

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

**POTENCIALIDADES SOCIOAMBIENTAIS DAS ÁREAS  
DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM FUNDOS DE VALES  
URBANOS: PROPOSIÇÃO DE MÉTODO EXPEDITO DE  
ANÁLISE**

MILTON PAVEZZI NETTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof. Dr. Ricardo Siloto da Silva.

São Carlos

2013

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

P337ps

Pavezzi Netto, Milton.

Potencialidades socioambientais das áreas de preservação permanente em fundos de vales urbanos : proposição de método expedito de análise / Milton Pavezzi Netto. -- São Carlos : UFSCar, 2014.  
136 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2013.

1. Planejamento urbano. 2. Área de Preservação Permanente (APP). 3. Fundos de vale. 4. Gestão ambiental urbana. 5. Qualidade ambiental urbana. I. Título.

CDD: 711 (20<sup>a</sup>)



## FOLHA DE APROVAÇÃO

MILTON PAVEZZI NETTO

Dissertação defendida e aprovada em 14/06/2013  
pela Comissão Julgadora

---

Prof. Dr. Ricardo Siloto da Silva  
Orientador (DECiv/UFSCar)

---

Prof. Dr. Arlindo Philippi Jr.  
(FSP/USP)

---

Prof. Dr. Marcelo Montañó  
(PPGSEA/USP)

---

Prof. Dr. Ricardo Siloto da Silva  
Coordenador do CPG-EU

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela força invisível de todos os dias.

Ao meu orientador, Prof. Ricardo Siloto da Silva, pelo acolhimento, pela inspiração acadêmica e profissional, pela compreensão e paciência e, principalmente, pela confiança e amizade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo fomento à pesquisa e a oportunidade de desenvolvê-la.

À Mariângela, Carlos, Guilherme, Dayse, Antenor e Caroline, que presenciaram os pequenos e grandes momentos desta caminhada e compartilharam as inspirações, alegrias, dificuldades e sofrimentos de um jeito tão belo que somente eles, em todo este mundo, seriam capazes de fazer.

À Profa. Sandra Regina Mota Silva, pelo acolhimento e auxílio nos momentos difíceis e pelos debates que contribuíram grandiosamente para este trabalho

Aos Profs. José Salatiel Rodrigues Pires, Nemésio Neves Batista Salvador e Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira, pelas importantes contribuições antes, durante e após o processo de qualificação.

À Hemerson Fernandes Calgaro e Glenda Barbudo Calgaro, pela enorme compreensão, paciência, incentivo e inspiração.

À Roseli, Mariene, Moisés, Daniel, Vagner, Quintino, Renata, Ana Beatriz, Luana e Juliano, por serem meus *hermanos* e *hermanas* são-carlenses (e, agora, de toda a vida) e por compartilharem, várias e várias vezes, as inquietações e preocupações nesta etapa da minha vida

Aos meus companheiros de pesquisa do GestAU: Leandro, Fernanda, Anelise, Simone Lopes, Simone Oliveira, Daniel e Barbara pelos incentivos e contribuições

À Gustavo, pela grande força e pelas orientações como pesquisador e amigo.

À Antônio Carlos e Thiago, pelo profissionalismo e dedicação junto ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana (PPGEU).

A todos, próximos ou distantes, que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

Pautada pelo questionamento sobre a efetividade das estratégias ambientais de proteção territorial nas cidades, esta pesquisa teve como objetivo a estruturação de um método expedito de análise das potencialidades socioambientais das APPs em fundos de vales urbanos capaz de fornecer informações para subsidiar a recuperação e/ou manutenção da qualidade ambiental destas áreas em compatibilidade com as dinâmicas sociais existentes no ambiente urbanizado. Para a estruturação do método, foram levantadas variáveis físicas e critérios de análise intervenientes na qualidade ambiental dos fundos de vales e representativos das formas de ocupação antrópica nestes locais. Baseando-se nestas variáveis, foi elaborado um sistema de pontuação que indica o nível de cumprimento das funções socioambientais no trecho analisado e indica as condições favoráveis e desfavoráveis ao cumprimento destas. O método foi aplicado em duas nascentes urbanas na cidade de São Carlos, com características distintas de uso e ocupação do solo na faixa correspondente à APP. Os resultados da aplicação demonstraram que, no contexto do planejamento urbano, o método apresenta potencial tanto para fornecer informações que subsidiem decisões imediatas ou de curto prazo como para orientar a aplicação de outros diagnósticos demandados para decisões de médio e longo prazo.

**Palavras-chave:** áreas de preservação permanente; fundo de vale urbano; gestão ambiental urbana; qualidade ambiental urbana

## **ABSTRACT**

Guided by the questions about the effectiveness of strategies for environmental protection in cities, this research was aimed at structuring a fast method to analyze the social and environmental potential of PPAs in urban valley bottoms able to provide information to support the recovery and/or maintenance of the environmental quality of these areas in compatibility with existing social dynamics in the built space. For structuring method, physical variables and criteria involved in the environmental quality of valley bottoms and representative forms of human occupation at these sites were raised. Based on these variables, we designed a scoring system that indicates the level of compliance with environmental functions of PPAs in urban valley bottoms and indicates the favorable and unfavorable conditions to fulfill these functions. The method was applied in two urban sources in the city of São Carlos, with distinct characteristics and land use in the buffer corresponding to the PPA. In the context of urban planning, the results of the application shows that the method has potential both to provide information that supports immediate or short-term decisions as to guide the application of other diagnostic decisions in the medium and long term.

**Keywords:** permanent preservation areas; urban valley bottom; urban environmental management; urban environmental quality

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES**

**APP** – rea de Preservao Permanente

**CONAMA** – Conselho Nacional de Meio Ambiente

**CDB** – Conveno sobre Diversidade Biolgica

**ISA** – Instituto Scio-Ambiental

**IUCN** – International Union for Conservation of Nature

**IUPN** – International Union For Protection of Nature

**MAB** – Man and Biosphere

**MMA** – Ministério do Meio Ambiente

**RHS** – River Habitat Survey

**RL** – Reserva Legal

**SNUC** – Sistema Nacional de Unidades de Conservao

**UC** – Unidade de Conservao

**UCPI** – Unidade de Conservao de Proteo Integral

**UCUS** – Unidade de Conservao de Uso Sustentável

**URS** – Urban River Survey

# LISTA DE FIGURAS

## Capítulo 01

<b>Figura 1:</b> Escala de relação entre os níveis de biodiversidade .....	20
<b>Figura 2:</b> Adaptação do panfleto da Northern Pacific Railroad promovendo o Parque Nacional de Yellowstone como o “Novo País das Maravilhas” .....	25
<b>Figura 3:</b> Evolução do número total de áreas protegidas no mundo .....	30
<b>Figura 4:</b> Evolução da área total do planeta sob algum regime de proteção.....	31

## Capítulo 04

<b>Figura 5:</b> Córrego Campestre e trechos selecionados para análise .....	99
<b>Figura 6:</b> Córrego Santa Maria do Leme e trechos selecionados para análise.....	100

## Capítulo 05

<b>Figura 7:</b> Representation of sub-basins located in the urban area of São Carlos (SP/Brazil) – a: Medeiros Sub-basin; b: Tijuco Preto Sub-basin (No scale defined).....	112
<b>Figura 8:</b> Sub-basin of the Tijuco Preto stream (No scale defined) .....	113
<b>Figura 9:</b> Quadrants used for the analysis of the PPA of the spring of the Tijuco Preto stream (No scale defined).....	114
<b>Figura 10:</b> Sub-basin of the Medeiros stream (No scale defined).....	115
<b>Figura 11:</b> Quadrants used for the analysis of the PPA in the Medeiros spring (No scale defined) .....	115



# LISTA DE QUADROS

## Capítulo 01

<b>Quadro 1:</b> Categorias de áreas protegidas proposta pela IUCN, de acordo com objetivos de manejo .....	29
<b>Quadro 2:</b> Funções socioambientais das APPs .....	42
<b>Quadro 3:</b> Categorias de Florestas no Código Florestal de 1934.....	43

## Capítulo 03

<b>Quadro 4:</b> Visão geral dos fluxos de energia e matéria em um ecossistema natural .....	79
<b>Quadro 5:</b> Fluxos de energia e matéria em um ecossistema urbano .....	82
<b>Quadro 6:</b> Elementos de um ecossistema em seu estágio de clímax.....	83
<b>Quadro 7:</b> Processos de amadurecimento em ecossistemas naturais e urbanos .....	84
<b>Quadro 8:</b> Campos de estudo da Ecologia Urbana.....	86

## Capítulo 04

<b>Quadro 9:</b> Variáveis e elementos relativos ao canal de drenagem fluvial.....	96
<b>Quadro 10:</b> Variáveis e elementos relativos à zona ripária .....	97
<b>Quadro 11:</b> Dados atribuídos às variáveis identificadas para o córrego Campestre .....	101
<b>Quadro 12:</b> Dados atribuídos às variáveis identificadas para o córrego Santa Maria do Leme .....	102

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 05

<b>Tabela 1:</b> Evaluation of the environmental functions of PPAs of springs .....	111
<b>Tabela 2:</b> Potential compliance of environmental functions in the PPA of the Tijuco Preto Spring .....	117
<b>Tabela 3:</b> Potential compliance of environmental functions in the PPA of the Tijuco Preto Spring .....	119

# SUMÁRIO

<b>Introdução</b> .....	<b>9</b>
<b>Capítulo 01. Referencial Teórico</b> .....	<b>16</b>
1.1. Proteção da biodiversidade.....	16
1.2. Proteção ambiental de parcelas do território .....	23
1.3. Áreas de Preservação Permanente (APPs).....	42
1.4. Métodos de análise aplicáveis a fundos de vale .....	47
<b>Capítulo 02. Método Exedito para Análise das Potencialidades Socioambientais das APPs em Fundos de Vales Urbanos</b> .....	<b>66</b>
2.1. Histórico de estruturação.....	53
2.2. Variáveis e critérios de análise .....	61
2.3. Aspectos operacionais.....	69
<b>Capítulo 03. Artigo 01 – Ecossistemas urbanos: potencialidades da ecologia urbana no desenvolvimento de cidades sustentáveis</b> .....	<b>74</b>
<b>Capítulo 04. Artigo 02 – Método Exedito para Análise da Qualidade Ambiental em Zonas Ripárias Urbanas</b> .....	<b>93</b>
<b>Capítulo 05. Artigo 03 - Environmental analysis of springs in urban areas: a methodological proposal</b> .....	<b>107</b>
<b>Capítulo 06. Discussão dos Resultados e Considerações Finais</b> .....	<b>147</b>
<b>Referências</b> .....	<b>124</b>
<b>Apêndice</b> .....	<b>128</b>
<b>Anexo</b> .....	<b>136</b>

# Introdução

## O PROBLEMA DA PESQUISA

A compatibilização das dinâmicas sociais com a preservação, conservação ou melhoria da qualidade dos recursos naturais e a apropriação do ambiente com a utilização de técnicas de impacto reduzido destacam-se entre os desafios impostos à gestão do espaço urbanizado. A criação de dispositivos normativos que busquem orientar o uso e a ocupação de parcelas territoriais de relevância socioambiental é uma das estratégias adotadas no enfrentamento deste desafio.

Entre estes dispositivos normativos está o Código Florestal (Lei 12.651/2012) que, embora tenha sido recentemente revisado e atualizado, ainda apresenta aspectos conflituosos em relação à sua aplicabilidade no ambiente urbanizado. Estes aspectos são evidentes em uma das figuras de proteção delimitadas por esta Lei: a Área de Preservação Permanente (APP). De acordo com o texto legal, a APP caracteriza-se por ser uma:

“área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (BRASIL, 2012).

Entre as áreas consideradas como de preservação permanente estão aquelas marginais a corpos hídricos de água corrente. Nas cidades, a manutenção destas APPs é dificultada por diversos elementos como as estruturas viárias, o sistema de drenagem pluvial e as ocupações para fins de moradia. Estes elementos, em conjunto com as canalizações, tamponamentos e outras modificações antrópicas em fundos de vales, levam à necessidade de se considerar variáveis físicas e critérios diferentes dos adotados no meio rural para se analisar a funcionalidade socioambiental destas áreas.

Esta análise faz-se necessária, sobretudo, para subsidiar os processos de incorporação das APPs no planejamento da cidade, identificando fragilidades e potencialidades destes espaços protegidos em relação ao efetivo cumprimento das funções as quais foram designadas. A efetividade desta análise, entretanto, depende da superação de obstáculos estruturais e operacionais encontradas pelos gestores públicos municipais,

principalmente no processo de coleta de dados e interpretação das informações resultantes. A partir destas constatações, a pesquisa foi norteada por estas duas questões-problemas:

■ Quais são as variáveis físicas e os critérios que devem ser considerados para se analisar a manutenção e a recuperação da qualidade socioambiental nas APPs em fundos de vales urbanos?

■ Com base nestas variáveis e critérios, como deve ser estruturado um método de análise capaz de fornecer informações sobre o potencial destas áreas em cumprir as funções ambientais as quais foram legalmente designadas?

## **OBJETIVOS**

Baseando-se nas questões-problema levantadas, a pesquisa tem como objetivo principal a estruturação de um método para análise da funcionalidade socioambiental das APPs em fundos de vales urbanos que seja capaz de fornecer informações para subsidiar a recuperação e/ou manutenção da qualidade ambiental destas áreas em compatibilidade com as dinâmicas sociais existentes no ambiente urbanizado.

Para o cumprimento deste objetivo, foram estabelecidos os seguintes objetivos secundários:

- 1.** Identificar as variáveis físicas que devem ser consideradas para analisar a eficiência das APPs em fundos de vales urbanos no cumprimento das funções socioambientais as quais foram legalmente designadas;
- 2.** Identificar os critérios aplicáveis a cada variável;
- 3.** Estruturar o método com base nas variáveis e critérios levantados, atribuindo um caráter expedito ao mesmo;
- 4.** Aplicar o método estruturado em trechos de fundos de vales urbanos com diferentes características de ocupação antrópica.

## JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

O estudo das variáveis envolvidas no cumprimento das funções socioambientais das APPs em fundos de vales urbanos faz-se necessário frente a constante descon sideração, tanto por parte de legisladores e gestores públicos como de especialistas, dos elementos específicos do ambiente urbanizado que influenciam os comportamentos ambiental e social destas áreas.

Isso se mostra evidente na evolução dos mecanismos legais normativos, como a Resolução N° 369 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) instituída em 2006 e que altera mecanismos de intervenções em APPs nas cidades sem o conhecimento prévio da real influência do meio urbano sobre as mesmas. Mesmo com a atual revogação tácita desta resolução devido à existência de uma versão mais recente do Código Florestal (Lei Federal N° 12.651/2012), ainda assim, neste novo texto legal, as APPs em fundos de vale urbanos são delimitadas com os mesmos critérios que no ambiente rural, descon siderando-se as condições oferecidas no espaço urbano para que estas áreas cumpram suas funções.

Para a avaliação dos níveis de cumprimento destas funções por gestores públicos e demais pesquisadores, é necessária a adoção de ferramentas que possam indicar as potencialidades ambientais e sociais destas áreas. Dentre estas ferramentas, um método de análise expedito aplicável em fundos de vales com diferentes características de urbanização apresenta-se favorável devido, principalmente, ao fornecimento rápido de informações que possam subsidiar os processos de tomadas de decisões que englobem estas APPs.

No contexto da cidade, essas decisões podem compor a estruturação de estratégias que visem facilitar o cumprimento das funções socioambientais destas APPs em locais já consolidados para uso urbano. Em uma escala regional, estas decisões podem, ainda, integrar o planejamento de corredores da biota considerando-se as funções das APPs em promover a preservação da biodiversidade e o auxílio no fluxo gênico da flora e da fauna, o que vai ao encontro das políticas de promoção da conectividade entre áreas protegidas evidenciadas, principalmente, na Lei Federal N° 9.985/2000.

## METODOLOGIA

A pesquisa pode ser classificada como **explicativa**, em relação aos seus objetivos, e **experimental**, em relação aos procedimentos metodológicos adotados. Gil (1991) atribui as seguintes definições para estes tipos de pesquisa:

- **Explicativa:** consiste na identificação dos fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência do fenômeno estudado;
- **Experimental:** consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis potencialmente capazes de influenciá-lo e definir as formas de controle e observação dos efeitos produzidos pelas variáveis sobre o objeto.

O fenômeno estudado foi a funcionalidade das APPs em fundos de vales urbanos em relação ao cumprimento das funções as quais foram legalmente designadas através do Código Florestal (Lei Nº 12.651/2012). Foram levantadas variáveis e critérios que indicassem a potencialidade dessas áreas no cumprimento destas funções e, a partir destes, foi estruturado um método expedito de análise capaz de subsidiar os processos de tomadas de decisões relativas à recuperação, manutenção e/ou melhoria da qualidade socioambiental destas áreas. O método desenvolvido foi aplicado em duas nascentes localizadas em área urbana e os resultados desta aplicação foram analisados de acordo com os objetivos da pesquisa.

A pesquisa foi desenvolvida em quatro fases distintas e complementares: exploratória, experimental, analítica e conclusiva. As características básicas de cada fase e os procedimentos metodológicos correspondentes são descritos a seguir.

### **1. Fase exploratória**

Esta fase inicial foi caracterizada por 05 etapas: (I) Elaboração do referencial teórico, (II) levantamento inicial das variáveis, atributos, critérios e procedimentos de coletas de dados, (III) análise da pertinência das variáveis e demais elementos levantados, (IV) estruturação do método expedito e (V) delimitação das áreas de estudo.

Na etapa I, para a elaboração do referencial teórico, o procedimento metodológico utilizado foi a revisão bibliográfica, que se pautou pelos seguintes tópicos:

- Proteção da biodiversidade;
- Ecologia Urbana;
- Áreas ambientalmente protegidas;
- Legislação pertinente sobre as áreas de preservação permanente.

Além destes temas, o processo de revisão bibliográfica contemplou a análise de outras metodologias que avaliassem os elementos e condições referentes aos fundos de vales. As metodologias selecionadas para a análise foram:

- *Índex de Qualitat del Bosc de Ribera* ou *Index of Riparian Quality*, desenvolvido por MUNNÉ, A.; PRAT, N.; SOLÀ, C.; BONADA, N. e RIERADEVALL, M., em 2003;
- *Urban River Survey (URS)*, desenvolvido originalmente por BOITSIDIS, A. e GURNELL, A. e revisado por GURNELL, A. e SHUKER, L. em 2011
- *Método Amorim & Cordeiro*, desenvolvido por AMORIM, L. M. e CORDEIRO, J. S. em 2004

Na etapa II, para a indicação das variáveis a serem consideradas na elaboração do método expedito, o processo de revisão bibliográfica pautou-se nos métodos analisados na etapa anterior e nas características ambientais das zonas ripárias e dos corpos hídricos de água corrente que se relacionassem com as funções ambientais que devem ser desempenhadas pelas APPs. As funções consideradas para esta análise foram a preservação dos recursos hídricos, a preservação da biodiversidade, o auxílio ao fluxo gênico da flora e da fauna, a preservação da paisagem e a proteção ao solo.

A etapa III teve como objetivo a verificação da pertinência das variáveis, atributos, critérios e procedimentos de coletas de dados levantados. Essa verificação foi feita por meio de simulações dos procedimentos de coleta de dados, realizadas em dois córregos localizados em cidades distintas: o córrego Santa Maria do Leme, na cidade de São Carlos (SP), e o córrego Campestre, na cidade de Lins (SP). Na etapa IV, pautando-se pelos resultados do processo anterior, foi estruturado o método expedito de análise das potencialidades socioambientais das APPs em fundos de vales urbanos.

Finalmente, a etapa V teve como objetivo a delimitação de um curso d'água para a aplicação do método, quando optou-se por iniciar-se a aplicação em APPs relativas às nascentes e, posteriormente, fazê-la nos trechos marginais ao restante da extensão do curso d'água.



## **2. Fase experimental**

O objetivo desta fase foi a aplicação do método expedito já estruturado nos objetos de estudo selecionados. Para isto, foram realizadas aplicações em áreas de nascente dos córregos Tijuco Preto e Medeiros, na cidade de São Carlos. Ambas as nascentes foram selecionadas devido ao fato de estarem inseridas em área urbana e apresentarem aspectos distintos de uso e ocupação do solo na área correspondente à APP.

## **3. Fase analítica**

A fase analítica caracterizou-se pela análise dos resultados da aplicação do método expedito desenvolvido na pesquisa.

## **4. Fase conclusiva**

A fase conclusiva teve como objetivos a discussão dos resultados considerando as análises decorrentes da aplicação do método e os outros elementos estruturantes da pesquisa. Nesta etapa, também foram formuladas as conclusões da pesquisa e a revisão do material produzido, que resultou no texto final da dissertação.

## **ESTRUTURA DO TRABALHO**

O corpo central desta dissertação de mestrado apresenta-se estruturada na forma de um conjunto de artigos que representam o processo de evolução dos procedimentos da pesquisa. Junto a estes artigos são apresentados capítulos referentes à descrição dos componentes básicos da pesquisa, revisão do referencial teórico, descrição do método expedito, discussão dos resultados e conclusões

Desta forma, a dissertação inicia-se pela **Introdução**, onde é apresentada a problemática da pesquisa, os objetivos elaborados com base nos questionamentos levantados, a justificativa para a escolha e o desenvolvimento do tema, a metodologia adotada no processo e, finalmente, as presentes indicações sobre a forma de estruturação do trabalho.

Subsequentemente, no **Capítulo 01**, denominado **Referencial teórico**, são apresentados os textos resultantes do processo de revisão bibliográfica realizado na etapa I da fase exploratória. **O Capítulo 02**, intitulado **Método expedito para análise das potencialidades socioambientais das APPs em fundos de vales urbanos** traz a descrição e a apresentação dos aspectos operacionais do método proposto. A partir deste ponto são apresentados 03 artigos relativos às diferentes etapas de desenvolvimento da pesquisa

O 1º artigo, cujo título é *Ecossistemas urbanos: potencialidades da ecologia urbana no desenvolvimento de cidades sustentáveis*, compõe o **Capítulo 03**. O artigo foi desenvolvido durante a etapa I da fase exploratória da pesquisa e sintetiza o referencial teórico relativo ao tópico “Ecologia Urbana”. O artigo foi apresentado oralmente no IX Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, realizado em outubro de 2011 em Brasília (DF), e publicado nos Anais deste evento (ISSN 2175-3970).

O **Capítulo 04** é composto pelo 2º artigo, denominado *Método expedito para análise da qualidade ambiental em zonas ripárias urbanas*, que foi desenvolvido durante a etapa III da fase exploratória da pesquisa. No artigo são apresentados os resultados das simulações realizadas naquela etapa a fim de se verificar a pertinência das variáveis físicas e dos critérios levantados até o momento. O trabalho foi apresentado no V URBENVIRON International Seminar on Environmental Planning and Management, realizado em Brasília em outubro de 2012, e publicado no periódico *Par@noá* em formatos impresso (ISSN 1677-7395) e eletrônico (ISSN 1679-0944).

O 3º artigo compõe o **Capítulo 05** e intitula-se *Environmental analysis of springs in urban areas: a methodological proposal*. Este trabalho foi elaborado na fase experimental da pesquisa e caracteriza-se como uma aplicação do método expedito proposto em duas áreas de preservação permanente localizadas em duas nascentes distintas na cidade de São Carlos. A discussão dos resultados desta aplicação, no artigo, estruturam a fase analítica da pesquisa. O trabalho foi publicado no periódico *World Academy of Science, Engineering and Technology* (ISSN 2010-3778). No capítulo em questão, o artigo será apresentado em inglês, tal como foi publicado pelo periódico.

No item seguinte, **Discussão dos Resultados e Considerações Finais**, são discutidos os resultados da pesquisa com base os artigos apresentados e nos demais elementos estruturantes da dissertação. Finalmente, este trabalho também está composto por um **Apêndice**, onde são apresentadas as fichas que compõem o método expedito, e uma seção de **Anexo**, onde consta a versão em português do artigo que compõe o Capítulo 05.

# Capítulo 1

## Referencial Teórico

Neste capítulo, serão apresentados os textos resultantes da revisão bibliográfica sobre os temas de *proteção da biodiversidade*, *proteção ambiental de parcelas do território* e *áreas de preservação permanente*. Também são apresentadas a descrição e a análise das metodologias *Index of Riparian Quality*, *Urban River Survey* e *Método Amorim & Cordeiro*.

### 1.1. Proteção da biodiversidade

#### 1.1.1 Evolução das políticas protecionistas

Uma das grandes preocupações da pesquisa em biodiversidade é a intensificação das taxas de perda de espécies animais e vegetais em todo mundo. O biólogo conservacionista Richard Primack, ao analisar os aspectos na relação homem-natureza que propiciaram o surgimento da biologia da conservação, identificou duas tendências de comportamento opostas. Uma delas é típica de algumas sociedades orientais que adotam religiões como o taoísmo chinês e o hinduísmo indiano. Nessas sociedades, é evidente alguns aspectos de veneração dos seres vivos e do ambiente natural, parte integrante da identidade espiritual de seus povos, levando a iniciativas preservacionistas. A outra tendência de comportamento é característica da grande maioria das sociedades ocidentais e pautada, em parte, pela visão de submissão do ambiente natural à vontade humana. Essa visão tem suas origens em princípios definidos pela religião católica que previam a multiplicação do ser humano e seu domínio sobre os demais seres vivos e, a partir do século XV, atendeu aos anseios da busca pelo desenvolvimento econômicos, marcada pelo surgimento do capitalismo comercial (PRIMACK, 2006).

Outros pesquisadores, como o arqueólogo Paul Martin e o paleontólogo Richard Klein descrevem, ainda, episódios de extinção em massa de grandes mamíferos ocasionados pela ação humana desde o período do Pleistoceno, há onze mil e quinhentos anos (MARTIN & KLEIN, 1984 apud FERNANDEZ, 2005).

As preocupações com a conservação da diversidade biológica, no entanto, só se intensificaram a partir do século XX. Como um marco inicial da tendência em discutir a

proteção da biodiversidade em nível global destaca-se uma reunião entre nações colonialistas realizada em 1900, na cidade de Londres, intitulada “Convention Designed to Ensure the Conservation of Various Species of Wild Animals in Africa Wich Are Useful to Man or Inoffensive” (HEIJNSBERGEN, 2000). Como o próprio nome aponta, o objetivo desta reunião era a discussão de estratégias que protegessem apenas uma parcela da fauna nas colônias africanas, contemplando as espécies que fossem inofensivas ou diretamente interessantes ao uso humano.

Em 1948, foi estabelecido o primeiro órgão internacional para sistematizar o conhecimento acumulado em diversos países e operar a troca de informações sobre a proteção da biodiversidade: a União Internacional para a Proteção da Natureza (IUPN, na sigla em inglês) que, em 1956, transformou-se na atual União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, na sigla em inglês). Em 1962, a bióloga norte-americana Rachel Carson publicou o livro “Primavera Silenciosa”, denunciando os efeitos nocivos sobre a biodiversidade da região de Maryland causados pela aplicação de Dicloro-Dinefinil-Tricloroetano (DDT) como pesticida em lavouras locais. Essa obra, que também denunciava a falta de ação do governo norte-americano frente à mortalidade de diversas espécies, foi um dos marcos inspiradores do movimento ambientalista que começava a se articular globalmente na década de 1960.

Em 1968, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, na sigla em inglês) promoveu a Conferência Intergovernamental para o Uso Racional e Conservação da Biosfera, estruturando as bases necessárias para o lançamento, em 1971, do programa O Homem e a Biosfera (MAB, na sigla em inglês), existente até hoje. O programa, que foi o primeiro a estabelecer estratégias globais para proteção da biodiversidade, tem como objetivo principal atuar no combate à perda da diversidade biológica utilizando, para isso, uma abordagem multidisciplinar que contempla aspectos econômicos e sociais envolvidos no problema. A principal estratégia adotada pelo MAB é delimitação das Reservas da Biosfera (RB), que podem ser caracterizadas como áreas protegidas por um tipo específico de zoneamento ambiental, proposto pelo programa, e implementadas através de um acordo internacional.

Em 1978 foi organizada a primeira Conferência Internacional em Biologia da Conservação, na cidade de San Diego nos Estados Unidos. Fruto de preocupações de pesquisadores em organizar um fórum mundial de discussões que utilizasse os avanços da biologia da conservação nas estratégias de contenção da perda de biodiversidade, o fórum

contribuiu para a criação, em 1985, da Sociedade para Biologia da Conservação (SCB, na sigla em inglês) (PRIMACK, 2006)

Em 1992, durante a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), foi assinada, por 168 países, a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB). A CDB representa um marco importante na proteção internacional da biodiversidade pois organiza as estratégias para a formulação de políticas protecionistas em três bases de interesse a todos os signatários: a conservação da diversidade biológica, o uso sustentável da biodiversidade e a repartição equitativa dos benefícios advindos da utilização dos recursos genéticos.

Composta por 42 artigos, a CDB aborda uma série de temas pautados nas três bases propostas. Entre os temas, destacam-se a conservação *in situ* e *ex situ* da diversidade biológica, a educação e conscientização pública, a avaliação de impactos ambientais, o acesso à tecnologia e aos recursos genéticos, a troca de informação entre as partes, os incentivos e mecanismos financeiros e as diretrizes para futuras reuniões. Além da abordagem destes temas, a CDB também torna-se importante por definir outros marcos legais, conforme citado pelo Ministério do Meio Ambiente:

O Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança, que estabelece as regras para a movimentação transfronteiriça de organismos geneticamente modificados (OGMs) vivos; o Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para a Alimentação e a Agricultura, que estabelece (...) as regras para o acesso aos recursos genéticos vegetais e para a repartição de benefícios; as Diretrizes de Bonn, que orientam o estabelecimento das legislações nacionais para regular o acesso aos recursos genéticos e a repartição dos benefícios resultantes da utilização desses recursos (combate à biopirataria); as Diretrizes para o Turismo Sustentável e a Biodiversidade; os Princípios de Addis Abeba para a Utilização Sustentável da Biodiversidade; as Diretrizes para a Prevenção, Controle e Erradicação das Espécies Exóticas Invasoras; e os Princípios e Diretrizes da Abordagem Ecosistêmica para a Gestão da Biodiversidade. (MMA e MRE, s.d)

Para que a CDB pudesse ser constantemente discutida, também foram previstas reuniões periódicas das partes envolvidas, as Conferences of the Parties (COPs). Até hoje foram realizadas onde COPs, sendo o último encontro na Índia, em outubro de 2012.

### 1.1.2. Definições e níveis de biodiversidade

De acordo com a Convenção sobre a Diversidade Biológica (CDB), a biodiversidade é considerada como:

a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo, dentre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas. (CBD, s.d)

A IUCN, por sua vez, adota atualmente a seguinte definição de biodiversidade:

A diversidade biológica - ou biodiversidade - é um termo que usamos para descrever a variedade da vida na Terra. Refere-se à grande variedade de ecossistemas e organismos vivos: animais, plantas, seus habitats e seus genes (IUCN, s.d.)

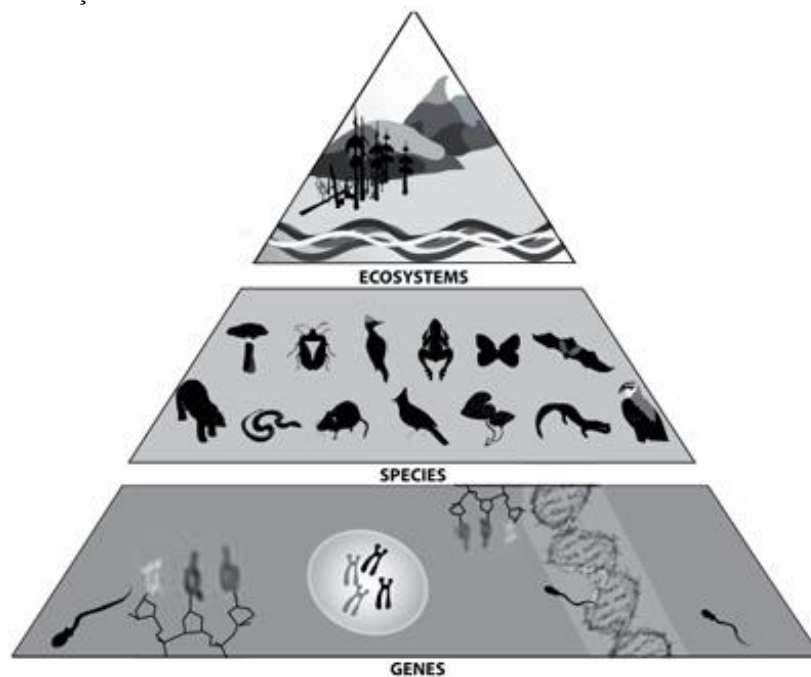
Ambas as definições englobam a biodiversidade em três níveis: genético (dentro de espécies), entre espécies e entre ecossistemas. As primeiras definições do termo “diversidade biológica”, no início da década de 1980, englobavam apenas os conceitos de diversidade genética e de organismos (Heywood e Watson, 1995 apud ARAUJO, 2007). Já em 1986, os ecossistemas passaram a ser reconhecidos dentro do conceito de biodiversidade (BENSUSAN, 2002). Os níveis de biodiversidade caracterizam-se da seguinte maneira:

■ **Diversidade genética:** é mais comumente definida como a variedade total de genes dentro de populações de uma mesma espécie. Mas pode, ainda, representar a variabilidade de genes entre populações de espécies diferentes. É o nível mais básico da biodiversidade, sendo que sua importância é essencial para a sobrevivência das espécies no decorrer do tempo. Quando maior o nível de diversidade biológica de uma população, maior a capacidade da mesma em se adequar às condições impostas pelo meio e sobreviver a diversos tipos de eventos, como os processos antrópicos de modificação ambiental. Sua importância é ressaltada em diversas legislações protecionistas sendo que, no Brasil, pode se destacar o Código Florestal (Lei 12.651/2012) que atribui as Áreas de Preservação Permanente (APPs), dentro outros objetivos, a preservação do “fluxo gênico de flora e fauna”.

■ **Diversidade de espécies:** é a variabilidade entre espécies, que pode ser medida em diversas escalas (habitats, ecossistemas, biomas e outros recortes mais amplos). Bensusan (2002) aponta que esse nível da biodiversidade é o responsável pela manutenção de uma série processos ecológicos aproveitados pelo ser humano, como a ciclagem de nutrientes, a polinização, o controle de pragas e doenças e a conservação do solo.

■ **Diversidade de ecossistemas:** engloba a variedade de ecossistemas, com seus respectivos habitats e comunidades, dentro de uma escala geralmente mais ampla, como as adotadas na Ecologia de Paisagem. Pode representar, ainda, a variedade de paisagens de uma região ou território. É o último nível de biodiversidade e responsável pela enorme variedade de ambientes existentes na Terra. Sua manutenção depende da conservação dos dois níveis anteriores. A figura 01 ilustra a escala de relação entre os três níveis.

**Figura 1:** Escala de relação entre os níveis de biodiversidade



Fonte: Houde (s.d.)

### 1.1.3. Estratégias para a proteção da biodiversidade

Conforme apresentado anteriormente, as estratégias de conservação da biodiversidade podem ser divididas em dois grandes grupos: a conservação *in situ* e a conservação *ex situ*. A conservação *ex situ* envolve ações de manejo de espécies fora de seus ambientes de ocorrência natural, em locais antropicamente controlados como zoológicos,

reservas e núcleos de criação. A manutenção da fauna nestes locais se dá quando, geralmente, existe um alto risco de extinção de uma espécie específica ou de uma parcela populacional desta espécie. Além de objetivar a sobrevivência da espécie ameaçada, visa ainda preservar a carga genética da mesma, criando condições para a reprodução nos ambientes de criação. Em alguns ambientes, como os zoológicos, muitas vezes o enfoque da conservação pode ser a exibição dos animais para visitação pública, aproximando do contato humano, de forma controlada, alguns exemplares da biota. Já para a flora, a conservação *ex situ* apresenta-se como estratégia para a manutenção de bancos genéticos de diversas espécies vegetais, adquirindo grande importância, por exemplo, em processos artificiais de recomposição da vegetação.

Embora relevantes para a conservação da biodiversidade pelas vantagens citadas, Primack (2006) lista uma série de dificuldades da conservação *ex situ*. Entre elas, destacam-se:

■ **Tamanho da população:** devido, principalmente à limitações com o espaço, o número de exemplares a ser conservado em cativeiro é, muitas vezes, baixo em relação ao total de exemplares presentes no ambiente natural. A limitação de exemplares de espécies leva, também, a uma redução da variabilidade genética;

■ **Adaptação:** o condicionamento livre de algumas condições naturais, como a predação, pode levar a adaptações prejudiciais tanto para a espécie acondicionada quanto para o ambiente de conservação, como o crescimento desregulado da população. Essas adaptações também prejudicam a reinserção dessas espécies em seus ambientes naturais, uma vez que a sobrevivência dependerá de condições que não estavam presentes em cativeiro;

■ **Variabilidade genética:** as populações *ex situ* geralmente representam apenas uma pequena parcela do conjunto genético de uma espécie. Nas reproduções em cativeiro, a replicação desta parcela genética prejudica a variabilidade de genes, modificando algumas características de adaptação ao meio adquiridas pela espécie ao longo do tempo e de resistência a determinadas doenças;

■ **Concentração:** a concentração de parcelas populacionais da flora e da fauna em lugares reduzidos está mais sujeita ao risco de perda de indivíduos devido a eventos como incêndios e epidemias. Isso se mostra ainda mais grave quando a parcela condicionada



está altamente ameaçada de extinção, com poucos ou nenhum exemplar no ambiente natural de ocorrência.

As estratégias de conservação *in situ* correspondem a todas as ações conservacionistas efetuadas nos ambientes naturais de ocorrência de espécies da flora e da fauna. A CDB, em seu 2º artigo, define os conceitos de “condições *in situ*” e da conservação sob essas condições:

“Condições *in situ*” significam as condições em que recursos genéticos existem em ecossistemas e habitats naturais e, no caso de espécies domesticadas ou cultivadas, nos meios onde tenham desenvolvido suas propriedades características.(...)

“Conservação *in situ*” significa a conservação de ecossistemas e habitats naturais e a manutenção e recuperação de populações viáveis de espécies em seus meios naturais e, no caso de espécies domesticadas ou cultivadas, nos meios onde tenham desenvolvido suas propriedades características. (CBD, s.d)

Para a efetividade da conservação *in situ*, é fundamental a redução dos impactos negativos da ação antrópica sobre o ambiente. Portanto, a estratégia mais adotada para essa condição é a proteção ambiental de espaços territoriais. De fato, conforme acordado no artigo 8 da CDB, para garantir a conservação *in situ* as partes contratantes devem, na medida do possível:

- a) Estabelecer um sistema de áreas protegidas ou áreas onde medidas especiais precisem ser tomadas para conservar a diversidade biológica.
- b) Desenvolver, se necessário, diretrizes para a seleção, estabelecimento e administração de áreas protegidas ou áreas onde medidas especiais precisem ser tomadas para conservar a diversidade biológica; (...)
- d) Promover a proteção de ecossistemas, habitats naturais e a manutenção de populações viáveis de espécies em seu meio natural;
- e) Promover o desenvolvimento sustentável e ambientalmente sadio em áreas adjacentes às áreas protegidas a fim de reforçar a proteção dessas áreas;(…)
- h) Impedir que se introduzam, controlar ou erradicar espécies exóticas que ameacemos ecossistemas, habitats ou espécies (CBD, s.d).

Essa estratégia conservacionista foi incentivada pela elaboração de diversas hipóteses que apontam uma relação positiva entre o tamanho de áreas preservadas e a ocorrência de espécies. Shafer (1991), em sua obra “Nature Reserves”, que apresenta

diretrizes para seleção e dimensionamento destas áreas, destaca três destas hipóteses, seguindo a terminologia estabelecida por Connor e McCoy (1979):

■ “diversidade área-habitat”, formulada por Williams (1943), que propõe uma relação simples entre o tamanho da área e número de espécies. De acordo com este autor, quanto maior for o tamanho da área, provavelmente maior será o tamanho de habitats englobados por ela, aumentando a diversidade de espécies.

■ “*area-per-se*”, formulada por MacArthur e Wilson (1963, 1967) com base na teoria da biogeografia de ilhas, também desenvolvida por eles. De acordo com eles, ao se ampliar a disponibilidade de uma área para determinadas espécies, as populações das mesmas tendem a crescer e as interações entre espécies tendem a diminuir, reduzindo a probabilidade de extinção dentro de cada espécie;

■ “amostragem passiva”, aludida por diversos autores como Preston (1962), Simberloff (1978) e os já citados MacArthur e Wilson (1963, 1967). Baseando-se nela, eles apontam que qualquer área contém apenas uma parcela populacional de uma comunidade mais larga, que está agrupada de acordo com os padrões de distribuição da espécie. Portanto, em áreas de amostragem pequenas espera-se encontrar menos indivíduos que nas áreas de amostragem de maior extensão.

## **1.2. Proteção ambiental de parcelas do território**

### **1.2.1. Aspectos gerais**

A proteção ambiental de determinados espaços territoriais figura como uma das estratégias mais adotadas mundialmente para a proteção *in situ* da biodiversidade e de atributos ecológicos essenciais à manutenção da vida humana. Neste contexto, muitos países adotam, dentro de suas legislações ambientais, diretrizes e critérios para a delimitação de áreas a serem protegidas, bem como formas diferenciadas de ocupação e utilização destas.

Muitas vezes, o processo de delimitação territorial dessas áreas e a escolha dos critérios para ocupação e intervenção antrópica geram conflitos de natureza econômica, social e cultural. Um desses conflitos foi responsável pela delimitação do problema a ser abordado nessa pesquisa: a presença das áreas de preservação permanente (APP) em territórios urbanos

e a potencialidade das mesmas em cumprirem suas funções socioambientais. Nos subitens a seguir serão discutidos os contextos mundial e brasileiro de delimitação de áreas protegidas, sendo ressaltadas as motivações e conflitos envolvidos neste processo.

### **1.2.2. O contexto mundial de proteção: aspectos da evolução histórica e panorama atual**

Ao longo da história, diversas civilizações reconheceram a necessidade de proteger áreas específicas em seus territórios por motivos que variavam desde a preservação de aspectos culturais até a garantia de recursos naturais (MMA, s.d.). Alguns historiadores apontam que, há dois mil anos, no território hoje correspondente à Índia, já existiam estratégias de preservação de áreas visando à obtenção de recursos naturais (HOLDGATE, 1999 apud Eagles et al, 2002). Na Europa, há cerca de 1.000 anos, algumas áreas eram protegidas como reservas de caça, com o objetivo servir às camadas sociais de maior poder econômico (EAGLES et al, 2002). No Brasil, as primeiras iniciativas de preservação dos recursos naturais datam do período colonial (MEDEIROS, 2006). Em uma carta régia de 1797, a Coroa Portuguesa afirmava a necessidade de precaução na extração de madeira nas matas brasileiras, evitando um nível elevado de destruição (CARVALHO, 1967 apud MEDEIROS, 2006)

Os modelos de áreas protegidas mais adotados atualmente na maioria dos países, inclusive do Brasil, tiveram suas bases ideológicas formadas no início do século XIX. Diegues (1998) aponta dois fenômenos responsáveis pelos primeiros traços da atual ideologia de áreas protegidas: o avanço da História Natural, com o respeito que os pensadores naturalistas tinham por áreas ainda não modificadas pela ação humana; e os aspectos socioeconômicos trazidos pela revolução industrial, como o aumento da concentração humana em cidades, o estabelecimento de condições insalubres de trabalho e, com o decorrer do tempo, a perda da qualidade de vida no ambiente urbanizado. Estas condições, junto à visão da literatura romântica do século XIX, que, por vezes, abordava a “natureza selvagem” como um local de descoberta da alma humana, fizeram com que as classes sociais que não estavam envolvidas de modo direto com a produção agrícola idealizassem a vida campestre e a contemplação da natureza intocada (DIEGUES, 1998).

A idéia de intocabilidade, o usufruto pelas populações urbanas e a contemplação de atributos naturais de grande beleza cênica foram aspectos presentes no estabelecimento do primeiro parque nacional de grande relevância mundial: o Parque

Nacional de Yellowstone. O parque foi criado por uma lei do presidente Ulysses S. Grant, em 1872, sendo seu processo de criação fortemente influenciado por pressões de diversas personalidades políticas que, em expedições anteriores a região, alertaram sobre a necessidade de se preservar seus atributos naturais para a apreciação pelas gerações futuras (BRAGA, 2011). Aproveitando-se, ainda, do potencial turístico da região, Braga (2011) também destaca o papel da companhia ferroviária *Northern Pacific Railroad* em apoiar os esforços para a criação do parque.

De fato, o enfoque dado às belezas naturais no processo de delimitação da área foi tão intenso que algumas campanhas publicitárias, criadas posteriormente pela *Northern Pacific Railroad*, comparavam o parque a locais exóticos da literatura, como o *País das Maravilhas* (*Wonderland*) idealizado pelo escritor inglês Lewis Carroll (Figura 02)

**Figura 2:** Adaptação do panfleto da Northern Pacific Railroad promovendo o Parque Nacional de Yellowstone como o “Novo País das Maravilhas”



**Fonte:** Public Broadcasting Service, s.d.

Em 1880, por meio de uma lei do Congresso Nacional norte-americano, foi estabelecido o Parque Nacional de Yosemite. Semelhante a Yellowstone, a região onde o parque foi estabelecido – o Vale Yosemite – também apresentava atributos naturais de grande beleza cênica. Braga (2011) aponta que, embora o Parque Nacional de Yosemite não tenha sido pioneiro como área protegida, os movimentos pela sua criação precederam

historicamente às pressões que levaram a criação do Parque Nacional de Yellowstone, sendo que os conflitos econômicos resultantes da corrida do ouro no Oeste norte-americano foram os principais motivos de atraso na implementação do parque.

Embora essas primeiras áreas protegidas fossem legalmente instituídas, ainda não existia uma legislação específica que abordasse a gestão destas por órgãos administrativos especializados ou, ainda, estabelecesse critérios para a delimitação de futuros parques ou demais figuras de proteção. Em 1906, através da Lei das Antiguidades (*Antiquities Act*), estabeleceu-se a primeira norma geral para a criação de áreas protegidas nos Estados Unidos (BRAGA, 2011). A lei estabelecia ao presidente a competência de transformar em monumentos nacionais as áreas de poder ou domínio público que fossem de interesse científico ou histórico. Estabelecia, também, competência ao Exército e as Secretarias do Interior e da Agricultura de comandar as escavações e demais explorações nessas áreas, com o objetivo de aquisição de artefatos e objetos de valor histórico e científico.

Mesmo com uma primeira diretriz geral para a proteção de áreas, as atividades executadas nestes espaços ainda eram de responsabilidade militar ou de órgãos político-administrativos pré-existentes. Somente em 1916 foi criado um órgão especializado na gestão de áreas protegidas, instituído por meio da Lei Orgânica do Serviço Nacional de Parques (*National Park Service Organic Act*). Essa lei estabeleceu o Serviço Nacional de Parques (*National Park Service*), um órgão vinculado ao Ministério do Interior (*Department of Interior*). As funções incumbidas ao Serviço Nacional de Parques eram a de promover e regular os usos das áreas estabelecidas, por leis federais, como parques, monumentos ou reservas. Também cabia ao Serviço a conservação da paisagem, dos artefatos naturais e históricos, da vida selvagem e a garantia do aproveitamento desses espaços pelas gerações presentes e futuras.

Embora não tivessem sido criadas sob legislações protecionistas mais específicas e numa época em que as questões ambientais não eram amplamente discutidas mundialmente, as primeiras áreas protegidas nos Estados Unidos tornaram-se modelos para o restante do mundo (BRAGA, 2011). Cabe ressaltar que uma das principais críticas a este primeiro modelo protecionista é o caráter excludente em relação às populações consideradas tradicionais. A região onde foi criado o Parque Nacional de Yellowstone, por exemplo, teria sido território de alguns grupos indígenas norte-americanos, como *Crow*, *Blackfeet* e *Shoshone-Bannock* (KEMF, 1993 apud DIEGUES, 1998).

De forma semelhante, o Vale de Yosemite era ocupado por membros da tribo *Ahwahneechee* (BRAGA, 2011). Essas populações, que já tinham grande parte dos seus

territórios conquistados devido a expansão norte-americana para a porção oeste do país, encontravam no estabelecimento desses parques mais uma barreira no acesso a terra. Diegues (1998) enfatiza que a transposição desse modelo preservacionista para países como o Brasil, onde as características ecológicas, sociais e culturais são distintas, trouxe diversos prejuízos para populações indígenas, ribeirinhas, extrativistas e de demais culturas distintas.

A partir de 1890, alguns países europeus começaram a seguir o modelo norte-americano, protegendo áreas também em suas colônias no continente africano e incorporando outros interesses, como a proteção da fauna e da flora. Em 1933 foi realizada, em Londres, a Convenção para Preservação da Flora e da Fauna em seus Estados Naturais (*London Convention on Preservation of Fauna and Flora in Their Natural State*), com participação dos governos da Bélgica, Egito, França, Itália, Portugal, África do Sul, Espanha, Sudão e Reino Unido (HEIJNSBERGEN, 2000) Um dos objetivos desse evento foi a tentativa de unificação dos conceitos que vinham sendo adotados na criação dessas áreas ao redor do mundo, visando elaborar diretrizes para a proteção da vida selvagem (MORSELLO, 2006). Neste encontro, foi estabelecida uma primeira terminologia para os espaços territoriais protegidos, que foram classificados em quatro categorias: Parque Natural, Reserva Natural Estrita, Reserva Natural de Fauna e Flora e Reserva Natural com Proibição de Caça e Colheita (DUDLEY, 2008). Até esta data, no entanto, ainda não exista uma instituição internacional capaz de organizar conceitualmente as estratégias de proteção adotadas em países distintos. Foi somente em 1948, após uma convenção realizada pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) em Fontainebleau, na França, que se estabeleceu a primeira instituição internacional a abordar a proteção ambiental de espaços territoriais: a Organização Internacional para a Proteção da Natureza (IUPN, na sigla em inglês) (HEIJNSBERGEN, 2000).

A partir de 1956, com o avanço da convicção de que a fauna e a flora eram parte dos recursos naturais renováveis da Terra, a IUPN resolveu alterar o nome da instituição para Organização Internacional da Conservação da Natureza (IUCN, na sigla em inglês) (HEIJNSBERGEN, 2000). Composta, atualmente, por mais de mil membros representados por agências governamentais, organizações não-governamentais, representantes de estados e demais afiliados, a IUCN mantém-se como a organização internacional que mais amplamente coordena informações e estratégias sobre os espaços territoriais protegidos no mundo. Dentre suas publicações, destacam-se guias para elaboração de políticas de proteção de áreas. O mais recente destes, publicado em 2011 e intitulado “Guidelines for Protected Areas Legislation”, traz a seguinte definição de área protegida, estabelecida pela IUCN em 2008:

[...] um espaço geográfico, claramente definido e reconhecido, gerido através de dispositivos legais ou outros meios eficazes, destinado à conservação a longo prazo da natureza, seus serviços ecossistêmicos e valores culturais associados (DUDLEY, 2008 apud LAUSCHE, 2011)

Desde 1933, quando surgiram as primeiras iniciativas de classificação internacional para as áreas protegidas, ocorreram alguns avanços nas tentativas de se atualizar a terminologia empregada até então. Em 1942, por exemplo, no evento intitulado Convenção do Hemisfério Ocidental sobre a Proteção da Natureza e Conservação da Vida Silvestre foi sugerido um novo sistema com quatro novas categorias de áreas protegidas: Reserva Natural, Reserva Nacional, Monumento Nacional e Reserva Natural Estrita (HOLDGATE, 1999 apud DUDLEY, 2008).

Em 1978, um grupo de trabalho da IUCN que vinha analisando as propostas de classificação das áreas protegidas estabeleceu um novo conjunto de categorias. Ao todo, foram propostos dez tipos diferentes de áreas protegidas com base nos objetivos envolvidos na criação de cada uma (DUDLEY, 2008). Com esse sistema, a IUCN esperava que, independentemente da classificação dada por cada país aos seus espaços protegidos, estes poderiam ser encaixados na terminologia proposta, facilitando a comunicação internacional.

Em 1994, depois de vários debates sobre a efetividade da terminologia proposta, a IUCN resolve atualizar o sistema de classificação, propondo 06 novas categorias. Essas categorias são atualmente adotadas pela IUCN em sua base de dados sobre áreas protegidas (*World Database on Protected Areas - WPDA*) e, assim como na proposta de 1978, objetivam ser aplicáveis a todas as áreas protegidas em escala global, independente da classificação dada pelas políticas locais. As categorias propostas foram:

- Categoria I: Reserva Natural Estrita (Ia - *Strict Nature Reserve*) e Área Selvagem (Ib - *Wilderness Area*);
- Categoria II: Parque Nacional (*National Park*);
- Categoria III: Monumento Natural (*Natural Monument*)
- Categoria IV: Área de Manejo de Habitat ou Espécies (*Habitat/Species Management Areas*)
- Categoria V: Paisagem ou Área Marinha Protegida (*Protected Landscape/Seascape*)

- Categoria VI: Área Protegida de Manejo de Recursos (Managed Resources Protected Areas)

O Quadro 1 mostra a relação entre as categorias propostas e os objetivos de manejo:

**Quadro 1:** Categorias de áreas protegidas proposta pela IUCN, de acordo com objetivos de manejo

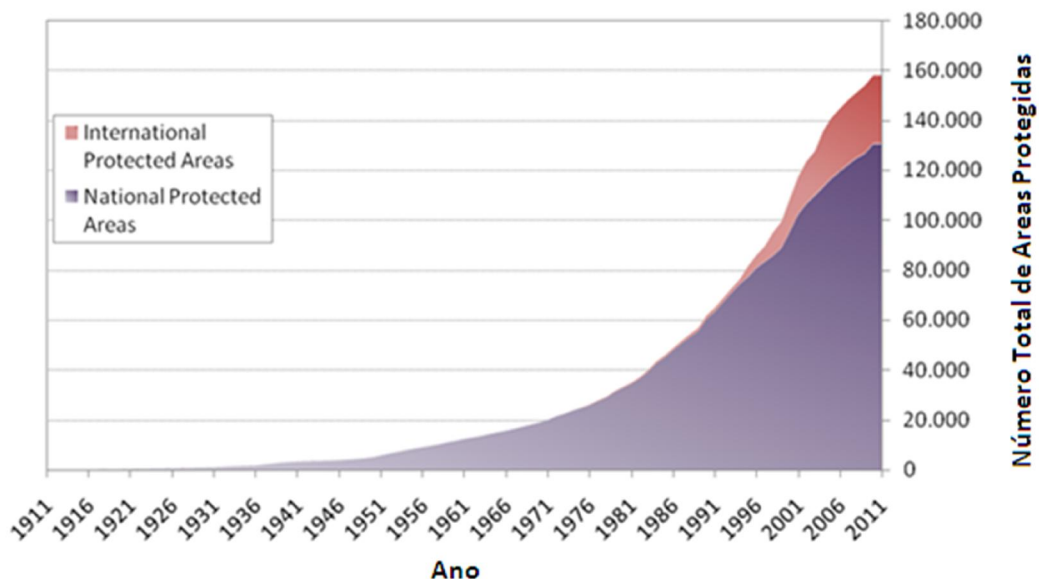
Objetivo de Manejo	Categoria						
	Ia	Ib	II	III	IV	V	VI
Pesquisa científica	1	3	2	2	2	2	3
Proteção de áreas silvestres	2	1	2	3	3	-	2
Preservação da diversidade de espécies e genética	1	2	1	1	1	2	1
Manutenção dos serviços ambientais	2	1	1	-	1	2	1
Proteção de elementos naturais ou culturais específicos	-	-	2	1	3	1	3
Turismo e recreação	-	2	1	1	3	1	3
Educação	-	-	-	2	2	2	3
Uso sustentável dos recursos dos ecossistemas	-	3	3	-	2	2	1
Manutenção de atributos culturais/tradicionais	-	-	-	-	-	1	2
<b>Legenda:</b>							
1: Objetivo principal							
2: Objetivo secundário							
3: Objetivo potencialmente aplicável							
- Não aplicável							

Fonte: IUCN (1994)

Segundo dados da IUCN, atualmente existem quase 160.000 áreas protegidas em todo o mundo. Destas, cerca de 130.700 são estabelecidas por políticas nacionais. Esse número representa um grande aumento em relação ao começo do século XX, onde o processo de criação destas áreas ainda estava iniciando-se (Figura 3):



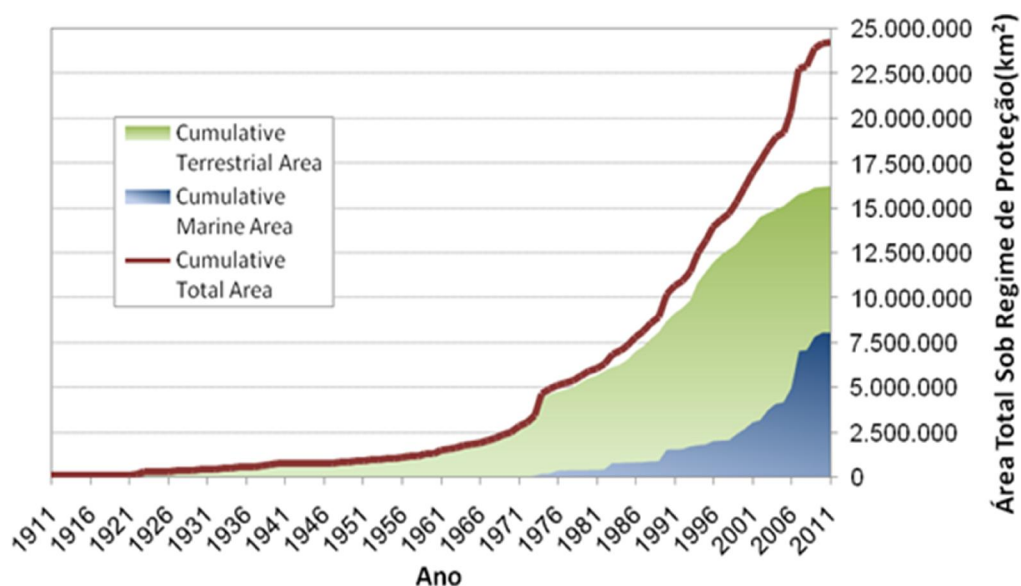
**Figura 3:** Evolução do número total de áreas protegidas no mundo



**Fonte:** Adaptado de IUCN e UNEP-WCMC (2012)

Por meio da figura 4, pode-se também acompanhar a evolução na extensão de área da superfície terrestre que está sob algum regime de proteção, considerando os espaços protegidos reconhecidos pelo IUCN. Embora a proteção de áreas marinhas tenha aumento significativamente nos últimos 30 anos, a maior parte da superfície ambientalmente protegida do planeta está sob território terrestre.

**Figura 4:** Evolução da área total do planeta sob algum regime de proteção



Fonte: Adaptado de IUCN e UNEP-WCMC (2012)

Ao analisar ambos os gráficos, é possível se observar o incremento constante das políticas ambientais de proteção territorial. No entanto, embora a quantidade de áreas sob algum regime de proteção tenha aumentado, é necessária a ressalva de que a proteção efetiva destes espaços depende dos recursos disponíveis para sua manutenção enquanto área protegida, bem como de estratégias adequadas de gestão. A subseção seguinte trará a discussão acerca do contexto brasileiro de delimitação de espaços territoriais protegidos, com enfoque em suas características e estratégias de manutenção legalmente definidas.

### **1.2.3. O contexto brasileiro: aspectos da evolução histórica e características das atuais figuras de proteção**

O primeiro parque nacional brasileiro foi criado em 1937, no Maciço de Itatiaia, localizado no Rio de Janeiro. O Parque Nacional de Itatiaia, estabelecido por Getúlio Vargas através do Decreto N° 1.713, representou a concretização de mobilizações e debates sobre a proteção de áreas iniciados ainda no período colonial (MEDEIROS, 2003). Com a ascensão de Getúlio Vargas à Presidência da República, em 1930, as condições político-ideológicas tornaram possível a implementação de políticas preservacionistas de ampla abrangência. Medeiros (2006) destaca, dentre estas condições, a construção de um projeto político para o país que objetivava a modernização e a inserção internacional. Também as

ideologias protecionistas que ecoavam da iniciativa norte-americana, quando da criação do Parque Nacional de Yellowstone, manifestaram-se mais fortemente no Brasil neste período, contribuindo para a produção legislativa deste tema.

Em 23 de janeiro de 1934, por meio do Decreto Federal Nº 23.793, foi estabelecido o Código Florestal. Baseando-se no princípio de que todos os conjuntos de florestas no território nacional constituem um bem de interesse comum aos habitantes do país, o Código Florestal estabeleceu uma classificação das áreas florestadas e seus correspondentes regimes de exploração. Esta primeira classificação é de grande importância para a concepção do que hoje são consideradas as Áreas de Preservação Permanente (APPs) e as Reservas Legais (RLs).

Também em 1934, conforme reforçado por Medeiros (2006), a Constituição da República dos Estados Unidos do Brasil, que veio substituir a primeira Constituição nacional (Constituição Brasileira de 1891), previu pelo menos um princípio relacionado à proteção de áreas. Promulgado em 16 de julho, quase seis meses após o estabelecimento do Código Florestal, o texto legal direcionou-se à proteção de atributos naturais de beleza cênica e importância histórica, não englobando a importância da conservação de recursos naturais em áreas florestadas. De acordo com o Título I, Capítulo I, artigo 10 desta lei:

Compete concorrentemente à União e aos Estados: [...]

[...] III – proteger as belezas naturais e os monumentos de valor histórico ou artístico, podendo impedir a evasão de obras de arte. (BRASIL, 1934)

Com o estabelecimento do Código Florestal, foram criadas as condições necessárias para a implementação do Parque Nacional de Itatiaia, que foi fruto do processo de emancipação de uma estação de pesquisas sob responsabilidade do Jardim Botânico do Rio de Janeiro (MEDEIROS, 2006). Diversos aspectos envolvidos na criação do parque assemelham-se aos adotados na criação do Parque Nacional de Yellowstone, como o grande nível de restrição à ocupação humana e o aproveitamento do potencial turístico, conforme escrito em seu decreto de criação:

[...] Considerando que, por essas circunstâncias, a região em que está localizada a referida Estação Biológica, deve ser transformada em Parque Nacional, para que possa ficar perpétuamente conservada no seu aspecto primitivo e atender às necessidades de ordem científicas decorrentes das ditas circunstâncias; [...]

[...] Considerando que, além das suas finalidades de caráter científico, é preciso atender também às de ordem turística, que se apresentam em condições de fazer do Parque um centro de atração para viajantes, assim nacionais como estrangeiros. (BRASIL, 1937)

O enfoque turístico também é ressaltado na disposição sobre as terras devolutas situadas no entorno do parque, conforme disposto parágrafo único do Artigo 2º:

Das terras devolutas do Domínio da União, existentes nas proximidades do Parque serão reservadas as que forem necessárias para a localização de hotéis e instalações que facilitam o movimento turístico na região. (BRASIL, 1937)

Esse modelo, que conciliava a visitação humana com as iniciativas de preservação de atributos naturais, incluindo a vida silvestre, também estaria presente no Parque Nacional do Iguaçu, no Paraná, criado em 1939. A inserção da biodiversidade como um atributo importante na proteção de áreas, assim como a manutenção dos serviços ecossistêmicos para a qualidade de vida humana, somente foram incorporados efetivamente na legislação protecionista brasileira com a promulgação do Novo Código Florestal (Lei Federal N. 4771), em 1965.

Para este momento histórico, Medeiros (2006, p.52) traz a seguinte interpretação em relação à prática de criação de áreas ambientalmente protegidas:

Ela teve suas raízes tanto no próprio processo de maturação e consolidação da sensibilidade política do país, ainda que tardia, para a problemática ambiental, como também foi consequência da mudança na percepção da comunidade internacional para os problemas ambientais.

Foram estabelecidas novas figuras de proteção que substituíram as diversas categorias elencadas pelo Código Florestal de 1934. Conforme mencionado anteriormente, entre essas figuras de proteção destacam-se as áreas de preservação permanente (APPs) e as reservas legais (RLs).

Enquanto as APPs podem ser implantadas em porções tanto urbanas quanto rurais do território, as RLs apresentam-se como figuras de proteção presentes exclusivamente em propriedades rurais. A Medida Provisória Nº 2.166-67, de 2001, definiu a reserva legal como:

área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas (BRASIL, 2001)

Atualmente, com o advento da Lei Federal Nº 12.651.2012 A área a ser consolidada como reserva legal deve ser proposta pelo proprietário rural ao órgão ambiental competente que, baseando-se em uma série de critérios e instrumentos, irá aprová-la ou propor uma nova localização. Os instrumentos e critérios considerados são o plano de bacia hidrográfica, o plano diretor municipal, a adequação ao zoneamento ecológico-econômico ou outras categorias de zoneamento ambiental, quando existirem, e a proximidade com outra reserva legal. Esses elementos, também incluídos pela Medida Provisória Nº 2.166-67, de 2001, representam avanços ao considerar uma estratégia mais ampla de conservação da biodiversidade, baseada pela interconectividade de áreas protegidas e reforçada por planos de direcionamento do uso e ocupação do solo - plano diretor municipal - e de gestão de recursos hídricos – plano de bacia hidrográfica

Em 1981, quase 16 anos após a promulgação do Código Florestal, foi instituída, através da Lei Federal n.6.938, a Política Nacional de Meio Ambiente. De acordo com esta, a proteção de ecossistemas e de áreas ameaçadas de degradação é um dos princípios para a preservação da qualidade ambiental no país:

Art 2º - A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios:[...]

IV - proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas:[...]

IX - proteção de áreas ameaçadas de degradação:[...] (BRASIL,1981)

Para o cumprimento destes princípios foi previsto, como ferramenta, a criação de espaços territoriais especialmente protegidos em escalas municipal, estadual e federal. A redação apresenta-se da seguinte maneira:

Art 9º - São instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente: [...]

VI - a criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo Poder Público federal, estadual e municipal, tais como áreas de proteção ambiental, de relevante interesse ecológico e reservas extrativistas; (BRASIL, 1965)

A criação deste instrumento dentro de uma política nacional, embora importante no direcionamento das futuras ações para criação de áreas protegidas, ainda não era suficiente para o amplo estabelecimento desses espaços no Brasil. A Lei Federal N.9.985, de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) viria tentar adequar as ideologias vigentes na criação de espaços protegidos, em âmbito global, com o quadro socioeconômico e ambiental do país.

Em outubro de 1996, o Instituto Socioambiental (ISA), uma organização civil sem fins lucrativos, organizou um seminário interno com especialistas de outras organizações para reunir trabalhos e discutir a atual questão da conservação *in situ* da biodiversidade no Brasil. O encontro também objetivava contribuir para o processo de formulação do PL 2.892/92, um projeto de lei que tramitava na Câmara de Deputados propondo a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). (RAMOS E CAPOBIANCO, 1996). Os resultados dos trabalhos apresentados e das discussões realizadas foram compilados numa publicação chamada “Unidades de Conservação no Brasil: aspectos gerais, experiências inovadoras e a nova legislação (SNUC)”. Este documento, somado a outros que vinham sido publicados desde 1992, ilustra bem a preocupação de ecólogos, geógrafos, antropólogos, engenheiros florestais e outros profissionais que viam, no estabelecimento do SNUC, um avanço nas políticas de proteção de áreas no Brasil.

Em julho de 2000 foi promulgada a Lei Federal N.9985, que estabelecia o SNUC. A mudança na conduta política de delimitação e manejo dos espaços territoriais protegidos era bem evidente. As áreas a serem protegidas e geridas através dessa lei passaram a ser chamadas de Unidades de Conservação (UCs). No conjunto das UCs foram integradas, ainda, algumas áreas protegidas já estabelecidas e que não estavam vinculadas ao Novo Código Florestal. Estas áreas foram sendo criadas por órgãos vinculados a gestão ambiental no país desde a década de 1980 e não apresentavam, até então, diretrizes para uma gestão centralizada. Destacam-se, dentre estas, as Estações Ecológicas (ESEC), as Áreas de Proteção Ambiental (APA), as Reservas Ecológicas (RESEC), as Áreas de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) e as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN), todas

estabelecidas pela Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) que, a partir de 1986, seria transformada no Ministério do Meio Ambiente (MMA) (MEDEIROS, 2006).

O SNUC estabeleceu 12 categorias diferentes de Unidades de Conservação que visavam contemplar diversos objetivos preservacionistas e conservacionistas. Os conceitos de preservação e conservação, aliás, foram definidos nesta nova lei, visando promover mais clareza aos tipos de ações permitidas em cada categoria proposta:

Art. 2º Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:[...]

II - conservação da natureza: o manejo do uso humano da natureza, compreendendo a preservação, a manutenção, a utilização sustentável, a restauração e a recuperação do ambiente natural [...]

V - preservação: conjunto de métodos, procedimentos e políticas que visem a proteção a longo prazo das espécies, habitats e ecossistemas, além da manutenção dos processos ecológicos, prevenindo a simplificação dos sistemas naturais. (BRASIL, 2000)

Além da instituição por ato do Poder Público, as UCs passam a ser delimitadas prevendo um nível inédito de participação popular. A inclusão das populações locais no processo de criação dessas áreas era uma das preocupações mais evidentes nos debates em torno do PL 2.892/92. Conforme disposto no Artigo 22 da Lei Federal 9.985/2000:

§ 2º A criação de uma unidade de conservação deve ser precedida de estudos técnicos e de consulta pública que permitam identificar a localização, a dimensão e os limites mais adequados para a unidade, conforme se dispuser em regulamento.

§ 3º No processo de consulta de que trata o § 2º, o Poder Público é obrigado a fornecer informações adequadas e inteligíveis à população local e a outras partes interessadas (BRASIL, 2000)

As exceções ao processo de consulta pública dão-se no estabelecimento de Estações Ecológicas (ESEC) e Reservas Biológicas (REBIO). A gestão de UCs também pode ser realizada por meio de organizações da sociedade civil de interesse público, conforme disposto no Artigo 30:

As unidades de conservação podem ser geridas por organizações da sociedade civil de interesse público com objetivos afins aos da unidade, mediante instrumento a ser firmado com o órgão responsável por sua gestão. (BRASIL,2000)

Os principais avanços em relação ao manejo das UCs foram a exigência de um zoneamento específico contemplando a existência de zonas de amortecimento e corredores ecológicos (Art. 25) e um Plano de Manejo (Art. 27). As exceções para o previsto no Art. 25 dão-se no estabelecimento de Áreas Ambientalmente Protegidas (APA) e Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN). A ideia de interconectividade entre várias áreas protegidas, visando potencializar a conservação da biodiversidade, é destacada no Artigo 26:

Quando existir um conjunto de unidades de conservação de categorias diferentes ou não, próximas, justapostas ou sobrepostas, e outras áreas protegidas públicas ou privadas, constituindo um mosaico, a gestão do conjunto deverá ser feita de forma integrada e participativa, considerando-se os seus distintos objetivos de conservação, de forma a compatibilizar a presença da biodiversidade, a valorização da sociodiversidade e o desenvolvimento sustentável no contexto regional. (BRASIL, 2000)

As zonas de amortecimento e corredores ecológicos também devem estar inseridos nos Planos de Manejos das UCs. O prazo para realização do Plano é de cinco anos após a criação da UC, sendo que para aquelas em que a ocupação humana é permitida (Reservas Extrativistas, Reservas do Desenvolvimento Sustentável, Áreas de Proteção Ambiental e, em alguns casos, Florestas Nacionais e Áreas de Relevante Interesse Ecológico) deve ser garantida a ampla participação da população residente.

As 12 categorias de UCs existentes no Brasil estão divididas em dois grupos: as Unidades de Conservação de Proteção Integral (UCPI) e as Unidades de Conservação de Uso Sustentável (UCUS). O objetivo básico das UCPI é “preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta Lei” (BRASIL, 1965). As 5 categorias de UCs que compõem esse grupo e suas principais características são descritas abaixo, em tópicos. Durante o processo de descrição das características destas unidades buscou-se manter o conteúdo do texto legal e ordenar as UCs de acordo com as afinidades em seus objetivos. Para cada UC foram descritas, respectivamente, os objetivos de preservação, os aspectos de domínio, as restrições para as visitas públicas e investigações científicas e demais características relevantes.



■ **Estação Ecológica (ESEC):** os principais objetivos são a preservação da natureza e realização de pesquisas científicas. É de domínio público. A visitação pública só é permitida para objetivos educacionais e segundo disposições do Plano de Manejo ou regulamente específico. A pesquisa científica depende de autorização prévia do órgão responsável pelo manejo da unidade e está sujeita a algumas restrições, como a não impactação de áreas superiores a 3% da extensão total do parque ou acima de mil e quinhentos hectares (BRASIL, 2000)

■ **Reserva Biológica (REBIO):** o principal objetivo é a preservação integral da biota, resguardando-a da interferência humana exceto nas medidas de recuperação de ecossistemas alterado. É de domínio público. A visitação pública segue os mesmos critérios da Estação Ecológica. A pesquisa científica depende de autorização prévia do órgão responsável pelo manejo da unidade e não apresenta critérios específicos de restrição. (BRASIL, 2000)

■ **Refúgio da Vida Silvestre (RVS):** tem por objetivo a preservação de ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória. Pode ser constituído por áreas particulares, desde que os objetivos da unidade sejam compatibilizados com a utilização da terra e dos recursos naturais pelo proprietário. No caso de incompatibilização de interesses, a área deve ser desapropriada. A visitação pública está sujeita às condições no Plano de Manejo, às normas estabelecidas pelo órgão responsável por sua administração e outras previstas em regulamento. A pesquisa científica depende de autorização prévia do órgão responsável pela administração da unidade e está sujeita às condições e restrições por este estabelecidas, além de normas previstas em regulamento. (BRASIL, 2000)

■ **Parque Nacional (PARNA), Parque Estadual ou Parque Natural Municipal:** apresenta como principal objetivo a preservação de ecossistemas de grande beleza cênica. É de domínio público. A visitação pública segue os mesmos critérios da Estação Ecológica permitindo, ainda, atividades de recreação relacionadas ao turismo ecológico. A pesquisa científica depende de autorização prévia do órgão responsável pelo manejo da unidade e não apresenta critérios específicos de restrição. A denominação de Parque Estadual ou Parque Natural Municipal se dará quando essas UCs forem estabelecidas, respectivamente, por Estados ou Municípios. (BRASIL, 2000)

■ **Monumento Natural (MN):** objetiva a preservação de sítios naturais raros, singulares, ou de grande beleza cênica. Pode ser constituído por áreas particulares, desde que os objetivos da unidade sejam compatibilizados com a utilização da terra e dos recursos naturais pelo proprietário. No caso de incompatibilização de interesses, a área deve ser desapropriada de acordo com o previsto em lei. A visitação pública está sujeita à condições no Plano de Manejo, às normas estabelecidas pelo órgão responsável por sua administração e outras previstas em regulamento. Não apresenta diretrizes para a pesquisa científica

As UCUS têm como objetivo básico “compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcelas dos seus recursos naturais” (BRASIL, 2000). Dentro deste grupo estão englobadas 7 UCs, descritas a seguir de acordo com o mesmo processo de descrição das UCPI:

■ **Área de Proteção Ambiental (APA):** tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. É constituída por terras públicas e privadas, sendo que podem ser estabelecidas normas e restrições para a utilização de uma propriedade privada nesta área, desde que respeitados os limites constitucionais. Nas áreas de domínio público, as condições para a realização de visita pública e pesquisa científica serão estabelecidas pelo órgão gestor da unidade. Nas áreas sob domínio privado, cabe ao proprietário estabelecer as condições de visitação pública e pesquisa, observando as exigências e restrições legais. Caracterizam-se, ainda, por serem áreas extensas, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2000).

■ **Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE):** objetiva manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível da área de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza. É constituída por terras públicas e privadas, sendo que podem ser estabelecidas normas e restrições para a utilização de uma propriedade privada nesta área, desde que respeitados os limites constitucionais. Caracteriza-se, também, por apresentar geralmente uma extensão que as APAS, com pouca ou nenhuma ocupação humana e com características naturais

extraordinárias ou que abriguem exemplares raros da biota regional (BRASIL, 2000).

■ **Floresta Nacional (FLONA):** tem por objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas. É de posse e domínio públicos, sendo que as áreas particulares incluídas em seus limites devem ser desapropriadas de acordo com o que dispõe a lei. A visitação pública é permitida, condicionada às normas estabelecidas para o manejo da unidade pelo órgão administrativo responsável. A pesquisa científica é permitida e incentivada, sujeitando-se à prévia autorização do órgão administrativo responsável e às condições e restrições estabelecidas por este e dispostas em regulamento. A permanência de populações tradicionais que habitam a área no momento de sua criação é permitida, desde que em conformidade com o disposto em regulamento e no Plano de Manejo da unidade (BRASIL, 2000)

■ **Reserva Extrativista (RESEX):** objetiva proteger as populações tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte. Também objetiva assegurar o uso sustentável dos recursos naturais dentro da Reserva. É de domínio público, com uso concedido às populações extrativistas tradicionais conforme o disposto no art. 23 da Lei Federal 9.985 e em regulamentação específica, sendo que as áreas particulares incluídas em seus limites devem ser desapropriadas, de acordo com o as conformidades legais. A visitação pública é permitida, desde que compatível com os interesses locais e de acordo com o disposto no Plano de Manejo da área. A pesquisa científica é permitida e incentivada, sujeitando-se à prévia autorização do órgão administrativo responsável e às condições e restrições estabelecidas por este e dispostas em regulamento. A caça, amadora ou profissional, é proibida, assim como a exploração de recursos minerais. A exploração comercial de recursos madeireiros só será admitida em bases sustentáveis e em situações especiais e complementares às demais atividades desenvolvidas na Reserva, conforme o disposto em regulamento e no Plano de Manejo (BRASIL, 2000).

■ **Reserva da Fauna (REFAU):** é estabelecida visando estudos técnico-científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos. É de posse e domínio públicos, devendo as áreas particulares incluídas em seus limites serem

desapropriadas de acordo com as conformidades legais. A visitação pública pode ser permitida, desde que compatível com o manejo da unidade e de acordo com as normas estabelecidas pelo órgão administrativo responsável. Mesmo ressaltando que a comercialização de produtos e subprodutos resultantes das atividades de pesquisa seja pautada por leis que abordam a proteção de fauna, a lei não traz maiores especificações sobre a pesquisa científica nessa área. Também não são indicados critérios ou diretrizes para a realização da mesma. Semelhante à Reserva Extrativista, as atividades de caça amadora e profissional são proibidas (BRASIL, 2000).

■ **Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS):** tem como objetivo básico preservar a natureza e, ao mesmo tempo, assegurar as condições e os meios necessários para a reprodução e a melhoria dos modos e da qualidade de vida e exploração dos recursos naturais das populações tradicionais, valorizando, conservando e aperfeiçoando o conhecimento e as técnicas de manejo do ambiente desenvolvido por estas populações. A visitação pública é permitida e incentivada, desde que compatível com os interesses locais e de acordo com o disposto no Plano de Manejo da área. A pesquisa científica também é permitida e incentivada, desde que voltada à conservação da natureza, à melhor relação das populações residentes com seu meio e à educação ambiental, sujeitando-se à prévia autorização do órgão administrativo responsável e às condições e restrições estabelecidas por este e dispostas em regulamento. Também é admitida a exploração de componentes dos ecossistemas naturais em regime de manejo sustentável e a substituição da cobertura vegetal por espécies cultiváveis, desde que sujeitas ao zoneamento, às limitações legais e ao Plano de Manejo da área. Outra característica de destaque da Reserva é a exigência do Plano de Manejo em definir zonas de proteção integral, de uso sustentável, de amortecimento e corredores ecológicos (BRASIL, 2000).

■ **Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN):** o objetivo básico desta Reserva é conservar a diversidade biológica. Diferentemente da grande maioria das outras UCs, é de domínio privado, mas gravada com perpetuidade, sendo o gravame assinado perante o órgão ambiental, que verificará a existência de interesse público e averbará a Reserva à margem da inscrição no Registro Público de Imóveis. A criação da Reserva, portanto, parte do interesse de um proprietário privado. É permitida, apenas, a visitação com objetivos turísticos, recreativos e educacionais e a pesquisa científica (BRASIL, 2000).

Ao se analisar as estratégias de manutenção das áreas protegidas pelo SNUC nota-se, de fato, a preocupação em se estabelecer diferentes níveis de contato social nestes espaços e a tentativa em se estabelecer um mosaico de áreas protegidas que pode, eventualmente, ser interligado por meio de corredores ecológicos. Dentre os espaços que podem atuar como corredores estão as áreas de preservação permanente (APPs) que, por vezes, se estendem de maneira linear nas zonas limdeiras aos corpos hídricos de água corrente e que serão o tópico central da discussão na seção.

### 1.3. Áreas de Preservação Permanente (APPs)

Na definição de APP fornecida pelo Artigo 3º, inciso II do Código Florestal (Lei N.12.651/2012) podem ser identificadas algumas funções ambientais e sociais assumidas pelas APPs. O grupo de funções ambientais tem como objetivos a preservação e proteção de uma série de elementos físicos e biológicos, Já o grupo de funções sociais, por sua vez, tem como objetivo único assegurar o bem-estar das populações humanas. O Quadro 2 apresenta estas funções organizadas conforme o objetivo pretendido.

**Quadro 2:** Funções socioambientais das APPs

<b>Grupo de funções</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Elemento</b>
Ambiental	Preservação	Recursos hídricos
		Paisagem
		Estabilidade Geológica
		Biodiversidade
	Facilitamento	Fluxo gênico da flora e da fauna
	Proteção	Solo
Social	Asseguramento	Bem-estar das populações humanas

Fonte: Autor

A primeira versão do Código Florestal foi promulgada em 23 de janeiro de 1934 (Decreto Federal N.23.793) estabelecendo-se, no país, um conjunto unificado de diretrizes para o manejo de áreas florestadas. De acordo com o artigo 3º deste decreto, as florestas em todo o território nacional seriam classificadas em quatro categorias: protetoras, remanescentes, modelo e de rendimento. Cada categoria atendia a diferentes objetivos de manejo, com aspectos distintos de propriedade (Quadro 3).

**Quadro 3:** Categorias de Florestas no Código Florestal de 1934

Classificação das Florestas	
1. Floresta protetora	<p>Serviam para controlar o regime de águas; evitar erosões; fixar dunas; defender fronteiras; assegurar salubridade pública; proteger as belezas naturais e abrigar espécies raras da fauna indígena (que possui, neste contexto legal, o mesmo significado de "nativa")</p> <p>Eram perenes e inalienáveis, salvo se o adquirente, herdeiros e sucessores se obrigassem às restrições legais impostas a este padrão de floresta</p> <p>Isentas de qualquer tributação, mesmo sobre a terra que ocupavam</p>
2. Floresta remanescente	<p>Serviam para formar os parques públicos; cultivar espécies "preciosas" de interesse biológico ou estético; construir parques e bosques de lazer público</p> <p>Eram perenes e inalienáveis, salvo se o adquirente, herdeiros e sucessores se obrigassem às restrições legais impostas a este padrão de floresta</p>
3. Floresta modelo	<p>Florestas artificiais formadas por espécies indígenas (também significando "nativas") ou exóticas cuja disseminação fosse conveniente para a região</p>
4. Floresta de rendimento	<p>Aquelas que não se enquadravam em nenhuma das categorias anteriores</p>

**Fonte:** Adaptado de SILVA (2011)

A classificação destas áreas ficou a cargo do Ministério da Agricultura, que também foi incumbido de realizar o reconhecimento de toda a área florestada do país. Silva (2011), ao analisar as funções socioambientais de cada categoria de florestas, aponta que as florestas protetoras são as que mais se aproximam conceitualmente das atuais APPs. Dentre as características em comum, destacam-se as funções de proteção de aspectos físicos (solo e regime hídrico), biológicos (fauna nativa) e da paisagem (belezas naturais). O Código

Florestal também previa regimes diferenciados de exploração para cada categoria de florestas. Para as florestas protetoras, conforme apontado por Silva (2011), a exploração dependia de autorização do Ministério da Agricultura e só era concedida em casos de grande vantagem econômica para o erário público.

Em 15 de setembro de 1965, através da Lei Federal N.4771, era instituído o Novo Código Florestal. As categorias de florestas determinadas pelo Decreto de 1934 foram suprimidas e, em seus lugares, foram criadas duas figuras de proteção: a área de preservação permanente (APP) e a reserva legal (RL). As APPs, conforme mencionado anteriormente, possuem uma série de funções ambientais e uma função social e localizam-se em espaços específicos, sendo que o de maior interesse para esta pesquisa são as margens de corpos hídricos em fundos de vales urbanos. As localizações e dimensões atuais para estes espaços foram definidas pela Lei Federal N. 7.803, de 18 de Julho de 1989, que alterou a redação de uma série de artigos do Novo Código Florestal.

Antes das alterações de 1989, o texto legal não abordava as especificidades das APPs em áreas urbanas, subentendendo-se que estas deveriam seguir as mesmas regras que o meio rural. Dentre as diversas polêmicas resultantes da falta de critérios específicos, estava a impossibilidade de se delimitar as faixas de APP em locais onde existiam estruturas urbanas consolidadas, como vias automotivas e galerias de drenagem de águas pluviais. Além disso, a presença de vegetação nativa era um aspecto obrigatório na caracterização da APP, o que tornava ainda mais difícil a consolidação destas no ambiente urbano.

A Lei Federal N. 7.803/1989, além de estabelecer novos limites para as faixas de APPs, também incluiu um parágrafo específico sobre a delimitação destas em ambiente urbano. De acordo com o Artigo 1º, Inciso I desta Lei:

Parágrafo único. No caso de áreas urbanas, assim entendidas as compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, em todo o território abrangido, observar-se-á o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo. (BRASIL, 1989)

O principal objetivo deste parágrafo era a inclusão das governanças municipais na delimitação das faixas de APP, contemplado as especificidades urbanas locais. No entanto, os valores dessas faixas não deveriam ser menores do que aquelas propostas pelo Novo Código Florestal. A respeito das interpretações errôneas desta condição, mais especificamente para as APPs em fundos de vale, Lucas (2009, p.39) aponta que:

alguns municípios passaram a incluir em seus Planos Diretores e leis locais faixas reduzidas para as áreas de preservação ao longo dos cursos d'água. Esse fato gerou a aprovação de vários loteamentos com lotes, quadras e sistema viário localizados a distância inferior aos 30 metros exigidos explicitamente desde 1989.

Outro fato que contribuiu para este conflito foi a delimitação , em 1979, de uma faixa não-edificável de 15 metros ao longo das águas correntes para novos loteamentos urbanos. Esta faixa foi imposta pela Lei Federal N. 6.766, que dispunha sobre o parcelamento do solo urbano. Mesmo com a indicação de que deveriam ser respeitadas maiores exigências de legislação específica, alguns juristas apontados por Lucas (2009) entendem que, devido ao fato das legislações abordarem assuntos específicos distintos (o parcelamento do solo urbano e a proteção florestal), a faixa mínima de APP para as margens de cursos de água (de 30 metros) não deveria existir nas áreas apontadas pela Lei Federal N.6766/1979 (onde se aplicariam faixas não-edificáveis de 15 m). Em 2001, a Medida Provisória N. 2.166-67 instituiu uma nova série de alterações significativas no Novo Código Florestal. Dentre elas, estava a possibilidade de ausência de vegetação nativa na definição da APP. De acordo com Lucas (2009, p.40):

A partir dessa definição, a utilização do argumento de que grande parte das faixas marginais a cursos d'água localizadas em área urbana consolidada não poderia ser definida como Área de Preservação Permanente, já que não haveria vegetação a preservar – ou seja, a APP estaria descaracterizada – deixou de encontrar amparo legal.

Outra alteração trazida pela MP 2.166-67 foi a possibilidade de intervenção nas APPs por motivos de utilidade pública e interesse social, definidos pelo Artigo 1º desta Lei como:

IV - utilidade pública:

a) as atividades de segurança nacional e proteção sanitária;

b) as obras essenciais de infra-estrutura destinadas aos serviços públicos de transporte, saneamento e energia; e

c) demais obras, planos, atividades ou projetos previstos em resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA;



V - interesse social:

a) as atividades imprescindíveis à proteção da integridade da vegetação nativa, tais como: prevenção, combate e controle do fogo, controle da erosão, erradicação de invasoras e proteção de plantios com espécies nativas, conforme resolução do CONAMA;

b) as atividades de manejo agroflorestal sustentável praticadas na pequena propriedade ou posse rural familiar, que não descaracterizem a cobertura vegetal e não prejudiquem a função ambiental da área; e

c) demais obras, planos, atividades ou projetos definidos em resolução do CONAMA. (BRASIL, 2001)

Para as intervenções caracterizadas por esta nova condição foi estabelecida a necessidade de abrir um processo administrativo próprio frente ao órgão ambiental estadual competente. Este, baseando-se nas justificativas dadas pelo elaborador da proposta, pelas definições de utilidade pública e interesse social definidas pela Lei e pelas possíveis alternativas técnicas e locacionais ao empreendimento, decidirá pela aprovação da proposta de intervenção. Em alguns casos, no entanto, a avaliação da proposta é feita também por órgãos ambientais federais e municipais. É o caso das propostas de supressão de APPs no meio urbano. De acordo com o Art 1º da MP 2.166-67/2001:

A supressão de vegetação em área de preservação permanente situada em área urbana dependerá de autorização do órgão ambiental competente, desde que o município possua conselho de meio ambiente com caráter deliberativo e plano diretor, mediante anuência prévia do órgão ambiental estadual competente fundamentada em parecer técnico. (BRASIL, 2001)

Em 2006, o CONAMA, por meio da resolução N° 369, apresentou os casos de utilidade pública, interesse social e baixo impacto ambiental que possibilitariam as intervenções em APP. No ambiente urbano, esta resolução dispôs, ainda, sobre a possibilidade da implementação de Área Verde de Domínio Público (AVDP) nas APPs ripárias. Para que este espaço fosse implementado, o órgão ambiental competente deveria avaliar o projeto técnico relativo às intervenções propostas. Estas intervenções deveriam prever, em alguns casos, a recuperação de áreas degradadas inseridas na APP e, em todos os casos, alterações ambientais de baixo impacto, como a mínima impermeabilização do solo.

Entre outras modificações que deveriam ser contempladas estavam o adequado escoamento das águas pluviais e a proteção das margens. Equipamentos de lazer e recreação também poderiam ser implementados, assim como o uso para trilhas ecoturísticas e cicloviárias. A única restrição à ocupação imposta foi em relação às áreas com vegetação nativa primária ou secundária em estágio médio ou avançado de regeneração.

Embora a criação da figura da AVDP buscasse conciliar o uso humano de baixo impacto com o cumprimento das funções ambientais das APPs, não foram consideradas, na Resolução, diretrizes mais específicas em relação às condições limitantes para a ocupação. Essas condições poderiam ter sido embasadas em análises mais detalhadas sobre a funcionalidade efetiva das APPs, fornecendo um conjunto de parâmetros para direcionar a escolha de áreas mais adequadas à instalação destas áreas.

Em maio de 2012, foi promulgada uma nova versão do Código Florestal, cuja definição de APP é apresentada no início do texto introdutório desta dissertação. Devido à este novo legal, a resolução CONAMA N° 369/2006 foi revogada tacitamente, assim como outras resoluções relativas às APPs e demais figuras do Código Florestal.

#### **1.4. Métodos de análise aplicáveis a fundos de vale**

O processo de estruturação do método expedito apresentado nesta pesquisa contemplou a identificação e a análise de metodologias que avaliassem elementos e condições referentes aos fundos de vale através de procedimentos de rápida mensuração. Das metodologias identificadas, três foram selecionadas para a análise: *Index of Riparian Quality*, *Urban River Survey* e *Método Amorim & Cordeiro*. Destas, o *Index of Riparian Quality* apresentou aspectos que mais se aproximam dos desejáveis para a estruturação do método expedito e sua descrição, a seguir, será realizada com maior nível de detalhamento em relação às outras metodologias.

##### ■ ***Index of Riparian Quality ou Índex de Qualitat del Bosc de Ribera***

Este índice de análise da qualidade ripária foi proposto por pesquisadores da Faculdade de Biologia da Universidade de Barcelona (MUNNÉ, A.; PRAT, N.; SOLÀ, C.; BONADA, N. e RIERADEVALL, M.) e apresentado, em 2003, na forma de um artigo no periódico *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*.

O processo de construção do índice iniciou-se com a constatação de que as metodologias de análise específicas para os habitats ripários eram escassas em comparação aos métodos e procedimentos de análise existentes para os habitats fluviais ao qual estavam vinculados, o que dificultava a obtenção de informações por pesquisadores e gestores ambientais sobre a qualidade do ambiente ripário.

A partir desta percepção, os pesquisadores propuseram um índice de análise da qualidade ambiental das zonas ripárias que tinha, como principal característica, uma aplicação rápida através de procedimentos simples de coleta de dados.

O índice é composto por quatro variáveis, que estão relacionadas à cobertura vegetal da zona ripária e às modificações antrópicas no canal fluvial. Estas variáveis são o “total de cobertura vegetal na zona ripária” (*total riparian cover*), “estrutura da cobertura vegetal” (*cover structure*), “qualidade da cobertura vegetal” (*cover quality*) e “alterações no canal” (*channel alteration*).

Para o procedimento de análise, os comprimentos máximos admitidos para cada trecho são de 50 metros, para o curso superior do corpo hídrico, e de 100 metros, para os cursos médio e inferior. A largura do trecho de análise corresponde à área ocupada pela zona ripária. Para tanto, a mesma deve ser delimitada, em campo, através da observação de elementos que indiquem os limites de sua ocorrência, como a presença de vegetação característica. Ao ser operacionalizado dentro deste trecho de análise, o método define uma divisão clara entre a zona ripária e o canal fluvial. Como último requerimento para delimitação do trecho de análise, ambas as margens devem consideradas em conjunto.

A avaliação proposta pelo método consiste em um ranking formado a partir da soma de quatro sistemas de pontuação individuais, compostos a partir das quatro variáveis. As pontuações nestes sistemas individuais variam entre 0 e 25 pontos, ao passo que a pontuação final varia entre 0 e 100 pontos. Para cada variável, o atributo relativo à pontuação [0] indica uma condição crítica para a qualidade da zona ripária, enquanto o atributo referente à pontuação [25] indica uma condição ótima. Por exemplo, para a variável “total de cobertura vegetal”, a condição crítica ocorre quando esta cobertura abrange menos de 10% da área do trecho de análise, ao passo que a condição ótima ocorre quando a cobertura supera 80% desta área.

Entre estas condições críticas, são estabelecidos dois atributos intermediários, correspondentes às pontuações [5] e [10]. No exemplo da variável “total de cobertura vegetal”, o atributo referente à pontuação [5] indica um índice de cobertura vegetal entre 10%

e 50% da área do trecho, enquanto o atributo relativo à pontuação [10] ilustra uma situação em que esta cobertura abrange entre 50% e 80% da área considerada.

Além dos atributos que compõem o sistema de pontuação, para cada variável ainda podem ser consideradas condições extras que contribuem negativamente ou positivamente para a qualidade da área ripária. Estas condições podem somar ou subtrair pontos do ranking estabelecido para cada seção.

Pautando-se pelo exemplo da variável “total de cobertura vegetal”, a condição extra sugerida pelo método é a conectividade entre a cobertura vegetal da zona ripária e a cobertura vegetal adjacente. Se esta conectividade existir em toda a área analisada, então são acrescidos 10 pontos à nota atribuída pelo ranking. Caso a conectividade corresponda a mais de 50% da área do trecho, mas não ocorra em toda sua extensão, são acrescidos apenas 05 pontos. Porém, se a conectividade for representativa em um espaço compreendido entre 25% e 50% do trecho, são retirados 05 pontos do ranking estabelecido e, ainda, se ela for inferior a 25% da área total, o decréscimo é de 10 pontos. Cabe ressaltar que as notas máximas e mínimas para cada sistema de pontuação devem ser [25] e [0], mesmo que a soma ou a subtração com base nas condições extras extrapolem estes valores.

A avaliação das variáveis é feita através da visualização das condições em campo. Uma vez que o método considera aspectos qualitativos da cobertura vegetal, os autores recomendam que a aplicação seja feita por alguém que possua conhecimento básico sobre as espécies nativas da área de análise. Em campo, o aplicador utiliza duas fichas: uma delas descreve as condições que devem ser visualizadas para se atribuir a pontuação e oferece espaço para que esta seja anotada e a outra descreve, com mais detalhes, as condições geomorfológicas que devem ser consideradas para a avaliação da variável “qualidade da cobertura vegetal”. Estas condições são ressaltadas devido à relação entre elas e as taxas de ocorrência de espécie nativas.

Após o estabelecimento da nota final para cada variável, considerando os limites das pontuações dos sistemas individuais e os possíveis acréscimos e decréscimos decorrentes das condições extras, a pontuação final é estabelecida. Esta pontuação, conforme descrito anteriormente, pode variar entre [0] e [100] pontos.

Para a pontuação maior que [95], considera-se que os habitats ripários apresentam-se em seus estados naturais, com ótima qualidade ambiental. Se a área analisada se situar entre [75] e [90] pontos, os habitats são classificados como alvos de pequenos distúrbios, mas ainda com boa qualidade ambiental.

A faixa de pontuação entre [55] e [70] indica habitats que foram alvos de distúrbio considerável e, por conta disso, apresentam qualidade ambiental média. No caso da área ser analisada com um valor entre [30] e [50] pontos, a metodologia atribui a ocorrência de fortes distúrbios nos habitats ripários, indicando uma qualidade baixa. E, finalmente, para as áreas que não somarem [25] pontos, são apontadas condições extremas de modificação e uma péssima qualidade ambiental.

Embora esta metodologia não seja voltada para zonas ripárias em ambiente urbanizado, sua proposta em analisar os níveis de degradação destas áreas por meio de variáveis de rápida mensuração em campo foi ao encontro do caráter expedito que se desejava atribuir ao método. Outro aspecto identificado no índice que se demonstrou positivo para a estruturação do método expedito foi a possibilidade de indicação de fatores favoráveis e desfavoráveis à ocorrência da condição que se deseja analisar. Estes fatores, no entanto, devem estar vinculados, no caso do método expedito, a elementos do ambiente urbano que influenciam o cumprimento das funções socioambientais das APPs em fundos de vale.

#### ■ *Urban River Survey*

O *Urban River Survey* é um método voltado para análise da qualidade dos aspectos físicos dos habitats aquáticos em trechos urbanizados de corpos hídricos lóticos. Sua elaboração surgiu como parte da tese de doutorado de Angela Boitsidis, na Universidade de Birmingham, em 2001, e, em 2011, foi revisado e apresentado em sua versão atual por Angela Gurnell e Lucy Shuker (GURNELL e SHUKER, 2011). O método é uma adaptação, para o meio urbano, do *River Habitat Survey (RHS)*, que foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores vinculado ao *National Rivers Authority in England and Wales* e também possui, como objetivo, a análise da qualidade dos habitats em ambiente lótico. (RIVER HABITAT SURVEY, s.d.)

A análise proposta pelo *Urban River Survey* contempla os diversos tipos de intervenções antrópicas que podem ocorrer no canal fluvial, como canalizações laterais e do substrato, retificações e tamponamentos. O método é aplicado em trechos de, no máximo, 500 metros de comprimento, sendo que deve haver, dentro deste espaço, ao menos uma modificação antrópica que corresponda a mais da metade do trecho. A aplicação é realizada em campo por um conjunto de 04 fichas onde devem ser transcritas as principais características geomorfológicas e vegetais do canal fluvial. Dentre estas características estão incluídas, além do tipo de modificação antrópica do canal, os aspectos observáveis sobre o

material de composição das margens e do leito e dos padrões de correnteza, considerando a sinuosidade e a rugosidade do substrato. A vegetação observada é restrita ao espaço do canal fluvial.

A transcrição destas características para as fichas é orientada através de uma lista com as principais condições que podem ser encontradas no trecho de análise. O aplicador deve, portanto, escolher qual delas mais se aproxima dos aspectos locais e demarcá-la.

Junto ao preenchimento das fichas, registra-se as coordenadas da área através de um navegador *GPS*. Após o seu preenchimento é feita a avaliação, por meio de uma chave de classificação que considera os aspectos levantados em campo. O trecho de corpo hídrico analisado é classificado em três áreas: material de composição das margens e dos substratos, aspectos físicos dos habitats e composição da vegetação. Finalmente, com os dados coletados pelo navegador *GPS*, esta avaliação é espacializada e incluída para consulta em um mapa virtual, que pode ser acessado no site desenvolvido para divulgar e orientar a aplicação do método (<http://urbanriversurvey.org/urs>).

O método contribuiu positivamente para os aspectos operacionais da pesquisa ao indicar que as condições que exercem influência sobre o objeto da análise podem ser indicadas por meio de uma lista de características observáveis pelo aplicador e não precisam, necessariamente, compor um sistema de pontuação. Conceitualmente, a contribuição foi em relação à reiteração de que as modificações antrópicas no canal fluvial exercem grande influência sobre as funções ambientais de preservação dos recursos hídricos e preservação da biodiversidade que devem ser exercidas pelas APPs em fundos de vale.

### ■ **Método *Amorim & Cordeiro***

O método *Amorim & Cordeiro* foi desenvolvido por Lia Martuchi Amorim e José Sérgio Cordeiro, no âmbito de pesquisa no Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana (PPGEU) da UFSCar, em 2004. A metodologia teve por base a classificação, em três tipologias, dos principais aspectos relativos à urbanização em fundos de vale, como a presença de vias marginais, intervenções no canal fluvial e nível de impermeabilização do solo. As tipologias variavam de uma condição menos urbanizada e, portanto, com maior nível de preservação das características naturais do fundo de vale, até uma condição com alto nível de urbanização e de modificação da paisagem.

Com base nas tipologias, foram discutidas condições que contribuiriam para a melhoria da qualidade ambiental do fundo de vale urbano. A partir destas condições, foram

elencados quinze parâmetros de avaliação: tipo de ocupação do fundo de vale, permeabilidade do solo, presença de mata ciliar nativa, presença de áreas reflorestadas, interconectividade, qualidade da água no curso, enchentes e inundações, assoreamento do curso d'água, erosão das margens do curso d'água, alterações na topografia, modificação do curso d'água, respeito à legislação incidente, permeabilidade da bacia hidrográfica, grau de valorização pela população e qualidade estética e paisagística.

Logo, o método é composto pela avaliação destes parâmetros em um sistema de pontuação. Para cada parâmetro, é indicada uma série de atributos que correspondem, de acordo com sua influência na qualidade ambiental a uma nota que varia de [1] a [5]. A pontuação final é a soma das notas de todos os parâmetros e varia entre o mínimo de [16] e o máximo de [75] pontos.

A aplicação deve ser feita em um trecho de análise com largura de 50 metros, contados a partir da borda do canal fluvial, e extensão definida a critério do aplicador. A pontuação de cada parâmetro é feita por meio da observação em campo e de entrevistas com a população próxima ao trecho. O registro fotográfico é fortemente recomendado durante a aplicação do método.

Após a etapa de campo, são somados os pontos obtidos para cada parâmetro e calculada a pontuação final. O método não atribui condições pré-definidas a faixas de valores desta pontuação, sendo que a análise dos resultados deve considerar, como indicativo da qualidade ambiental, a proximidade do valor obtido em relação as pontuações mínimas e máximas. Assim, quanto mais perto de [75] pontos, mais alta é a qualidade ambiental do trecho de fundo de vale analisado

Conceitualmente, o método Amorim & Cordeiro contribuiu para a pesquisa ao indicar variáveis relativas à qualidade ambiental de fundos de vales considerando a ocorrência de diversas condições de urbanização. Em relação aos aspectos operacionais, como já havia sido evidenciado nos métodos anteriores, este método demonstrou que a avaliação de fundos de vales através de uma *check-list* preenchida em campo constitui-se em um procedimento de rápida mensuração que contribui para o caráter expedito almejado.

## Capítulo 2

### **Método expedito para análise das potencialidades socioambientais das APPs em fundos de vales urbanos**

A apresentação do método expedito é feita, neste capítulo, através de 03 seções. Na *seção 2.1* são apresentados os aspectos iniciais do processo de estruturação e descritas as primeiras variáveis e critérios selecionados. Na *seção 2.2* é apresentado o processo a partir da verificação da pertinência destas primeiras variáveis e critérios e, finalmente, na *seção 2.3* são apresentados os aspectos operacionais do método, com as diretrizes que orientam a sua aplicação.

#### **2.1. Histórico de estruturação**

A necessidade de elaborar um método de análise das potencialidades socioambientais das APPs em fundos de vales urbanos surgiu, no contexto da pesquisa, a partir do questionamento sobre a maneira na qual as variáveis e critérios intervenientes nestas mesmas funções poderiam ser aplicados na gestão ambiental do espaço urbano. No início do processo de levantamento das variáveis estava em vigência o Código Florestal instituído pela Lei Federal Nº 4.771/1965. Portanto, as funções ambientais consideradas neste processo foram aquelas atribuídas às APPs por meio da medida provisória 2.166-67/2001, descritas no Capítulo 01.

Para o estudo das variáveis nesta etapa, as funções ambientais foram avaliadas sob a ótica de dois ecossistemas comumente abrangidos por esta categoria de APP. Os ecossistemas aquático, relativo aos corpos hídricos de regime lótico, e ripário, que se apresenta como um ecótono entre aquele e o ecossistema terrestre. Logo, neste processo, optou-se por não se considerar variáveis relativas ao cumprimento da função ambiental de proteção da estabilidade geológica, pelo entendimento de que esta função está mais fortemente relacionada às APPs de topo de morro e de declividade elevada e depende da análise de outros fatores não mensuráveis em uma avaliação expedita nos fundos de vale.

Ainda, dentro das funções ambientais de preservação da biodiversidade e dos fluxos gênicos de fauna e flora, foram consideradas as variáveis relativas apenas à flora,



correspondente às parcelas ripárias e terrestre englobadas pela APP, e à fauna aquática, correspondente à parcela englobada pelo corpo hídrico de regime lótico.

Além da avaliação das funções sob a ótica destes ecossistemas, o processo de seleção das variáveis considerou outros três elementos norteadores: (1) as principais intervenções antrópicas relacionadas aos ecossistemas ripário e aquático, (2) a possibilidade destes espaços serem conciliados ao uso humano de impacto reduzido e (3) a possibilidade das variáveis serem mensuradas por meio da observação de imagens aéreas, *in loco* ou ambas.

O 1º elemento foi considerado tendo em vista o fato das modificações antrópicas que estruturam e caracterizam o ambiente urbanizado atuarem como impeditivas ao pleno cumprimento das funções ambientais das APPs em fundos de vales. Já o 2º elemento dizia respeito ao potencial destas áreas em cumprir a função social de garantia do bem-estar das populações humanas e relacionava-se com a possibilidade das APPs marginais a corpos hídricos urbanos serem transformadas em áreas verdes de domínio público, conforme disposto na resolução CONAMA Nº 369/2006. O 3º elemento foi adotado como forma viabilizar o caráter expedito do método e oferecer estratégias que simplificassem sua aplicação.

Assim, dentro da fase exploratória da pesquisa, delimitou-se o primeiro conjunto de variáveis, critérios e procedimentos para coleta dos dados. Como previsto no objetivo subsequente na mesma fase, a pertinência das variáveis, critérios e procedimentos de coleta levantados seria testada através da simulação do processo de coleta de dados. Para estruturar as simulações, variáveis e respectivos critérios foram divididos em dois grupos, de acordo com o ecossistema ao qual estavam relacionadas.

As variáveis relativas ao ecossistema ripário e pertencentes ao grupo denominado como “zona ripária” foram: (1) impermeabilização do solo, (2) processos erosivos, (3) cobertura vegetal, (4) espécies vegetais invasoras, (5) espécies vegetais exóticas e (6) possibilidade de conectividade com outras áreas verdes públicas. As justificativas de escolha destas variáveis, os valores atribuídos a elas, os critérios de análise e os procedimentos de coleta são detalhados a seguir.

### ■ Impermeabilização do solo

A impermeabilização do solo relaciona-se de modo negativo com a função de preservação dos recursos hídricos das APPs ao limitar a infiltração de água e, conseqüentemente, reduzir os níveis de recarga subterrânea, em aquíferos, e subsuperficial, em corpos hídricos. Com a redução da parcela de solo permeável, a presença de espécies

vegetais também é dificultada, o que ocasiona a redução das taxas de evapotranspiração e traz outros prejuízos à função de preservação dos recursos hídricos. A redução de espaços permeáveis também é negativa à proteção da biodiversidade florística e do fluxo gênico da flora na medida em que diminui o espaço passível de ser colonizado pelas espécies vegetais.

Finalmente, ao se considerar que o processo de impermeabilização é uma modificação antrópica sobre o ambiente, é possível afirmar que o mesmo é prejudicial à função ambiental de preservação da paisagem.

Como critério de análise considerou-se a relação entre a área total do trecho analisado e a área que se encontraria impermeabilizada. Desta forma, se até 1/3 da área total do trecho se apresentasse impermeabilizada, a variável receberia o atributo “baixo. Caso a impermeabilização se estabelecesse entre 1/3 e 2/3 da área total do trecho, o atributo seria “médio” e, no caso da área impermeável superar 2/3 da área total do trecho, o atributo seria “alto”. O procedimento de coleta de dados estabelecido para esta variável foi a análise de imagens de satélite ou fotografias aéreas recentes do local.

#### ■ **Processos erosivos**

Decorrentes, em grande parte, do manejo inadequado do solo ou da presença de precipitação associado à falta de cobertura vegetal, o impacto negativo mais evidente destes processos na zona ripária está na potencialidade em interromper a conectividade florística, prejudicando o papel dessas áreas em atuar no fluxo gênico da flora. Considerando-se, ainda, a perda de solo decorrente destes processos e a possibilidade de assoreamento dos corpos hídricos próximos, as funções ambientais de proteção do solo e preservação dos recursos hídricos são negativamente afetadas.

Os atributos selecionados para estas variáveis foram “ausentes” ou “presentes”, sendo a visualização *in loco* o procedimento de coleta de dados adotado.

#### ■ **Cobertura vegetal**

A presença de cobertura vegetal apresenta-se como um aspecto potencializador dos cumprimentos das funções ambientais de preservação dos recursos hídricos, preservação da biodiversidade, preservação dos fluxos gênicos da fauna e da flora e proteção do solo. A preservação dos recursos hídricos torna-se facilitada devido, principalmente, à manutenção do processo de evapotranspiração relacionado à presença da vegetação e, na presença de áreas

permeáveis que acompanhem a cobertura vegetal, da manutenção do processo de infiltração da água no solo. A cobertura vegetal pode, ainda, atuar como uma fonte de absorção de nutrientes, principalmente fósforo, nitrogênio e nitrato, reduzindo o carreamento destes para os corpos hídricos.

A presença de estratos arbustivos e arbóreos é favorável à preservação da biodiversidade e do fluxo gênico da flora na medida em que oferece condições para a continuidade das trajetórias sucessionais das espécies vegetais. A fauna aquática também pode ser beneficiada pela presença destes dois estratos, principalmente se a localização destes for próxima ao canal fluvial, de forma a oferecer sombreamento e regulação do microclima para o corpo hídrico e a entrada de matéria orgânica no sistema aquático de regime lótico, por meio das folhas, frutos e outros componentes.

A cobertura vegetal também potencializa o cumprimento da função de proteção do solo ao promover a redução da velocidade de escoamento da água sobre a superfície, diminuindo a probabilidade de ocorrência de processos erosivos. No caso, ainda, desta cobertura apresentar estratificações arbustiva e arbórea, a força de impacto das águas pluviais sobre o solo é reduzida, aumentando o nível de proteção deste.

Logo, de acordo com o nível de cobertura vegetal e de estratificação da mesma, os atributos delimitados para esta variável foram “ausente”, “presente, mas sem espécies de porte arbustivo ou arbóreo”, “presente, predominantemente arbustiva” e “presente, predominantemente arbórea”. Como critérios de análise, foram consideradas a ausência ou presença da cobertura vegetal e o predomínio dos estratos arbustivo ou arbóreo. Os procedimentos de coleta de dados selecionados foram os dois previstos para serem utilizados no método: a análise de imagens aéreas e a visualização *in loco*.

### ■ Espécies vegetais invasoras

Quanto maior for a presença destas espécies no trecho de análise, maior será o prejuízo para a flora nativa devido ao aumento da competição por espaço físico, nutrientes e energia luminosa. Esta variável foi considerada, portanto, devido aos efeitos negativos para o cumprimento das funções ambientais de preservação da biodiversidade florística e do fluxo gênico da flora. Como atributos, a variável poderia apresentar-se como “ausente”, quando não fossem encontradas espécies invasoras; “baixa”, quando os indivíduos levantados fossem numericamente menor que as indivíduos nativos no trecho; “média”, caso existisse uma equivalência aproximada entre indivíduos nativos e invasores e “alta”, quando o número de

indivíduos nativos fosse superado pelo de invasores. A visualização *in loco* foi o procedimento de coleta de dados adotado.

#### ■ **Espécies vegetais exóticas**

Embora diversas espécies exóticas não tenham a mesma facilidade de disseminação no ambiente como ocorre com as invasoras, a presença destes indivíduos também se apresenta prejudicial ao cumprimento das funções ambientais de preservação da biodiversidade florística e do fluxo gênico da flora. Os atributos desta variável foram os mesmo apresentados para as espécies vegetais invasoras: “ausentes”, “baixa”, “média” e “alta”. Os critérios de delimitação também foram idênticos, considerando a predominância destes indivíduos em relação aos representantes de espécies nativas. O procedimento de coleta de dados adotado também foi a verificação *in loco*.

#### ■ **Possibilidade de conectividade com outras áreas verdes públicas.**

Conforme discutido no início desta apresentação sobre o histórico de estruturação do método, um dos elementos norteadores para a delimitação das variáveis foi a possibilidade dos espaços delimitados pelas APPs serem conciliados ao uso humano de baixo impacto. Essa possibilidade de uso era então prevista pela resolução CONAMA 369/2006 por meio das áreas verdes de domínio público. Naquele contexto, uma vez que as APPs poderiam ser utilizadas para fins de lazer e recreação, a possibilidade de conexão entre estes espaços e outras áreas verdes públicas foi vista como uma variável benéfica ao cumprimento da função de garantia do bem-estar das populações humanas.

Logo, para esta variável, foram considerados os atributos “baixa”, quando não existissem áreas verdes públicas próximas à APP, oferecendo baixa possibilidade de conectividade; “média”, quando a área verde pública se localizasse próxima à APP e, finalmente, “alta” quando a área verde pública estivesse parcialmente inserida dentro da faixa de APP ou, ainda, caso a APP já se caracterizasse como uma Área Verde de Domínio Público. Como procedimento de coleta de dados, optou-se por adotar a análise de imagens de satélite ou fotográficas aéreas recentes.

As variáveis relativas ao ecossistema aquático e pertencentes ao grupo denominado como “canal fluvial” foram: canalização, tamponamento, retificação, barramento, assoreamento, despejo de águas pluviais e despejo de águas residuais. As justificativas de escolha destas variáveis, os valores atribuídos a elas, os critérios de análise e os procedimentos de coleta são detalhados a seguir.

### ■ **Canalização**

A canalização é uma das modificações antrópicas mais comum nos corpos hídricos de regime lótico em ambientes urbanizados. Embora a contenção dos processos erosivos das margens e o aumento da velocidade de escoamento superficial da água tragam benefícios estruturais e sanitários à população urbana, esta modificação atua como limitante para que as APPs em fundos de vales urbanos cumpram as funções ambientais de preservação dos recursos hídricos, preservação da biodiversidade florística e preservação da biodiversidade aquática. As estruturas de canalização construídas com concreto, comumente adotadas nas intervenções em espaço urbanizado, podem atuar como barreiras físicas ao processo de recarga subsuperficial do corpo hídrico, limitando os fluxos de abastecimento deste.

Em relação à preservação da biodiversidade, Naiman et. al. (2006), aponta que a canalização contribui negativamente para a presença da biota vegetal ao reduzir o nível do lençol freático nas zonas ripárias, reduzindo a umidade natural e levando a redução da vegetação nesta área. A velocidade do fluxo da água no canal fluvial também é alterada com esta intervenção, prejudica os organismos da biota aquática cujas estruturas corpóreas estão adaptadas a determinados padrões de velocidade (NAIMAN et. al., 2006)

Outro efeito negativo da canalização sob a biodiversidade aquática é a alteração das dinâmicas de troca de matéria entre o corpo hídrico e a zona ripária. Os atributos selecionados para esta variável foram “ausente” e “presente” e a observação in loco foi o procedimento de coleta adotado.

### ■ **Tamponamento**

De forma semelhante à canalização, o tamponamento traz prejuízos para a função ambiental de preservação da biodiversidade aquática ao limitar a troca de matéria entre a zona ripária e o corpo hídrico. Outra influência negativa sobre a preservação da biota

aquática é a redução de incidência da luz solar, que altera a temperatura do meio e modifica as condições necessárias para a ocorrência de determinadas espécies. Os atributos selecionados para esta variável foram “ausente” e “presente” e o procedimento de coleta foi a verificação *in loco*.

### ■ Retificação

A retificação dos corpos hídricos sem canalização pouco interfere na recarga subsuperficial. Porém, esta modificação traz prejuízos para as funções de preservação da biodiversidade aquática e também para o auxílio no fluxo gênico da biota nos corpos hídricos. Esta modificação altera a velocidade do fluxo da água no canal fluvial e limita a ocorrência de organismos já adaptados a determinados regimes hídricos. A ausência ou presença de retificação foi o critério de análise elencado e adotou-se a visualização *in loco* como procedimento de coleta de dados

### ■ Barramento

O processo de barramento de trechos do corpo hídrico traz prejuízos para as funções de preservação da biodiversidade e auxílio no fluxo gênico, tanto da fauna aquática quanto da flora presente na zona ripária. De acordo com Naiman (2006), o barramento é prejudicial pois, ao isolar o corpo hídrico de sua planície de inundação, altera as dinâmicas de migração de organismos no canal fluvial e as trajetórias sucessionais da flora na zona ripária. Os atributos elencados para esta variável foram “ausente” e “presente” e o procedimento de coleta adotado foi a visualização *in loco*.

### ■ Assoreamento

O carreamento de sedimentos oriundos de solos expostos através das águas pluviais e a disposição direta no corpo hídrico por meio dos canais de drenagem são os principais fatores que contribuem, no meio urbano, para o processo de assoreamento do canal fluvial. Embora a erosão e a deposição de material particulado nas margens do corpo hídrico seja um processo natural dos ecossistemas lóticos, o assoreamento ocasionado por causas antrópicas apresenta-se negativo em termo quantitativo, uma vez que altera as dinâmicas de

escoamento superficial, e qualitativo, já que pode desencadear processos de contaminação devido à qualidade da água pluvial.

Logo, alterando-se as dinâmicas de escoamento e os padrões físico-químicos da água, o cumprimento das funções de preservação da biodiversidade aquática e auxílio nos fluxos gênicos da fauna aquática é limitado. Os atributos selecionados para esta variável foram “ausente” e “presente” e o procedimento de coleta de dados considerado foi a verificação *in loco*.

### ■ Despejo de águas pluviais e residuais

O despejo, em cursos d'água, das águas pluviais coletadas em ambiente urbano impacta negativamente os recursos hídricos em termos qualitativos e quantitativos. Qualitativamente, o impacto é caracterizado devido à possibilidade de contaminação do corpo hídrico por meio de contaminantes que se misturam diretamente à água drenada ou se misturam aos sedimentos que são carregados por elas. Em termos qualitativos, o carreamento de sedimentos através das águas pluviais pode levar à processos de assoreamento do corpo hídrico, reduzindo o espaço disponibilizado, no canal fluvial, para o fluxo da água.

Além disso, o escoamento direto de grandes volumes de água para cursos d'água que apresentam canais de drenagem incapazes de suportar vazões elevadas leva ao aumento da possibilidade de ocorrência de enchentes. De acordo com Tucci (2005), as enchentes ribeirinhas em áreas urbanas aumentam sua magnitude e frequência devido à presença da rede de condutos pluviais aliada a alta impermeabilização do solo.

A grande maioria das águas pluviais no meio urbano é direcionada diretamente para o corpo hídrico e não passa pelos processos de filtração de sedimentos e nutrientes que poderiam ocorrer em uma APP com cobertura vegetal significativa. Devido à isso, as funções de preservação de recursos hídricos e preservação da fauna aquática destas áreas deixam de ser cumpridas em relação à esta variável.

Já o despejo de águas residuais, ao contrário das águas pluviais, é regulado por dispositivos normativos que estabelecem padrões de lançamento que visam reduzir os impactos negativos destes efluentes no corpo hídrico receptor. No entanto, quando o despejo é realizado sem nenhum tipo de tratamento, os impactos negativos decorrentes podem variar de acordo com a natureza dos contaminantes envolvidos e prejudicar tanto a biota local quanto as populações humanas que se abastecem da água do corpo hídrico impactado.

Como critério de análise para estas duas variáveis, considerou-se a presença e a ausência de lançamentos de águas pluviais e residuais associados à existência de processos de tratamento destas. O tratamento, para ambos os casos, considerou os parâmetros descritos pela resolução CONAMA N° 357/2005,

Para atender aos objetivos previstos na fase exploratória, a verificação da pertinência das variáveis e critérios foi realizada através de duas simulações dos procedimentos para coleta dos dados, realizadas em dois corpos hídricos situados em cidades distintas. A análise dos resultados destas simulações, assim como a síntese das informações destas variáveis, critérios e procedimentos de coleta de dados é apresentada no **Capítulo 04** através do artigo resultante deste processo.

Após este procedimento, com base nas análises das discussões sobre o processo de simulação e dos métodos indicados no **Capítulo 01**, as variáveis, critérios e procedimentos de coleta definitivos foram definidos e, a partir destes, estruturou-se o método expedito apresentado na próxima seção.

## **2.2. Variáveis e critérios de análise**

O método expedito proposto neste trabalho é baseado na análise conjunta de variáveis quantitativas e qualitativas. Deste conjunto, quatro variáveis quantitativas e uma qualitativa indicam, através de um sistema de pontuação, o potencial de cumprimento das funções socioambientais das APPs em fundos de vales urbanos tal como definidas pelo Código Florestal (Lei N° 12.651/2012).

Conjuntamente a esta pontuação, quatro variáveis qualitativas indicam modificações antrópicas e condições diversas nestas áreas que influenciam positivamente ou negativamente os cumprimentos destas funções. Os dados para obtenção dos atributos das variáveis são obtidos através de dois procedimentos de coleta complementares. Inicialmente, para os atributos das variáveis que irão compor a pontuação, é adotada a análise de imagens de satélite e/ou fotografias aéreas recentes dos trechos a serem avaliados. Posteriormente, para a verificação dos valores levantados pelo procedimento anterior e para o levantamento dos atributos das variáveis relativas às modificações antrópicas e condições diversas, é adotada a visualização em campo.

Para a estruturação do sistema de pontuação adotado no método foram utilizadas cinco variáveis. Destas, quatro apresentam aspecto quantitativo e uma caracteriza-se como qualitativa. As variáveis quantitativas consideradas são: percentual de áreas



impermeáveis, percentual de áreas permeáveis, percentual de cobertura da vegetação herbácea para as áreas permeáveis e percentual de cobertura da vegetação arbustiva e arbórea para as áreas permeáveis. A variável qualitativa selecionada foi o estágio sucessional da cobertura vegetal existente. A origem, descrição e justificativa da escolha de cada uma delas, bem como os critérios de análise relativos, são descritos a seguir.

### ■ **Percentagem de áreas impermeáveis**

Esta variável indica a relação entre as áreas impermeáveis e a área total do trecho avaliado. Como base conceitual para a definição dos seus atributos e critérios de análise adotou-se a variável “impermeabilização do solo”, levantada anteriormente na etapa exploratória da pesquisa. No entanto, nesta versão definitiva da variável, os atributos não são classificados por “baixa”, “média” e “alta” e, sim, por meio de um sistema de pontuação que varia de 0 a 5. O atributo [0] corresponde ao trecho que contém até 5% de sua área total impermeabilizada. O atributo [1] equivale a uma taxa de impermeabilização situada entre 6% a 25% da área total do trecho. Caso o total de áreas impermeáveis represente de 26% a 50% da área total do trecho, a variável recebe o atributo [2]. O atributo [3] equivale a uma taxa de impermeabilização situada entre 51% e 75% da área total do trecho. Para que a variável receba o atributo [4], a taxa de impermeabilização deve estar compreendida na faixa de 76% a 95% da área total e, finalmente, se o trecho apresentar mais de 96% áreas impermeáveis, a variável recebe o atributo [5].

Também na versão definitiva do método, esta variável não visa avaliar o cumprimento da função ambiental de preservação dos recursos hídricos, nem a preservação da biodiversidade florística e do fluxo gênico da flora. Neste momento, ela é considerada para se avaliar o cumprimento da função ambiental de proteção do solo. Considera-se, para esta avaliação, que a ação dos fatores que geram os processos erosivos, principalmente o escoamento superficial de águas pluviais, é dificultada nas parcelas do solo que se encontram impermeabilizadas. Por isso, os atributos compõem uma pontuação que tem seu aumento vinculado à quantidade de áreas impermeáveis encontradas no trecho.

### ■ **Percentagem de áreas permeáveis**

De maneira oposta ao item anterior, esta variável indica a relação entre as áreas permeáveis e a área total do trecho avaliado. Sua origem conceitual também tem por base a

variável “impermeabilização do solo”, descrita anteriormente na fase exploratória. Naquela etapa, a variável “impermeabilização do solo” foi elencada para avaliar os níveis de cumprimento das funções ambientais de preservação dos recursos hídricos, preservação da biodiversidade florística e preservação do fluxo gênico da flora. No entanto, no momento de estruturação do método, optou-se por avaliar o cumprimento destas funções através de um novo conjunto de variáveis. Neste conjunto, a importância das áreas permeáveis passa a ser avaliada através desta variável.

Os atributos são obtidos pelos mesmos critérios de análise considerados para a variável anterior. A pontuação, em ordem crescente de importância para o cumprimento das funções ambientais descritas, inicia-se no atributo [0] e indica uma situação crítica, em que as áreas permeáveis representam menos de 5% da área total do trecho avaliado. O atributo [5], por sua vez, indica uma situação ótima em que as áreas permeáveis correspondem a mais de 96% da área total do trecho avaliado. Os atributos [1], [2], [3] e [4] são definidos, respectivamente, pelos valores de faixa da relação áreas permeáveis/área total do trecho de 6%-25%, 26-50%, 51%-76% e 76%-95%.

**■ Percentagem de cobertura vegetal nas áreas permeáveis considerando o estrato herbáceo e percentagem de cobertura vegetal nas áreas permeáveis considerando os estratos arbustivo e arbóreo.**

Considerando as variáveis levantadas anteriormente na fase exploratória, estas duas apresentam sua origem conceitual na variável “cobertura vegetal”. O objetivo daquela variável era avaliar as potencialidades das funções ambientais de preservação dos recursos hídricos, preservação da biodiversidade, preservação dos fluxos gênicos da fauna e da flora e proteção do solo. No entanto, conforme descrito no item anterior, estas funções passaram a ser avaliadas por meio de um novo conjunto de variáveis. Além da percentagem de áreas permeáveis, neste novo conjunto foram englobadas estas duas variáveis quantitativas oriundas da variável “cobertura vegetal”.

O critério de análise destas variáveis passa a ser o mesmo utilizado para as variáveis quantitativas anteriores. Para cada uma, o atributo é relacionado com uma pontuação que varia de [0] a [5] e se inicia a partir de uma condição crítica para o cumprimento das funções ambientais, em que os percentuais destas coberturas são mínimos, para uma condição ótima de cumprimento das mesmas funções, com os percentuais atingindo quase a totalidade da área avaliada.

## ■ Estágio sucessional da cobertura vegetal existente

Diferentemente das variáveis anteriores, esta apresenta aspecto qualitativo e seu objetivo é informar as condições sucessionais da cobertura vegetal existente na área avaliada. A verificação do estágio sucessional é importante para a análise de três funções ambientais: preservação da biodiversidade vegetal, auxílio no fluxo gênico da flora e preservação da paisagem. A escolha do critério para esta variável considerou a relação positiva entre o nível de conservação da cobertura vegetal e o nível de amadurecimento dos ecossistemas vinculados. Como situação ótima, considerou-se a ocorrência de formação florestal em estágio primária, sem intervenção antrópica. Neste caso, a variável recebe o atributo [5]. A situação crítica ocorre quando a cobertura vegetal nos estratos arbustivos e/ou arbóreo não chega a representar mais que 5% da área analisada, o que caracteriza o atributo [4]. Entre estas situações, para compor o restante da pontuação foram consideradas 04 condições intermediárias. A primeira é a ausência de formação florestal e a presença de um distanciamento maior que 3 metros entre os indivíduos arbustivos e/ou arbóreos. Esta condição é típica de locais onde estes indivíduos integram a arborização urbana e, devido as próprias limitações estruturais do ambiente urbanizado, não contribuem para o avanço do processo de regeneração da vegetação. Para esta condição, a variável recebe o atributo [1].

A segunda condição também considera a ausência de formação florestal, caracterizando situações em que os exemplares presentes integram a arborização urbana. No entanto, o distanciamento entre indivíduos considerado nesta condição é menor que 3 metros. Por conta da maior proximidade, cujo valor de referência foi selecionado visando a facilidade de visualização em campo, entende-se que possam existir melhores condições para troca de material genético entre as espécies que compõem a cobertura vegetal, o que favorece diretamente a função ambiental de auxílio ao fluxo gênico da flora. Devido à isso, o atributo para esta condição é [2].

Caso a estrutura urbana da área analisada não apresente limitantes para o processo de formação florestal e, ainda, esta formação se manifestar em caráter secundário e em seu estágio pioneiro, a variável recebe o atributo [3]. E, finalmente, se a formação florestal ainda ocorrer em caráter secundário, mas em estágio médio ou avançado, o atributo considerado para a variável é [4].

Para a listagem das modificações antrópicas e condições diversas que influenciam positivamente ou negativamente os cumprimentos das funções socioambientais das APPs em fundos de vales urbanos, foram consideradas quatro variáveis qualitativas: intervenções presentes no canal fluvial, condições ambientais presentes nas margens, forma de apropriação do trecho de análise pela população e características identificáveis no trecho de análise. O levantamento dos atributos destas variáveis é feito *in loco*. A origem e a descrição de cada uma delas são descritas a seguir.

### ■ Intervenções antrópicas presentes no canal fluvial

Os atributos que esta variável pode receber são: canalização lateral, canalização lateral e do leito, tamponamento, barramento, assoreamento, disposição de águas pluviais não tratadas e disposição de águas residuais não tratadas. Estes atributos originam-se das variáveis elencadas para o canal fluvial na Etapa II da fase exploratória. O agrupamento delas na forma de atributos nesta nova variável tem por objetivo tornar mais ágil o processo de coleta de dados, que vai considerar como critério a presença desta intervenção no canal fluvial do trecho analisado. A justificativa da escolha destes atributos são as mesmas da escolha das variáveis que os originaram, na etapa II da fase exploratória da pesquisa e todos eles apresentam-se negativos ao cumprimento das funções ambientais de preservação dos recursos hídricos, preservação da biodiversidade aquática e auxílio no fluxo gênico da fauna aquática.

Estas modificações, no entanto, criam condições para o funcionamento dos sistemas de drenagem urbana, para a contenção de enchentes e para estruturação de edificações nas áreas em fundos de vale. Logo, mesmo havendo prejuízo ao cumprimento das funções ambientais, os atributos desta variável se apresentariam como fatores favoráveis da função social de asseguramento do bem-estar das populações humanas.

No entanto, a função social neste método será avaliada com base em duas variáveis que se relacionam menos com os aspectos de intervenção no canal fluvial e mais com os aspectos de intervenção na margem do corpo hídrico, onde de fato se aplica a faixa de APP. Estas variáveis, que serão descritas ainda nesta subseção, são a *forma de apropriação do trecho de análise pela população e as características identificáveis no trecho de análise*.

## ■ Condições ambientais presentes nas margens

Esta variável pode receber seis atributos: “presença de espécies vegetais exóticas”, “presença de espécies vegetais invasoras”, “presença de solo exposto”, “presença de voçorocas, sulcos ou ravinas”, “vegetação de estrato arbustivo e/ou arbóreo próximo ao canal fluvial” e “presença de áreas ambientalmente protegidas próximas à APP”. Estes atributos originaram-se das variáveis “processos erosivos”, “cobertura vegetal”, “espécies vegetais exóticas”, “espécies vegetais invasoras” e “possibilidade de conectividade com outras áreas verdes públicas” elencadas na Etapa II da Fase Exploratória. Na versão definitiva do método, estes atributos perdem o aspecto quantitativo que tinham enquanto variável e passam a ter caráter qualitativo como atributo.

A justificativa para a escolha destes atributos se mantém a mesma adotada para a escolha das variáveis que os originaram. Assim, a presença de vegetação exótica e invasora mostra-se negativa ao cumprimento das funções ambientais de preservação da biodiversidade florística, auxílio no fluxo gênico da flora e preservação da paisagem. Já a presença de solo exposto e de voçorocas, sulcos ou ravinas se demonstra negativa à função ambiental de proteção do solo.

O atributo “vegetação de estrato arbustivo e/ou arbóreo próximo ao canal fluvial”, não previsto como variável na etapa II da fase exploratória, foi incluído na versão definitiva do método devido a dois fatores: as condições de sombreamento e regulação climática que podem ser oferecidas por estes estratos ao trecho do canal fluvial ao qual se aproximam e o aumento da possibilidade de oferta de matéria para os processos produtivos do ecossistema aquático vinculado. Logo, este atributo é benéfico ao cumprimento das funções ambientais de preservação da biodiversidade aquática e auxílio no fluxo gênico da fauna aquática.

Já o atributo “presença de áreas ambientalmente protegidas próximas à APP”, passou por modificações em relação à variável que o originou na etapa II da fase exploratória, que foi a “possibilidade de conectividade com outras áreas verdes públicas”. Ao contrário daquela variável, que abordava apenas as áreas verdes públicas, para este atributo considera-se a presença de qualquer área ambientalmente protegida próxima à APP, sendo o critério de proximidade definido pelo aplicador do método. Esta alteração foi feita considerando-se a importância da proximidade destas áreas para as funções ambientais de preservação da biodiversidade florística, preservação da paisagem e auxílio no fluxo gênico da flora.

## ■ Forma de apropriação do trecho de análise pela população

Os atributos para esta variável são sete: “disposição de resíduos sólidos”, “edificações irregulares com condições adequadas de saneamento”, “edificações irregulares com condições precárias de saneamento”, “abertura de trilhas”, “equipamentos de lazer e recreação com baixo nível de modificação do espaço”, “equipamentos de lazer e recreação com alto nível de modificação do espaço” e “pontes para travessia exclusiva de pedestres”.

Estes atributos não se originaram das variáveis elencadas na etapa II da fase exploratória e ilustram as formas de apropriação pela população comumente identificadas em fundos de vales urbanos.

A disposição de resíduos sólidos e a presença de edificações irregulares com condições precárias de saneamento são prejudiciais às funções ambientais de preservação dos recursos hídricos, preservação da biodiversidade aquática e auxílio no fluxo gênico da fauna aquática devido à possibilidade de contaminação das águas subterrâneas e superficiais.

Também as edificações irregulares com condições adequadas, a abertura de trilhas e a presença de equipamentos de lazer e recreação com alto nível de modificação do espaço são fatores cuja presença implica, na grande maioria das vezes, na retirada de vegetação. Devido a isto, podem ser considerados negativos para o cumprimento das funções ambientais de preservação da biodiversidade florística, preservação do fluxo gênico da flora e preservação da paisagem.

Em relação à função social de asseguramento do bem-estar das populações humanas, no entanto, a abertura de trilhas e a presença de pontes para travessia de pedestres são consideradas, no método, como fatores positivos. Estas formas de apropriação dos fundos de vale possibilitam a locomoção da população através da APP e, nas áreas onde a morfologia urbana desfavorece a mobilidade de pedestres, estes caminhos podem ser uma alternativa para diminuir a distância entre dois pontos de interesse da população local.

Similarmente, embora a instalação de equipamentos de lazer e recreação com baixo ou alto nível de modificação do espaço se apresentem negativas, em níveis distintos, às funções ambientais relacionadas à biodiversidade florística, sua presença na faixa de APP é considerada benéfica ao cumprimento da função social de asseguramento do bem-estar das populações humanas.

## ■ Características identificáveis no trecho de análise

Além das formas de apropriação descritas anteriormente, o método contempla uma variável relativa às características identificáveis no trecho de análise. Os atributos relativos a estas são: “presença de instituições que atuem na preservação e/ou recuperação ambiental do corpo hídrico”, “ausência de contato visual com água”, “alto potencial paisagístico”, “ocorrência constante de inundações”, “ocorrência constante de incêndios”, “ocorrência constante de conflitos com a fauna” e “conforto térmico”.

Estas características podem tanto se manifestar visualmente na margem como serem percebidas através da utilização dos outros sentidos, como a relativa ao atributo “conforto térmico”. Ainda, os atributos “presença de instituições que atuem na preservação e/ou recuperação ambiental do corpo hídrico”, “ocorrência constante de enchentes”, “ocorrência constante de incêndios” e “ocorrência constante de conflitos com a fauna” exigem uma pesquisa sobre o histórico de uso e ocupação do fundo de vale analisado e, também, entrevistas com a população residente próxima ao trecho.

Dentre estes atributos, os únicos relativos ao cumprimento das funções ambientais das APPs em fundos de vales urbanos são a “presença de instituições que atuam na preservação e/ou recuperação ambiental do corpo hídrico” e a “ausência de contato visual com o corpo hídrico”.

A ausência de contato visual com a água, característica dos trechos tamponados, é prejudicial ao cumprimento das funções ambientais na medida em que restringe o reconhecimento do corpo hídrico, pela população, como parte integrante da paisagem urbana. Sem este reconhecimento, as estratégias de preservação e recuperação ambiental destes corpos hídricos são dificultadas. Por outro lado, a presença de instituições que atuam na preservação e/ou recuperação ambiental do corpo hídrico, como associações de moradores de bairro, organizações não governamentais e universidades, é considerado um atributo positivo para o cumprimento das funções ambientais.

Os demais atributos desta variável são utilizados, no método, para compor a avaliação relativa ao cumprimento da função social destas APPs. Entre eles, a ocorrência constante de inundações, de incêndios e de conflitos com a fauna são considerados como negativos ao asseguramento do bem-estar das populações humanas, enquanto o alto potencial paisagístico e o conforto térmico são elencados como positivos ao cumprimento desta função.

### **2.3. Aspectos operacionais**

A aplicação do método é dividida em quatro etapas: (1) delimitação dos corpos hídricos e dos trechos de análise; (2) avaliação preliminar; (3) verificação das variáveis e caracterização em campo e (4) atribuição da pontuação final. A seguir, são apresentados os procedimentos operacionais necessários para o cumprimento destas etapas.

#### **(1) Delimitação dos corpos hídricos e dos trechos de análise**

O método é aplicável em duas categorias de corpos hídricos em fundos de vales urbanos: os cursos d'água perenes ou intermitentes e as nascentes. A divisão entre estas categorias tem por base a própria diferenciação entre ambas feita pelo Código Florestal, em termos de largura de faixa e procedimento de delimitação da APP.

Por ter uma faixa de proteção maior, a APP relativa à nascente engloba espaços que não estão contemplados na APP relativa ao restante do curso d'água. Ao se considerar estas áreas em separado, o método cria condições para que toda a extensão da APP relativa à nascente seja avaliada.

Para o processo de delimitação dos trechos de análise, serão necessárias imagens de satélite ou fotografias aéreas do corpo hídrico. Estas imagens devem ser as mais atuais possíveis e estarem em uma escala capaz de mostrar as condições de uso e ocupação do solo no espaço urbanizado.

Para facilitar os processos de manipulação das imagens e aumentar a precisão do dimensionamento dos trechos de análise, é recomendada a utilização de um software de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Na ausência deste, as delimitações podem ser realizadas sobre as imagens impressas. Uma vez delimitado o corpo hídrico, o dimensionamento dos trechos deve se basear no seguinte roteiro:

- 1º Passo: Escolha da parcela do corpo hídrico a ser analisada:

Antes da delimitação dos trechos, deve-se escolher qual a parcela do corpo hídrico que será analisada. No caso das nascentes, devido ao fato da APP ser delimitada a partir de um único ponto específico, que é o de afloramento da água subterrânea, a parcela a ser considerada é, obrigatoriamente, todo o espaço correspondente à APP.



No entanto, para o restante do curso d'água, a delimitação da APP ocorre a partir da borda da calha do leito regular e acompanha toda sua extensão até a foz. Logo, para estes corpos hídricos, podem ser consideradas para a análise tanto a extensão total destes no ambiente urbano como parcelas específicas do mesmo, compreendidas entre dois marcos definidos pelo aplicador do método.

#### ■ 2º Passo: Delimitação das dimensões do trecho de análise

Após o estabelecimento da parcela para a qual o método será aplicado, são estabelecidas as dimensões dos trechos de análise. A largura de cada trecho é definida de acordo com o valor da faixa de APP prevista pelo Código Florestal para aquele espaço. Portanto, se o alvo da aplicação for um curso d'água, a largura do trecho de análise dependerá da largura do canal fluvial e poderá ser de 30 m, 50 m, 100 m, 200 m ou 500 m contados a partir da borda da calha do leito regular. No caso das nascentes, a largura corresponderá a faixa de 50 m, delimitada a partir do ponto de maior afloramento da água subterrânea.

A largura do trecho de análise só não apresenta um valor pré-definido para os reservatórios artificiais decorrentes do represamento ou barramento do curso d'água. Nestes casos, conforme descrito no Código Florestal, a largura da faixa deverá ser definida na licença ambiental do empreendimento. O valor apresentado na licença, portanto, deverá ser também o adotado para a largura do trecho de análise.

A extensão do trecho de análise não apresenta um valor pré-definido. Para definir esta dimensão, o aplicador deverá considerar os critérios que mais se adequam aos interesses da aplicação do método e às características da parcela do corpo hídrico analisado. Estes critérios podem ser definidos, por exemplo, com base nas condições de permeabilidade e vegetação das APPs. Nesta proposta de divisão, os trechos que apresentassem elevado nível de estruturação urbana, com vias pavimentadas e edificações, seriam separados de trechos que apresentassem zonas ripárias altamente preservadas. Outro critério que poderia ser adotado é o tipo de modificação antrópica no canal fluvial, levando a divisão entre trechos canalizados, tamponados, com barramento, entre outras alterações.

No entanto, em relação às nascentes, a área total do trecho já se apresenta definida, equivalendo a um círculo com raio de 50 metros. Para a aplicação do método nestes corpos hídricos, portanto, é realizada a divisão deste círculo em quatro setores. Os critérios para a localização de cada setor dentro da área circular também são definidos pelo aplicador e devem corresponder aos objetivos e interesses envolvidos na aplicação do método.

### ■ 3º Passo: Divisão das margens

Considerando as condições socioambientais distintas que podem ser encontradas nas margens opostas de um mesmo trecho de análise, o último passo na delimitação é a divisão, dentro do trecho, entre a margem esquerda e a margem direita. Feita esta divisão, o aplicador deve numerar os trechos, organizando-se pra as etapas de avaliação das variáveis. Este passo não se aplica à análise das nascentes.

### **(2) Avaliação preliminar**

Uma vez estabelecidos os trechos de análise, a aplicação do método prossegue na fase de avaliação preliminar. Nesta fase, são avaliadas as variáveis descritas *na seção 2.2.1* por meio da análise da imagem de satélite ou fotografia aérea utilizada. A Ficha de Pontuação, apresentada no **Apêndice** desta dissertação, deve ser utilizada como guia nesta etapa. Nela, através de cinco questões, o avaliador será direcionado para a escolha dos atributos de cada variável. No topo da ficha há um campo onde podem ser informados os nomes do avaliador e do corpo hídrico analisado, assim como a data da avaliação preliminar.

As informações obtidas pelo avaliador deverão ser transcritas na Ficha de Campo, cujo modelo encontra-se no **Apêndice** da dissertação. Esta ficha apresenta, na coluna “Localização”, um espaço para transcrever o número do trecho de análise e indicar se os dados serão relativos à margem direita (D) ou esquerda (E), no caso dos cursos d’água. O resultado da avaliação preliminar deve ser transcrito nas células do cruzamento da coluna “Nota Preliminar” com as linhas correspondentes ao trecho e a margem analisados. Concluída esta transcrição, o método passa para a fase seguinte.

### **(3) Verificação das variáveis e caracterização em campo**

Com posse das informações obtidas na avaliação preliminar, o aplicador deve ir a campo para verificar se os atributos elencados foram adequados e, ainda, caracterizar a área com informações visualizadas apenas *in loco*. Para isto, o aplicador não precisa ter sido, necessariamente, o avaliador. É importante, portanto que as informações sobre quem vai realizar a avaliação em campo, o nome do corpo hídrico e a data da avaliação sejam devidamente informados no topo da *Ficha de Campo*.

Antes de ir a campo, o aplicador precisa conhecer as referências de delimitação para cada trecho de análise. Recomenda-se, para isto, que sejam impressas as imagens de satélite e/ou fotografias aéreas contendo as delimitações dos trechos e que estas sejam levadas a campo. Os outros documentos necessários para a avaliação em campo são a *Ficha de Campo*, com as células relativas ao *Atributo Preliminar* devidamente preenchidas para cada variável, uma cópia da *Ficha de Avaliação* preenchida com as informações do avaliador e da data de avaliação e uma cópia da *Ficha de Caracterização*, que é apresentada no **Apêndice** da dissertação, também preenchida com os dados do aplicador e da data da verificação em campo.

Uma vez em campo, a primeira tarefa do aplicador é verificar se os valores presentes nas células relativas aos *Atributos Preliminares* são condizentes com as condições observadas *in loco*. Logo após a observação da cópia da *Ficha de Pontuação*, se o aplicador julgar que sim, então o valor, para cada variável, deve ser replicado na célula à direita, denominada *Atributo em Campo*. Caso as condições em campo indiquem que há a necessidade de se substituir o atributo, este novo valor também deve ser transcrito na célula *Atributo em Campo*.

Após esta verificação, o aplicador deve verificar quais são as intervenções antrópicas e demais condições observáveis no trecho de análise. Para isto, ele deve se guiar pelos questionamentos colocados na *Ficha de Caracterização* relativos às intervenções no canal fluvial, condições ambientais presentes nas margens, forma de apropriação do trecho pela população e demais características identificáveis. Se algum destes elementos for observado, o aplicador deve transcrever o código relativo à ele para a coluna “Caracterização”, presente na *Ficha de Campo*. Com o a atribuição de valores a esta coluna, a *Ficha de Campo* é inteiramente preenchida e esta etapa é concluída.

#### **(4) Indicação dos potenciais e dos fatores positivos e negativos ao cumprimento das funções socioambientais**

A última etapa do método tem como objetivo a indicação dos potenciais, de acordo com os atributos selecionados para as variáveis, e dos fatores positivos ou negativos ao cumprimento das funções socioambientais das APP em fundos de vales urbanos.

Para este procedimento são utilizadas o *Gabarito* e, de acordo com o tipo de corpo hídrico analisado, a *Ficha resposta para cursos d’água* ou a *Ficha-resposta para nascentes*, todos apresentados no **Apêndice** desta dissertação. A *Ficha-resposta para cursos*

*d'água* é composta por uma coluna contendo as células de identificação do trecho de análise, iniciando-se pela nascente e um conjunto de colunas contendo as células relativas ao potencial de cumprimento das funções ambientais e da função social das APPs nestes trechos. Caso a aplicação do método não tenha se iniciado pela nascente, as células relativas a este corpo hídrico, presentes na coluna “Localização”, devem ser desconsideradas no preenchimento da ficha.

Caso o método tenha sido aplicado em diversas nascentes, a ficha utilizada deverá ser a *Ficha-resposta para nascentes*. Nesta, na coluna “Localização”, as nascentes devem ser identificadas por meio do nome do curso d'água originado por elas. No topo de ambas as fichas devem ser informados os nomes do avaliador e do aplicador que atuaram nas etapas (2) e (3) e a data da avaliação. Para a aplicação em cursos d'água, deve ser informado o nome do corpo hídrico analisado e, para a aplicação em nascentes, deve-se informar a quantidade de nascentes analisadas.

O valor a ser alocado nas células relativas ao cumprimento das funções ambientais deve ser calculado com base no *Gabarito*. Neste, estão demonstrados os atributos que devem ser somados para compor a avaliação de cada grupo de funções ambientais. A avaliação da função social de asseguramento do bem-estar das populações humanas não se baseia neste mesmo mecanismo de soma dos atributos e, sim, na comparação entre os fatores positivos e negativos, considerando os itens levantados através da *Ficha de Caracterização*. A indicação da contribuição positiva ou negativa dos fatores levantados, tanto para a função social quanto para os grupos de funções ambientais, também é feita no *Gabarito*. Com base no valor desta avaliação, o potencial de cumprimento para cada grupo de funções ambientais e para a função social é determinado, podendo ser transcrito para a *Ficha-reposta* relativa ao tipo de corpo hídrico analisado. Também devem ser transcritos para esta ficha os fatores positivos e negativos ao cumprimento da função.

A aplicação do método, portanto, é finalizada após o preenchimento da *Ficha-resposta*. A transcrição das informações sobre o potencial de cumprimento de cada função para esta ficha pode, ainda, vir acompanhada da coloração apresentada no *Gabarito*. A visualização do potencial de cumprimento da função por meio desta escala de cores pode auxiliar a comparação entre trechos diferentes

Estas informações podem, também, ser transcritas para a imagem de satélite ou fotografia aérea que contém a delimitação dos trechos de análise. Tanto em um ambiente de SIG quanto no material impresso, estes trechos podem receber a coloração relativa ao nível de cumprimento da função socioambiental que se deseja analisar.

## **Capítulo 3**

# **Artigo 01 – Ecossistemas urbanos: potencialidades da ecologia urbana no desenvolvimento de cidades sustentáveis**

### **RESUMO**

As cidades são o resultado da transformação do ambiente natural segundo aspectos culturais do ser humano. Os processos de criação e expansão do espaço urbano são responsáveis por diversas alterações no ambiente natural. Historicamente, essas alterações começaram a ser melhor compreendidas com a evolução de campos científicos como a Ecologia. Com o advento do conceito de Ecossistema, pesquisadores passaram a compreender melhor as interações entre fatores bióticos e abióticos de determinado ambiente. Recentemente, o ambiente urbano passou a ser objeto de estudo de uma vertente da Ecologia: a Ecologia Urbana. A partir desta, pode-se conceber a cidade como um ecossistema urbano e analisar seu comportamento frente a ecossistemas naturais diversos. Acredita-se que os resultados dos estudos com esse enfoque possam auxiliar o planejamento do espaço urbanizado, integrando aspectos sociais, culturais e ecológicos e trazendo respostas a uma série de problemas ambientais modernos. O objetivo do trabalho é demonstrar como a análise ecossistêmica do meio urbano, reforçada por elementos da Ecologia Urbana, pode proporcionar ferramentas para o desenvolvimento de cidades sustentáveis.

### **ABSTRACT**

Cities are the result of transformation of the natural environment second cultural aspects of humans. The processes of creation and expansion of urban space are responsible for many changes in the natural environment. Historically, these changes began to be better understood with the evolution of scientific fields such as Ecology. With the advent of the concept of ecosystem, researchers began to better understand the interactions between biotic and abiotic factors of specific environments. Recently, the urban environment has become the object of study of the Urban Ecology. Through this scientific field, the city can be conceived as an urban ecosystem and its behavior toward the natural ecosystems can be compared. It is believed that the results of studies using this approach can assist in the planning of urban space, integrating social, cultural and ecological aspects and bringing answers to many modern environmental problems. The objective of this study is to

demonstrate how the urban ecosystem analysis, reinforced by elements of the Urban Ecology, can provide tools for the development of sustainable cities.

**Palavras-Chave:** Ecologia Urbana, Ecossistemas Urbanos, Cidades Sustentáveis

## INTRODUÇÃO

O conceito de cidade, apesar de parecer simples para uma grande parcela da população, envolve definições diversas de acordo com o ramo do conhecimento que a investiga. No entanto, uma característica parece ser comum a todas estas: a transformação. A cidade, ou o ambiente urbano, é fortemente marcada por processos de transformação vinculados, sobretudo, às características culturais humanas.

Franco (2001) afirma as cidades, embora não ocupem uma área muito grande da superfície terrestre, são responsáveis por grandes alterações no meio natural. A estrutura urbana, com todos os elementos que garantem a fixação da espécie humana, interage fortemente com os diversos ambientes em seu entorno, modificando dinâmicas naturais pré-existentes. Essas interações, no entanto, ainda não são profundamente compreendidas, principalmente por aqueles responsáveis em planejar o ambiente urbano. A visão de domínio antropocêntrico dos recursos naturais, adotada mais largamente pela sociedade após o advento do capitalismo industrial, no século XIX (SOAREZ DE OLIVEIRA, 2000) contribuiu para que a cidade se desenvolvesse como um sistema segregado das dinâmicas naturais.

Essa segregação fortaleceu-se na ciência cartesiana, predominante na época, incapaz de estimular um pensamento sistêmico que compreendesse as ações humanas dentro de uma ampla rede de interações entre os seres vivos. Com o advento das teorias evolucionistas, a partir de Lamarck (1809) e Darwin (1859) e a elaboração do conceito de ecologia, através de Haeckel (1866), as relações entre vida e espaço puderam ser mais largamente compreendidas, criando as bases para situar o ser humano, e seu conjunto de ações, como elementos de sistemas mais amplos do que o ambiente urbano (NUCCI, 2007).

A evolução do pensamento sistêmico na abordagem de problemas ambientais, bem como o surgimento de uma vertente da Ecologia focada no ser - humano – a Ecologia Humana – propiciaram, recentemente, o surgimento da Ecologia Urbana. Através desta, a cidade passa a ser um local onde diversas relações antrópicas são estudadas de modo integrado com o ambiente natural, identificando diversos ecossistemas dentro do ambiente urbano ou, inclusive, considerando a própria cidade como um ecossistema. O presente trabalho objetiva demonstrar como a Ecologia Urbana, reforçada pela concepção de

ecossistema urbano, pode proporcionar ferramentas para o desenvolvimento de cidades sustentáveis.

### **METODOLOGIA E INFORMAÇÕES UTILIZADAS**

A metodologia para o trabalho se formulou em duas fases distintas e complementares: exploratória e analítica. A fase exploratória caracterizou-se pelo aprimoramento das ideias básicas relacionadas ao objetivo de estudo. Para tanto, realizou-se um levantamento bibliográfico a partir dos seguintes temas:

- A) Ecologia Urbana;
- B) Ecologia de Paisagem;
- C) Ecossistemas;
- D) Ecossistema urbano;
- E) Fluxos de energia e matéria

A fase analítica foi responsável pela análise do material obtido na fase anterior e a produção de textos analíticos focados no objetivo do estudo. Os textos elaborados foram utilizados na formulação dos sub-capítulos referentes aos resultados.

### **RESULTADOS**

#### **ANÁLISE DOS COMPORTAMENTOS ESTRUTURAIS DOS ECOSISTEMAS NATURAIS E URBANOS**

Um ecossistema, através de uma abordagem ampla, pode ser compreendido como o sistema formado por elementos bióticos e abióticos capaz de garantir a sustentação e a manutenção dos processos vitais de determinadas comunidades de organismos. Uma definição mais detalhada é fornecida por Odum (1988), segundo o qual os ecossistemas são unidades de área em que as diversas interações entre os organismos e o ambiente físico produzam fluxos de energia capazes de atuar na formação de estruturas vivas bem definidas (os próprios organismos) e uma ciclagem de materiais entre as partes bióticas e abióticas do sistema. (ANGEOLETTO, 2008)

A manutenção dos processos vitais de cada organismo, a sustentação das populações das diversas comunidades ao longo do tempo e a preservação dos elementos físicos, em um ecossistema, dependem, portanto, de fluxos de energia e matéria. Nos ecossistemas naturais, essa distribuição ocorre através de redes de relações bióticas/abióticas

fortemente hierarquizadas, como as teias alimentares. Nos ecossistemas urbanos, as relações hierárquicas são menos evidentes e os fluxos de energia e matéria apresentam uma série de particularidades.

## **ECOSSISTEMAS NATURAIS**

### **FLUXOS DE ENERGIA E MATÉRIA**

A parcela biótica desses ecossistemas, através das teias alimentares, divide-se em *níveis tróficos*, de tal forma a proporcionar um fluxo unidirecional de energia capaz de alcançar uma grande variedade de organismos. A energia predominante nos ecossistemas naturais é a energia luminosa, proveniente do sol e, portanto, de caráter renovável. A energia luminosa é absorvida pelos organismos autotróficos, representados majoritariamente pelas plantas e algas, possibilitando o processo de fotossíntese que irá transformar água, sais minerais e gás carbônico (CO<sub>2</sub>) em energia e matéria orgânica.

Por produzirem seu próprio alimento e fixarem a energia luminosa na forma de energia química, tornando-a disponível para outros organismos, as plantas e algas são denominadas produtores dentro de um ecossistema natural, formando o nível trófico básico. O nível trófico seguinte é formado pelos organismos herbívoros que, nesse exemplo, são considerados, consumidores primários. Uma vez que parte da energia capturada pelos produtores foi utilizada para manutenção de seus processos vitais, a energia disponível para os consumidores primários torna-se menor. Estes, portanto, absorvem a energia química dos produtores, realizam seus processos vitais e disponibilizam uma parcela menor de energia para o nível trófico seguinte, até os últimos consumidores da teia.

Através da termodinâmica, caracterizada, de modo geral, como o ramo da física responsável por estudar as relações entre energia e trabalho, pode-se compreender melhor os fluxos energéticos de um ecossistema natural. A 1ª lei da termodinâmica, ou a lei da Conservação de Energia, enuncia que a energia não pode ser criada ou destruída, mas apenas transformada. Isso é evidente na manutenção dos processos vitais dos organismos de uma teia alimentar, como a predação, a locomoção e a reprodução, em que a energia química presente em seus alimentos (no nível trófico inferior) é transformada em energia disponível para movimentação.

Por sua vez, a 2ª Lei da Termodinâmica, ou Lei da Entropia, impõe que os processos que impliquem em uma transformação energética não ocorrerão de modo espontâneo, ocorrendo sempre uma degradação de energia de formas mais concentradas para



formas mais dispersas. Nos ecossistemas naturais, isso é observado através do decréscimo da quantidade de energia disponível enquanto a mesma avança entre os níveis tróficos. Além da manutenção dos processos vitais em cada nível da teia alimentar, parte da energia se dissipa na forma de calor.

Já o fluxo de matéria nos ecossistemas naturais apresenta um caráter cíclico. O nível trófico básico, dos produtores, adquire matéria na forma de nutrientes e sais minerais presentes no solo e, através de reações químicas, desenvolve sua massa orgânica. Essa massa é consumida pelos consumidores primários, que passam a processá-la, também através de processos químicos, para o desenvolvimento de sua própria massa corpórea. A relação se mantém até o último nível trófico de cada uma das teias alimentares.

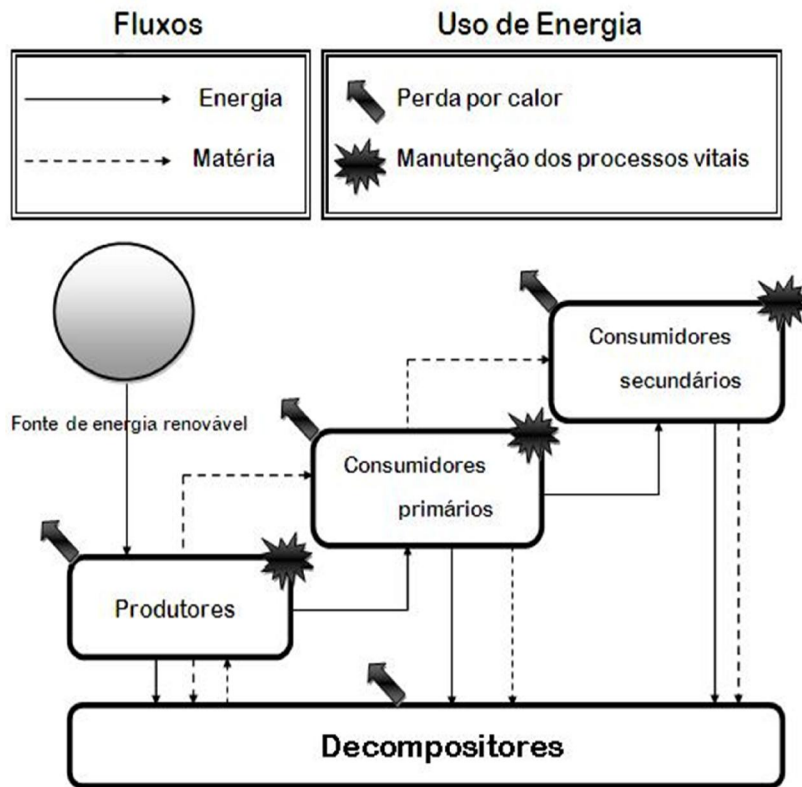
Quando ocorre a morte de algum ser vivo, de qualquer nível trófico, sua massa corpórea passa a ser processada por diversos organismos chamados de decompositores. Nos ecossistemas terrestres, diversos tipos de bactérias e fungos são exemplos de decompositores. Através desses organismos, uma grande parte da matéria orgânica disponibilizada pela morte ou excrementos da parcela biótica do ecossistema é decomposta em sais minerais, nutrientes, água e gases, como o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). A parte da matéria orgânica não processada pelos decompositores acumula-se no solo, criando condições para a continuidade do ciclo em longo prazo.

O quadro 4<sup>1</sup> ilustra, de maneira geral, como os fluxos de energia e matéria se comportam dentro de um ecossistema natural.

---

<sup>1</sup> Os quadros presentes nos artigos irão acompanhar a numeração estruturada para a dissertação

**Quadro 4:** Visão geral dos fluxos de energia e matéria em um ecossistema natural



Fonte: Autor

Os fluxos de energia e matéria nesses ecossistemas, no entanto, dependem de processos naturais para atingirem seus respectivos equilíbrios. Os ecossistemas naturais amadurecem, em um processo que leva ao aumento da biodiversidade e a diminuição das intervenções bióticas na estrutura física.

### **PROCESSOS DE AMADURECIMENTO**

O amadurecimento dos ecossistemas naturais ocorre através do processo de sucessão ecológica. A sucessão ecológica caracteriza-se por ser uma série de eventos capazes de modificar a estrutura física e biótica do ecossistema, aumentando o nível de complexidade de suas interações até um estágio de clímax. Nesse estágio, o ecossistema natural apresenta como característica mais evidente o equilíbrio entre a produção e o consumo de energia. Sendo assim, a energia disponibilizada pelos produtores atende as necessidades de consumo dos demais organismos do ecossistema, sem excessos energéticos. O aumento da biodiversidade, o baixo nível de modificação do ambiente físico por elementos bióticos e a ciclagem constante de matéria também são características típicas de um ecossistema natural maduro.

## **ECOSSISTEMAS URBANOS**

### **FLUXOS DE ENERGIA E MATÉRIA**

Os fluxos de energia e matéria nos ecossistemas urbanos apresentam-se de modos substancialmente diferentes dos ecossistemas naturais. Terradas (2001) caracteriza as cidades como ecossistemas heterotróficos e, anteriormente, Odum (1988) apontava a necessidades de áreas externas para o abastecimento de energia e matéria nesses ecossistemas. (ANGEOLETTO,2008)

O ser humano, principal organismo dos ecossistemas urbanos, devido a aspectos culturais, necessita de uma quantidade de energia além daquela demandada para a manutenção dos seus processos vitais. A energia extra é utilizada, dentre outras coisas, para potencializar a capacidade de locomoção da espécie humana, controlar a luminosidade e a temperatura de ambientes construídos e produzir ferramentas e produtos essenciais para a manutenção da sociedade.

Essa energia requerida é obtida principalmente através de fontes não-renováveis, como os combustíveis fósseis. Por não existir redes claramente hierarquizadas de fluxos de energia, o ecossistema urbano caracteriza-se por ser um grande ambiente de concentração da mesma. Em comparação com demais ambientes naturais, as cidades apresentam uma quantidade muito maior de energia concentrada em unidades muito menores de espaço (MCINTYRE, KNOWLES-YÁNEZ E HOPE, 2000).

O fluxo de matéria também apresenta-se de forma irregular nos ecossistemas urbanos. A espécie humana, por suas características biológicas, encontra-se em um nível trófico elevado e, devido à proteção ofertada pela própria estrutura da cidade, não encontra predadores naturais dentro desses ambientes. Os alimentos consumidos por essa espécie tem origem, majoritariamente, em áreas externas às cidades. Essas áreas podem ser caracterizadas tanto por ambientes de produção dos alimentos, como as áreas rurais, quanto por ambientes de coleta do mesmo, como ecossistemas aquáticos e silvestres.

As áreas rurais apresentam-se como extensões de terra, com presença reduzida de estruturas urbanas, onde as dinâmicas ecológicas do ambiente são alteradas, de modo planejado, pelo ser humano. Essas alterações resumem-se, basicamente, na supressão da vegetação nativa, inserção ou retirada de nutrientes do solo, alterações nas características superficiais do mesmo e aumento da oferta hídrica. Dessa forma, o ambiente torna-se adequado para a criação, em larga escala, de produtores (plantas) e consumidores (animais domésticos pertencentes à dieta humana), criando-se, assim, os níveis tróficos essenciais para

que o ser humano obtenha suas fontes de alimentação. As áreas rurais são as fontes predominantes na obtenção de alimento na maioria dos ecossistemas urbanos.

Como outras fontes de obtenção de alimento, tem-se as áreas de pesca, relativas aos ecossistemas aquáticos, e os locais de coleta de frutos, relativos aos ecossistemas silvestres. Em alguns ecossistemas urbanos, essas formas de obtenção de alimento podem ter um valor quantitativo equivalente às fontes de alimentação provenientes do meio rural. A ação humana em larga escala nesses ambientes, embora não modifique efetivamente as características físicas do mesmo, interfere consideravelmente nas estruturas das teias alimentares, modificando o fluxo energético e de matéria.

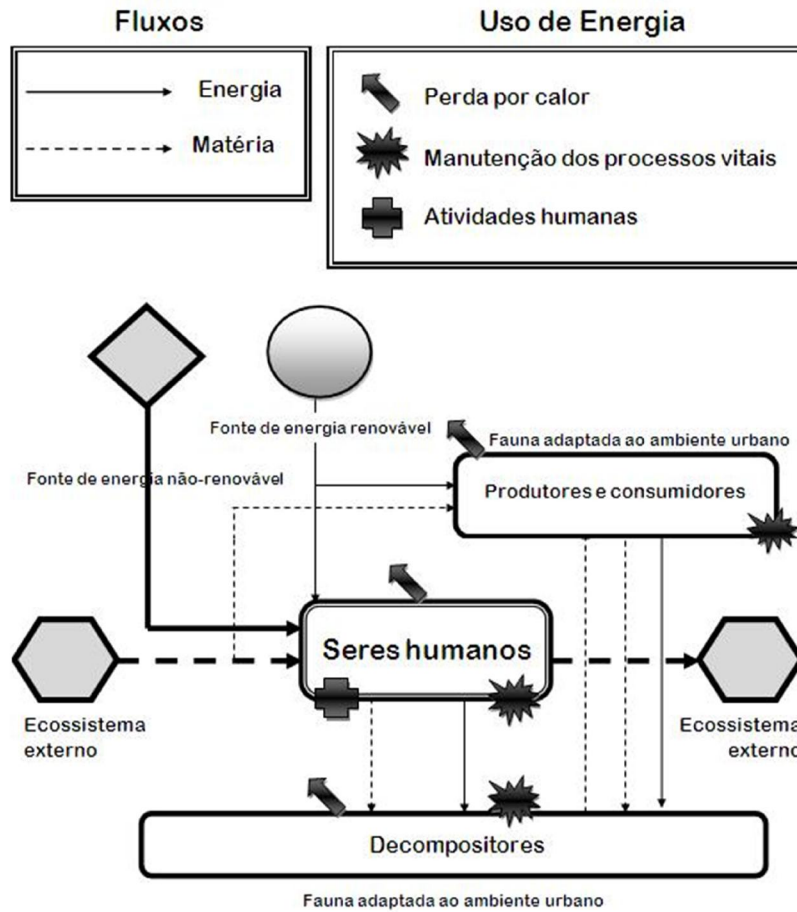
Após o estabelecimento das fontes de alimentação, a matéria obtida passa por uma série de processos que a transforma segundo as características culturais do ser humano. São exemplos desses processos o tratamento químico, o armazenamento, a embalagem, entre outros. Para tanto, são necessárias fontes extras de matéria. A própria construção e manutenção do espaço urbano também exigem essas fontes complementares. Portanto, tal como acontece com as entradas de energia, as entradas de matéria dentro de um ecossistema urbano atendem não apenas as necessidades básicas para manutenção das funções vitais das espécies, mas também as necessidades culturais e estruturais do ser humano.

As saídas de matéria dos ecossistemas urbanos ocorrem de modo muito mais intenso que nos ecossistemas naturais. As matérias orgânica e inorgânica não aproveitadas pelo ser humano são destinadas a áreas externas ao limite estrutural urbano, como aterros sanitários. Parte dessa matéria ainda recebe outras destinações, como a incineração, produzindo substâncias muitas vezes não presentes nas regiões atmosféricas locais e tóxicas para algumas comunidades de organismos. A matéria orgânica processada pelos organismos humanos e disposta no ambiente como resultado final do processo digestivo também é direcionada para fora do ecossistema urbano. Neste caso, a matéria é depositada em corpos hídricos, de modo a aproveitar os processos de autodepuração dos ecossistemas aquáticos, podendo ter sua carga de nutrientes previamente reduzida por processos de tratamento físico-químicos e biológicos.

A ciclagem de nutrientes, em comparação aos ecossistemas naturais, ocorre em escala muito baixa nos ecossistemas urbanos. A ação constante de decompositores dentro da cidade fica restrita a áreas onde a matéria orgânica pode ser disposta de maneira regular. Geralmente, essas áreas são aquelas livres da pavimentação asfáltica e demais camadas artificiais, como os gramados, áreas naturais preservadas e parcelas de solo não construído. A deposição de matéria orgânica nessas áreas é realizada, principalmente, pela flora e fauna

adaptada ao meio urbano. Paralelo a isso, algumas atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e a produção de alimentos, interferem no ciclo biogeoquímico de elementos como o carbono e o fósforo, em escalas que extrapolam os limites dos ecossistemas urbanos. De forma geral, os fluxos de energia e matéria nesses ecossistemas, considerando a fauna adaptada a esses ambientes, podem ser descritos de acordo com o quadro 5.

**Quadro 5:** Fluxos de energia e matéria em um ecossistema urbano



**Fonte:** Autor

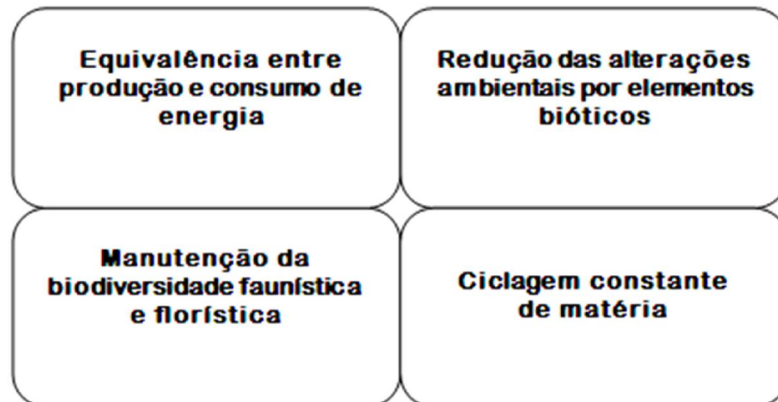
É importante destacar as dinâmicas de entrada e saída da energia e matéria utilizadas pela espécie humana, caracterizando o aspecto heterotrófico dos ecossistemas urbanos. As atividades antrópicas desempenham um papel fundamental no amadurecimento desses ecossistemas.

## **PROCESSOS DE AMADURECIMENTO**

A cidade se confronta constantemente com o processo de sucessão ecológica. Em ambientes aparentemente difíceis para o desenvolvimento de formas variadas de vida, como as estruturas urbanas de concreto, surgem comunidade de líquens e outros organismos pioneiros. Outros animais, como aves, também se utilizam dessas estruturas em seus fluxos migratórios, trazendo componentes de outros ecossistemas para o meio urbano. A poeira acumulada pelos ventos, a propagação de plantas em terrenos baldios, bem como em rachaduras e falhas nas redes viárias, entre outros fenômenos, ilustram a atuação dos agentes ambientais e biológicos no processo de sucessão ecológica.

No entanto, esses fenômenos não levam à maturidade do ecossistema urbano. Baseando-se na configuração atual da sociedade humana, o estágio de clímax nesse ecossistema está sujeito aos interesses antrópicos. Para melhor se compreender essa afirmação, deve-se considerar os elementos presentes no estágio de clímax de um ecossistema, conforme ilustrado no quadro 6:

**Quadro 6:** Elementos de um ecossistema em seu estágio de clímax



**Fonte:** Autor

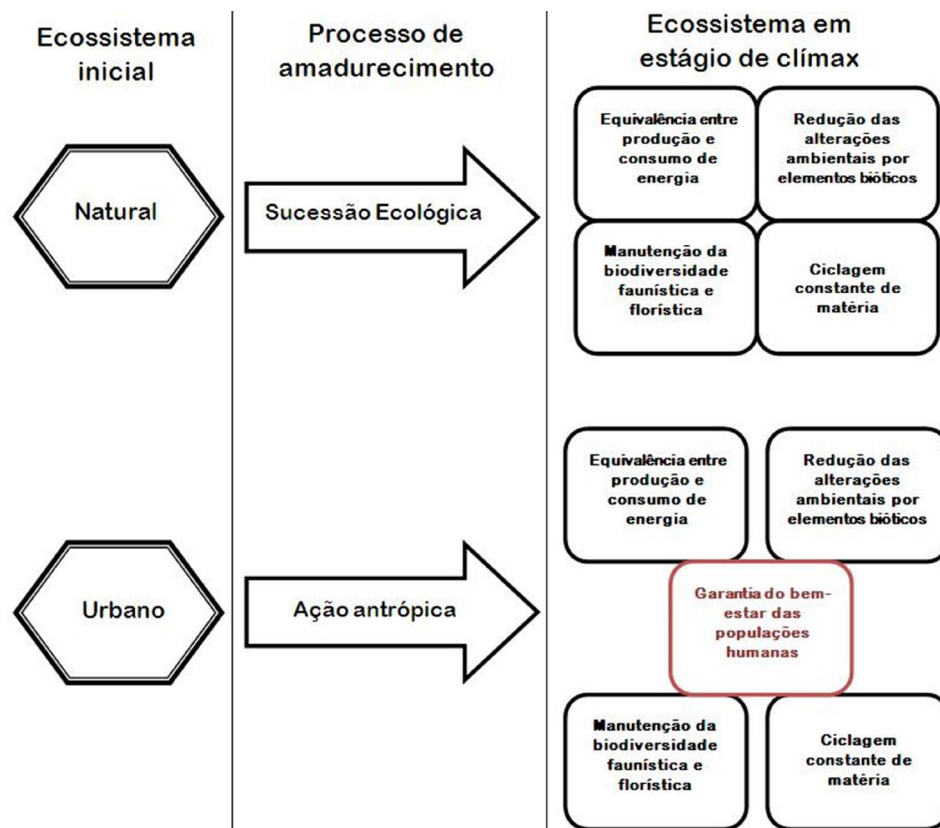
Nos ecossistemas naturais, a manutenção da biodiversidade resulta em um aumento de complexidade das teias alimentares, auxiliando a regulação entre a produção e o consumo de energia, além de melhor distribuí-la entre os diversos organismos. Similarmente, essa complexidade favorece a redução de alterações ambientais por fatores bióticos, possibilitando uma ciclagem constante de matéria.

Nos ecossistemas urbanos, a ausência de mecanismos hierarquizadores de energia exige que sejam elaboradas estratégias capazes de torná-la menos concentrada no ambiente, possibilitando também que a demanda energética seja equivalente ao consumo. Da mesma maneira, a ciclagem de matéria necessita ser promovida de modo mais intenso, com

exportações mínimas para os demais ecossistemas. Finalmente, as alterações ambientais por elementos bióticos e a manutenção da biodiversidade devem estar atreladas a condições capazes de garantir o bem-estar das populações humanas.

Dessa forma, o estágio de clímax em ecossistemas urbanos necessita necessariamente de processos antrópicos para ser atingido e deve, além disso, contemplar um elemento extra: a garantia do bem-estar das populações humanas. O quadro 7 ilustra as principais diferenças nos processos de amadurecimento de ambos os tipos de ecossistemas, bem como os elementos do estágio de clímax.

**Quadro 7:** Processos de amadurecimento em ecossistemas naturais e urbanos



Fonte: Autor

Dessa forma, a busca por cidades sustentáveis impõe à espécie humana, através de mecanismos de gestão e planejamento, orientar suas ações de tal forma a buscar o amadurecimento do ecossistema urbano incluindo, nesse processo, a manutenção do bem-estar. Diversas áreas do conhecimento humano são capazes de fornecer suporte nesse

processo, sendo que se destaca a Ecologia Urbana, com propostas atuais de abordagem sobre as relações entre ambiente construído, representado pelas cidades, e o ambiente natural.

### **LEVANTAMENTO DAS POTENCIALIDADES DA ECOLOGIA URBANA NO PLANEJAMENTO AMBIENTAL NAS CIDADES**

A Ecologia Urbana apresenta-se como uma vertente recente da Ecologia. Segundo Young (2009), sua concepção é resultado da busca histórica por marcos conciliadores entre a ecologia e a sociedade, principalmente na transição do século XIX para o século XX, em que o domínio das cidades sobre a cultura humana crescia. Dias (1997) ressalta que a Ecologia Humana e a análise ecossistêmica são elementos que estão na base formadora da Ecologia Urbana. O objetivo principal dessa área de estudos é compreender o comportamento do ambiente urbano em relação às dinâmicas naturais. Gilbert (1991) em sua obra “The Ecology of Urbans Habitats” divide o estudo ecológico do ambiente urbano de acordo com estruturas tipicamente urbanas como estradas, áreas industriais, parques, jardins, lagos, cemitérios e terrenos baldios. A partir desses locais são analisados elementos como o comportamento da fauna e da flora, aspectos energéticos, sucessões ecológicas e características hidrológicas.

Uma outra proposta para estudos em Ecologia Urbana é fornecida por Terradas (2001), que delimita quatro principais campos de atuação dessa área de estudos (ANGEOLLETO,2008), conforme ilustrado quadro 8:



**Quadro 8:** Campos de estudo da Ecologia Urbana

<p><b>Estudo do meio físico:</b> pesquisas sobre geomorfologia, substrato geológico e clima como fatores determinantes da atividade biológica nas cidades. Influem em diversas características dos ecossistemas urbanos, como, por exemplo, na composição vegetal mais adequada à arborização de um bairro.</p>
<p><b>Estudo das populações biológicas:</b> populações humanas podem ser estudadas sob pontos de vista diversos: demografia, etologia, saúde pública. O estudo de outras populações pode ser interessante para fins de controle de animais vetores de enfermidades. Comunidades vegetais podem ser estudadas para fornecer subsídios ao planejamento da arborização.</p>
<p><b>Estudo da estrutura e da evolução do ecossistema no espaço:</b> A evolução da estrutura do ecossistema pode ser estudada sob diferentes escalas. Por exemplo, o grau de impermeabilização de um bairro pode repercutir em escalas superiores (causando inundações).</p>
<p><b>Estudos relativos ao metabolismo material e energético dos ecossistemas:</b> quanta energia, quantos e que tipos de materiais entram, de que forma esses insumos são empregados dentro do ecossistema urbano e quanta energia e resíduos são exportados.</p>

**Fonte:** Adaptado de Terradas, 2001

Além de analisar as cidades com base nos campos exemplificados anteriormente, a Ecologia Urbana ainda realiza uma aproximação com o conceito de ecossistema. Alguns autores como Dias (1997) e Terradas (2001) adotam o conceito de ecossistema urbano em seus estudos de Ecologia Urbana. A análise ecossistêmica dos ambientes urbanos possibilita enxergar a relação entre diversos processos ecológicos, identificando pontos de ação para melhoria da qualidade ambiental. Uma outra vantagem dessa análise é a possibilidade de se bolar estratégias tendo em vistas processos típicos de ecossistemas, como o amadurecimento.

Conforme apresentado anteriormente, o amadurecimento dos ecossistemas urbanos fornece diversas vantagens para a manutenção da espécie humana, preservação da biodiversidade e conservação dos recursos naturais. Partindo dessa premissa, e do fato também abordado que o processo de amadurecimento depende da ação antrópica, os gestores

ambientes urbanos possuem, na Ecologia Urbana, ferramentas para atuarem no desenvolvimento de cidades mais sustentáveis.

Se o objetivo final do planejamento ambiental for o amadurecimento do ecossistema urbano, deve-se pensar em linhas de ação que atendam aos quatro elementos característicos do estágio de clímax: equivalência entre produção e consumo de energia, redução das alterações ambientais por elementos bióticos, manutenção da biodiversidade faunística e florística e ciclagem constante de matéria.

Cada uma dessas linhas de ação demanda de informações que podem ser disponibilizadas pelos estudos em Ecologia Urbana. A própria divisão elaborada por Jaume Terradas fornece eixos norteadores para a formulação de bases de dados fundamentais. A seguir, para cada característica presente no estágio de clímax dos ecossistemas urbanos, serão elencadas algumas linhas de ações e as respectivas contribuições trazidas pela Ecologia Urbana.

### **EQUIVALÊNCIA ENTRE PRODUÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA**

Buscar igualar a produção e o consumo de energia é uma estratégia que facilita as linhas de ações de demais elementos, como a ciclagem de matéria. O foco é troca das fontes energéticas e a redução do consumo. Como linhas de ação principais, têm-se:

- Incentivar a utilização de energia renovável, de baixo impacto ambiental;
- Desestimular gradativamente o uso de combustíveis fósseis;
- Incentivar a diminuição do consumo energético;

Através dos estudos relativos ao metabolismo energético dos ecossistemas urbanos, pode-se quantificar a quantidade de energia importada para os processos relativos aos aspectos culturais do ser humano e analisar as dinâmicas de sua distribuição dentro das cidades. Esses tipos de levantamento podem auxiliar a implementação de outros campos de estudo, como a Engenharia Ecológica que, segundo Ortega (2003), visa descrever o funcionamento energético de ecossistemas. A identificação de áreas com potencial para receber fontes alternativas de energia, como a eólica, também pode ser facilitada por meio da abordagem ecossistema do fluxo energético.

## **REDUÇÃO DAS ALTERAÇÕES AMBIENTAIS POR ELEMENTOS BIÓTICOS**

Essa característica auxilia a redução dos impactos provenientes, principalmente, da ação antrópica sobre o ambiente. Em um ecossistema urbano maduro, espera-se que as alterações do meio físico sejam minimizadas consideravelmente. Para tanto, faz-se necessário, principalmente:

- Incluir o zoneamento ambiental como ferramenta complementar aos mecanismos de ordenamento do uso e ocupação do solo;
- Solicitar a elaboração de estudos de impacto para empreendimentos com potencial significativo de impacto ao meio físico;

Diversos dados utilizados para o zoneamento ambiental podem ser disponibilizados por estudos em Ecologia Urbana. Por um lado, as análises do meio físico podem apontar áreas susceptíveis à erosão, bem como outras fragilidades ambientais. De outro, levantamentos de fauna e flora urbanos são ferramentas essenciais para a elaboração de estudos de impactos para empreendimentos futuros.

A análise da evolução histórica do uso e ocupação do solo também mostra-se importante para se conhecer o atual estado de consolidação de algumas funções ecológicas e orientar a formulação de estratégias capazes de diminuir o impacto das ações antrópicas nos ecossistemas urbanos. Grimm e Redman (2004), utilizando pesquisas ecológicas de longa duração dentro do foco ecossistêmico da Ecologia Urbana, realizaram um levantamento das alterações espaciais no território da Arizona Central desde 1912, elencando as consequências destas em variáveis ecológicas, como a concentração de nutrientes no solo de determinada área.

## **MANUTENÇÃO DA BIODIVERSIDADE FAUNÍSTICA E FLORÍSTICA**

Essa característica torna-se um grande desafio em áreas urbanas. A biodiversidade é fundamental para a manutenção da vida humana no planeta, sendo necessário que as cidades sejam planejadas para atuar não mais como ambientes dificultadores a diversidade biológica, mas, sim, ecossistemas propícios a manter e incrementar a variedade de espécies. As linhas de ação sugeridas são:

- Conservar e implementar áreas verdes variadas como parques, praças e remanescentes florestais;
- Conservar e implementar corredores ecológicos;
- Planejar adequadamente o processo de arborização urbana;
- Elaborar processos de educação ambiental capazes de abordar tópicos sobre a importância da biodiversidade;

Estudos de habitats urbanos apontaram para Gilbert (1991) que a variedade da fauna torna-se maior em cidades que apresentam áreas verdes em estágios diferentes de ocupação humana. Portanto, a biodiversidade em um ecossistema urbano fica sujeita não apenas a presença de áreas verdes totalmente preservadas, mas sim a uma combinação entre estas e áreas mais antropizadas.

Informações como essas são essenciais para as estratégias de manutenção da biodiversidade e sua perpetuação por ambos os tipos de ecossistema. A Ecologia de Paisagens, que busca compreender e relacionar diversos processos ecológicos em espaços territoriais diferentes, já traz contribuições importantes para o desenvolvimento do ambiente urbano atrelado a fatores ambientais do ambiente natural. Trabalhos de mapeamento da paisagem para o planejamento da expansão urbana com objetivos conservacionistas, desenvolvidos a partir de conceitos consolidados por autores como Richard Forman, podem ser auxiliados por estudos desenvolvidos no campo da Ecologia Urbana (ARAÚJO, 2010). Além dos estudos de Gilbert (1991), outras análises das condições da cidade para permitir o fluxo de animais silvestres podem fornecer parâmetros para a escolha de estratégias propostas pela Ecologia de Paisagens. O controle de vetores de doenças, conforme descrito anteriormente na tabela 01, também apresenta-se como uma contribuição importante do estudo biológico dos ecossistemas urbanos.

### **CICLAGEM CONSTANTE DE MATERIAIS**

Similarmente à questão energética, um dos focos desse elemento é a redução do consumo. A maior parte da matéria nos ecossistemas urbanos é utilizada para suprir necessidades culturais da espécie humana, sendo que mudança cultural deve acompanhar as estratégias para esse elemento. Como linhas de ação, têm-se:

- Desestimular gradativamente o consumo de matéria devido à fatores culturais humanos;

- Incentivar processos de geração mínima de resíduos;
- Aproveitar os resíduos gerados em processos dentro do ambiente urbano;

Os estudos relativos ao metabolismo material podem apontar as atividades onde se consome mais matéria, definindo os pontos de partida para ações futuras. De modo semelhantes, esses estudos podem indicar os padrões de consumo de determinado ecossistema urbano, também fornecendo a base para estratégias de redução. Projetos que visam recuperar e aproveitar nutrientes em parcelas do solo não ocupadas por camadas de pavimentação, como hortas urbanas, também podem ser embasadas por estudos ecológicos do meio físico.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A abordagem ecossistêmica do ambiente urbano mostra-se muito relevante para o estudo integrado da ação antrópica sobre o meio natural. Conhecer a estrutura dos ecossistemas naturais e urbanos, na verdade, tem se tornado crucial para o direcionamento das ações futuras de desenvolvimento das cidades. Como foi visto, a Ecologia Urbana apresenta potencial para fornecer informações capazes de auxiliar os processos de gestão do ambiente urbano.

O potencial de integração da Ecologia Urbana com áreas também recentes como a Ecologia de Paisagens e a Engenharia Ecológica apresenta-se como um fator importante para a disseminação dessa disciplina. As duas propostas de divisão para os campos de estudos apresentadas, tendo em Gilbert (1991) o foco de analisar fatores ecológicos em estruturas urbanas específicas ou em Terradas (2001) a delimitação dos campos conforme o metabolismo energético e as interações bióticas/abióticas do ambiente urbano, podem, ainda ser complementares, conforme as necessidades de cada cidade.

A percepção do ambiente urbano como um ecossistema, em que o processo de amadurecimento é sujeito as ações antrópicas e tem o potencial de trazer benefícios tanto para o equilíbrio dos demais ecossistemas quanto para a qualidade de vida da espécie humana, pode fornecer a base para reflexões acerca do próprio processo de planejamento ambiental, priorizando aspectos capazes de orientar o desenvolvimento de cidades sustentáveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSERALD, Henri. Discursos da sustentabilidade urbana. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**. Campinas, nº1, 1999

ANGEOLETTO, Fábio. **Pelos Quintais de Sarandi**: Ecologia Urbana e Planejamento Ambiental. Observatório das Metrôpoles. Núcleo da Região Metropolitana de Maringá. Disponível em <[http://www.cch.uem.br/observatorio/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=14&Itemid=58](http://www.cch.uem.br/observatorio/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=14&Itemid=58)>. Acesso em 07/06/2011.

ARAÚJO, Leandro Letti da Silva. **A Conservação Natural Como Parâmetro para o Planejamento do Território**: Aplicação dos Princípios da Ecologia de Paisagem em Área de Expansão Urbana no Município de São João da Boa Vista, SP. São Carlos: UFSCar, 2010

DIAS, Genebaldo Freire. **Elementos da Ecologia Urbana e sua Estrutura Ecológica**. Brasília: IBAMA, 1997

FORMAN, Richard T. T. **Urban Regions: ecology and planning beyond the city**. New York: Cambridge University Press, 2008.

FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. **Planejamento Ambiental para a Cidade Sustentável**. São Paulo: Annablume, 2001.

GILBERT, Oliver L. **The Ecology of Urban Habitats**. Londres: Chapman & Hall, 1991.

GRIMM, Nancy B. REDMAN, Charles L. Approaches to the Study of Urban Ecosystems: The Case of Central Arizona – Phoenix. **Urban Ecosystems**. Duluth, vol.7, nº3, pág.199-213, 2004.

MCINTYRE, Nancy E. KNOWLES-YANEZ, Kimberly. HOPE, D. Urban Ecology as an Interdisciplinary Field: Differences in the Use of “Urban” Between the Social and Natural Sciences. **Urban Ecosystems**. Duluth, vol.4, nº1, pág.5-24, 2000.

NUCCI, João Carlos. Origem e Desenvolvimento da Ecologia e da Ecologia da Paisagem. **Geografar**. Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, vol.2, nº1, pág.77-90, 2007. Disponível em <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/geografar/article/viewFile/7722/5896>>. Acesso em 05/06/2011.

ODUM, Eugene Pleasants. **Ecologia**. São Paulo: Guanabara, 1988.

ORTEGA, Enrique. **Engenharia Ecológica e Agricultura Sustentável**. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003. Disponível em <<http://www.fea.unicamp.br/docentes/ortega/livro/C01-EngEcol.pdf>>. Acesso em 16/05/2011.

SOAREZ DE OLIVEIRA, Ana Maria. Relação homem/natureza no modo de produção capitalista. **Scripta Nova, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**. Barcelona, Vol. VI, nº 119, 2002. Disponível em <<http://www.ub.es/geocrit/sn/sn119-18.htm>>.

TERRADAS, Jaume. **Ecología Urbana**. Barcelona: Rubes Editorial, 2001.

YOUNG, Robert F. Interdisciplinary Foudantions of Urban Ecology. **Urban Ecosystems**. Duluth, vol.12, nº3, pág.311-331, 2009.

## Capítulo 04

### Artigo 02 – Método Expedito para Análise da Qualidade Ambiental em Zonas Ripárias Urbanas

#### RESUMO

Desde o estabelecimento das primeiras cidades, as áreas marginais aos rios são amplamente incorporadas na produção do espaço urbano. Visando contribuir para a reversão dos impactos da urbanização sobre estas áreas, o trabalho apresenta um método expedito para análise da qualidade ambiental nas zonas ripárias urbanas. Foi definido um conjunto de variáveis interdisciplinares e critérios de análise, e foram coletados dados em córregos localizados em cidades distintas. Como resultados parciais, o estudo identificou dificuldades quanto ao procedimento de coleta de dados o que conduziu a alteração dos critérios de análise para o sistema canal fluvial-zona ripária.

**Palavras-chave:** recuperação fluvial, zonas ripárias urbanas, análise ambiental urbana

#### ABSTRACT

Since the establishment of the first cities, the riverbanks have been widely incorporated in the production of urban space. As a contribution towards a possible reversal of negative impacts of urbanization on these areas, we are developing a rapid method to analyze environmental quality in urban riparian zones. So far, we have defined a set of interdisciplinary variables and criteria and have simulated the collection of data in two rivers in distinct cities. As a result, we identified problems in the data collection procedure and proposed changes in the criteria used to analyze the river-riparian system.

**Keywords:** river rehabilitation, urban riparian zones, urban environmental analysis



## INTRODUÇÃO

A análise da cidade como um ecossistema foi e tem sido utilizada por diversos autores para a proposição de diretrizes de planejamento pautadas pela sustentabilidade (TERRADAS, 2001; NEWMAN E JENNINGS, 2008; NIEMELA et.al., 2012). Entre os diversos elementos a serem considerados por estas diretrizes, destacam-se, no processo de construção de cidades resilientes à mudanças climáticas e desastres naturais, a apropriação do espaço urbano com técnicas de baixo impacto ambiental e a conservação da diversidade biológica e dos serviços ecossistêmicos.

Em uma escala global, as cidades ainda ocupam uma pequena parcela do território. No entanto, as preocupações em relação aos problemas ambientais presentes no ambiente urbano ou decorrentes da expansão do espaço urbanizado não são reduzidas. McDonald et. al (2008), ao analisar uma série de previsões de crescimento das populações urbanas, observou uma tendência crescente das áreas urbanizadas em se aproximar de espaços de conservação da biodiversidade. Neste contexto, dentre as estratégias para adaptar a produção do espaço urbano com a conservação da diversidade biológica, destacam-se os corredores ecológicos e as redes de infraestrutura verde (PARKER et.al., 2008; KONG et.al., 2010; MADUREIRA et.al., 2011). Um dos desafios para a implantação e gestão destas estruturas é a compatibilização entre as características ecológicas necessárias para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos e as características urbanas fundamentais para a garantia do bem-estar das populações humanas.

No Brasil, esse conflito é evidente em um tipo de área legalmente protegida presente no ambiente urbano, instituída em 1965 através do Código Florestal: as áreas de preservação permanente (APPs) marginais aos rios. Estas áreas, cujos tamanhos dependem da largura dos rios englobados por elas, são a principal forma de proteção das zonas ripárias, descritas por Naiman et al. (2005) como ambientes dinâmicos e caracterizados por fortes regimes energéticos, alta heterogeneidade de habitats e grande diversidade de processos ecológicos. Conforme reforçado pela última redação do Código Florestal (Lei Federal N.12.651/2012), as APPs possuem diversas funções socioecológicas, como facilitar o fluxo gênico de flora e fauna e garantir o bem-estar das populações humanas. Logo, o uso do solo nestas áreas é restrito a atividades de interesse social e baixo impacto ambiental (e.x. captação de água e abertura de trilhas para ecoturismo).

No entanto, em todo o país, os processos de urbanização em fundos de vales e os conflitos de interpretação entre o Código Florestal e as legislações urbanísticas levaram a situações onde as APPs, mesmo instituídas legalmente, foram suprimidas (e.x. implantação de

sistema viário) ou mantidas com uma série de estruturas urbanas prejudiciais a sua funcionalidade ecológica (e.x. canais de concreto nas margens de rios). Como forma de promover a ocupação antrópica destas áreas em compatibilidade com a manutenção da biodiversidade e recuperar esta compatibilização em áreas já ocupadas, o presente trabalho tem como objetivo estruturar um método expedito para análise da qualidade ambiental dos sistemas rio-zona ripária, compreendidos pela APPs.

Foram definidas variáveis que englobam o canal de drenagem do rio e a zona ripária fundamentadas em duas questões: (1) quais os processos antrópicos geradores de impactos negativos para a biodiversidade da fauna aquática e a biodiversidade florística da zona ripária? e (2) quais as ações necessárias para tonar o sistema rio-zona ripária mais atrativo às populações urbanas, promovendo a ocupação de baixo impacto ambiental? Acredita-se que o método possa ser utilizado pelo poder público local como guia para as primeiras tomadas de decisão em favor da recuperação e manutenção da qualidade ambiental das APPs, conformando-se, desse modo, com as diretrizes de gestão focadas na sustentabilidade urbana.

## **MÉTODOS**

A pesquisa está sendo desenvolvida em quatro fases: (1) exploratória, (2) experimental, (3) analítica e (4) conclusiva. A fase exploratória, atualmente desenvolvida, é composta por 05 objetivos: dois já cumpridos, um parcialmente cumprido e dois a serem cumpridos. Os detalhes de cada objetivo desta fase são descritos a seguir.

*Objetivo 01 - Aprofundamento conceitual dos temas fundamentais ao desenvolvimento do método expedito*

Para compreender os diversos aspectos envolvidos nos conflitos socioambientais existentes nas APPs urbanas marginais aos rios e formar uma base conceitual para a estruturação do método expedito, foram definidos alguns temas a partir de revisão bibliográfica como: (i) a proteção ambiental de espaços territoriais, (ii) proteção de ecossistemas ripários, (iii) ecologia urbana, (iv) processos de urbanização em fundos de vales e (v) aspectos legais das áreas de preservação permanente.

*Objetivo 02 – Levantamento inicial de variáveis, atributos, critérios de análise e procedimentos de investigação*

As variáveis e demais elementos inicialmente levantados para a estruturação do método contemplaram aspectos da engenharia civil (modificações estruturais no canal de drenagem fluvial e na zona ripária), da ecologia (prejuízos à fauna e flora e conexão de áreas com maior nível de preservação ambiental). O quadro 09 apresenta as variáveis e elementos considerados para o canal de drenagem fluvial.

**Quadro 9:** Variáveis e elementos relativos ao canal de drenagem fluvial

<b>Variável</b>	<b>Atributo</b>	<b>Critério</b>	<b>Procedimento de coleta</b>
Tamponamento	Ausente	Ausência	Verificação <i>in loco</i>
	Presente	Presença	
Retificação	Ausente	Ausência	Verificação <i>in loco</i>
	Presente	Presença	
Barramento	Ausente	Ausência	Verificação <i>in loco</i>
	Presente	Presença	
Assoreamento	Ausente	Ausência	Verificação <i>in loco</i>
	Presente	Presença	
Despejo de águas pluviais	Ausente	Ausência	Verificação de emissão <i>in loco</i> e de tratamento da fonte emissora
	Presente, sem tratamento	Adequação à Resolução CONAMA N.357/2005	
	Presente, com tratamento		
Despejo de águas residuais	Ausente	Ausência	Verificação de emissão <i>in loco</i> e de tratamento da fonte emissora
	Presente, de origem doméstica, com tratamento	Adequação à Resolução CONAMA N.357/ 2005	
	Presente, de origem doméstica, sem tratamento		
	Presente, de origem industrial, com tratamento		
	Presente, de origem industrial, sem tratamento		

**Fonte:** Autor.

Com a adoção inicial destas variáveis, considerou-se impactos negativos à configuração física do canal fluvial e à qualidade da água, assim como os prejuízos ecológicos e hidrológicos resultantes (e.x. perda de fauna aquática, aumento da velocidade de escoamento). Em relação à zona ripária, foram elencadas inicialmente as variáveis e elementos apresentados no quadro 10:

**Quadro 10:** Variáveis e elementos relativos à zona ripária

Variável	Atributo	Critério	Procedimento de Coleta
Impermeabilização do solo	Baixa	Até 1/3 da área impermeabilizada	Análise de imagens de satélite e/ou fotografias aéreas
	Média	De 1/3 a 2/3 da área impermeabilizada	
Impermeabilização do solo	Alta	Acima de 2/3 da área impermeabilizada	Análise de imagens de satélite e/ou fotografias aéreas
Processos erosivos	Ausentes	Ausência	Verificação <i>in loco</i>
	Presentes	Presença	
Cobertura vegetal	Ausente	Ausência	Análise de imagens de satélite e/ou fotografias aéreas e verificação <i>in loco</i>
	Presente, mas sem espécies arbustivas ou arbóreas	Presença de cobertura vegetal e ausência de espécies de porte arbustivo e/ou arbóreo	
	Predominantemente arbustiva	Predomínio de vegetação de porte arbustivo	
	Predominantemente arbórea	Predomínio de vegetação de porte arbóreo	
Espécies vegetais invasoras	Ausentes	Ausência	Observação <i>in loco</i>
	Baixa	Presença de espécies invasoras, mas com predomínio de espécies nativas	
	Média	Quantidade de espécies nativas e invasoras aproximadamente equivalentes	
	Alta	Predomínio de espécies invasoras	

(continua na página seguinte)

(continuação do quadro 10)

Espécies vegetais exóticas	Ausentes	Ausência	Observação <i>in loco</i>
	Baixa	Presença de espécies exóticas, mas com predomínio de espécies nativas	
Espécies vegetais exóticas	Média	Quantidade de espécies nativas e exóticas aproximadamente equivalentes	Observação <i>in loco</i>
	Alta	Predomínio de espécies exóticas	
Possibilidade de conectividade	Baixa	Ausência de proximidade com área verde pública	Análise de imagens de satélite e/ou fotografias aéreas
	Média	Presença de área verde pública próxima a faixa correspondente a APP	
	Alta	Presença de área verde pública dentro da faixa correspondente a APP	

**Fonte:** Autor

Para as variáveis e elementos da zona ripária, identificou-se aqueles que indicassem a biodiversidade florística, as principais ações antrópicas geradoras de impactos negativos ao ambiente físico e as possibilidades de acesso de baixo impacto das populações urbanas através de outras áreas verdes públicas.

*Objetivo 03 - Análise da pertinência das variáveis e demais elementos inicialmente adotados*

Atualmente, a pesquisa encontra-se nos procedimentos de conclusão deste objetivo. Por meio dele, busca-se identificar dificuldades dos procedimentos de coleta das variáveis e elementos levantados, bem como verificar a necessidade de se considerar outras variáveis para a avaliação da qualidade ambiental das zonas ripárias e do canal de drenagem fluvial. Para isso, foram realizadas simulações dos procedimentos de coleta em dois córregos presentes em cidades distintas. Como critérios de escolha dos córregos, levou-se em consideração a localização destes em municípios com diferentes valores de área urbanizada e número de habitantes. Para os córregos escolhidos, foram selecionados trechos do canal de drenagem fluvial e da zona ripária com diferentes níveis de modificação antrópica. Estes

trechos não seguiram uma medida padrão de comprimento e a largura foi considerada com base nos valores descritos na Lei Federal N.12.651/2012. Logo, a largura para análise foi de 30 metros em todos os trechos, contados a partir da borda da calha do leito regular.

A primeira simulação foi realizada no córrego Campestre, localizado no município de Lins, estado de São Paulo. A região urbanizada de Lins possui uma área de, aproximadamente, 20 km<sup>2</sup> e, segundo dados do IBGE (2010a), a população residente no município em 2010 era de 71.432 habitantes. Dentre os córregos presentes no município, o Campestre é o que apresenta maior extensão na malha urbana.

A segunda simulação foi realizada no córrego Santa Maria do Leme, no município de São Carlos, estado de São Paulo. A área urbanizada do município é de, aproximadamente, 67,25 km<sup>2</sup> e a população, em 2010, era de 221.950 habitantes (IBGE, 2010b). O córrego localiza-se em uma região de expansão urbana, situada entre duas zonas de ocupação condicionada e uma zona de ocupação induzida (São Carlos, 2005). As figuras 05 e 06 indicam, respectivamente, o posicionamento dos córrego dentro da área urbanizada e indica os trechos escolhidos para a simulação.

**Figura 5:** Córrego Campestre e trechos selecionados para análise



Fonte: Autor

**Figura 6:** Córrego Santa Maria do Leme e trechos selecionados para análise



**Fonte:** Autor

Os resultados obtidos em ambas as simulações são descritos no item (Resultados e Discussão)

*Objetivo 04 – Estruturação do método expedito*

Após a análise da pertinência das variáveis e elementos, o passo seguinte será estruturar o método adotando, como referenciais, alguns trabalhos desenvolvidos em âmbito nacional e internacional, como (AMORIM, 2004; JUNQUEIRA E SILVA, 2008; EUROPEAN COMISSION, 2004; GURNELL E SHUKER, 2011)

*Objetivo 05 - Identificação de uma área de estudo para validação do método expedito*

Para que o método possa ser validado, se faz necessária a escolha de uma área para analisar os resultados da aplicação em relação a parâmetros físico-químicos qualitativos da água, como turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), pH e concentração de nutrientes. A escolha destes parâmetros é devida à interferência direta destes nos níveis de biodiversidade aquática, contribuindo mais rapidamente para o desequilíbrio dos ecossistemas lóticos.

Preferencialmente, o objeto adotado deve ser dividido em, pelo menos, três trechos com níveis distintos de modificação antrópica, semelhante aos córregos adotados anteriormente para o processo de simulação de coleta de dados. Assim como nas simulações, a largura dos trechos deve ser baseada nos valores instituídos pela Lei Federal N.12.651/2012. Os dados dos parâmetros físico-químicos, necessários para validação, serão obtidos de modo direto, por meio da coleta nos trechos selecionados.

Após a conclusão da fase exploratória, dá-se início à fase experimental, cujos objetivos são a aplicação do método expedito no objeto de estudo selecionado e a coleta de dados dos parâmetros físico-químicos. Concluídos estes objetivos, a fase analítica indicará os resultados obtidos para sistematização e análise. Finalmente, na fase conclusiva torna possível o estabelecimento das conclusões finais da pesquisa que possibilitarão sua aplicação.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultados, são apresentados os dados coletados nas simulações nos córregos Campestre e Santa Maria do Leme, que também indicam algumas das dificuldades encontradas durante os processos e as possibilidades para o método a ser estruturado.

Para o córrego Campestre, obtivemos os valores descritos no quadro 11.

**Quadro 11:** Dados atribuídos às variáveis identificadas para o córrego Campestre

<b>Corpo hídrico: Córrego Campestre</b>			
<b>Canal de drenagem</b>			
<b>Trecho</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Variável</b>	<b>Atributo</b>		
Canalização	Ausente	Presente	Ausente
Tamponamento	Ausente	Presente	Ausente
Retificação	Presente	Presente	Ausente
Barramento	Ausente	Ausente	Ausente
Assoreamento	Presente	Presente	Presente
Despejo de águas pluviais	Presente, sem tratamento	Presente, sem tratamento	Presente, sem tratamento
Despejo de águas residuais	Ausente	Ausente	Ausente

(continua na página seguinte)



(continuação do quadro 11)

<b>Zona ripária</b>			
<b>Variável</b>	<b>Atributo</b>		
Impermeabilização do solo	Média	Alta	Baixa
Processos erosivos	Presente	Presente	Presente
Cobertura vegetal	Presente, mas sem espécies arbustivas ou arbóreas	Presente, mas sem espécies arbustivas ou arbóreas	Presente, predominantemente arbórea
Espécies vegetais invasoras	Ausente	Ausente	Baixa
Espécies vegetais exóticas	Ausente	Ausente	Baixa
Possibilidade de conectividade	Alta	Média	Alta

Fonte: Autor

Para o córrego Santa Maria do Leme, os resultados obtidos são apresentados no quadro 12.

**Quadro 12:** Dados atribuídos às variáveis identificadas para o córrego Santa Maria do Leme

<b>Corpo hídrico: Córrego Campestre</b>			
<b>Canal de drenagem</b>			
<b>Trecho</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Variável</b>	<b>Atributo</b>		
Canalização	Ausente	Presente	Ausente
Tamponamento	Ausente	Presente	Ausente
Retificação	Presente	Presente	Ausente
Barramento	Ausente	Ausente	Ausente
Assoreamento	Presente	Presente	Presente
Despejo de águas pluviais	Presente, sem tratamento	Presente, sem tratamento	Presente, sem tratamento
Despejo de águas residuais	Ausente	Ausente	Ausente
<b>Zona ripária</b>			
<b>Variável</b>	<b>Atributo</b>		
Impermeabilização do solo	Média	Alta	Baixa

(continua na página seguinte)

(continuação do quadro 12)

Processos erosivos	Presente	Presente	Presente
Cobertura vegetal	Presente, mas sem espécies arbustivas ou arbóreas	Presente, predominantemente arbórea	Presente, predominantemente e arbórea
Espécies vegetais invasoras	Ausente	Ausente	Baixa
Espécies vegetais exóticas	Ausente	Ausente	Baixa
Possibilidade de conectividade	Alta	Média	Alta

Fonte: Autor

Durante a coleta de dados no canal de drenagem fluvial de ambos os córregos, foram observadas dificuldades em identificar a quantidade de material assoreado no leito do rio, que era, de fato, proveniente do ambiente urbano, e não resultante do carreamento das áreas erodidas em solo rural. No córrego Santa Maria do Leme, a identificação de canalização nas margens nem sempre foi clara, uma vez que os trechos 01 e 02 apresentavam apenas uma das margens canalizadas ou, ainda, apenas parcelas de uma mesma margem. Ainda no Córrego Santa Maria do Leme, as estruturas com gabiões foram preferencialmente utilizadas para a canalização, enquanto o córrego Campestre apresentou, no trecho 02, estruturas com pedras e concreto.

Apresenta-se, a seguir, propostas para alterações tendo-se em vista a melhoria dos procedimentos de coleta em relação ao canal de drenagem fluvial

- Para a análise do assoreamento, avaliar trechos a montante das áreas marginais urbanizadas, verificando a ocorrência de material depositado nestes locais. A partir daí, estabelecer parâmetros de medida para que o agente responsável pela aplicação do método possa, com base na diferenciação visual deste material, identificar se as contribuições urbanas são predominantes. Também se torna interessante considerar uma análise espacial mais aprofundada da bacia na qual o córrego se insere, para verificar os usos predominantes de solo e identificar pontos de maior erosividade.

- Para a canalização, considerar como canalizados apenas os trecho de análise cuja as estruturas de canalização ocupem 50% ou mais de seu comprimento;

- Ainda para a canalização, considerar pesos de análise diferentes para as estruturas com gabiões e concreto. O principal motivo da diferenciação são os impactos reduzidos ocasionados pelas estruturas de gabiões na velocidade de escoamento e nas interações químicas com a água

Em relação à zona ripária, a maior dificuldade se deu no reconhecimento de espécies exóticas e invasoras e a maneira de se avaliar a predominância destas, principalmente nos trechos 03 de ambos os córregos, onde a área arborizada é mais expressiva. O processo de identificação de processos erosivos trouxe dúvidas se seriam consideradas erosões laminares, em sulco, ou ambas. Ainda foram observados a presença de impactos não pensados previamente, como a presença de resíduos sólidos dispostos pelas populações locais.

As seguintes alterações são propostas para a melhoria dos procedimentos de coleta nestas áreas:

- Formulação de um guia de campo para a identificação de espécies exóticas e invasoras e proposição de critérios mais fácil de serem verificados pelo agente aplicador do método. Os critérios, nestes casos, poderiam ser simplesmente ausência ou presença de espécies invasoras e/ou exóticas, com identificação dos trechos de maior ocorrência

- Para os processos erosivos, considerar tanto erosões laminares como em sulcos, especificando os tipos predominantes nos trechos de análise e atribuindo pesos diferentes para ambas no método;

- Considerar como variável a deposição de resíduos sólidos, atribuindo pesos maiores para aqueles com tempo de decomposição mais longo.

## **CONCLUSÕES**

A análise e os resultados das simulações e das dificuldades encontradas durante o processo remetem ao aperfeiçoamento do método, pautando-se pela manutenção de seu caráter expedito e privilegiando as análises visuais *in loco*. A limitação para este tipo de método diz respeito a simplificação da análise de processos socioecológicos mais complexos, o que pode levar a considerações errôneas sobre a qualidade ambiental local.

No entanto, o objetivo principal é fornecer as primeiras diretrizes para um processo maior de recuperação e manutenção da qualidade ambiental. A tomada de decisões não deve ser pautada pela simples aplicação do método expedito e isto deve estar claro aos

agentes envolvidos. Uma das possibilidades de tornar o método mais eficiente em relação à tomada de decisões pode ser a proposição, com base nos resultados obtidos, de outras análises a serem realizadas, considerando os pontos críticos de cada canal de drenagem fluvial e zona ripária avaliada.

## REFERÊNCIAS

**BETTLESS, R. & BLAIN, V.** DECISION SUPPORT FRAMEWORK FOR ASSESSING AND MANAGING URBAN RIVER REHABILITATION. Urban River Basin Enhancement Methods, 2005. Disponível em: <[http://www.urbem.net/WP9/WP5\\_9\\_FINAL.pdf](http://www.urbem.net/WP9/WP5_9_FINAL.pdf)>. Acesso em 17/08/12.

**GURNELL, A & SHUKER, L.** URBAN RIVER SURVEY MANUAL. The Urban River Survey, 2011. Disponível em: <[http://www.urbanriversurvey.org/static/documents/urs\\_v4\\_manual.pdf](http://www.urbanriversurvey.org/static/documents/urs_v4_manual.pdf)>. Acesso em 17/08/12.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).** CENSO DEMOGRÁFICO 2010 - RESULTADOS GERAIS DA AMOSTRA PARA O MUNICÍPIO DE LINS, SP. IBGE Cidades@, 2010. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/csv.php?tabela=sinopse\\_censo2010&codmun=352710&nomemun=Lins](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/csv.php?tabela=sinopse_censo2010&codmun=352710&nomemun=Lins)>. Acesso em 20/08/12

**INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).** CENSO DEMOGRÁFICO 2010 - RESULTADOS GERAIS DA AMOSTRA PARA O MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS, SP. IBGE Cidades@, 2010. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/csv.php?tabela=sinopse\\_censo2010&codmun=354890&nomemun=S%E3o%20Carlos](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/csv.php?tabela=sinopse_censo2010&codmun=354890&nomemun=S%E3o%20Carlos)>. Acesso em 20/08/12

**JUNQUEIRA,C.A.R & SILVA,R.S.S.** AVALIAÇÃO AMBIENTAL APLICÁVEL A BACIAS HIDROGRÁFICAS EM MEIO URBANO – ANÁLISE DOS MÉTODOS AMORIM & CORDEIRO, PESMU E SWAT. Revista de estudos ambientais. Blumenau: v.10, p.6-23, 2008

**KONG,F. & YIN,H. & NAKAGOSHI,N & ZONG,Y.** URBAN GREEN SPACE NETWORK DEVELOPMENT FOR BIODIVERSITY CONSERVATION – IDENTIFICATION BASED ON GRAPH THEORY AND GRAVITY MODELING. Landscape and Urban Planning. Nova York: v 95, p.16-27, 2010.

**MADUREIRA,H & ANDRESEN,T. & MONTEIRO,A.** GREEN STRUCTURE AND PLANNING EVOLUTION IN PORTO. Urban Forestry & Urban Greening. Nova York: v.10, p.141-149, 2011

**MCDONALD,R.I. & FORMAN,R.T.T. & KAREIVA,P. & NEUGARTEN,R. & SALZER,D. & FISHER, J.** URBAN EFFECTS, DISTANCE, AND PROTECTED AREAS IN AN URBANIZING WORLD. Landscape and Urban Planning, 93, 63-75, 2008.

**NAIMAN,R.J & DECAMPS,H. & MCCLAIN,M.E.** RIPARIA - ECOLOGY, CONSERVATION AND MANAGEMENT OF STREAMSIDE COMMUNITIES. Nova York: Academic Press, 2006

**NEWMAN,P. & JENNINGS,I.** CITIES AS SUSTAINABLE ECOSYSTEMS – PRINCIPLES AND PRATICES. Nova York: Island Press, 2008.

**NIEMELA,J. & BREUSTE,J.H. & GUNTENSPERGEN, G. & MCINTYRE,N.E. & ELMQVIST,T. & JAMES, P.** URBAN ECOLOGY – PATTERNS, PROCESSES AND APPLICATIONS. Nova York: Oxford University Press (USA), 2012

**PARKER,K & HEAD,L & CHISHOLM,L.A & FENELEY,N.** A CONCEPTUAL MODEL OF ECOLOGICAL CONNECTIVITY IN THE SHELLHARBOUR LOCAL GOVERNMENT AREA, NEW SOUTH WALES, AUSTRALIA. Landscape and Urban Planning. Nova York: v.86, p. 47-59, 2008

**SÃO CARLOS.** PLANO DIRETOR DE SÃO CARLOS – MACROZONEAMENTO DO MUNICÍPIO. Prefeitura Municipal de São Carlos, 2005. Disponível em: <[http://www.saocarlos.sp.gov.br/images/download/habitacao/Anexo01\\_Macrozonas.pdf](http://www.saocarlos.sp.gov.br/images/download/habitacao/Anexo01_Macrozonas.pdf)>. Acesso em: 21/08/12

**TERRADAS,J.** ECOLOGÍA URBANA. Barcelona: Rubes, 2001

### Artigo 03 - Environmental analysis of springs in urban areas: a methodological proposal

#### ***ABSTRACT***

The springs located in urban areas are the outpouring of surface water, which can serve as water supply, effluent receptors and important local macro-drainage elements. With unplanned occupation, non-compliance with environmental legislation and the importance of these water bodies, it is vital to analyze the springs within urban areas, considering the Brazilian forest code. This paper submits an analysis and discussion methodology proposal of environmental compliance functions of urban springs, by means of G.I.S. - Geographic Information System analysis - and *in situ* analysis. The case study included two springs which exhibit a history of occupation along its length, with different degrees of impact. The proposed method is effective and easy to apply, representing a powerful tool for analyzing the environmental conditions of springs in urban areas.

**Keywords** — Springs, urban area, Brazilian forest code.

#### **INTRODUCTION**

Streams have always played a central role in the development of cities. They are also landscape elements that are highly vulnerable to a number of hydrological, morphological and ecological modifications intensified by urbanization processes. Of these modifications, reference [1] emphasizes the basin's impermeability, the structural changes in the river channel, the disposal of rainwater and sewage laden with sediments, nutrients and other contaminants, and the loss of native biota and habitats.

Similar to the threats to these water bodies, the riparian ecosystems are also threatened by local changes imposed by urbanization. These ecosystems can be described as those occurring at the interface between the lotic systems [rivers and streams] and uplands, exhibiting specific pedological, hydrologic and vegetative characteristics. Reference [2] also indicates that the ecological processes of the riparian ecosystems have high habitat heterogeneity and high diversity. Within the landscape ecology context, the areas that encompass these ecosystems, as well as the streams, have the potential to act as linear connection elements within a fragment-corridor-matrix model [3].

Among the legal strategies to protect streams, springs and riparian ecosystems, there is the demarcation of conservation areas or low impact management. In the customary terminology, the terms “riparian management zone”, “riparian forested buffer strip”, “stream buffer zone” and “protected stream corridor” are highlighted [4]. In Brazil, the correlated protection term is the permanent preservation area (PPA), legally established in 1965 by the Forest Code and restructured by provisional measures in 1989 and 2001. In 2012 a new version of the Forest Code was enacted, which delimits the current criteria for implementing the PPAs. According to the law, these areas are demarcated by measures that vary according to the characteristics of the water body. For springs, the PPAs must have a of 50 meter radius of protection from the water flow point [5].

For streams, the areas must be delineated at the edge of the regular channel by measures that vary depending on the width of the river channel, starting from 30 meters for small streams (of up to 10 meters wide), up to 500 meters for large rivers (greater than 600 meters wide).

The PPAs management principle is the total preservation or restoration of natural conditions. Legally, these areas can only undergo interventions in the case of public utility or social interest, however only through an evaluation by the responsible environmental agencies, in order to minimize the negative ecological effects.

However, despite this protection system, the springs located in urban areas undergo environmental impacts, namely housing (e.g., impermeability of recharge areas, local topography changes), planning strategies that disregard their ecological importance (e.g., due to spatial restriction by roads and diffuse pollution), and urban population lots that are unaware of their environmental value (e.g., solid waste disposal). In order to reverse these impacts and contribute toward improving the environmental protection mechanisms of springs in urbanized territory, this paper proposes, as an assistance tool for environmental management, an expeditious analysis method for potential environmental impacts of PPAs at urban valley bottoms. The method was applied to two springs that have different characteristics of urban human intervention, and analyzed from an effective data collection perspective and representativeness of the variables listed.

## **METHODOLOGY**

The proposed method is under development by PAVEZZI-NETTO, M. and SILVA, RS within the scope of a Postgraduate research program in Urban Engineering, São Carlos Federal University (UFSCar).

This is an assessment of the potentiality of the APPs of urban springs and streams to consistently comply with various environmental functions in order to ensure the well-being of human populations, as legally determined by the Brazilian Forest Code (Federal Law No. 12.651/2012).

The theoretical basis of the method related the ecological functionality study of the riparian zones, and their importance in preserving the environmental quality of water bodies and stream biodiversity. Other methods were studied to consolidate the practical aspects, developed for quality analysis of riparian zones and urban water resources, emphasizing the Quality Riparian Index [6] and the Urban River Survey [7].

The method addresses variables related to permeability, human intervention and vegetable strata composition, which can contribute to compliance with the following environmental functions: preservation of water resources, preservation of aquatic and floristic biodiversity, assistance in gene flow aquatic fauna and flora, landscape preservation and soil protection in terms of erodibility.

To analyze the springs, these are divided into four quadrants, considering a radius perimeter of 50 meters, and starting from the initial discharge point, as legally determined by the Brazilian Forest Code.

The data collection process in the sections consists of two stages: aerial imagery analysis using Geographical Information System (GIS), and subsequent *in situ* verifications, with photographic records and notes on the peculiarities of each quadrant analyzed.

Based on aerial images and annotations of each section, a field form is filled out for each fraction, to obtain the following data:

- Area percentage:

A - Of impervious areas;

B - Of permeable areas;

C - Of vegetal cover considering only the herbaceous layer;

D - Of vegetal cover considering only shrub-tree strata;

There is a gradation in the items described above due to delimitation, in GIS environment, in which the one applying the form must select whether this percentage is of up to 5% (representing the score of 0 points), from 6 to 25% (1 point), from 26 to 50% (2), from 51 to 75% (3), from 76 to 95% (4), and higher than 96% (5 points).



E - State of vegetal cover regeneration in shrub and tree strata, provided that:

- The vegetal cover of the strata has an occurrence of 5% or less in the permeable areas (representing the score of 0 points);
- Absence of forest formation and distance between individuals greater than 3 meters (1 point);
- Absence of forest formation and distance among individuals less than 3 meters (2 points);
- Formation of secondary forest, at pioneer or initial regeneration stage (3 points);
- Formation of secondary forest at middle or advanced regeneration stage (4 points);
- Formation of primary forest with no human intervention (5 points);

With the completed form and respective values, a template-form is used, where the characteristics are stratified by score and each score has a color that represents its potential to comply with its environmental functions.

The preservation aspects of the water resources, aquatic biodiversity and aquatic fauna gene flow are evaluated by the sum of factors B, C and D. Its score ranges from 0 to 15 points, going from critical condition to ideal condition in 5 strata values. E For the preservation functions of vegetal biodiversity, landscape and gene flow flora assistance, the sum of factors B, C, D and E is considered. This score ranges from 0 to 20 points and the evaluative conditions are identical to the previous one. For the soil preservation function factors A, C, D and E must be added up, which can represent a summation of 0 to 20, and the evaluation condition similar to the previous ones. Table 1 shows the five evaluative strata of potential compliance with environmental functions, as well as the score of each environmental function:

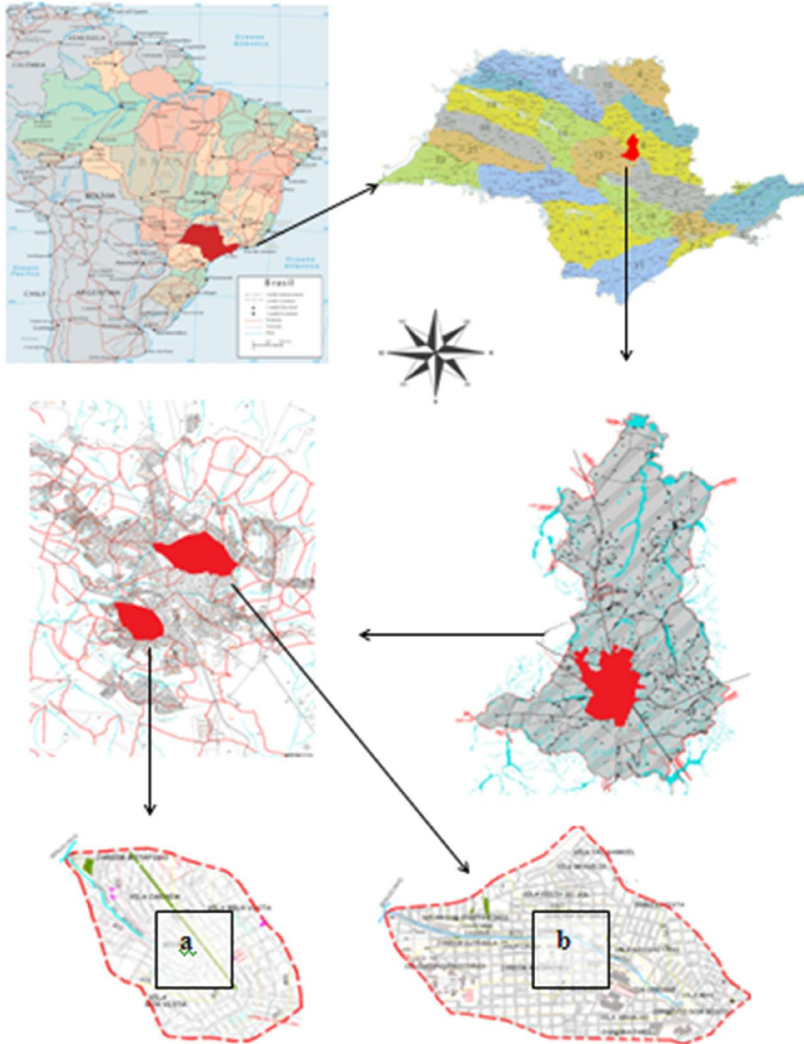
**Table 1:** Evaluation of the environmental functions of PPAs of springs

Environmental Functions	Evaluation Method	Evaluation	Potential compliance of function
Preservation of water resources Preservation of aquatic biodiversity Gene flow assistance of aquatic fauna	B+C+D	15	Ideal conditions
		12 to 14	High potential
		6 to 11	Medium potential
		1 to 5	Low potential
		0	Critical condition
Vegetal biodiversity preservation Landscape preservation Gene flow assistance of aquatic fauna	B+C+D+E	20	Ideal conditions
		15 a 19	High potential
		7 a 14	Medium potential
		1 a 6	Low potential
		0	Critical conditions
Soil protection (erodibility)	A+C+D+E	20	Ideal conditions
		14 to 19	High potential
		7 to 13	Medium potential
		1 to 6	Low potential
		0	Critical conditions

### CHARACTERIZATION OF THE STUDY AREA

Two urban springs located in the municipality of São Carlos (SP/Brazil) were used in the case study. São Carlos was founded in 1857 and through an orthogonal urban model structure (as several cities in the world), it outlined the layout of some streets on the banks of the main streams, disregarding the biological issues resulting from such impact and its rainwater drainage role. The development of land subdivisions in the mid 1940s followed no cited orthogonal guideline or road continuity. Thus, many river stretches were channeled, as well as several springs hidden in drainage boxes [8]. The springs studied in this article are inserted in the sub-basins of Tijuco Preto and Medeiros (Fig. 7).

**Figure 7:** Representation of sub-basins located in the urban area of São Carlos (SP/Brazil) – a: Medeiros Sub-basin; b: Tijuco Preto Sub-basin (No scale defined)



*Tijuco Preto Sub-basin*

The spring of the Tijuco Preto stream is at an altitude of 846 meters, under the coordinates 203175.16 E/7563233.03 S (UTM SAD 69, Zone 23S). From the source to the mouth, the stream has a length of approximately 2.900 meters and flows into the Ribeirão do Monjolinho, the main water body of the city of São Carlos (Fig.8).

**Figure 8:** Sub-basin of the Tijuco Preto stream (No scale defined)



Along its length, this stream currently has human intervention of 5 bridges (for the passage of motor vehicles), 2 pedestrian bridges, 2 access roundabouts to other roads (located over the river), a culverted area of approximately 800 meters and concrete channeling of the embankments and river mouth up to approximately 900 meters upstream. Historically, the regularized occupation of its surroundings began in the 1940s, especially developing in the 1980s and 90s in its intermediate extension. The coverage of the region near the mouth still presents permeable sections, unoccupied by lots.

In 2000, the City was cited for building side roads in the PPA area of some streams within the city without the proper environmental licensing. Among them, the Tijuco Preto stream. Acknowledging the problem that had been created, the city developed a daylighting and restoration project of the river along its initial stretch (after its source) additionally creating a linear park [9]. Fig 9 indicates the stretch selected for analysis, corresponding to the PPA of the source, and the division of quadrants that were used.

**Figure 9:** Quadrants used for the analysis of the PPA of the spring of the Tijuco Preto stream (No scale defined)



#### *Medeiros Sub-basin*

The Medeiros stream, from its source to its mouth has an approximate length of 1.400 meters and also flows into the Monjolinho stream, about 3.000 meters downstream of the mouth of the Tijuco Preto stream. Its source is at an altitude of 816m, under the coordinates 200062.09E /7560789.29S (UTM SAD 69, Zone 23S).

In 1982, the Parque do Bicão (Praça Veraldo Sbampato) was implemented around the source of the Medeiros stream, a linear park with an area of approximately 4.2 ha [10]. This park is for physical activities, with sports courts, outdoor gym equipment, walking paths and a lake, originated from damming the Medeiros stream (Fig 10).

**Figure 10:** Sub-basin of the Medeiros stream (No scale defined)



The PPA of the Medeiros stream has a higher homogeneity in terms of tree cover and less human interventions in the river channel, compared to the PPA of the Tijuco Preto stream. Fig. 11 indicates the passage selected for analysis, corresponding to the PPA of the source, and the division of quadrants that were used.

**Figura 11:** Quadrants used for the analysis of the PPA in the Medeiros spring (No scale defined)



## **RESULTS AND DISCUSSION**

Reference [8] reports that the damage done to the springs and water bodies are the outcome of not only deforestation, but also the impermeability, modifications, occupation of floodplains and receiving excess rainfall (which was infiltrated before). Added to this the disposal of solid waste, inert or not, that can alter the conditions around the river and the water bodies.

The nominal preservation actions, in the case of the two springs studied, shows the government's concern by acknowledging the importance of water resources and the provision of a protection zone, even if insufficient, according to what the law determines.

### *Tijuco Preto Spring*

The source of Tijuco Preto represents most of its revegetated PPA, due to environmental qualification actions undertaken by the Municipality since 2000. As urban structures within the PPA, a stretch of paved marginal road was taken into account, exhibited in quadrants 1 and 4, and a parcel of lots in quadrant 1. Because of the high vegetative cover rate, there were no low qualifications in any of the environmental functions group. However, in situ verification showed that the herbaceous vegetal cover, unverified in the GIS environment, was incipient in stretch 01. This finding, when combined with the impermeability condition imposed by the presence of the lot parcels, resulted in this stretch being classified as average for all functions. Table 2 shows the qualification of the quadrants for certain functions in the method.

**Table 2:** Potential compliance of environmental functions in the PPA of the Tijuco Preto Spring

Functions	Quadrant	Ranking	Potential environmental function compliance
Preservation of Water Resources Preservation of aquatic biodiversity Gene flow assistance of aquatic fauna	1	10	Medium
	2	14	High
	3	13	High
	4	12	High
Preservation of vegetal biodiversity Landscape preservation Gene flow assistance of flora	1	12	Medium
	2	18	High
	3	17	High
	4	18	High
Soil protection (erodibility)	1	12	Medium
	2	14	Medium
	3	14	Medium
	4	14	Medium

Although the classification evidences high compliance potential, some negative conditions were verified in situ. Inert and non-inert solid waste disposal was found in quadrants 1 and 3, the presence of invasive species was detected in all quadrants, underlining leucaena (*Leucaena* sp) and guinea grass (*Panicum maximum*). The spring is also partially silted, probably due to the soil movement processes in the higher areas during the construction in the lots closer to quadrants 1, 3 and 4. Quadrants 2 and 4 had the best qualifications, set apart from the others due to the presence of well diversified vegetation cover. Based on these assessments, as intervention measures for this PPA the suggestions are: the reduction and control of invasive species in all quadrants, the growth of vegetation in quadrants 1 and 3, and changing the residents' perception regarding these quadrants through campaigns and environmental education initiatives for the residents in these surroundings.

#### *Medeiros Spring*

Created to preserve the Medeiros source, Parque do Bicão presents high socio-environmental potential proposal, as it incorporates the spring and the first stretch of the stream into an area dedicated to physical and cultural activities. Although the proposal has significant potential in terms of environmental education, the park does not receive much



maintenance and the human interventions near the source interfere with its main biological role.

Quadrants 1 and 4 have most of its part inserted within the boundaries of the park. Although in terms of vegetation cover they are favorably represented, these quadrants are characterized by having most of the human interventions necessary to operate the park. Some of these interventions are low stone-walls, cement stairs and benches in quadrant 1, sidewalks, low-walls and highly impermeable outdoor gym in quadrant 4, and boundary fences of the Park, and a concrete channel to drain the source flow in both stretches. These quadrants have high potential compliance function in terms of preserving the water resources and aquatic fauna, with the aggravating condition, the first that should be modified, being the concrete channeling of the initial stretch of the stream shortly after the source.

Quadrants 2 and 3, in turn, have a portion of their extensions in the area outside the park with paved structures and buildings predominating. Although not fully vegetated, these quadrants showed high potential compliance function of water resources and aquatic fauna preservation. Also due to the fact they have impermeable parcels and high vegetal cover in the permeable plots, they were classified as low erosion potential and high soil protection rate. This condition was also not achieved in sections 1 and 4 due to the presence of exposed soil parcels (low coverage by herbaceous (low coverage by herbaceous strata). Table 3 illustrates the qualification of the quadrants for the specific functions in the method.

**Table 3:** Potential compliance of environmental functions in the PPA of the Tijuco Preto Spring

Functions	Quadrant	Ranking	Potential compliance of environmental function
Preservation of Water Resources	1	14	High
	2	10	Medium
Preservation of aquatic biodiversity	3	13	High
	4	14	High
Gene flow assistance of aquatic fauna	1	16	High
	2	14	Medium
	3	14	Medium
	4	14	Medium
Preservation of vegetal biodiversity	1	13	Medium
	2	15	High
	3	13	High
	4	15	Medium
Landscape preservation	1	13	Medium
	2	15	High
	3	13	High
	4	15	Medium
Gene flow assistance of flora	1	13	Medium
	2	15	High
	3	13	High
	4	15	Medium
Soil protection (erodibility)	1	13	Medium
	2	15	High
	3	13	High
	4	15	Medium

No negative conditions were verified for waste disposal or misuse of the area. It is likely that the main cause for the absence of such adversity is the adaptation form of the area, consolidated as a recreational space, with high circulation of people. The following are indicated as management recommendations: increase the vegetation cover in all strata in quadrants 1 and 3, and replace the channel in the initial stretch of the stream with a low impact containment structure, similar to the one used in the Tijuco Preto stream.

### CONCLUSION

Although there is a great demand for private occupation in urban spaces, a set of environmental planning strategies is possible and necessary in order to achieve full compliance conditions with the biological functions of water bodies in their ecosystem and landscape areas.

Therefore and within this context, support tools for decision making in urban areas are relevant for the feasibility of greater control of these specific areas, as well as awareness by government and society.

The method used was expeditious, efficient and inexpensive, considered suitable to support urban policy decisions that need to be taken within a short period of time.

## REFERENCES

- [1] M. J. Paul, and J.L. Meyer, "Streams in the urban landscape". *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, vol 32, pp.333-365.
- [2] R.J. Naiman, H.Decamps and M.E.MacClain, *Riparia: ecology, conservation and management of streamside communities*. New York, US: Academic Press, 2005.
- [3] R.T.T. Forman and M.Godron, *Landscape Ecology*. New York, US: Wiley, 1986.
- [4] S. Wenger, "A review of the scientific literature on riparian buffer width, extent and vegetation", Athens, US: University of Georgia, 1999.
- [5] Brazil. Brazilian Forest Code. Webpage accessed in 09-02-2013 at 2014/2012/Lei/L12651.htm
- [6] A. Munné, N. Prat, C.Solá, N. Bonada and M. Rieradevall, "A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index". *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, vol 13, pp. 147-163, Aug. 2002.
- [7] A. Gurnell and L. Shuker, L. "Urban river survey manual". Webpage accessed in 10-02-2013 at [http://www.urbanriversurvey.org/static/documents/urs\\_v4\\_manual.pdf](http://www.urbanriversurvey.org/static/documents/urs_v4_manual.pdf)
- [8] R. L. S. Anelli, "Sistema Viário e Recuperação de Recursos Hídricos (córregos e nascentes) em São Carlos/SP," In: *Águas Urbanas - ISemin.Nac. Sobre Regeneração Ambiental de Cidades*,. Anais/ Águas Urbanas I Seminário Nacional sobre Regeneração Ambiental de Cidades, 2005. v. único. p.8, Rio de Janeiro, 2005.
- [9] R. L. S. Anelli, "Recuperação de cursos d'água e nascentes associada à revisão da ocupação viária estrutural de Fundo de Vale em São Carlos/SP(2001-2005)," In: *PPA Urbana 2007 – Semin. Nac. sobre o tratamento de áreas de preservação permanente em meio urbano e restrições ambientais ao parcelamento do solo, 2007*, São Paulo. PPA Urbana 200 - Anais – Textos Completos.. v.1. p. 14, 2007.
- [10] L. Sepe, M. Oliveira, M. M. Bergel, W. B. Jr., (Coord). A. Logarezzi, H.T. Oliveira, "Percepção Sócio-Ambiental do Parque do Bicão". *ACIEPE – Educação Ambiental e Ação Sócio-Educativa*. Universidade Federal de São Carlos, SP. Jul. 2009, p. 23, Available on: <<http://pt.scribd.com/doc/23977134/Percepcao-Socio-Ambiental-do-Parque-do-Bicao>>.

## Capítulo 06

### Discussão dos Resultados e Considerações Finais

O questionamento sobre a capacidade das APPs em fundos de vales urbanos cumprirem as funções socioambientais, às quais foram legalmente designadas, enquadra-se no desafio de conciliar as dinâmicas urbanas com as diretrizes da legislação ambiental relativa à ocupação do território. Frente a este desafio, foram levantadas variáveis capazes de indicar as condições básicas para o cumprimento destas funções e, ainda, com potencial para serem incorporadas nas tomadas de decisões relativas à gestão ambiental do espaço urbanizado.

A partir destas variáveis, estruturou-se um método que permite a identificação da situação dessas áreas e tem como característica basal a possibilidade de trazer respostas ágeis, necessárias às tomadas de decisão em políticas públicas, porém mantendo-se o grau de rigor técnico-científico requerido para esses casos.

O processo de sua elaboração contou com uma etapa de simulação dos procedimentos de coleta de dados, que se mostrou importante na verificação da pertinência das variáveis levantadas, na aplicabilidade dos próprios procedimentos selecionados para compor o método e nas dificuldades encontradas nos processos de mensuração. Através das simulações, percebeu-se que a combinação dos dois procedimentos – análise de imagens de satélite e/ou fotografias aéreas e observação *in loco* – poderia aumentar o nível de precisão dos dados levantados.

Uma vez estruturado o método, os resultados da aplicação deste indicaram seu potencial em sinalizar as condições socioambientais das APPs em fundos de vales urbanos de forma a possibilitar ações ou intervenções imediatas ou de curto prazo. O sistema de pontuação adotado mostrou-se um mecanismo eficiente ao considerar as condições críticas e ótimas para o efetivo cumprimento das funções ambientais dos trechos analisados. A partir destes parâmetros observou-se, na aplicação, o quanto as estruturas urbanas contribuem para a redução do potencial de cumprimento das funções ambientais destas APPs. Ainda, o agrupamento destas funções com base em variáveis coincidentes mostrou-se um ponto positivo do método, uma vez que possibilitou a identificação das funções que estariam sendo atendidas simultaneamente por uma mesma variável.

Embora a aplicação apresentada neste trabalho tenha ocorrido de forma pontual, em duas nascentes, é possível hipotetizar que, considerando a manutenção das variáveis envolvidas, o potencial do método em indicar as condições socioambientais dos

trechos de análise se manteria em uma aplicação mais abrangente. Cabe ressaltar que esta nova aplicação já se encontra em andamento no córrego Tijuco Preto, localizado na cidade de São Carlos, com as etapas de interpretação da imagem de satélite e do reconhecimento em campo já concluídas.

As experiências realizadas também demonstraram a agilidade do processo de coleta e análise dos dados oferecida pelo próprio protocolo de aplicação, o que vai ao encontro do caráter expedito almejado. Um aspecto a ser registrado é o da necessidade de que o levantamento dos atributos, em ambas as fases, seja feita por um aplicador ou um conjunto de aplicadores com acúmulo de conhecimento sobre o tema.

Em síntese, pode-se afirmar que o método traz:

- a capacidade de sinalizar as condições socioambientais das APPs em fundos de vales urbanos;
- o potencial para subsidiar decisões dentro do planejamento ambiental urbano;
- base de informação para a estruturação de ações ou intervenções, tanto imediatas como de curto prazo, e em diversos graus de abrangência;
- o potencial para indicar a necessidade de diagnósticos mais aprofundados para situações específicas que demandem decisões de médio e longo prazo.

As conclusões iniciais apontam para o fato de que o método atende aos questionamentos colocados de avaliação sobre as possibilidades de cumprimento das APPs, no ambiente urbanizado, das funções delimitadas pelo Código Florestal brasileiro. Porém, identifica-se, também, a necessidade de mais aplicações, como a que está em andamento, para seu aperfeiçoamento.

Paralelamente a estes questionamentos, para o sucesso das intervenções em APPs no contexto específico da pesquisa e para o sucesso do planejamento ambiental urbano em um contexto mais geral, devem ser considerados os aspectos estruturantes da ecologia urbana, por meio de uma conciliação possível entre os preceitos da ecologia e os do urbanismo,

Por fim, faz-se importante ressaltar que os subsídios obtidos a partir da aplicação do método representam apenas uma parte do processo que envolve as decisões sobre o uso e a ocupação deste segmento específico do território urbano. Outros fatores, como

os de natureza política, social e econômica são intervenientes e devem, necessariamente, integrar o rol de informações, ações e procedimentos na composição de um plano estratégico que objetive potencializar o cumprimento das funções socioambientais das APPs ripárias urbanas.

Frente a enorme concentração da população no meio urbano e o alto impacto que este tem ocasionado aos recursos naturais, os saberes constituintes da gestão ambiental urbana demandam urgência em avançar.

## Referências

AMORIM, L. M. **Ocupação de Fundos de Vales Urbanos: Estudo de Caso no Córrego Mineirinho em São Carlos, SP.** 2004. 232p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos

ARAUJO, M.A.R. **Unidades de Conservação no Brasil: da República à Gestão de Classe Mundial.** Belo Horizonte: SEGRAC, 2007.

BENSUSAN, N. (Org.). **Seria melhor mandar ladrilhar?** Biodiversidade: como, para que, por quê?. Brasília: Editora UnB, 2002.

BRAGA, A. S. Parques Nacionais nos Estados Unidos: Parque Nacional de Yellowstone e Parque Nacional de Yosemite. **Jus Navigandi.** Teresina, 2011. Disponível em <<http://jus.com.br/revista/texto/19774>>. Acesso em: 01/03/2011.

BRASIL. **Decreto N.23.793, de 23 de Janeiro de 1934.** Presidência da República. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1930-1949/d23793.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d23793.htm)>. Acesso em 05/07/2012.

BRASIL. **Decreto N.1.713, de 14 de Junho de 1937.** Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Disponível em <[http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades\\_coservacao/itatiaia.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades_coservacao/itatiaia.pdf)>. Acesso em 25/01/2012.

\_\_\_\_\_. **Constituição da República dos Estados Unidos do Brasil, de 16 de Julho de 1934.** Presidência da República. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao34.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao34.htm)>. Acesso em: 05/07/2012.

\_\_\_\_\_. **Lei N.4.771, de 15 de setembro de 1965.** Presidência da República. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm)>. Acesso em: 04/07/2012.

\_\_\_\_\_. **Lei N.6.938, de 31 de agosto de 1981.** Presidência da República. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)>. Acesso em: 04/07/2012.

\_\_\_\_\_. **Lei N.9.985, de 18 de Julho de 2000.** Presidência da República. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm)>. Acesso em: 04/07/2012.

\_\_\_\_\_. **Medida Provisória N.2166-67, de 24 de Agosto de 2001.** Presidência da República. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/mpv/2166-67.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/2166-67.htm)>. Acesso em: 13/03/2012.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005.** Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 11/02/2012.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA N° 369, de 28 de março de 2006.** Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <[http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/Sigam2/repositorio/222/documentos/R\\_ES\\_CONAMA\\_2006\\_369.pdf](http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/Sigam2/repositorio/222/documentos/R_ES_CONAMA_2006_369.pdf)>. Acesso em: 11/02/2012.

\_\_\_\_\_. **Lei N.12.651, de 25 de maio de 2012.** Presidência da República. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em: 04/07/2012.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. **Antiquities Act of 1906.** National Park Service (NPS). Disponível em: <[http://www.cr.nps.gov/history/online\\_books/fhpl/fhpl\\_antiact.pdf](http://www.cr.nps.gov/history/online_books/fhpl/fhpl_antiact.pdf)>. Acesso em: 01/03/2012.

\_\_\_\_\_. **National Park Service Organic Act.** National Park Service (NPS). Disponível em: <[http://www.cr.nps.gov/history/online\\_books/fhpl/nps\\_organic\\_act.pdf](http://www.cr.nps.gov/history/online_books/fhpl/nps_organic_act.pdf)>. Acesso em: 01/03/2012

CARVALHO, J. C. de M. A Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais na Amazônia Brasileira. In: **Simpósio Sobre a Biota Amazônica**. 7. Belém, 1966. Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica. V.7. Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para Conservação da Natureza, 1996. p.1-47.

CONNOR, E.F.; MCCOY, E.D. The Statistics and Biology of the Species-Area Relationships. In: **The American Naturalist**. n. 6. v.113. p. 791-833. Chicago: University of Chicago Press, 1979

CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY (CBD). **Full Text of The Convention on Biological Diversity.** Disponível em: <<http://www.cbd.int/convention/text/>>. Acesso em: 19/03/2012

DIEGUES, A. C. S. **O Mito Moderno da Natureza Intocada.** São Paulo: Hucitec, 1998.

DUDLEY, N. **Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas.** Gland: UICN, 2008.

EAGLES, P. F. J.; MCCOOL, S. F.; HAYNES, C. D. A. **Sustainable Tourism in Protected Areas: Guidelines for Planning and Management.** Gland: UICN, 2002.

FERNANDEZ, F. **Aprendendo a Lição de Chaco Canyon: Do “Desenvolvimento Sustentável” a uma Vida Sustentável.** Instituto Ethos, 2005. Disponível em <<http://www1.ethos.org.br/EthosWeb/arquivo/0-A-320Reflexao%2015.pdf>>. Acesso em 05/03/2012.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa?** São Paulo: Atlas, 1991.

GURNELL, A & SHUKER, L. **URBAN RIVER SURVEY MANUAL.** The Urban River Survey, 2011. Disponível em: <[http://www.urbanriversurvey.org/static/documents/urs\\_v4\\_manual.pdf](http://www.urbanriversurvey.org/static/documents/urs_v4_manual.pdf)>. Acesso em 17/08/12

HEYWOOD, V.H.; WATSON, R.T. **Global Biodiversity Assessment.** Cambridge: University Press, 1995

HOLDGATE, M. **The Green Web – A Union for World Conservation.** Londres: Earthscan, 1999.



INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN). **Directrices para las Categorías de Manejo de Areas Protegidas**. Gland: IUCN, 1994

\_\_\_\_\_. **Biodiversity Glossary**. Disponível em <  
[http://www.iucn.org/what/tpas/biodiversity/about/bio\\_glossary/](http://www.iucn.org/what/tpas/biodiversity/about/bio_glossary/)>. Acesso em 19/03/2012

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (IUCN) e WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE (UNEP-WCMC). **The World Database on Protected Areas**. Cambridge: UNEP-WCMC, 2012.

KEMF, E. In Search of a Home: Protected Living in or Near Protected Areas. In: **The Law of the Mother: Protecting Indigenous Peoples in Protected Areas**. San Francisco: Sierra Club Book, 1993.

LAUSCHE, B. **Guidelines for Protected Areas Legislation**. Gland: UICN, 2011.

MARTIN, P.; KLEIN, R. **Quaternary Extinctions: a Prehistoric Revolution**. Tucson: University of Arizona Press, 1984.

MEDEIROS, R. A. **A Proteção da Natureza: das Estratégias Internacionais e Nacionais às Demandas Locais**. 2003. 391p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MORSELLO, C. **Áreas Protegidas Públicas e Privadas: Seleção e Manejo**. São Paulo: Annablume, 2006

MUNNÉ, A.; PRAT, N.; SOLÁ, C.; BONADA, N. E RIERADEVALL, M. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. **Aquatic Conservation: Marine And Freshwater Ecosystems**, v. 13 p.147-163. Londe: John Wiley & Sons, 2002

NAIMAN, R.J.; Decamps, H.; McClain, M.E. **Riparia: ecology, conservation and management of streamside communities**. Nova York: Academic Press, 2006

PRESTON, F.W. The Canonical Distribution of Commonness and Rarity (Parte I). In: **Ecology**. n. 2. v. 43. p. 185-215. Los Angeles: ESA, 1962

PRIMACK, R.B. **Essentials of Conservation Biology**. Sunderland: Sinauer Associates, 2006

PUBLIC BROADCASTING SERVICE (PBS). **Railroad Brochure Promoting Yellowstone as “The New Wonderland”**. Disponível em: <  
[http://www.pbs.org/nationalparks/media\\_detail/198/](http://www.pbs.org/nationalparks/media_detail/198/)>. Acesso em 07/03/2012

RAMOS, A.; CAPOBIANCO, J. P (Org.). **Unidades de Conservação no Brasil: Aspectos Gerais, Experiências Inovadoras e a Nova Legislação (SNUC)**. Disponível em: <  
[http://www.socioambiental.org/banco\\_imagens/pdfs/10100.pdf](http://www.socioambiental.org/banco_imagens/pdfs/10100.pdf)>. Acesso em: 04/03/2012.

RIVER HABITAT SURVEY. **History of River Habitat Survey**. Disponível em <  
[http://www.riverhabitatsurvey.org/?page\\_id=43](http://www.riverhabitatsurvey.org/?page_id=43)>. Acesso em: 29/06/2012

SILVA, S.R.M. **Transformações das abordagens urbanística e ambientais na gestão territorial brasileira**: confluências e divergências no direito de propriedade, nos instrumentos de gestão e no desenho institucional. Tese. 393p. (Doutorado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos

SIMBERLOFF, D.S. Islands and Their Species. In: **The Nature Conservancy News**. v. 28. p. 4-10.

SHAFFER, C.L. **Nature Reserves**: Island Theory and Conservation Practice. Washington: Smithsonian Institute Press, 1991

TUCCI, C.E.M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Brasília: Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank, 2005.

WILLIAMS, C.B. Area and Number of Species. In: **Nature**. v. 152. p. 264-267. Nova York: NPS, 1943

### **Elementos que compõem o método expedito para análise das potencialidades socioambientais das APPs em fundos de vales urbanos**

- **Ficha de Pontuação**
- **Ficha de Caracterização**
- **Ficha de Campo para Cursos d'água**
- **Ficha de Campo para Nascentes**
- **Gabarito**
- **Ficha Resposta para Cursos d'água**
- **Ficha Resposta para Nascentes**

## Avaliação de Áreas de Preservação Permanente em Fundos de Vales Urbanos

### Ficha de Pontuação

Nome do(a) aplicador(a)

Nome do corpo hídrico

Data da avaliação preliminar

### Variáveis

A. Qual a percentagem de áreas impermeáveis no trecho?		B. Qual a percentagem de áreas permeáveis no trecho?		C. Qual a percentagem de cobertura vegetal das áreas permeáveis considerando apenas o estrato herbáceo?		D. Qual a percentagem de cobertura vegetal das áreas permeáveis considerando os estratos arbustivo e arbóreo?		E. Como se apresenta a cobertura vegetal considerando os estratos arbustivos e arbóreos?	
Até 5%	0	Até 5%	0	Até 5%	0	Até 5%	0	Cobertura vegetal dos estratos arbustivos e arbóreos ocorre em 5% ou menos das áreas permeáveis	0
De 6% a 25%	1	De 6% a 25%	1	De 6% a 25%	1	De 6% a 25%	1	Ausência de formação florestal diversificada e distância entre os indivíduos maior que 3 metros	1
De 26% a 50%	2	De 26% a 50%	2	De 26% a 50%	2	De 26% a 50%	2	Ausência de formação florestal diversificada e distância entre os indivíduos menor que 3 metros	2
De 51% a 75%	3	De 51% a 75%	3	De 51% a 75%	3	De 51% a 75%	3	Formação de floresta secundária, em estágio pioneiro ou inicial de regeneração	3
De 76% a 95%	4	De 76% a 95%	4	De 76% a 95%	4	De 76% a 95%	4	Formação de floresta secundária, em estágio médio ou avançado de regeneração	4
Acima de 96%	5	Acima de 96%	5	Acima de 96%	5	Acima de 96%	5	Formação de floresta primária, ausente de intervenção antrópica	5

## Avaliação de áreas de preservação permanente em fundos de vales urbanos

Ficha de Caracterização		Nome do(a) aplicador(a)					
		Nome do corpo hídrico					
		Data da avaliação em campo					
Quais destas intervenções antrópicas estão presentes no canal fluvial?		Quais dessas condições ambientais estão presentes nas margens?		Quais dessas formas de apropriação pela população estão presentes no trecho de análise?		Quais destas características são identificáveis no trecho de análise?	
Canalização lateral	CAN	Presença de espécies vegetais exóticas	PEX	Disposição de resíduos sólidos	DRS	Presença de instituições que atuam na preservação e/ou recuperação ambiental do corpo hídrico	PIA
Canalização lateral e do leito	CAL	Presença de espécies vegetais invasoras	PEI	Edificações irregulares com condições adequadas de saneamento	EDI	Ausência de contato visual com a água	ACV
		Presença de solo exposto	PSE	Edificações irregulares com condições precárias de saneamento	EDS		
Tamponamento	TAM	Presença de voçorocas, sulcos ou ravinas	PVS				
Barramento	BAR	Vegetação de estrato arbustivo e arbóreo próxima ao canal fluvial	VEA	Abertura de trilhas	ABT	Alto potencial paisagístico	APP
Assoreamento	ASS			Equipamentos de lazer e recreação com baixo nível de modificação do espaço	ELB	Ocorrência constante de inundações	OCI
Disposição de águas pluviais não tratadas	DAP	Presença de áreas ambientalmente protegidas próximas à APP	PAA	Equipamentos de lazer e recreação com alto nível de modificação do espaço	ELA	Ocorrência constante de incêndios	OIN
				Equipamentos de lazer e recreação com alto nível de modificação do espaço	ELA	Ocorrência constante de conflitos com a fauna	OCF
Disposição de águas residuais não tratadas	DAR			Pontes para travessia exclusiva de pedestres	PTP	Conforto térmico	CFT





Avaliação de áreas de preservação permanente em fundos de vales urbanos				Gabarito	
Funções ambientais	Forma de avaliação	Avaliação	Potencial de cumprimento da função	Fatores negativos	Fatores positivos
Preservação dos recursos hídricos Preservação da biodiversidade aquática Auxílio no fluxo gênico da fauna aquática	B+C+D	15	Condição ideal	CAN, CAL, TAM, BAR, ASS, DAP, DAR , DRS, EDS	VEA PIA
		12 a 14	Alto potencial		
		6 a 11	Potencial médio		
		1 a 5	Baixo potencial		
Preservação da biodiversidade florística Preservação da paisagem Auxílio no fluxo gênico da flora	B+C+D+E	0	Condição crítica	PEX, PEI EDI, EDS, ABT, ELA	PAA PIA
		20	Condição ideal		
		14 a 19	Alto potencial		
		7 a 13	Potencial médio		
Proteção do solo	A+C+D+E	1 a 6	Baixo potencial	PSE, PSV	PIA
		0	Condição crítica		
		14 a 19	Alto potencial		
		7 a 13	Potencial médio		
Função social	Comparação entre fatores positivos (FP) e fatores negativos (FN)	FP>FN	Alto potencial	DRS, APV, ACV, BPP, OCI, OIN, OCF,	ABT, ELB, ELA, PTP, PIA, CFT
		FP=FN	Potencial médio		
		FP<FN	Baixo potencial		



## Avaliação de áreas de preservação permanente em fundos de vales urbanos

Ficha-resposta para cursos d'água		Nome do avaliador e do aplicador(a)							
		Nome do correio							
		Data da avaliação							
Localização		Potencial de Cumprimento das Funções Ambientais							Potencial de Cumprimento da Função Social
		Preservação dos recursos hídricos	Preservação da biodiversidade aquática	Auxílio no fluxo gênico da fauna aquática	Preservação da biodiversidade vegetal	Preservação da paisagem	Auxílio no fluxo gênico da flora	Proteção do solo	Asseguramento do bem-estar das populações humanas
<b>Nascente</b>	Quadrante 01								
	Quadrante 02								
	Quadrante 03								
	Quadrante 04								
	Fatores positivos								
	Fatores positivos								
<b>Número do Trecho</b>	Margem Direita								
	Margem Esquerda								
	Fatores negativos								
	Fatores positivos								
<b>Número do Trecho</b>	Margem Direita								
	Margem Esquerda								
	Fatores negativos								
	Fatores positivos								
<b>Número do Trecho</b>	Margem Direita								
	Margem Esquerda								
	Fatores negativos								
	Fatores positivos								

## Avaliação de áreas de preservação permanente em fundos de vales urbanos

Ficha-resposta para nascentes									
Localização		Potencial de Cumprimento das Funções Ambientais							Potencial de Cumprimento da Função Social
		Preservação dos recursos hídricos	Preservação da biodiversidade aquática	Auxílio no fluxo gênico da fauna aquática	Preservação da biodiversidade vegetal	Preservação da paisagem	Auxílio no fluxo gênico da flora	Proteção do solo	Asseguramento do bem-estar das populações humanas
<b>Nascente</b>	Quadrante 01								
	Quadrante 02								
	Quadrante 03								
	Quadrante 04								
<b>Nascente</b>	Quadrante 01								
	Quadrante 02								
	Quadrante 03								
	Quadrante 04								
<b>Nascente</b>	Quadrante 01								
	Quadrante 02								
	Quadrante 03								
	Quadrante 04								
<b>Nascente</b>	Quadrante 01								
	Quadrante 02								
	Quadrante 03								
	Quadrante 04								
<b>Nascente</b>	Quadrante 01								
	Quadrante 02								
	Quadrante 03								
	Quadrante 04								

- **Versão em português do artigo apresentado no Capítulo 05**

# Proposta metodológica de análise ambiental de nascentes em áreas urbanas

Milton Pavezzi Netto, Gustavo D'Almeida Scarpinella, and Ricardo Siloto da Silva

**Abstract**— As nascentes localizadas em áreas urbanas constituem o afloramento hídrico superficial, que poderá servir como fornecedor de água, receptor de efluentes e importante elemento na macrodrenagem local. Com a ocupação não planejada, a não observância à legislação ambiental e a importância desses corpos hídricos subjugada, faz-se necessária uma análise do entorno de nascentes de áreas urbanas frente ao código florestal brasileiro. Neste artigo é proposta uma metodologia de análise e discussão do cumprimento das funções ambientais de nascentes urbanas, mediante análise em Sistema de Informações Geográficas – SIG - e análise *in loco*. Foram tomadas como estudo de caso duas nascentes que apresentam histórico de ocupação ao longo de sua extensão, de diferentes graus de impacto. O método proposto mostrou-se eficaz e de fácil aplicação, apresentando-se como uma ferramenta de auxílio para a análise das condições ambientais em nascentes em áreas urbanas.

**Keywords**— Nascentes, área urbana, código florestal brasileiro.

## I. INTRODUÇÃO

**C**órregos sempre desempenharam um papel fundamental para o desenvolvimento das cidades. Ao mesmo tempo, são elementos da paisagem altamente vulneráveis a uma série de modificações hidrológicas, morfológicas e ecológicas provocadas pelo processo de urbanização. A referência [1] destaca, dentre essas modificações, a impermeabilização da bacia, as alterações estruturais no canal fluvial, o despejo de águas pluviais e residuais carregadas de sedimentos, nutrientes e outros contaminantes e a perda de habitats para a biota nativa.

Do mesmo modo que estes corpos hídricos, os ecossistemas ripários também são ameaçados pelas mudanças locais impostas pela urbanização. Estes ecossistemas podem ser descritos como aqueles que ocorrem na interface entre os sistemas lóticos e os solos mais elevados, apresentando características pedológicas, hidrológicas e vegetativas específicas. A referência [2] aponta, ainda, que os ecossistemas ripários apresentam alta heterogeneidade de habitats e grande diversidade de processos ecológicos. No

contexto da ecologia de paisagem, as áreas que englobam estes ecossistemas, assim como os próprios córregos, têm potencial para atuarem como elementos lineares de conexão dentro de um modelo fragmento-corredor-matrix [3].

Dentre as estratégias legais para a proteção de córregos, nascentes e ecossistemas ripários há a delimitação de zonas de preservação ou de manejo de baixo impacto. Na terminologia usual, destacam-se as expressões “riparian management zone”, “riparian forested buffer strip”, “stream buffer zone” e “protected stream corridor” [4]. No Brasil, a figura de proteção correspondente é a área de preservação permanente [permanent preservation área] (PPA), implantada legalmente em 1965 por meio do Código Florestal e reestruturada por medidas provisórias em 1989 e 2001. Em 2012 foi promulgada uma nova versão do Código Florestal, que delimita os atuais critérios para implantação das PPAs. De acordo com a lei, estas áreas são delimitadas em valores de faixa que variam conforme as características do corpo hídrico. Para nascentes, as PPAs devem apresentar um raio delimitado de 50 metros de proteção a partir do ponto de vazão da água [5].

Para os córregos, as faixas devem ser delimitadas a partir da borda do canal regular em valores que variam conforme a largura do canal fluvial, partindo de 30 metros para os córregos pequenos (de até 10 metros de largura) até 500 metros para rios largos (acima de 600 metros de largura).

O princípio de manejo das PPAs é a preservação total ou recuperação das condições naturais. Legalmente, estas áreas podem sofrer intervenções apenas em casos de utilidade pública ou interesse social, mesmo assim mediante a avaliação dos órgãos ambientais responsáveis e buscando-se minimizar os efeitos ecológicos negativos.

No entanto, apesar deste regime de proteção, as nascentes localizadas em áreas urbanas recebem impactos ambientais do setor imobiliário (por exemplo, impermeabilização das áreas de recarga, alteração da topografia local), das estratégias de planejamento que desconsideram sua importância ecológica (por exemplo, sofrendo restrição espacial por vias rodoviárias e poluição difusa) e das parcelas da população urbana que desconhecem seu valor ambiental (por exemplo, dispendo resíduos sólidos). Visando reverter estes impactos e contribuir para o aperfeiçoamento dos mecanismos de proteção ambiental das nascentes em território urbanizado, este trabalho propõe um método expedito de análise da potencialidade ambiental das PPAs em fundos de vales urbanos como uma ferramenta de auxílio à gestão ambiental. O método foi aplicado em duas nascentes urbanas com características distintas de intervenção antrópica e analisado sob a ótica de efetividade do processo de coleta de dados e da representatividade das variáveis elencadas.

M.P.N. Author is with the Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, CEP 13565905 BRASIL (e-mail: netpvz@yahoo.com.br)

G.D.A.S. Author, is with the Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, CEP 13565905 BRASIL (gscarpinella@gmail.com).

R.S.S. Author is with the Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, CEP 13565905 BRASIL (corresponding author to provide phone: 55-16-33066582; fax 55-16-3351-8262; e-mail: rss@ufscar.br).

## II. METODOLOGIA

O método proposto está sendo desenvolvido por PAVEZZI-NETTO, M. e SILVA, R.S no âmbito de uma pesquisa do Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

Trata-se de uma avaliação da potencialidade das APPs de nascentes e córregos urbanos em cumprir diversas funções ambientais de modo compatível com a garantia do bem-estar das populações humanas, conforme determinado legalmente pelo Código Florestal Brasileiro (Lei Federal n. 12.651/2012).

O embasamento teórico do método relacionou o estudo da funcionalidade ecológica das zonas ripárias e a importância destas na manutenção da qualidade ambiental dos corpos hídricos e no fluxo de biodiversidade. Para a consolidação dos aspectos práticos foram estudados outros métodos desenvolvidos para análise de qualidade das zonas ripárias e dos recursos hídricos urbanos, destacando-se o Index of Riparian Quality [6] e o Urban River Survey [7].

O método lida com variáveis relativas à permeabilidade, intervenção antrópica e composição dos estratos vegetais capazes de contribuir para o cumprimento das seguintes funções ambientais: preservação dos recursos hídricos, preservação da biodiversidade aquática e florística, auxílio no fluxo gênico da fauna aquática e da flora, preservação da paisagem e proteção do solo em relação à erodibilidade. Para a análise das nascentes, estas são divididas em quatro quadrantes, considerando 50 metros de raio como perímetro e partindo do ponto inicial de vazão, conforme pré-estabelecido legalmente pelo Código Florestal Brasileiro.

O processo de coleta de dados nos trechos consiste em duas etapas: análise de imagens aéreas por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) e posterior verificação *in loco*, com registro fotográfico e anotações de peculiaridades de cada quadrante analisado.

Com base nas imagens aéreas e anotações de cada trecho, uma ficha de campo é preenchida para cada fração, buscando obter os seguintes dados:

- Porcentagem, em área:

A - De áreas impermeáveis;

B - De áreas permeáveis;

C - De cobertura vegetal considerando apenas o estrato herbáceo;

D - De cobertura vegetal considerando apenas os estratos arbustivos e arbóreos;

Nos itens descritos acima há uma graduação obtida pela delimitação, em ambiente de SIG, na qual o aplicador da ficha deve selecionar se esta porcentagem é de até 5% (representando a contagem de 0 pontos), de 6 a 25% (1 ponto), de 26 a 50% (2), de 51 a 75% (3), de 76 a 95% (4) e acima de 96% (5 pontos).

E - Estado de regeneração da cobertura vegetal existente de estratos arbustivos e arbóreos, com a condição exclusiva de:

- A cobertura vegetal dos estratos apresentar ocorrência de 5% ou menos das áreas permeáveis (representando a contagem de 0 pontos);

- Ausência de formação florestal e distância entre os indivíduos maior que 3 metros (1 ponto);

- Ausência de formação florestal e distância entre os indivíduos menor que 3 metros (2 pontos);

- Formação de floresta secundária, em estágio pioneiro ou inicial de regeneração (3 pontos);

- Formação de floresta secundária em estágio médio ou avançado de regeneração (4 pontos);

- Formação de floresta primária ausente de intervenção antrópica (5 pontos);

Com posse da ficha preenchida e seus respectivos valores, recorre-se a uma ficha-gabarito, onde as características estão estratificadas por pontuação e cada pontuação apresenta uma coloração que representa a sua potencialidade no cumprimento de suas funções ambientais.

Os aspectos de preservação dos recursos hídricos, da biodiversidade aquática e do auxílio no fluxo gênico da fauna aquática são avaliados através da somatória dos fatores B, C e D. Sua pontuação varia de 0 a 15 pontos, indo da condição crítica até a condição ideal em 5 estratos de valores. Para as funções de preservação da biodiversidade vegetal, da paisagem e do auxílio no fluxo gênico da flora, é considerada a somatória dos fatores B, C, D e E. Esta pontuação varia de 0 a 20 pontos e as condições avaliativas são idênticas à anterior. Para a função de preservação do solo é necessário que sejam somados os fatores A, C, D e E, que podem representar um somatório de 0 a 20 e a condição avaliativa idêntica às anteriores. Os cinco estratos avaliativos de potencial do cumprimento das funções ambientais, assim como a pontuação de cada função ambiental, podem ser observados na Tab. 1:

Como resultado final é obtido um *ranking* que indica o nível

TABLE I  
AVALIAÇÃO DAS FUNÇÕES AMBIENTAIS DAS PPAS DE NASCENTES

Funções ambientais	Forma de avaliação	Avaliação	Potencial de cumprimento da função
Preservação dos recursos hídricos Preservação da biodiversidade aquática Auxílio no fluxo gênico da fauna aquática	B+C+D	15	Condição ideal
		12 a 14	Alto potencial
		6 a 11	Potencial médio
		1 a 5	Baixo potencial
Preservação da biodiversidade vegetal Preservação da paisagem Auxílio no fluxo gênico da flora	B+C+D+E	20	Condição ideal
		15 a 19	Alto potencial
		7 a 14	Potencial médio
		1 a 6	Baixo potencial
Proteção do solo (erodibilidade)	A+C+D+E	20	Condição ideal
		14 a 19	Alto potencial
		7 a 13	Potencial médio
		1 a 6	Baixo potencial
		0	Condição crítica

de cumprimento das funções ambientais em cada trecho e

aponta quais os fatores positivos e negativos envolvidos na apropriação social dos mesmos.

### III. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Foram adotadas como estudo de caso duas nascentes urbanas localizadas no município de São Carlos (SP/Brasil). São Carlos foi fundada em 1857 e através de um modelo ortogonal de estruturação da malha urbana (assim como diversas cidades no mundo), delineou o traçado de algumas avenidas às margens dos principais córregos, ignorando as questões biológicas decorrentes de tal impacto e seu papel de drenagem das águas pluviais. O desenvolvimento de loteamentos em meados da década de 40 não seguiu nenhuma diretriz da ortogonalidade citada ou de continuidade viária. Com isso, diversos trechos de rios foram canalizados, assim como várias nascentes ocultadas em caixas de drenagem [9]. As nascentes estudadas neste artigo estão inseridas nas sub-bacias do Tijuco Preto e do Medeiros (Fig. 1).

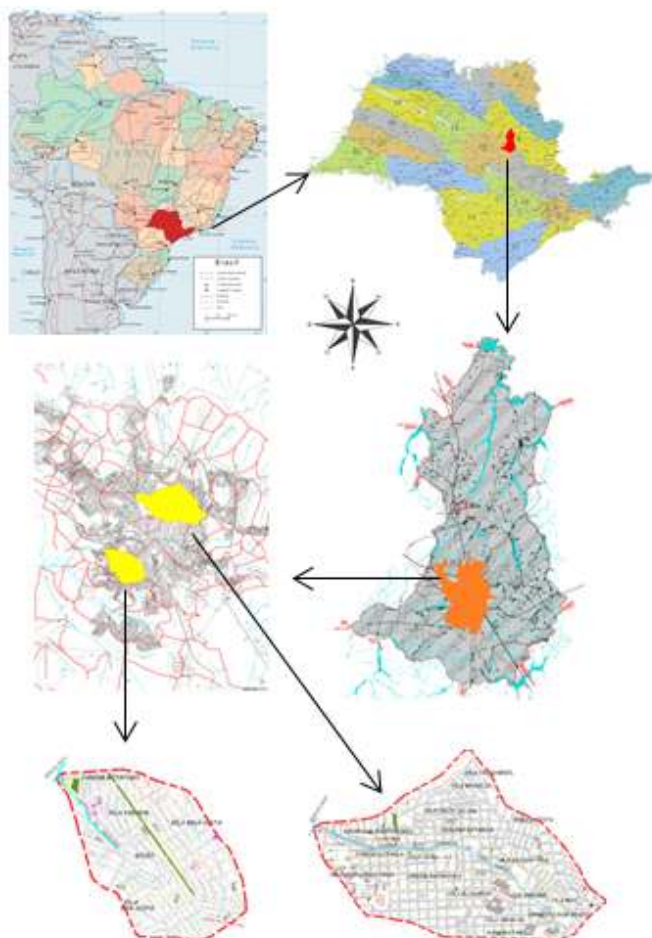


Fig 1. Representação das sub-bacias localizadas na área urbana de São Carlos (SP/Brasil) (Sem escala definida)

### Sub-bacia do Tijuco Preto

A nascente do córrego do Tijuco Preto encontra-se a uma altitude de 846 metros, sob as coordenadas 203175.16 E/7563233.03 S (UTM SAD 69, Zone 23S). Da nascente até a foz, o córrego possui uma extensão de aproximadamente 2,900 metros e deságua no Ribeirão do Monjolinho, principal corpo hídrico da cidade de São Carlos (Fig.2).



Fig.2 Sub-bacia do córrego do Tijuco Preto (Sem escala definida)

Em sua extensão, este córrego apresenta atualmente a intervenção antrópica de 5 pontes (para a passagem de veículos motorizados), 2 pontes para a passagem de pedestres, 2 rotatórias de acesso a outras vias (localizadas sobre o rio), um tamponamento (com extensão aproximada de 800 metros) e canalização em concreto dos taludes e do leito da foz até aproximados 900 metros a montante.

Historicamente a ocupação regularizada de seu entorno teve início na década de 40, se desenvolvendo, sobretudo, nas décadas de 80 e 90 em seu trecho intermediário de extensão. A cobertura da região próxima à cabeceira ainda apresenta trechos permeáveis e não ocupados por loteamentos.

Em 2000, a Prefeitura da Cidade foi atuada por construir vias marginais dentro da área de APP de alguns córregos da cidade sem o devido licenciamento ambiental. Dentre eles, o córrego do Tijuco Preto. Reconhecendo o problema gerado, a prefeitura desenvolveu um projeto de destamponamento e renaturalização do leito em seu trecho inicial (logo após a sua nascente) com a criação adicional de um parque linear [9].

A Fig 3. indica o trecho selecionado para análise, correspondente à PPA da nascente, e a divisão de quadrantes adotada.



Fig 3. Quadrantes adotados para análise na PPA da nascente do córrego do Tijuco Preto (sem escala definida)

### Sub-bacia do Medeiros

O Córrego do Medeiros, desde sua nascente até sua foz possui uma extensão aproximada de 1,400 metros e também desagua no ribeirão do Monjolinho, cerca de 3,000 metros a jusante da foz do córrego do Tijuco Preto. Sua nascente ocorre a 816m de altitude, sob as coordenadas 200062.09E /7560789.29S (UTM SAD 69, Zone 23S).

Em torno da nascente do córrego do Medeiros foi implementado em 1982 o Parque do Bicão (Praça Veraldo Sbampato), um parque linear com aproximadamente 4,2 ha de área [10] voltado a atividades físicas com quadras poliesportivas, aparelhagem para ginástica ao ar livre, pista de caminhada e um lago, originado do represamento do córrego do Medeiros. (Fig 04).



Fig. 4 Sub-bacia do córrego do Medeiros (Sem escala definida)

A PPA do córrego do Medeiros apresenta uma maior homogeneidade em termos de cobertura arbórea e menos intervenções antrópicas no canal fluvial, quando comparada a APP do córrego do Tijuco Preto.

A Fig 5. indica o trecho selecionado para análise, correspondente à PPA da nascente, e a divisão de quadrantes adotada.

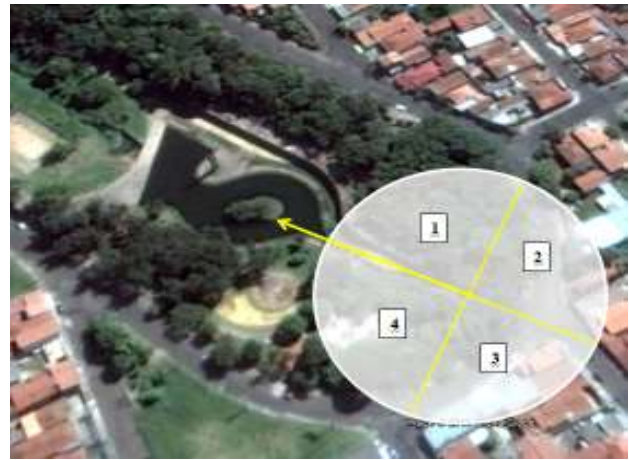


Fig 5. Quadrantes adotados para análise na PPA da nascente do córrego do Medeiros (sem escala definida)

## IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A referência [8] relata que os danos causados a nascentes e seus corpos d'água advêm não só do desmatamento, mas também da impermeabilização, retificações, ocupação de várzeas e recepção do excedente pluvial (que antes deveria ter sido infiltrado). Soma-se a isso a disposição de resíduos sólidos, inertes ou não, que podem alterar as condições do entorno e do leito destes corpos hídricos.

Os cuidados mínimos de preservação no caso das duas nascentes estudadas evidencia uma preocupação do poder público em reconhecer a importância dos recursos hídricos e da manutenção de uma faixa de proteção, mesmo que insuficiente pelo que determina a lei.

### Nascente do Tijuco Preto

A nascente do Tijuco Preto apresenta a maior parte de sua APP revegetada devido às ações de qualificação ambiental empreendidas pela Prefeitura Municipal a partir de 2000. Como estruturas urbanas dentro da APP, foram contabilizados um trecho de via marginal pavimentada, presente nos quadrantes 1 e 4, e uma parcela de loteamento, presente no quadrante 1. Por conta do elevado índice de cobertura vegetal, não ocorreram qualificações baixas em nenhum dos grupos de funções ambientais. No entanto, na verificação *in loco*, constatou-se que a cobertura vegetal herbácea, não verificada totalmente no ambiente SIG, apresentou-se incipiente no trecho 01. Esta averiguação, quando somada à condição de impermeabilidade imposta pela presença da parcela de loteamento, fez com que este trecho recebesse um ranqueamento médio em todas as funções. A qualificação dos quadrantes para as funções determinadas no método é apresentada na Tab.2.

TABLE II  
 POTENCIAL DE CUMPRIMENTO DAS FUNÇÕES AMBIENTAIS NA  
 APP DA NASCENTE DO TIJUCO PRETO

Funções	Quadrante	Ranking	Potencial de cumprimento da função ambiental	
Preservação dos Recursos Hídricos Preservação da biodiversidade aquática Auxílio no fluxo gênico da fauna aquática	1	10	Médio	
	2	14	Alto	
	3	13	Alto	
	4	14	Alto	
Preservação da biodiversidade vegetal Preservação da paisagem Auxílio no fluxo gênico da flora	1	12	Médio	
	2	18	Alto	
	3	17	Alto	
	4	18	Alto	
Proteção do solo (erodibilidade)	1	12	Médio	
	2	14	Médio	
	3	14	Médio	
	4	14	Médio	

Embora o ranqueamento evidencie um alto potencial de cumprimento, algumas condições negativas foram averiguadas na verificação *in loco*. Nos quadrantes 1 e 3 foi verificada a disposição de resíduos sólidos inertes e não-inertes e, em todos os quadrantes, foi verificada a presença de espécies invasoras, destacando-se a leucena (*Leucaena sp*) e o capim-colônia (*Panicum maximum*). A nascente encontra-se, ainda, parcialmente assoreada devido, provavelmente, à processos de movimentação de solo das áreas mais altas durante a construção dos loteamentos mais próximos aos quadrantes 1, 3 e 4. Os quadrantes 2 e 4 apresentaram as melhores qualificações, diferenciado-se dos demais devido à presença de cobertura vegetal bem diversificada. Com base nessas avaliações, sugere-se, como medidas de intervenção para esta APP, a redução e o controle de espécies invasoras em todos os quadrantes, o incremento da cobertura vegetal nos quadrantes 1 e 3 e a alteração da percepção dos moradores em relação a estes mesmos quadrantes, por meio de campanhas e iniciativas de educação ambiental junto aos moradores do entorno.

### Nascente do Medeiros

Criado para preservar a nascente do Medeiros, o Parque do Bicão apresenta um propósito de alto potencial socioambiental, uma vez que integra a nascente e o primeiro trecho do córrego à uma área voltada ao desenvolvimento de atividades físicas e culturais. Embora a proposta tenha um potencial relevante em termos de educação ambiental, o parque encontra-se com pouca manutenção e as intervenções antrópicas próximas a nascente dificultam seu principal papel biológico.

Os quadrantes 1 e 4 apresentam sua maior parte inserida dentro dos limites do parque. Embora contenham uma alta representatividade em termos de cobertura vegetal, estes quadrantes se caracterizam por apresentar a maior parte das

intervenções antrópicas necessárias ao funcionamento do Parque. Dentre estas, destacam-se muretas de pedra, escadarias e bancos de cimento no quadrante 1, calçamentos, muretas e academia ao ar livre altamente impermeabilizada no quadrante 4 e cercas de delimitação do Parque e canal de concreto para escoamento da vazão da nascente em ambos os trechos. Estes quadrantes tem alto potencial de cumprimento para as funções relativas à preservação dos recursos hídricos e da fauna aquática, sendo que a condição agravante, e a primeira que deve ser alterada, é a canalização com concreto do trecho inicial do córrego logo após a nascente.

Os quadrantes 2 e 3, por sua vez, apresentaram uma parte de suas extensões na área externa ao parque onde predominam estruturas de pavimentação asfáltica e edificações. Mesmo não totalmente vegetados, estes quadrantes conseguiram apresentar um alto potencial de cumprimento das funções de preservação dos recursos hídricos e fauna aquática. Devido, ainda, ao fato de terem parcelas impermeáveis e elevada cobertura vegetal nas parcelas permeáveis, foram qualificadas como de baixo potencial à erosão e apresentaram um alto índice de proteção do solo. Esta condição não foi igualmente alcançada nos trechos 1 e 4 devido a presença de parcelas de solo exposto (baixa cobertura pelo estrato herbáceo) **A qualificação dos quadrantes para as funções determinadas no método é apresentada na Tab.3.**

TABLE III  
 POTENCIAL DE CUMPRIMENTO DAS FUNÇÕES AMBIENTAIS NA  
 APP DA NASCENTE DO TIJUCO PRETO

Funções	Quadrante	Ranking	Potencial de cumprimento da função ambiental	
Preservação dos Recursos Hídricos Preservação da biodiversidade aquática Auxílio no fluxo gênico da fauna aquática	1	14	Alto	
	2	13	Alto	
	3	13	Alto	
	4	14	Alto	
Preservação da biodiversidade vegetal Preservação da paisagem Auxílio no fluxo gênico da flora	1	16	Alto	
	2	14	Médio	
	3	14	Médio	
	4	14	Médio	
Proteção do solo (erodibilidade)	1	13	Médio	
	2	15	Alto	
	3	13	Alto	
	4	15	Médio	

Não foram verificadas condições negativas relativas à disposição de resíduos ou de uso indevido da área. Provavelmente, a causa principal da ausência de adversidades desta natureza seja a forma de apropriação da área, consolidada como espaço recreativo e com elevada circulação de pessoas. Como recomendações de manejo, indica-se o aumento da cobertura vegetal em todos os estratos nos quadrantes 1 e 3 e a substituição de canalização do trecho



inicial do córrego por uma estrutura de contenção de baixo impacto, tal como empregado na qualificação do córrego Tijuco Preto.

## V. CONCLUSÃO

Embora haja uma grande demanda da ocupação privada por espaços urbanos, é possível e necessário um conjunto de estratégias de planejamento ambiental que busquem condições plenas de cumprimento das funções biológicas dos corpos hídricos em seus âmbitos de ecossistema e paisagem.

Neste contexto, instrumentos de suporte para tomada de decisão em áreas urbanas são relevantes pela possibilidade de maior controle destas áreas específicas, bem como uma conscientização do poder público e da sociedade.

O método empregado mostrou-se rápido, eficaz e de baixo custo, sendo apropriado a apoiar decisões de política urbana que necessitam ser tomadas em curto espaço de tempo.

## VI. REFERÊNCIAS

- [1] Paul & Meyer (2001)
- [2] Naiman et. al (2005)
- [3] (Forman & Godron, 1986).
- [4] Wenger (1999)
- [5] Brasil. Código Florestal Brasileiro XXXXX
- [6] Munné et.al, 2002
- [7] Gurnell & Shuker, 2011
- [8] R. L. S. Anelli, “Sistema Viário e Recuperação de Recursos Hídricos (córregos e nascentes) em São Carlos/SP,” In: *Águas Urbanas - I Semin. Nac. Sobre Regeneração Ambiental de Cidades.*, Anais/ Águas Urbanas - I Seminário Nacional sobre Regeneração Ambiental de Cidades, 2005. v. único. p.8, *Rio de Janeiro*, 2005.
- [9] R. L. S. Anelli, “Recuperação de cursos d’água e nascentes associada à revisão da ocupação viária estrutural de Fundo de Vale em São Carlos/SP (2001-2005),” In: *APP Urbana 2007 – Semin. Nac. sobre o tratamento de áreas de preservação permanente em meio urbano e restrições ambientais ao parcelamento do solo, 2007, São Paulo.* APP Urbana 2007 - Anais – Textos Completos.. v.1. p. 14, 2007.
- [10] L. Sepe, M. Oliveira, M. M. Bergel, W. B. Jr., (Coord). A. Logarezzi, H. T. Oliveira, “Percepção Sócio-Ambiental do Parque do Bicão”. ACIEPE – Educação Ambiental e Ação Sócio-Educativa. Universidade Federal de São Carlos, SP. Jul. 2009, p. 23, Disponível em:<<http://pt.scribd.com/doc/23977134/Percepcao-Socio-Ambiental-do-Parque-do-Bicao>>.

- [1]M. J. Paul, and J.L. Meyer, “Streams in the urban landscape”. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, vol 32, pp.333-365.
- [2]R.J. Naiman, H.Decamps and M.E.MacClain, *Riparia: ecology, conservation and management of streamside communities*. New York, US: Academic Press, 2005.
- [3]R.T.T. Forman and M.Godron, *Landscape Ecology*. New York, US: Wiley, 1986
- [4]S. Wenger, “A review of the scientific literature on riparian buffer width, extent and vegetation”, Athens, US: University of Georgia, 1999.
- [5]