de Estratégia Estadual sobre Espécies Exóticas Invasoras. São Paulo, agosto de 2011. Disponível em: http://www.ambiente.sp.gov.br/consema/files/2011/11/oficio_consema_2011_092/Relatorio_sobre_a_analise_da_proposta_de_Estrategia_Estadual_sobre_Especies_Exoticas_Invasoras.pdf. Acesso em: junho de 2015.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE)-, Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: março de 2015.

COSTA, D. J. L.; TEIXEIRA, D. Análise de incerteza em um modelo matemático de qualidade da água aplicado ao Ribeirão do Ouro, Araraquara, SP, Brasil. Araraquara, SP, Brasil. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 232-245, 2011.

COOKE et al. Restoration and Management of Lakes and Reservoirs. Boca Raton, Florida. 3ª ed., 2005.

DAE. Departamento de Água e Esgoto de Bauru. DAE, 2014. Disponível em: <<http://www.daebauru.com.br/2014/esgoto/esgoto.php?secao=tratamento&pagina=11>>.

DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA, IB, USP. Portal de Ecologia Aquática.

Disponível em:

http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=128&Itemid=392. Acesso em junho de 2015.

EPA (United States Environmental Protection Agency). What is Nonpoint Source Pollution? Disponível em: <http://water.epa.gov/polwaste/nps/whatis.cfm>. Acesso em: junho de 2015.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 5.5 Turbidity. What is turbidity and why is it important? Disponível em: <http://water.epa.gov/type/rsl/monitoring/vms55.cfm>. Acesso em: junho de 2015.

EPA (United States Environmental Protection Agency). Principles for the Ecological Restoration of Aquatic Resources. Disponível em: <http://water.epa.gov/type/wetlands/restore/principles.cfm>. Acesso em: 12 outubro 2013.

ESPINOZA-QUÍÑONES, F. R. et al. Removal of heavy metal from polluted river water using aquatic macrophytes *Salvinia* sp. Brazilian Journal of Physics, São Paulo, v. 35, setembro 2005. ISSN 0103-9733.

ESTEVES, F. D. A. Fundamentos de Limnologia. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1998.

ESTEVES, F. D. A. Fundamentos de Limnologia. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FRAGOSO, C. R. et al. Modelagem Ecológica como Ferramenta Auxiliar para Restauração de Lagos Rasos Tropicais e Subtropicais. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 15, p. 15-25, abril/junho 2010.

GORE, J. A.; SHIELDS, F. D. Can large rivers be restored?. *BioScience*, p. 142-152, 1995.

HAINDS, M. J.; Longleaf Note #4: Before Planting Dichotomous Key for Site Preparation on Agricultural Lands: Applications to Restoration Ecology. Andalusia, AL. s.d.

HOBBS, R. J. & CRAMER, V. A. Restoration ecology: interventionist approaches for restoring and maintaining ecosystem function in the face of rapid environmental change. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 33, p.39-61, 2008.

IBAMA(CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE) , Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: maio de 2015.

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR IMPACT ASSESSMENT. Disponível em: <http://www.iaia.org/>. Acesso em: Agosto 2013.

IAP, INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=814>. Acesso em: junho de 2015.

JELTE, A.; ARONSON, J. Restoration Ecology: the new frontier. [S.l.]: Blackwell Publishing, 2006.

KAUFFMAN, J. B. et al. An Ecological Perspective of Riparian and Stream Restoration in the Western united States. *Watershed Restoration*,. p. 12-24, maio, 1997.

LABH2O(LABORATÓRIO DE RECURSOS HÍDRICOS E ESTUDOS DO MEIO AMBIENTE-COPPE-UFRJ). Disponível em: Acesso em: Fevereiro 2014.

LERF-ESALQ-USP (Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo). s.d. Chave para escolha de métodos de restauração florestal.. Link: <http://www.esalqlastrop.com.br/img/aulas/Chave%20trabalho%20restauracao.pdf>. Acesso em: Junho de 2015

MACEDO, A. C. D. Revegetação matas ciliares e de proteção ambiental, São Paulo, 1993. Disponível em: http://saf.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/I_manual_vegetacao_1ed_1993.pdf>. Acesso em: 11 fevereiro 2014.

MAHMOUD, A. G. E. *et al.* Chave Dicotômica para Identificação de Espécies Arbóreo-Arbustivas de Cerrado do Município de Itirapina-São

Paulo. Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, São Paulo, s.d.

MALMQVIST, B.; RUNDLE, S. Threats to the running water ecosystems of the world. *Environmental Conservation*, Umea; , v. 29, n. 2, p. 134-153, Janeiro de 2002.

MELLO, M. A. M. M.; FRANCO, D. A. S. Controle de macrófitas aquáticas. Instituto Biológico. Disponível em: <http://www.biológico.sp.gov.br/artigos_ok.php?id_artigo=72>. Acesso em: 11 fevereiro 2014.

MERRIAM-WEBSTER ONLINE DICTIONARY. Disponível em: <<http://www.merriam-webster.com/dictionary/suggestions/dichotomous+key%29>>. Acesso em: 22 de abril de 2015.

MOSS, B. Engineering and biological approaches to the restoration from eutrophication of shallow lakes in which aquatic plant communities are important components. *Hydrobiologia*, 275/276, p. 1-14, 1990.

NRC (National Research Council) Restoration of Aquatic Ecosystems: Science, Technology, and Public Policy. Washington, DC: National Academy Press, 1992.

Pereira, A. L. Princípios da restauração de ambientes aquáticos continentais. *Boletim da Associação Brasileira de Limnologia*, 39(2), p.1-21, 2011.

PALMER, M. A., ALLAN, J. D. (2006). Restoring rivers. *Issues in Science and Technology*, 22(2). Disponível em: http://www-personal.umich.edu/~dallan/pdfs/Palmer_Allan_Federal%20Policy_Restoration_IS_T_2006.pdf. Acesso em: maio de 2015:

PALMER, M. A. *et al*, Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of applied ecology*, 42(2), p. 208-217, 2005.

PERROW, M. R.; DAVY, A. J. (Eds.). Handbook of Ecological Restoration. Cambridge: Cambridge University Press, v. 2, 2002.

PLANO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, Ministério do Meio Ambiente, 2011. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf. Acesso em: junho de 2015.

REBOUÇAS, A. D. C., BRAGA, B. P. F., TUNDISI, J. G. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo. Editora Escrituras, 2002.

RONI, P. et al. A Review of Stream Restoration Techniques and a Hierarchical Strategy for Prioritizing Restoration in Pacific Northwest Watersheds. North American Journal of Fisheries Management, Seattle, v. 22, p. 1-20, Setembro 2002.

RONI, P. et al. Habitat rehabilitation for inland fisheries. Global review of effectiveness and guidance for rehabilitation of freshwater ecosystems. FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER, Roma, 2005.

SAAE. Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Sorocaba. SAAE Sorocaba, 2014. Disponível em: <http://www.saaesorocaba.com.br/site/?page_id=173>. Acesso em: 18 agosto 2014.

SABESP. Ciclo de Conferências de Gestão Ambiental. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em represas brasileiras. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/uploads/file/sociedade_meioamb/Confer%C3%A2ncias%20de%20Gest%C3%A3o%20Ambiental/Monitoramento%20e%20manejo%20de%20macr%C3%B3fitas%20aqu%C3%A1ticas%20em%20represas%20brasileiras%20-%20Almir%20Andrade%20-%20Sabesp.pdf>. Acesso em: 26 fevereiro 2014.

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de Impacto Ambiental- Conceitos e Métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SHIELDS, F. D. et al. Design for Stream Restoration. Journal of Hydraulic Engineering, p. 575-584, Agosto, 2003.

SIMÕES L. BL; RIBEIRO F. L.; DAINESE R. C.; CARDOSO L. G.; CAMPOS S.. Riparian restoration priorities in Southeastern Brazil. Anais X SBSR. Foz do Iguaçu: [s.n.]. p. 1765-1771, 2001.

SIQUEIRA, R. D. M. B.; HENRY-SILVA, G. G. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e o funcionamento dos ecossistemas fluviais. Boletim da Associação Brasileira de Limnologia, v. 39, n. 2, p. 1-15, 2011.

SMA (Secretaria Estadual de Meio Ambiente de São Paulo). Chave para tomada de decisão Recuperação de Áreas Degradadas. Workshop sobre Recuperação de Áreas

Degradadas em Matas Ciliares, São Paulo-SP. Disponível em: http://botanica.sp.gov.br/files/2014/02/cerad_chave_tomada_decisao_RAD.pdf. 2006. Acesso em: maio de 2013.

SOARES, C. R. L. Avaliação do Processo de Dragagem por Injeção de Água, Rio de Janeiro, Março 2006. Disponível em: http://www.oceanica.ufrj.br/intranet/teses/2005_mestrado_calos_lips.pdf. Acesso em: 03 Fevereiro 2014.

THERRC. The River Restoration Center: River Skerne. Disponível em http://www.therrc.co.uk/case_studies/skerne_brochure.pdf. Acesso em 3 de março de 2015.

TOMAZ, P. Poluição difusa. São Paulo: Navegar, 2006.

TOWNSEND, BEGON e HARPER, Fundamentos em Ecologia. Porto Alegre, 3ª ed. 2010.

TUNDISI, J. G. O futuro do recursos hídricos .Recursos Hídricos. Multiciência.Revista Interdisciplinar dos Centros e Núcleos da Unicamp. Disponível em: <http://www.multiciencia.unicamp.br/art03.htm>. Acesso em: 14 out. 2013.

USEPA. Principles for the Ecological Restoration of Aquatic Resources.. Office of Water (4501F), United States Environmental Protection Agency, Washington, 2000. Disponível em: <http://water.epa.gov/type/wetlands/restore/principles.cfm>. Acesso em: 10 abril 2013.

WOHL, E., ANGERMEIER, P. L., BLEDSOE, B., KONDOLF, G. M., MACDONNELL, L., MERRITT, D. M., ... & TARBOTON, D. (2005). River restoration. *Water Resources Research*, 41(10). Disponível em : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2005WR003985/full>. Acesso em maio de 2015.

APÊNDICE

Chave em formato textual:

1) Corpo hídrico superficial e continental

1a) Lótico..... (2)

1b) Léntico..... (16)

2) Lótico

2a) velocidade da água:baixa..... (3)

2b) velocidade da água:alta..... (4)

3) Lótico/baixa velocidade da água

3a) assoreado..... (5)

3b) não assoreado..... (6)

4) Lótico / alta velocidade da água

4a) oligotrófico/mesotrófico..... CA1

4b) eutrófico..... CA2

5) Lótico / assoreado

5a) natural.....CA17

5b) artificial..... CA3

6) Lótico / não assoreado

6a) mata ciliar não degradada..... (8)

6b) mata ciliar degradada.....(9) CA3

7) Lótico / eutrófico

7a) poluição pontual..... (10)

7b) poluição difusa.....CA5,6

7c) ambasCA5,6

8) Lótico / com mata ciliar

8a) espécie nativa..... (8)

8b) espécie exótica..... CA13, 15,16

9) Lótico / sem mata ciliar

9a) área pavimentada..... (11)

9b) área não pavimentada.....(12)

10) Lótico/ poluição pontual

10a) com mata ciliar..... CA5,17

10b) sem mata ciliarCA3, 16

11) Lótico/ em área pavimentada

11a) leito não concretado (13)

11b) leito concretado (15)

12) Lótico/ em área não pavimentada

12a) aquicultura (14)

12b) não aquicultura CA17

13) Lótico/ leito não concretado

13a) sem cobertura vegetal no leito..... (13)

13b) com cobertura vegetal no leito..... CA17

14) Lótico/aquicultura

14a) presença de resíduos CA8,9

14b) ausência de resíduos (16)

15) Lótico/ leito concretado

15a) presença de esgotoCA5,6

15b) ausência de esgoto (8)

16) Léntico/ léntico

16a) maior profundidade (17)

16b) menor profundidade (18)

17) Léntico/ maior profundidade

17a) presença de macrófitas(19)CA11,13

17b) ausência de macrófitasCA17

18) Léntico/ menor profundidade

18a) assoreado(20)

18b) não assoreado(21)

19) Léntico/ presença de macrófitas

19a) com oxigênio..... CA17

19b) sem oxigênio..... CA8

20) Léntico/ assoreado

20a) maior turbidez..... CA17

20b) menor turbidez..... CA17

21) Léntico/ não assoreado

21a) Eutrófico CA18

21b) Oligotrófico/mesotrófico..... CA17