

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA – CCET
PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO URBANA

JORGE AUGUSTO CALLADO AFONSO

**RENATURALIZAÇÃO E REVITALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS: UMA
ABORDAGEM SISTÊMICA**

CURITIBA

2011

JORGE AUGUSTO CALLADO AFONSO

**RENATURALIZAÇÃO E REVITALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS: UMA
ABORDAGEM SISTÊMICA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Gestão Urbana, linha de Pesquisa: Gestão Ambiental e Sustentabilidade, ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana, da Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Mello Garcias.

CURITIBA

2011

JORGE AUGUSTO CALLADO AFONSO

**RENATURALIZAÇÃO E REVITALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS: UMA
ABORDAGEM SISTÊMICA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Gestão Urbana, linha de Pesquisa: Gestão Ambiental e Sustentabilidade, ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana, da Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Mello Garcias.

COMISSÃO EXAMINADORA

Dr. Carlos Mello Garcias
ORIENTADOR PUC – PR

Prof. Dr. Harry Alberto Bollmann
MEMBRO INTERNO DA PUC – PR

Prof. Dr. Clóvis Ultramari
MEMBRO INTERNO PUC – PR

Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira
MEMBRO EXTERNO – UDSC-SC

Curitiba, 31 de agosto de 2011.

AGRADECIMENTOS

A todos que lutam pela conservação e pela preservação da vida.

Ao Prof. Dr. Carlos Mello Garcias, companheiro de ideais e de jornada, pela orientação e pela paciência durante a construção deste trabalho.

A minha mulher Liliane pelo apoio permanente e incondicional nas minhas escolhas de vida.

Ao amigo Orlando Pessuti companheiro de todos as horas, pelas oportunidades que sempre me foram concedidas para ampliar as nossas vivências e as nossas militâncias políticas e ambientais.

RESUMO

Os sistemas urbanos representam uma das mais expressivas materializações das ações antrópicas e necessitam estar em equilíbrio com os seus ecossistemas, para desenvolver funcionalidade e proporcionar qualidade de vida aos seus habitantes. Os rios como integrantes dos ecossistemas urbanos, de forma análoga exercem a função de artérias dos tecidos urbanos. Embora a relação entre as cidades e seus rios são historicamente complexas, os gestores urbanos têm buscado formas de recuperar estes ecossistemas aquáticos. Entre as propostas que visam buscar a recuperação dos rios e a sustentabilidade das cidades, existem as alternativas de renaturalização e revitalização de rios urbanos que nas últimas décadas vêm sendo realizadas em alguns países. Entretanto, no Brasil existem poucos exemplos destas práticas. Devido as demandas existentes sobre o tema, esta dissertação apresenta entre os seus objetivos, estabelecer subsídios de acordo com uma visão sistêmica, que viabilizem a renaturalização e revitalização de rios urbanos. A metodologia utilizada foi o estudo caso, com análise de quatro casos de renaturalização e revitalização, visando comparar as ações executadas e avaliar a eficácia destas ações, para que futuramente possam constituir subsídios para a recuperação de rios urbanos. Os resultados das análises demonstraram, que as ações com base em corte de fontes pontuais de poluição, recuperação de mata ciliar, recuperação dos aspectos morfológicos dos rios e reconstituição da biota aquática, em conjunto com outros fatores, são essenciais e podem constituir subsídios para os processos de renaturalização e revitalização dos rios urbanos. As conclusões indicam que a participação social é fundamental para o processo e que as ações devem ocorrer de forma intrínseca e sistêmica. Foi constatada também a necessidade de desenvolvimento e aprimoramento de metodologias que venham contribuir com a recuperação de rios. As cidades sustentáveis devem ter em seu planejamento um espaço destinado aos rios na sua forma natural.

Palavras-chave: Rios urbanos. Renaturalização. Revitalização. Cidades Sustentáveis.

ABSTRACT

Urban systems represent one of the most important materialization of human actions and it needs to be in balance with their ecosystems, to develop functionality and supply life quality for the inhabitants. Rivers, as a part of urban ecosystems, perform similarly functions of urban tissue arteries. Although the relationship between cities and their rivers are historically complex, urban managers have been searching ways to recover these aquatic ecosystems. Among the proposals to seek recovery of rivers and sustainability of cities, there are alternatives of renaturation and revitalization of urban rivers that, in recent decades, have been made in some countries. However, at Brazil, there are few examples of these practices. Given the existing demands about the subject, this work presents among its goals, to fix subsidies according to a systemic view that allow the renaturation and revitalization of urban rivers. The methodology used was case study with analysis of four cases about renaturation and revitalization, to compare the actions taken and evaluate the effectiveness of these actions, for future can constitute subsidies for restoration of urban rivers. The results of analysis showed that the actions based on cutting point source pollution, riparian restoration, recovery of morphological rivers aspects and aquatic biota restoration, together with other factors, are essential and can provide subsidies for processes urban rivers renaturation and revitalization. The conclusions indicate the social participation is fundamental to the process and the actions must occur intrinsic and systemic form. It was also noted about the need for development and improvement of methodologies that contribute to the rehabilitation of rivers. Sustainable cities must have in your planning a space for the rivers in their natural form.

Keywords: Urban rivers. Renaturation. Revitalization. Sustainable cities.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Síntese dos principais apoios legais e documentais para revitalização e renaturalização dos rios urbanos.	67
Quadro 2 – Principais experiências de renaturalização e revitalização de rios urbanos	101
Quadro 3 – Síntese referente aos procedimentos executados para a revitalização e renaturalização dos rios analisados nos estudos de caso	123
Quadro 4 – Síntese referente à relação entre os fundamentos lógicos de Yin, 2005, e os casos dos rios estudados.	125

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS.....	12
1.1.1	Objetivo Geral	12
1.1.2	Objetivos Específicos	12
1.2	JUSTIFICATIVA.....	13
1.3	METODOLOGIA DA PESQUISA	16
1.4	ESTRUTURA DA APRESENTAÇÃO	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	MELHORIAS DAS CONDIÇÕES DE RIOS URBANOS: RENATURALIZAÇÃO, RESTAURAÇÃO, REVITALIZAÇÃO, REABILITAÇÃO E REMEDIAÇÃO.	19
2.2	RESISTÊNCIA, RESILIÊNCIA E ESTABILIDADE DOS ECOSSISTEMAS.	22
2.3	HIDROLOGIA	23
2.4	ÁREAS ÚMIDAS – WET LANDS.....	28
2.5	DEFINIÇÃO DE RIO	29
2.6	O RIO COMO UM ECOSSISTEMA	33
2.7	POLUIÇÃO HÍDRICA.....	41
2.8	AUTODEPURAÇÃO DOS RIOS	48
2.9	BACIAS HIDROGRÁFICAS	50
2.10	A URBANIZAÇÃO E SEUS ASPECTOS AMBIENTAIS	56
2.11	OS RIOS E AS CIDADES.....	57
2.12	AS CIDADES SUSTENTÁVEIS E OS RIOS URBANOS	59
2.13	REFERÊNCIAS LEGAIS E DOCUMENTOS IMPORTANTES PARA AS CIDADES SUSTENTÁVEIS E A RENATURALIZAÇÃO E REVITALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS.....	62
2.14	A AGENDA 21 E A RENATURALIZAÇÃO E REVITALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS.....	64
2.15	A AGENDA 21 E AS CIDADES SUSTENTÁVEIS	65
2.16	OS OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO DO MILÊNIO E AS CIDADES SUSTENTÁVEIS.....	66
3	AS PRINCIPAIS EXPERIÊNCIAS DE RENATURALIZAÇÃO E REVITALIZAÇÃO DE RIOS NO MUNDO	68

3.1	FISRWG: FEDERAL INTERAGENCY STRAM RESTORATION WORKING GROUP	69
3.2	PRINCIPAIS EXPERIÊNCIAS EUROPEIAS.....	70
3.2.1	Rio Isar.....	70
3.2.2	Rio Tâmbisa.....	72
3.2.3	Rio Socolowka.....	74
3.2.4	Rio Warta	75
3.2.5	Rio Reno: Suíça, França, Alemanha, Holanda.....	76
3.2.6	Rio Danúbio: União Européia.....	78
3.2.7	Rio Sena.....	80
3.3	A EXPERIÊNCIA ASIÁTICA.....	83
3.3.1	Rio Cheonggyecheon: Seul, Coréia Do Sul.	83
3.4	EXPERIÊNCIAS AMERICANAS	84
3.4.1	Rio Anacostia: Washington DC, Estados Unidos.	84
3.4.2	Rio Cuyahoga: Cleveland, Ohio.....	85
3.4.3	Rio Alamar Tijuana – México	87
3.4.4	Rio Isabela - República Dominicana.....	88
3.4.5	Rio Massacre: Republica Dominicana, Haiti.....	89
3.4.6	Rio Mapocho – Chile.....	90
3.5	EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS	91
3.5.1	Projeto Manuelzão: Minas Gerais, Brasil.	91
3.5.2	Rio Mosquito	93
3.5.3	Rio Tietê.....	96
3.5.4	Rio São Francisco.....	98
3.5.5	Rio Tijuco Preto.....	100
4	ASPECTOS TÉCNICOS DA RENATURALIZAÇÃO E REVITALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS	103
4.1	PRIMEIRO CASO: RIO MOSQUITO, MINAS GERAIS, BRASIL.	104
4.1.1	Caracterização	104
4.1.2	Diagnóstico	105
4.1.3	Soluções apresentadas	106
4.2	SEGUNDO CASO: RIO ANACOSTIA, WASHINGTON DC, ESTADOS UNIDOS	
	109	
4.2.1	Caracterização	109

4.2.2	Diagnóstico	109
4.2.3	Soluções apresentadas	111
4.3	TERCEIRO CASO: RIO ISAR, MUNIQUE, ALEMANHA	114
4.3.1	Caracterização	114
4.3.2	Diagnostico	115
4.3.3	Soluções apresentadas	117
4.4	QUARTO CASO: RIO CHEONGGYENCHEON, SEUL, COREIA DO SUL	119
4.4.1	Caracterização	119
4.4.2	Diagnóstico	119
4.4.3	Soluções apresentadas	120
4.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS CASOS ESTUDADOS	121
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	126
	REFERÊNCIAS	129

1 INTRODUÇÃO

As cidades representam uma das mais expressivas materializações das ações antrópicas. Quando refletimos sobre estes sistemas urbanos, percebemos que seus componentes devem estar em harmonia com os ecossistemas que os compõem para desenvolver a sua funcionalidade e proporcionar qualidade de vida aos seus habitantes.

Entre estes vários ecossistemas que influenciam diretamente o grau de homeostase das cidades citamos os rios urbanos, que por analogia exercem a função de artérias do tecido urbano. Porém a relação entre as cidades e seus rios são historicamente complexas, principalmente quando nos referimos às cidades formadas no período após a revolução industrial, que segundo Lefebvre (2004), completou a urbanização da sociedade.

De acordo com a Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico (OECD, 2008), existe a estimativa de que 60% da população mundial habitará áreas urbanas em 2030. O crescimento populacional vem apresentando maior expansão nos países em desenvolvimento, gerando pressão sobre o patrimônio natural, representado pela biodiversidade, pelo solo, pelos recursos hídricos e atmosféricos, entre outros de similar importância. Esta pressão gerada pelo crescimento desordenado dos países compromete a manutenção dos ecossistemas e a sua capacidade de prover serviços ambientais, como por exemplo, a depuração do ar e da água e regulação do microclima, muitas vezes comprometidos devido a poluição gerada pelo processo de crescimento desenfreado.

É importante salientar que, para suportar de forma sustentável a citada pressão sobre o patrimônio natural decorrente da expansão e do crescimento populacional, torna-se necessário planejar o desenvolvimento das cidades respeitando os limites da sustentabilidade.

Entre os inúmeros desafios dos gestores urbanos, identificamos a necessidade de priorizar as suas importantes ações nas questões referentes à gestão dos recursos hídricos, que refletem diretamente nos aspectos de qualidade das bacias hidrográficas e consequentemente dos rios formadores das mesmas.

Historicamente, as propostas apresentadas para a gestão de recursos hídricos nos sistemas urbanos, são pautadas por princípios que consideram apenas razões técnicas reducionistas, onde citamos como exemplo a canalização de rios que conseqüentemente artificializam a paisagem e limitam as funções dos rios quanto ao controle de cheias, conservação da biodiversidade, harmonia paisagística e melhoria da qualidade da água.

Portanto, segundo Carvalho e Braga (2003), ao buscarmos uma urbanização de menor impacto e menos desnaturalizante, que possibilite o reencontro com a natureza nas cidades, a revitalização e a renaturalização de rios urbanos constitui desta forma um novo paradigma da urbanização. Estes processos quando são necessários, tornam-se alternativas para o planejamento das cidades sustentáveis, incluindo a resgate das funções dos ecossistemas e minimização do estresse ambiental antropogênico.

Em consonância com a proposta de tornar viável a renaturalização e a revitalização de rios como um paradigma possível e não algo utópico, esta dissertação busca de forma estruturada, proporcionar o conhecimento e a reflexão sobre os fatores que podem viabilizar estas práticas e procedimentos nos rios urbanos, quando for constatada a necessidade de execução.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Estabelecer, de acordo com uma visão sistêmica, subsídios que viabilizem a renaturalização e a revitalização de rios urbanos.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar exemplos de renaturalização e revitalização de rios urbanos;
- Avaliar qualitativamente os procedimentos que interagem nos processos de renaturalização e revitalização de rios;
- Correlacionar a gestão urbana e a renaturalização e a revitalização de rios urbanos;

- Conceitualizar a renaturalização de rios, com destaque para a sua aplicação enquanto instrumento de gestão urbana;

1.2 JUSTIFICATIVA

A manutenção da boa qualidade dos ecossistemas, incluindo aqueles que compõem os sistemas urbanos, necessita de manejo adequado do seu patrimônio natural, incluindo de forma veemente os aspectos referentes à gestão dos recursos hídricos. Quando os gestores urbanos apresentam estas percepções e as transformam em ações efetivas, tendo como base princípios amplos de conservação que proporcionem equilíbrio ambiental, geralmente não existe a necessidade de resgate da qualidade dos ecossistemas urbanos, como por exemplo os rios, evitando desta forma intervenções e custos.

Porem, quando estas percepções não se fazem presentes na agenda dos gestores e tomadores de decisões, nos deparamos com alterações de origem antrópica que resultam em efeitos negativos, comprometendo a manutenção da qualidade dos sistemas urbanos. Este comprometimento é representado pelas reduções das áreas de permeabilidades das águas, das áreas úmidas, das áreas verdes e conseqüentemente por alterações na biodiversidade, limitando desta forma os importantes e essenciais serviços que os ecossistemas nos proporcionam. Quando contatadas estas situações, tornam-se necessárias a execução de intervenções de resgate da qualidade dos ecossistemas que considerem a sua capacidade de regeneração, onde citamos como exemplos a revitalização e a renaturalização dos rios urbanos.

A renaturalização e a revitalização de rios urbanos embora sejam processos pouco difundidos e aplicados, representam alternativas para promover uma urbanização de menor impacto e o reencontro da sociedade com a natureza, propiciando assim maior conscientização da sociedade em relação à conservação e valorização dos rios e suas respectivas bacias hidrográficas.

Os processos de renaturalização e revitalização de rios urbanos, caracterizam-se como transdisciplinares em função de necessitarem dos conhecimentos de várias áreas do saber. Ao mesmo tempo estes processos influenciam de forma direta e transversal, alguns fatores importantes para a

qualidade dos sistemas urbanos, relacionados a gestão de recursos hídricos que consequentemente refletem na regulação no ciclo hidrológico.

Pelo fato de representar um processo sistêmico, a renaturalização e de rios contribui de forma direta ou indireta para a sustentabilidade dos espaços urbanos, considerando que, segundo Bollmann e Bracht (2008), a sustentabilidade deve ser:

“a) ambientalmente correta, no sentido da capacidade de suporte dos ecossistemas em processar as atividades antrópicas, conservando a sua funcionalidade ambiental, por meio da minimização dos fluxos desordenados de matéria e energia com maximização das ações de recuperação das áreas degradadas; b) economicamente viável, levando em consideração os custos sociais e ambientais dos processos produtivos onde devem ser avaliados o consumo sustentável de matérias primas e energia e a minimização do consumo de supérfluos, sendo importante conhecer o ciclo de vida dos produtos consumidos, buscando-se desta forma a “internalização das externalidades”; c) socialmente justa, no sentido de atender todas as formas de vida em suas demandas, incluindo a garantia de acesso a todos aos serviços dos ecossistemas e às benesses da urbanização, auxiliando desta forma a redução das desigualdades sociais e o desenvolvimento individual e coletivo; d) culturalmente dinâmica, salientando o fato de que a cultura sendo composta por valores éticos, estéticos, filosóficos, ideológicos, religiosos entre outros, constitui um fator importante para auxiliar a entender a relação da espécie humana com o meio no qual coexiste; e) psicologicamente saudável, em função da saúde mental dos indivíduos ser auxiliada pela integração positiva com o meio ambiente, portanto em um espaço urbano sustentável as sensações estéticas são fundamentais; f) institucionalmente participativa, devido a necessidade da participação democrática do cidadão e das instituições nos destinos da comunidade, uma vez que a sustentabilidade deve proporcionar o uso de ferramentas de negociação social nos casos de conflitos de interesses, sendo utilizado para tanto a maximização dos fluxos de informações, bem como a multidisciplinaridade nas decisões de planejamento. “

Os elementos apontados como protagonistas da crise ambiental, tais como alteração da biodiversidade, a crise dos recursos hídricos e a coleta e destinação adequada dos resíduos sólidos líquidos e gasosos, incluindo ainda as mudanças climáticas e o efeito estufa, podem ser abordados de forma sistêmica nas ações de revitalização e renaturalização dos rios, contribuindo desta forma para a minimização dos seus efeitos (POLIGNANO et alii, 2010).

A renaturalização e a revitalização de rios urbanos tendem a refletir de forma intrínseca e correlata na melhoria das condições de vários fatores importantes para o equilíbrio ambiental, sendo estes fatores representados pelos seguintes itens: qualidade da água, hidrologia, geomorfologia, conservação da biodiversidade, economia, educação ambiental, qualidade do ar, auxílio na regulação climática e

harmonização da paisagem. Estes itens quando contemplados podem proporcionar a melhoria da qualidade dos ecossistemas e o bem estar das populações, podendo ainda embasar de modo técnico a elaboração de diplomas legais específicos e a pesquisa de novas tecnologias que beneficiem a gestão dos recursos hídricos. O aprimoramento da gestão de recursos hídricos, visa também proporcionar melhor qualidade ambiental nas bacias hidrográficas e nas respectivas cidades que as integram.

Ao refletirmos que os sistemas urbanos apresentam desenvolvimento com qualidade em função da disponibilidade dos serviços dos ecossistemas, a gestão ambiental e a sustentabilidade aglutinam-se de forma transversal à gestão urbana, com todos desafios comuns e pertinentes as suas respectivas atribuições, onde as boas práticas ambientais propostas pela revitalização e renaturalização, podem aprimorar esta relação por meio de diversas formas. Citamos como exemplo, o auxílio na transição de um modelo de metabolismo urbano linear onde o fluxo de energia é caracterizado como heterotrófico em função do uso intenso e irracional dos recursos naturais, para um modelo de metabolismo urbano circular representado por práticas que consideram o uso racional dos recursos naturais no qual os fluxos energéticos são sustentáveis, reduzindo desta forma a influência das externalidades negativas sobre o ambiente urbano. Neste caso as externalidades negativas, são exemplificadas por menores índices de reciclagem de matéria-prima e conseqüentemente maior produção e lançamento de efluentes domésticos e industriais nos ecossistemas aquáticos.

É importante salientar que as mencionadas externalidades negativas são agravadas ainda por sistemas de drenagem pluvial equivocados, que segundo Garcias (2007), contribuem para a formação de enchentes devido ao dimensionamento muitas vezes incorreto do grau de impermeabilização do solo e ao acúmulo de águas em tempo reduzido em determinados locais, além das cidades ocuparem o espaço de escoamento natural e infiltração das águas.

De sobremodo a renaturalização e a revitalização de rios urbanos, devem ser instrumentos de cunho ambiental social e político, que promovam não só a educação ambiental mas também estimule as cidades a estabelecerem e cumprirem metas ambiciosas com os seus rios. Por exemplo citamos a Meta 2010 adotada pelo estado de Minas Gerais no Projeto Manuelzão, que tem entre os seus objetivos

navegar pescar e nadar, no trecho do rio das Velhas que banha a região metropolitana de Belo Horizonte.

1.3 METODOLOGIA DA PESQUISA

O método científico de uma pesquisa pode ser definido como um caminho para se chegar ao fim de um determinado trabalho. A investigação científica depende de um “conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos” para que seus objetivos sejam atingidos: os métodos científicos (GIL, 1999).

Segundo Gil (1991) conforme os seus objetivos as pesquisas apresentam as seguintes fases: exploratória, descritiva e analítica. Segundo Santos (2006) a fase exploratória da pesquisa refere-se a realizar a primeira aproximação com o tema a ser abordado, “familiarizar-se com o fato, fenômeno ou processo”, esta fase geralmente é realizada através de levantamento bibliográfico, entrevistas entre outros. A fase descritiva é a fase seguinte à exploratória, onde ocorre a descrição de um fato, fenômeno ou processo já conhecido, normalmente é realizada na forma de levantamentos e observações sistemáticas. A fase onde ocorrem as pesquisas explicativas, relatando o porquê da ocorrência dos fatos, fenômenos ou processos é a chamada fase analítica (SANTOS, 2006).

O método a ser utilizado nesta pesquisa é o estudo de caso. Em especial um estudo de casos variados. Desta forma foi elaborado um estudo comparativo de quatro casos de rios que passaram por processos de renaturalização ou revitalização.

As unidades de análises são as seguintes: Rio Mosquito: Minas Gerais Brasil. Rio Anacostia: Washington, DC, Estados Unidos. Rio Isar: Munique, Alemanha. Rio Cheonggyecheon: Seul, Coréia do Sul. A seleção destas unidades de análises, foi realizada com o objetivo de demonstrar e conhecer as diferentes abordagens destes temas em nível mundial, e ao mesmo tempo disponibilizar informações aos gestores urbanos, sobre as possibilidades de incluir estas intervenções em seus planejamentos.

Segundo Yin (2005), os estudos de casos são eficientes como estratégia de pesquisa quando nos deparamos com questões exemplificadas por “como” e “por

que” e com foco em acontecimentos contemporâneos com influência na vida real. Estas observações foram importantes para a escolha deste método de pesquisa.

Após a realização destes estudos de casos, foram gerados de acordo com uma abordagem sistêmica, subsídios que podem orientar os gestores urbanos e tomadores de decisões, em ações que tenham por objetivo a recuperação dos rios urbanos, quando constatada a necessidade de sua realização.

1.4 ESTRUTURA DA APRESENTAÇÃO

Para atender os objetivos propostos, este trabalho está estruturado em cinco capítulos.

O capítulo 1 contextualiza a questão do crescimento das cidades incluindo os aspectos populacionais e a pressão exercida sobre o patrimônio natural, enfatizando a necessidade dos gestores urbanos estarem em sintonia com os princípios da sustentabilidade, para que os serviços dos ecossistemas possam proporcionar boa qualidade para os sistemas urbanos. Este capítulo alerta que em casos de gestões, que não consideram devidamente as questões ambientais das cidades, são necessárias intervenções de resgate da qualidade dos ecossistemas como por exemplo a renaturalização e a revitalização de rios. Constam ainda neste capítulo os objetivos, a justificativa e a metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho.

O capítulo 2 aborda aspectos conceituais referentes aos processos de renaturalização, revitalização e demais formas de resgate da qualidade dos rios urbanos, e apresenta reflexões sobre os aspectos referentes a gestão urbana e a renaturalização e revitalização de rios urbanos, como ferramenta dos processos e ações de gestão urbana.

O capítulo 3 relata os principais casos de práticas de renaturalização e revitalização de rios urbanos que ocorrem em diversos países, demonstrando desta forma a inserção destes temas na agenda dos gestores urbanos e dos gestores ambientais.

O capítulo 4 aborda aspectos técnicos referentes às formas de renaturalização e revitalização de rios urbanos, com base no estudo de caso de

quatro rios que foram objetos da execução de projetos com esta finalidade. Os rios estudados foram os seguintes: Rio Mosquito no Brasil, Rio Anacostia nos Estados Unidos, Rio Isar na Alemanha e Rio Cheonggyecheon na Coreia do Sul.

O capítulo 5 apresenta análises e conclusões, bem como proposições de subsídios para embasar os gestores urbanos e demais tomadores de decisões, na elaboração e execução de ações que tenham por objetivo a renaturalização e revitalização de rios urbanos, quando necessárias as suas realizações.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 MELHORIAS DAS CONDIÇÕES DE RIOS URBANOS: RENATURALIZAÇÃO, RESTAURAÇÃO, REVITALIZAÇÃO, REABILITAÇÃO E REMEDIAÇÃO.

Quando nos referimos aos processos que objetivam devolver os rios urbanos em boa qualidade para as cidades, geralmente encontramos várias denominações referentes a estas iniciativas. O importante é observarmos que independente dos diferentes conceitos em relação a estes processos, o objetivo principal de melhorar a qualidade dos ecossistemas urbanos deve ser o norteador das ações.

Historicamente os eventos de criação e desenvolvimentos das cidades, apresentaram ações distantes dos princípios de conservação dos rios urbanos. Geralmente os rios eram utilizados para fins de abastecimento público ou lançamentos das chamadas águas servidas. Quando a sua falta de vitalidade era percebida ou quando o espaço ocupado pelos rios nos ambientes urbanos tornava-se um fator de impedimento para os avanços das cidades, os rios urbanos eram simplesmente eliminados da percepção pública. Algumas modalidades de obras como as canalizações, foram realizadas para suprimir os rios da paisagem urbana e ao mesmo tempo transferir os impactos dos seus problemas e mazelas, tais como enchentes e poluição, para outras regiões dos municípios. Vale salientar que muitas vezes estas ações acabaram por penalizar os espaços menos valorizados em termos econômicos bem como os estratos populacionais que representavam os detentores de baixa renda. Porém devemos considerar os aspectos sistêmicos que envolvem as bacias hidrográficas, e refletir que mesmo ao transferir fisicamente os impactos ambientais por meio de obras, estes ainda penalizam os aspectos sociais e ambientais da sociedade como um todo.

A renaturalização e a revitalização de rios urbanos bem como a disponibilização dos serviços destes ecossistemas para as cidades, configuram-se como tendências mundiais que fazem parte da revisão do pensamento humano em relação a questão ambiental, salientando que a questão ambiental é também uma questão política e econômica (LISBOA,2010).

Para aprofundar os conhecimentos que envolvem a recuperação de rios urbanos, torna-se necessário conhecer os vários conceitos referentes a esta questão, que serão apresentados a seguir:

Restauração: Consiste na recuperação das condições sustentáveis de um rio e de suas funções e serviços ecossistêmicos, após constatadas alterações naturais ou antrópicas que venham afetar a sua estrutura e impedir o seu restabelecimento (FIRSWG, 2001).

Restauração ecológica: Consiste na recuperação de um ecossistema degradado, considerando os seus aspectos naturais e a respectiva integração dos seus fatores bióticos e abióticos (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION, 2004).

Renaturalização: Consiste na recuperação de rios por meio de manejo regular evitando os usos antrópicos que inviabilizam as suas funções, de modo a regenerar o ecossistema buscando o mais próximo possível o restabelecimento da sua biota natural, bem como a conservação das áreas naturais de inundação (BINDER, 2001).

Os processos de renaturalização dos rios são considerados mais complexos em relação a outras formas de resgate da qualidade dos rios como a revitalização, pelo fato de que em suas ações são previstas a execução de recomposição dos substratos dos rios e de suas margens, por meio de iniciativas que permitam e proporcionem o uso de materiais naturais, ao invés de gabiões de concreto entre outros dispositivos utilizados em obras da engenharia tradicional. Deste modo a renaturalização é constituída por intervenções mais amplas, pelo fato de abranger ainda, aspectos tais como a recomposição da biota aquática e a conservação das áreas naturais de inundação, além das ações que visam a melhoria da qualidade da água, como a redução ou eliminação das fontes pontuais de poluição. Estas intervenções devem ser permeadas por práticas de educação ambiental.

Desta forma com a renaturalização dos rios urbanos, podem ser evitados os impactos derivados de uma urbanização desnaturalizante, representada muitas vezes por obras hidráulicas como as canalizações e retificações de rios. Estas obras hidráulicas tradicionais geralmente transformam os leitos dos rios em perfis regulares, sendo em muitos casos revestidos e impermeabilizados, causando o aumento da velocidade das águas, a redução da biota aquática e dos serviços ecossistêmicos dos rios.

Como contribuição na busca de maiores esclarecimentos sobre a renaturalização de rios, torna-se importante citar que a renaturalização não significa a volta a uma paisagem original não influenciada pelo homem, mas corresponde ao desenvolvimento sustentável dos rios, da paisagem e das bacias hidrográficas, de acordo com as necessidades urbanas e conhecimentos contemporâneos. Portanto as ações de renaturalização dos rios refletem diretamente na qualidade das bacias hidrográficas (SAUNDERS e NASCIMENTO,2006).

Revitalização: Consiste na preservação, conservação e na recuperação ambiental dos rios, por meio de ações integradas que proporcionem a melhoria da qualidade da água para os usos múltiplos, bem como a melhoria das condições ambientais e o uso sustentável dos recursos naturais (MMA FNMA, 2005).

Segundo Machado (2008) conceito técnico-científico de revitalização ainda encontra-se em elaboração no Brasil, porem alguns procedimentos e ações de caráter técnico e ambiental podem caracterizar o processo de revitalização dos rios.

Entre as várias ações integradas que objetivam e caracterizam a revitalização dos rios, salientamos e citamos como exemplo o corte de fontes pontuais de poluição e a recomposição de mata ciliar, que contribuem de forma efetiva para a melhoria da qualidade das águas dos rios. Geralmente as políticas públicas referentes ao saneamento básico, priorizam em suas agendas a coleta e o tratamento de efluentes domésticos, que refletem na diminuição dos lançamentos de fontes pontuais de poluição nos rios e contribuem para a melhoria da qualidade de água. Nos casos de recomposição das matas ciliares em trechos de rios urbanos, o poder público em articulação com a sociedade pode conseguir resultados mais eficientes devido ao baixo custo desta ação e a oportunidade de promover educação ambiental. Segundo Machado (2008) o grau de êxito de um processo de revitalização, deve ser indicado pela melhoria da qualidade da água dos rios e conseqüentemente da bacia hidrográfica que recebeu as devidas intervenções de revitalização .Torna-se importante salientar, que nos casos de intervenções nos rios urbanos com a finalidade de melhorar as suas condições ambientais, a revitalização precede a renaturalização.

Reabilitação: Segundo Findlay e Taylor (2006) a reabilitação de rios é representada por ações que possibilitem o retorno parcial das condições biológicas e físicas do rio a sua condição original, podendo restituir a suas funções ecossistêmicas.

Remediação: Ocorre em situações nas quais os impactos ambientais constatados foram muito intensos, como por exemplo em casos de estresse antropogênico crônico, sendo desta forma inviável o retorno do rio as suas condições originais. Neste caso a recuperação ocorre por meio da formação de um novo ambiente modificado (FINDLAY e TAYLOR, 2006).

2.2 RESISTÊNCIA, RESILIÊNCIA E ESTABILIDADE DOS ECOSISTEMAS.

Os ecossistemas são expostos naturalmente a perturbações estocásticas ou a agentes estressores, tais como fenômenos climáticos, exposição a substâncias alóctones e a episódios de poluição entre outros de similar importância. As atividades antrópicas contribuem para potencializar os efeitos dos chamados agentes estressores, dando origem ao estresse ambiental antropogênico nos ecossistemas.

De acordo com Odum (1988), apesar de ser um processo arbitrário promover classificações, pode ser didático classificar o estresse antropogênico em duas categorias, sendo elas:

a) O estresse antropogênico agudo, que é caracterizado pelo início repentino da ação dos fatores estressores, com alta intensidade e curta duração. Podemos citar como exemplo o lançamento de uma “carga-choque” de poluentes em um rio;

b) O estresse antropogênico crônico, que apresenta como características, a baixa intensidade e a longa duração da presença dos fatores estressores, ou seja um “aborrecimento constante”. Citamos como exemplo o aporte constante em pequenas quantidades de resíduos tóxicos em um rio.

Os ecossistemas apresentam adaptações que revelam a sua capacidade de autodepuração e minimizar os efeitos dos mais variados fatores estressores do ambiente, e ao mesmo tempo manter a sua estabilidade, a qual denomina-se estabilidade do ecossistema. Estes mecanismos e adaptações são chamados de resistência e resiliência.

De acordo com SER (2004), o termo resistência descreve a capacidade de um ecossistema manter as suas funções e estruturas perante a sua exposição a fatores estressores. A resiliência de um ecossistema é caracterizada pela capacidade de recuperação das suas funções e estruturas, após ser impactado e ter

sofrido danos por agentes estressores. Desta forma a estabilidade dos ecossistemas depende diretamente da sua capacidade de resistência e resiliência.

Nos casos de recuperação de rios urbanos, como na recuperação dos demais ecossistemas, a capacidade de resistência e resiliência devem ser consideradas. As ações a serem desenvolvidas com a finalidade de recuperar os ecossistemas, devem criar condições de fortalecimento e potencialização da resiliência e resistência.

2.3 HIDROLOGIA

Segundo Schäfer (1985) a Hidrologia tem como função principal o estudo da água na Terra, abrangendo todos os seus aspectos, sendo em função deste fato, diferenciada em duas linhas principais: a Hidrologia das águas dos continentes e a Hidrologia das águas dos oceanos. Ainda dentro da área de abrangência da Hidrologia existem áreas distintas como a Hidrografia que descreve em seus conteúdos as águas superficiais, a Hidroquímica, Hidrofísica, Hidrogeologia e Hidrobiologia, que estudam questões e fenômenos relacionados às águas em variados aspectos, como por exemplo, o meio para o desenvolvimento, manutenção e evolução dos seres vivos. É importante ressaltar que a Hidrogeografia, em seus conceitos e conteúdos considera as águas como um fator formador de uma paisagem, tanto nos aspectos morfológicos (Hidromorfologia) como nos aspectos econômicos (Hidroeconomia).

Nos aspectos referentes ao resgate da qualidade de rios urbanos, os conhecimentos pretéritos e atuais gerados pela Hidrologia são de fundamental importância, pelo fato de que historicamente os ciclos econômicos de desenvolvimento que formaram a economia do país e o conseqüente estabelecimento das cidades, produziram de forma sucessiva vários impactos ambientais. Estes impactos causaram alterações diretas nos aspectos hidrológicos originais dos rios, devido as ações de drenagens, barragens, canalizações e supressões de áreas de várzeas (SAUNDERS e NASCIMENTO, 2006).

2.3.1 O ciclo das águas na biosfera.

Segundo Esteves (1998), a água na biosfera e algumas etapas do seu ciclo, fazem parte dos conhecimentos e das indagações mais antigas da humanidade. A importância das chuvas para o equilíbrio hídrico da Terra era citada por Anaxágoras em aproximadamente 500 a.C.

As movimentações das massas de água e de suas diferentes formas na biosfera são representadas por meio dos ciclos hidrológicos. O processo de transporte de água na biosfera é contínuo e ocorre de forma geral, no sentido do oceano para a atmosfera e desta, por meio de precipitações, escoamento superficial e subterrâneo, novamente ao oceano.

O ciclo hidrológico é de extrema importância para as ações e planejamentos de gestão urbana, pelo fato que influencia diretamente a distribuição e a extensão das precipitações, bem como os aspectos hidrológicos dos corpos hídricos continentais.

Nas últimas décadas os ciclos hidrológicos tem passado por significativas alterações, devido as diferentes influências antropogênicas no ambiente. Estas interferências antropogênicas são exemplificadas por: devastação florestal, supressão e dragagem de extensas áreas naturais de inundação, edificações com grandes espaços impermeabilizados, expansão de grandes cidades, bem como a construção de grandes lagos artificiais (ESTEVES,1998).

Os fenômenos de evaporação e precipitação são os mais importantes para o ciclo hidrológico, em função de viabilizar a circulação das massas de água no planeta. A energia necessária para a realização do ciclo hidrológico é originada na radiação solar. Significativas quantidades de energia solar são utilizadas na evaporação das águas dos oceanos, que são considerados em termos quantitativos os principais elementos do ciclo hidrológico. Existem cálculos aproximados que indicam que evaporam anualmente dos oceanos em torno de 383.000 Km³ de água, que podem corresponder a uma camada de 106 cm de espessura. A maior parte desta água, em torno de 75%, retorna aos oceanos sob a forma de precipitações atmosféricas e escoamentos superficiais (ESTEVES,1998).

A composição química das águas de precipitação, é muito variável, e depende dos locais de ocorrência de sua formação. As precipitações de origem

oceânica apresentam maiores teores de Sódio, Cloro e Magnésio, enquanto que as precipitações continentais apresentam maiores concentrações de Amônia. As precipitações formadas em regiões de grandes centros urbanos e regiões industrializadas ambientalmente impactadas, contribuem para a formação de chuvas com teores significativos de compostos sulfúricos e nitrosos, que podem ser caracterizadas como as chuvas ácidas. A composição química das chuvas apresenta grande influência na vegetação, no solo e nas características geoquímicas dos corpos hídricos continentais como rios e lagos, podendo torna-los ácidos e alterar a sua biodiversidade. É importante salientar que no ciclo hidrológico global, existem também ciclos hidrológicos regionais que são influenciados pelo clima e pela topografia da região (SCHÄFER,1985).

Os fenômenos de evapotranspiração (perda de água solo por evaporação e perda de água da planta por transpiração), infiltração, escoamento superficial e subterrâneo são fenômenos de importância nos ciclos hidrológicos regionais, mesmo sendo a evaporação e a precipitação os elementos mais importantes do ciclo hidrológico. Vale ressaltar que o balanço entre estes diferentes fenômenos do ciclo hidrológico, pode caracterizar os aspectos geoquímicos e hidrológicos das bacias hidrográficas (ESTEVES,1998).

As considerações e informações referentes ao ciclo hidrológico, revelam divergências apresentadas por vários autores, principalmente em relação aos aspectos quantitativos das diferentes disponibilidades hídricas da biosfera.

Segundo Esteves (1998), a quase totalidade da água da Terra, em torno de 97,2% encontra-se nos oceanos, os 2,8% restantes encontram-se em geleiras e aquíferos subterrâneos (geralmente localizados abaixo dos 800 metros de profundidade em reservas de difícil acesso) restando 0,2% em rio e lagos. Portanto a disponibilidade hídrica é caracterizada em termos quantitativos como baixa, para o atendimento das demandas de uma população humana de aproximadamente 7 bilhões de habitantes de acordo com a previsão da Organização das Nações Unidas (Revista Época, edição 681 de 06-06-11), considerando ainda as demandas de água para garantir os processos ecológicos e a qualidade dos ecossistemas.

Com base nestas informações, fica evidente a necessidade do aprimoramento das ações de gestão dos recursos hídricos e de gestão urbana. Nesta linha de pensamento a renaturalização de rios, pode contribuir de forma positiva para estabelecer melhores condições de gestão dos recursos hídricos e suas respectivas bacias hidrográficas.

2.3.2 Drenagem urbana e enchentes

Drenagem é o termo empregado na designação das ações destinadas a escoar o excesso de água, seja em rodovias, na zona rural ou na malha urbana (CARDOSO,2005).

Grande parte do desenvolvimento urbano no Brasil, ocorreu entre as décadas de 1960 e 1990, causando aumento da população urbana de 55% para 76% (FGV,1998). Este aumento de população ocorreu principalmente em grandes cidades, ocasionando maiores níveis de poluição e impermeabilização de áreas.

Os ciclos hidrológicos passam por modificações e alterações devido aos efeitos da urbanização. A canalização dos escoamentos, a impermeabilização do solo, a redução da evapotranspiração e do escoamento subterrâneo são alguns dos efeitos da urbanização, bem como a redução das áreas naturais de detenção e retenção das águas pluviais. Estes efeitos causam a redução do tempo de concentração das águas e aumentam a sua velocidade de escoamento na bacia hidrográfica, ampliando as vazões máximas das bacias urbanas, produzindo maiores picos de enchentes e inundações. Em Curitiba, a bacia do Rio Belém (82Km²) que drena grande parte do centro da cidade, com 60% de área impermeabilizada, demonstrou um aumento na vazão média de inundação de aproximadamente seis vezes em relação as suas áreas localizadas em regiões rurais com menores espaços de impermeabilização (TUCCI,1996).

As enchentes além de causarem problemas sociais e econômicos de grandes proporções, causam também impactos sobre a qualidade das águas dos rios e dos lagos, em função dos seguintes fatores: a poluição atmosférica que passa a compor as chuvas, resíduos sólidos que são transportados pelas chuvas, lavagem das superfícies urbanas contaminadas, sedimentos de erosão transportados pelo escoamento com velocidade aumentada e esgotos não coletados de forma adequada.

2.3.3 Controle das enchentes

Historicamente, o controle de enchentes é realizado com base no conceito do “escoamento rápido das águas precipitadas”. Esta forma de ação tem demonstrado ao longo dos anos, a sua ineficiência pelo fato de causar o aumento das inundações em áreas de jusante, ou seja a transferência das inundações por meio de canalizações, que impedem a infiltração da água, ocasionando aumento de volume das águas e da sua velocidade de escoamento. Este conceito de controle de enchentes começou a ser abandonado pelos países desenvolvidos desde a década de 1970, devido a constatação de que os custos para ampliar as canalizações e conduzir as águas para locais distantes da população, eram muito superiores aos custos de redução de cheias por meio de áreas de retenção. Portanto o método demonstrou ser insustentável (TUCCI, 2000).

Com a evolução do pensamento ambiental contemporâneo, foi constatado que a drenagem urbana não deve ficar restrita apenas aos limites da engenharia. Mas deve considerar e auxiliar a capacidade de reação dos ecossistemas em absorver e minimizar os efeitos das enchentes. Com base nestas reflexões, foram desenvolvidos os métodos de controle sustentável das enchentes, dando origem a “Drenagem Urbana Sustentável”.

De acordo com Ministério da Integração Nacional (2006), a drenagem urbana sustentável objetiva promover, em articulação com as políticas de desenvolvimento urbano, de uso e ocupação do solo e de gestão de bacias hidrográficas, a gestão sustentável da drenagem. A drenagem sustentável tem por base, ações estruturais e não estruturais dirigidas à recuperação de áreas úmidas, à prevenção, ao controle e à minimização dos impactos provocados por fatores climáticos e ações antrópicas que originam enchentes urbanas e ribeirinhas além de problemas de macrodrenagem. É importante ressaltar que estas ações de drenagem sustentável, também podem auxiliar o controle dos efeitos da dinâmica marítima nas zonas costeiras.

A drenagem urbana sustentável apresenta também, entre os seus objetivos, simular o ciclo hidrológico natural, manter a vazão pré-existente e evitar a transferência dos impactos para a jusante. O controle da drenagem começa a

ocorrer na fonte, espaço este que envolve os aspectos referentes ao lote ou a área primária, por meio da execução de planos de infiltração e pavimentos permeáveis. Na sequência são realizadas as demais medidas de microdrenagem (medidas adotadas no nível do loteamento) e macrodrenagem (soluções de controle nos rios urbanos). Entre as medidas podemos citar a construção de canais abertos com vegetação, para atenuar as vazões de pico e reduzir a concentração de poluentes das águas, o armazenamento das águas das chuvas em reservatórios para posterior reuso, a construção de detenções que são reservatórios urbanos mantidos secos e integrados a paisagem urbana e a construção de retenções que são reservatórios com lâmina de água utilizados para o controle do escoamento e da qualidade de água (PARKINSON et al, 2003).

Após a realização das intervenções baseadas em processos de drenagem sustentável, às áreas passam a ter comportamento similar às condições hidrológicas anteriores as alterações de origem antrópicas, e apresentam como características, menor escoamento superficial, menores níveis de erosão e de poluição das águas, vindo a necessitar desta forma de menores investimentos para a contenção e minimização de impactos a jusante (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2006).

Os aspectos referentes a drenagem sustentável, vem ao encontro dos preceitos da renaturalização de rios urbanos, que preconizam a valorização dos serviços dos ecossistemas e a urbanização menos desnaturalizante. Portanto é imprescindível que os gestores urbanos e ambientais, dentro de uma visão sistêmica busquem a conservação e o uso racional das áreas que compõem as planícies de inundação, uma vez que estas são também essenciais para a contenção das cheias.

2.4 ÁREAS ÚMIDAS – WET LANDS

De acordo com a convenção de Ramsar (1975), são consideradas áreas úmidas ou wet lands, às áreas de pântanos, charcos, turfas, e corpos de água, naturais ou artificiais, permanentes ou temporários, com água estagnada ou corrente, doce, salgada ou salobra, incluindo estuários, planícies costeiras inundáveis, ilhas e áreas marinhas costeiras, com menos de seis metros de

profundidade na maré baixa, onde se encontram alguns dos ambientes mais produtivos e de maior diversidade biológica do planeta.

Com a maior observação e valorização, por parte dos gestores ambientais e da comunidade científica em relação a importância das áreas úmidas para o equilíbrio ambiental, podemos afirmar também que são, áreas de transição situadas no trajeto das águas que escoam por uma bacia.

As wet lands ou áreas úmidas, funcionam como uma espécie de filtro natural, retendo sedimentos, absorvendo nutrientes e melhorando a qualidade das águas. Estas funções resultam de inúmeros processos físicos, químicos e biológicos, tais como, adsorção, absorção, mineralização e sedimentação (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL,2006). De acordo com Odum (1988), as wet lands produzem ainda o efeito “buffer” ou seja o efeito de tamponamento ou equilíbrio ácido e básico nos ecossistemas. Os processos naturais de tratamento de água, que ocorrem nas wet lands utilizam a energia solar ou eólica, sendo que a capacidade de tratamento de poluentes é renovada de forma contínua, caracterizando as wet lands como sistemas ambientais sustentáveis.

Algumas ações de saneamento ambiental, buscam “construir” ou recompor ao longo dos rios, sistemas que venham a desempenhar as mesmas funções das wet lands naturais. Estas wet lands “construídas” geralmente apresentam a capacidade de neutralização de poluentes, igual ou maior que as wet lands naturais. Entre outras funções também podem funcionar como bacias de retenção e de infiltração que são importantes para a redução dos volumes de cheias e das vazões, como áreas de recargas de aquíferos, como áreas verdes de harmonização da paisagem, sendo ainda locais de promoção de educação ambiental, podendo auxiliar também na restauração dos ecossistemas naturais (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL,2006).

2.5 DEFINIÇÃO DE RIO

Existem algumas definições para rio, de acordo com as várias áreas do conhecimento. Inicialmente é importante citar para uma contextualização inicial, que segundo Ferreira (2009) a língua portuguesa por meio do dicionário Aurélio, refere-se a rio como um curso de água natural, que se desloca de um nível mais elevado

para outro mais baixo e aumenta seu volume de forma progressiva, até desaguar no mar num lago ou em outro rio.

Em termos geomorfológicos, o substantivo rio indica a designação de corrente de água confinada em um canal, que caracteriza o tronco principal de um sistema de drenagem (SUGUIO & BIGARELLA, 1990).

Segundo Schäfer (1985), hidrologicamente o rio é um sistema complexo aberto, que apresenta fluxo contínuo de sua fonte até a sua foz. Os rios dependem diretamente da inter-relação de fatores como o clima, geomorfologia, geologia entre outros de similar importância. Portanto a ampla dinâmica dos rios é estruturada fundamentalmente por seus aspectos físicos tais como temperatura, correntezas e por seus aspectos químicos como por exemplo: carbono, oxigênio e nutrientes, sendo que todos estes itens interagem também com os componentes biológicos e suas relações, representadas por produtividade, herbívora, predação etc. Desta forma os rios representam também a soma dos fatores da paisagem que os circundam. Os fatores hidrológicos em conjunto com os fatores antropogênicos, climáticos e geográficos são de fundamental importância para a determinação das condições ambientais de um rio.

2.5.1 Classificação dos rios quanto aos tipos morfológicos

Segundo Schäfer (1985), dependendo da sua localização, condições topográficas e extensão do seu curso os rios podem ser classificados em dois grupos distintos:

O primeiro grupo é representado pelos rios de regiões montanhosas que nascem em altitudes elevadas e apresentam como principais características alta velocidade das suas águas e acentuada declividade. Estas características dos rios de regiões de montanhas geralmente ocasionam processos erosivos.

O segundo grupo é representado pelos rios de planícies com nascentes em regiões de planícies tendo como características, baixo declive com velocidades moderadas, podendo ocasionar processos de acumulação de sedimentos.

É importante observar que muitos rios tem características dos dois grupos relatados, apresentando um curso superior em regiões de montanha e curso inferior

em regiões de planície, vindo a desaguar em outro rio ou nos estuários. Portanto, as alterações que ocorrem em seu trecho superior podem trazer consequências para o seu trecho de planície.

A vazão constitui um dos fatores determinantes para morfologia e conseqüentemente para a hidrografia dos rios. Nos períodos de pequenas vazões ou períodos de seca, os aspectos heterogêneos do leito são mais visíveis e demonstram alterações morfológicas dos rios, que podem influenciar na constituição de sua biota.

Os rios apresentam características que resultam das suas funções de canais para o transporte do excesso de água originada como resultado das chuvas, que não são absorvidas pelo ambiente terrestre. Este fato pode indicar que muitos rios são formados por derivação de processos erosivos (SILVEIRA,2004).

2.5.2 Classificação dos rios quanto aos tipos climáticos

É importante considerar que os rios de maiores dimensões não passam apenas por regiões topográficas diferentes, mas também passam por regiões climáticas diferentes.

De acordo com Schäfer (1985), em função dos cursos dos rios e suas localizações em regiões áridas ou úmidas, podemos classifica-los em quatro diferentes tipos sendo eles:

Dirréicos: rios com nascentes e foz em zonas úmidas e curso médio em zonas áridas.

Endorréicos : rios com nascentes em zona úmida e foz em zonas áridas.

Arréicos: rios localizados da nascente até a foz em zonas áridas.

Eurréicos: rios localizados da nascente à foz em zonas úmidas.

2.5.3 Divisões Ecológicas dos rios

Os fatores considerados para estabelecer as divisões ecológicas dos rios são baseados em aspectos bióticos e abióticos. Os principais fatores são representados

por: teor de oxigênio, temperatura da água, materiais sólidos suspensos, consumo de oxigênio por meio de demanda bioquímica e química, concentração de nutrientes, desenvolvimento de biocenoses autóctones, bem como a colonização e a distribuição de formas bióticas adaptadas com a velocidade das águas.

Segundo Schäfer (1985), podemos estabelecer duas regiões distintas nos rios, com base nos fatores bióticos e abióticos. Estas regiões são classificadas como : região Ritral e região Potamal.

A região Ritral é caracterizada por ser a parte de um rio que estende-se da (s) sua(s) nascente(s) até o ponto onde a amplitude anual da temperatura média mensal não ultrapassa 20º graus Celsius, a velocidade da correnteza é variável , com baixa carga de nutrientes, com baixo consumo e alta saturação de oxigênio e baixa concentração de substâncias orgânicas. O substrato pode ser composto por rochas fixas, pedras, cascalhos e areia em várias granulometrias. Esta região (Ritral), caracteriza as condições do curso superior de um rio, em alguns casos chamada também de região de montanha, e apresenta biocenose específica e adaptada as suas condições abióticas.

A região Potamal é caracterizada como o restante do curso do rio, onde a amplitude anual da temperatura média mensal pode ultrapassar 20º graus Celsius em latitudes tropicais, a velocidade da correnteza do leito do rio é geralmente baixa, com alta carga de nutrientes, alto consumo e variável saturação de oxigênio e grande concentração de substâncias orgânicas. O substrato pode ser composto por areia, lodo e cascalhos. Esta região (Potamal) é chamada também como a região de planície de um rio, apresentando biocenose adaptadas as suas condições.

As intervenções antrópicas em trechos urbanos de rios, quando não são devidamente planejadas podem descaracterizar esta classificação apresentada, alterando as condições bióticas e abióticas existentes. Portanto vale ressaltar que as ações de renaturalização dos rios, visam restabelecer as condições ambientais anteriores, na busca de eliminar ou minimizar os impactos causados pelas intervenções, que não consideraram em seus planejamentos o rio como um ser vivo componente da paisagem urbana.

2.6 O RIO COMO UM ECOSSISTEMA

De acordo com Schäfer (1985) o rio pode ser considerado do ponto de vista ecológico e hidrológico, como um sistema de fluxo. Desta forma o rio representa uma sequencia de ecossistemas com características e denominações específicas. Salientamos que ecossistema segundo Odum(1998) é caracterizado como uma biocenose ou comunidade, que apresenta intercambio energético ou de nutrientes entre os seus diferentes níveis tróficos, interagindo com os fatores abióticos. É necessário considerar que as atividades referentes aos processos ecossistêmicos de ciclagem de matéria e energia, apresentam influencia das condições de fluxo do rio.

Ao caracterizarmos um rio de acordo com suas funções ecossistêmicas incluindo os seus habitats e aspectos energéticos e nutricionais, torna-se apropriado para fins de melhor entendimento do seu metabolismo, classifica-lo conforme as suas atividades bioquímicas, tais como produção, consumo e decomposição que ocorrem em seus diferentes trechos. De acordo com estes critérios e considerando que a correnteza de um rio constitui um vetor dinâmico importante, podemos citar a seguinte separação espacial por regiões denominadas :crenal,ritral,potamal e de uma região de transição entre o espaço ritral e potamal (FITTKAU,1976).

A região Crenal, chamada também de região de fonte, corresponde a um espaço relativamente pequeno sem grande diversidade de habitats com uma biocenose reduzida .

A região Ritral, chamada também de região de arroio, apresenta diversas biocenoses ou comunidades e consumo energético predominante em relação a sua produtividade primária, dependendo de matéria orgânica e inorgânica de origem alóctone .

A região de transição situada entre as regiões ritral e potamal, caracteriza-se por apresentar bons índices de assimilação de matéria orgânica e produtividade primária contendo também diversas biocenoses ou comunidades. O grau de desenvolvimento de macrófitas nesta região, constitui um fator importante para o equilíbrio ambiental do rio.

A região potamal, chamada também de região do rio propriamente dita, apresenta em seu metabolismo o predomínio de decomposição bacteriana transformando substâncias orgânicas em inorgânicas, devido ao aporte de nutrientes oriundos das regiões anteriores. Os resultados desta decomposição são transportados para as demais regiões inferiores do curso do rio, locais que geralmente são impactados pelos resultados deste processo.

Quando os rios passam por modificações antropogênicas, tais como canalizações, entrada excessiva de nutrientes, supressão da sua vegetação ripária e demais alterações em seu leito, suas características energéticas e conseqüentemente ecossistêmicas, são alteradas refletindo de forma direta e indireta na bacia hidrográfica. Neste caso o rio equipara-se a uma cidade, em função do seu sistema de fluxo lançar matéria orgânica e inorgânica de origem autóctone e alóctone, para o sistema subsequente seja um lago, outro rio ou mar. Estas transferências de matéria são acompanhadas por perdas energéticas para os sistemas receptores, fazendo com que os rios modificados por demandas antrópicas, apresentem alta entropia, descaracterizando desta forma os seus níveis tróficos e suas funções ecossistêmicas. Nestas situações os rios apresentam sua capacidade de produção comprometida, com a elevação das funções dos seus níveis tróficos de consumo e decomposição.

2.6.1 A comunidade das macrófitas aquáticas:

De acordo com Esteves (1988) e o Programa de Biodiversidade da Universidade Federal de São Carlos, as macrófitas aquáticas são vegetais que durante a sua evolução retornaram do ambiente terrestre para o ambiente aquático. Desta forma são importantes para estabelecer de forma sistêmica, ligações entre os ambientes aquáticos e os ambientes terrestres que os circundam, sendo que muitas vezes podem exercer a função de “filtro” auxiliando na sedimentação de material de origem alóctone carregado para a bacia hidrográfica.

Pelo fato de apresentarem grande capacidade de adaptação e grande amplitude ecológica, as macrófitas podem colonizar os mais diferentes tipos de ambientes aquáticos, como por exemplo, lagos, estuários, rios, riachos e

corredeiras, sendo importantes para o equilíbrio desses ambientes (ESTEVES,1988).

Devido a sua capacidade de liberar e absorver nutrientes e servir de alimento e abrigo para muitas espécies de invertebrados, peixes, anfíbios aves e mamíferos, as macrófitas são formadoras de diferentes nichos ecológicos e habitats.

Em função de necessitarem para o seu desenvolvimento de altas concentrações de nutrientes, as macrófitas são utilizadas em alguns casos na recuperação de rios e lagos eutrofizados, fazendo parte das ações de fitorremediação, como medida mitigadora dos impactos das atividades antrópicas nas bacias hidrográficas. Portanto, suas atividades metabólicas produzem significativas interferências no ambiente, fato este que motiva um crescente número de estudos sobre a importância e a utilização de macrófitas aquáticas, na recuperação dos ecossistemas aquáticos (LIMA, et ali 2005).

Segundo Esteves (1988) o estudo das macrófitas aquáticas foi bastante negligenciado pelas pesquisas limnológicas em tempos pretéritos, sendo que o enfoque anterior dado a estes estudos, eram restritos apenas aos seus aspectos taxômicos. Com a evolução das ciências ambientais existem estudos que indicam que as macrófitas aquáticas podem atuar como bioindicadoras, com a possibilidade de indicarem os estágios sucessionais quanto os estágios tróficos dos ecossistemas aquáticos lóticos e lênticos.

De acordo com o Programa de Biodiversidade da Universidade Federal de São Carlos, a presença de aguapé *Eichhornia crassipes*, alface ou repolho da água *Pistia stratiotes* e orelha-de-rato *Salvinia sp*, são indicadoras de ambientes poluídos pelo fato de apresentarem melhor desenvolvimento em ambientes eutrofizados. Enquanto que a presença de lírio da água *Nymphaea elegans*, elódea *Egeria densa* e algumas espécies de *Nymphoides*, são indicadoras de ambientes menos poluídos.

O manejo correto das macrófitas aquáticas é fundamental para que o objetivo de recuperação de ambientes aquáticos seja concluído, caso contrário os efeitos podem ser negativos. Devemos considerar que estes vegetais são produtores primários capazes de sintetizar grandes quantidades de biomassa, que serão naturalmente integradas nos ciclos biogeoquímicos. Com a ocorrência do desenvolvimento excessivo de macrófitas nos ambientes eutrofizados, o controle deve ser feito utilizando-se de métodos que equilibrem as suas populações. Caso

não ocorra êxito nestes controles, a biomassa gerada pode produzir efeitos negativos, tais como déficit de oxigênio, assoreamento, formação de gás sulfídrico, proliferação de vetores patogênicos, baixos valores de pH, prejuízos a pesca e a harmonia paisagística e aos demais serviços dos ecossistemas aquáticos (XAVIER et al., 2005).

2.6.2 A comunidade de macroinvertebrados bentônicos

O uso de macroinvertebrados bentônicos como indicadores da qualidade da água e dos ecossistemas lóticos e lênticos, encontra-se em franca evolução e aceitação pelos ecólogos. Sendo também uma ferramenta de avaliação de impactos ambientais causados por represas, estradas e outras obras que alteram o estado natural dos corpos hídricos, como canalizações, desvios de curso de rios e demais passivos ambientais de origem antrópica (PÉREZ, 1996).

Os macroinvertebrados bentônicos são organismos com tamanho superior a 0,5mm visíveis a olho nu, que habitam o substrato dos corpos hídricos tais como, rochas, cascalhos, galhos etc. A maior parte do longo ciclo vital destes organismos ocorre na água (principalmente os insetos em suas formas imaturas), e apresentam mobilidade restrita. Devido a estas características são mais suscetíveis às alterações dos ambientes aquáticos, funcionando como uma espécie de “memória” das condições ambientais. Torna-se importante frisar que as análises físico-químicas quando realizadas de forma isolada, demonstram apenas a situação ambiental do momento da coleta, enquanto que a análise de macroinvertebrados bentônicos representa a síntese dos fatores ambientais presentes e passados.

Quando ocorrem alterações positivas ou negativas nas condições dos ecossistemas lóticos e lênticos, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos passa por modificações, podendo diferenciar a sua composição em termos de biodiversidade. Vale salientar que existem grupos taxonômicos que apresentam baixa tolerância aos impactos e são adaptados para sobreviver em ambientes com boa qualidade ambiental. Como também existem grupos que apresentam tolerância aos impactos, e são adaptados para sobreviver em ambientes com qualidade insatisfatória. Em função destes fatos, a utilização de biomonitoramento de

ecossistemas aquáticos por meio de macroinvertebrados bentônicos integrado as metodologias tradicionais, constitui uma técnica que vem sendo cada vez mais utilizada (BUSS,2006).

Embora esta técnica já está sendo utilizada e aceita na Europa e na América do Norte desde o início do século XX, no Brasil é utilizada a apenas poucas décadas, tendo como precursores e pioneiros os órgãos ambientais estaduais do Paraná e do Rio Janeiro, a época chamados de Surehma (Superintendência de Recursos Hídricos e Meio Ambiente) e Feema (Fundação Estadual de Meio Ambiente) respectivamente .

Em projetos de recuperação de rios urbanos, incluindo a renaturalização e a restauração, torna-se necessário viabilizar meios de promover o restabelecimento das comunidades de macroinvertebrados bentônicos. Este restabelecimento tem como finalidade compor a biota e os níveis tróficos dos rios, além de avaliar a eficácia das ações e procedimentos de recuperação destes ecossistemas .

De acordo com Schäfer (1984), a biodiversidade de um ecossistema aquático tem por base a hipótese de que os poluentes causam a homogeneidade das comunidades pelo favorecimento de algumas espécies mais resistentes ou melhores adaptadas as condições de desequilíbrio ambiental. Geralmente ocorre um aumento significativo no número de indivíduos destas espécies adaptadas. As espécies que não resistem as condições de poluição, podem desaparecer do ambiente , podendo esta situação gerar baixa biodiversidade. Portanto o biomonitoramento das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, torna-se mais uma vez fundamental na avaliação da renaturalização de rios urbanos.

2.6.3 A ictiofauna

De acordo com Abilhoa (2005), as populações de peixes geralmente respondem de modo diferenciado às alterações que ocorrem em seus ambientes, sendo que as respostas dependem muito da duração e intensidade dos fenômenos envolvidos. Mesmo as alterações de pequena duração e intensidade podem provocar resultados muitas vezes surpreendentes sobre a ictiofauna.

As modificações de origem antrópica que ocorrem nos ecossistemas aquáticos lóticos e lênticos, tais como, represamentos, canalizações e desvios de cursos de corpos hídricos, impactam o ambiente de forma severa. Estes impactos causam respostas ambientais diversas, como a extinção ou superpopulação das espécies, alteração da composição das comunidades e de seus níveis tróficos e teias alimentares, atingindo diretamente a ictiofauna (CECILIO et al,2006).

É importante analisarmos que a avaliação tradicional da qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos continentais, incluindo neste caso os rios, geralmente é realizada por meio de análises químicas e físicas que são precisas em valores absolutos, porém são muito pontuais. Deste modo, buscando aprimorar os resultados das avaliações, várias metodologias utilizam parâmetros biológicos como item integrante dos seus estudos.

A ictiofauna possui a capacidade de detectar variações hidromorfológicas nos rios, onde cita-se como exemplos: mudança de profundidade, velocidade da água, largura do rio, composição granulométrica, morfologia do leito, alterações na vegetação ripária, entre outras modificações do habitat. Sendo também a ictiofauna sensível às alterações químicas e físicas, como a contaminação da água, a queda dos níveis de oxigênio dissolvido, toxicidade por algas e demais alterações. Em função de todas estas referências e por apresentar ainda longevidade e grande mobilidade, os peixes vem sendo utilizados como bioindicadores da qualidade dos ecossistemas aquáticos. Vale lembrar, que o uso de peixes como bioindicadores, está sendo mencionado como exigência pela Diretiva Européia das Águas.

A presença de peixes em um ecossistema aquático, representa diretamente um ícone de educação ambiental. Independente do nível de conhecimentos científicos das pessoas, as populações associam a presença do peixe em um rio ou lago a boa qualidade ambiental. Um exemplo claro deste fato é representado pela principal meta 2010 do Projeto Manuelzão desenvolvido pela UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais) cujo objetivo principal é promover a revitalização do rio das Velhas. A meta 2010 é "Navegar, Pescar e nadar no rio das Velhas". Isto ressalta a importância da inserção da ictiofauna, entre os parâmetros de biomonitoramento das ações desenvolvidas para a recuperação de rios e outros ecossistemas aquáticos.

Denominamos de sucessão ecológica o desenvolvimento dos ecossistemas. Este processo envolve mudanças na estrutura das comunidades ao longo do tempo,

que refletem na modificação do ambiente físico. Quando a sucessão ecológica é controlada pela comunidade e suas características intrínsecas, o processo é chamado de sucessão autogênica. Porém quando a sucessão é influenciada por fatores externos, como por exemplo alterações de origem antrópica nos ecossistemas aquáticos, configura-se uma sucessão alogênica (ODUM,1988).

Nos processos de resgate da qualidade ambiental de ecossistemas aquáticos, como a revitalização , renaturalização e restauração dos rios urbanos, ocorre uma sucessão ecológica alogênica, uma vez que estes ecossistemas já estavam impactados e com alterações na composição de suas comunidades .

O processo de desenvolvimento do ecossistema ou sucessão ecológica é composto pelos chamados estágios serais. O sequenciamento bem sucedido destes estágios serais, conduz o ecossistema a formação da sua comunidade final ou estável, chamada também de comunidade clímax (ODUM,1988).

Do ponto de vista ambiental com ênfase ao meio biológico, a renaturalização de um rio, será caracterizada como completa e bem sucedida, somente após a formação da sua comunidade clímax. É importante citar que o desenvolvimento de um ecossistema, ocorre pela colonização de várias espécies representando neste caso os estágios serais. Geralmente esta colonização é estabelecida pela ordem crescente de organismos de acordo com o seu grau de evolução, por exemplo, bactérias, fungos, algas, protozoários, rotíferos, insetos, crustáceos, moluscos e peixes, formando deste modo as comunidades do plâncton, nécton e benton. Portanto a presença da ictiofauna em um rio submetido a ações que visam a sua renaturalização, indica que a comunidade clímax foi estabelecida, representando desta forma o êxito na execução das ações do projeto de renaturalização.

2.6.4 A Zona Ripária

A denominação deste ecossistema é muito diferenciada no Brasil, devido as denominações regionais e as variadas regiões geográficas de sua ocorrência. Em ambientes em que ocorre a predominância de formação arbórea encontramos as denominações, mata ciliar, floresta de galeria, mata ripária ou mata aluvial. Entretanto, independente desta formação ser composta por vegetação arbustiva ou

arbórea, os termos mais utilizados de forma genérica são: mata ciliar ou floresta ciliar.

O termo zona ripária é relacionado aos espaços próximos dos corpos hídricos em bacias hidrográficas, constituindo desta forma um espaço tridimensional composto por solo, água e vegetação, onde ocorrem os processos geobiohidrológicos. Mesmo ocupando muitas vezes um espaço reduzido em relação a área total da bacia hidrográfica, as zonas ripárias são fundamentais para a qualidade dos ecossistemas aquáticos (KOBAYAMA,2003).

A presença de mata ciliar (ou zona ripária) além de formar corredores de biodiversidade, constitui um dos principais fatores que atuam diretamente na ecologia e na qualidade dos ambientes de águas correntes. Pelo fato de apresentar alta produtividade primária, é essencial para o provimento de nutrientes que fazem parte da base da cadeia alimentar heterotrófica, contribuindo desta forma para as funções ecossistêmicas dos rios. É importante considerar que a mata ciliar que fica de forma pendente sobre os rios, proporciona alimento e abrigo para a biota, principalmente os peixes (SILVEIRA, 2004).

Em termos de meio físico, a zona ripária fornece as condições de manutenção da umidade e temperatura bem como reduz a entrada de sedimentos e poluentes nos rios, sendo que em regiões agrícolas auxilia a evitar o aporte de fertilizantes, herbicidas e demais pesticidas nos rios.

As ações de conservação da zona ripária são fundamentais para a manutenção da morfologia dos rios, incluindo a contenção dos processos erosivos que podem ocorrer em suas margens. A presença de mata ciliar que também exerce a função de “filtro” é importante para reduzir a velocidade de entrada dos sedimentos lixiviados pelas chuvas para o leito do rio. Em caso de supressão total ou parcial de mata ciliar, ocorrem aumentos nos níveis de concentração de sólidos suspensos, fósforo, nitrogênio e demais nutrientes oriundos dos sedimentos, ocasionando alterações na qualidade da água e turbidez. Entre as suas várias funções a zona ripária exerce influência direta na capacidade de armazenamento e recarga dos aquíferos (CHECCHIA, 2003).

Durante algumas fases do desenvolvimento urbano e agrícola das sociedades, a mata ciliar representou um conjunto de óbices para os planos de expansão que não consideravam a variável ambiental em seus planejamentos. A remoção desta vegetação e em alguns casos a impermeabilização de suas áreas,

trouxeram consequências em termos de alteração da biodiversidade e redução da superfície de percolação das bacias hidrográficas, bem como a redução das planícies de inundação, lembrando que as águas das chuvas são absorvidas pelo solo e seu impacto é atenuado pela vegetação. Nas bacias hidrográficas “não domesticadas” que apresentam cobertura ambiental satisfatória, a perda de nutrientes pela drenagem da água é reduzida (ODUM,1988).

Nos processos de resgate da qualidade de rios tais como a revitalização e a renaturalização dos rios urbanos, a recomposição da vegetação ciliar é considerada de extrema importância, devido as funções fundamentais exercidas pela zona ripária. É importante salientar que a degradação dos corpos hídricos por atividades antrópicas, muitas vezes tem o seu início caracterizado pela supressão ou ocupação irregular das áreas de mata ciliar.

As ações de recomposição da mata ciliar auxiliam os processos de renaturalização dos rios, em função de viabilizar os processos sucessão ecológica que aumentam a produtividade biológica e conseqüentemente o controle biótico nos ciclos biogeoquímicos, de reduzir os processos erosivos do solo, de restabelecer as áreas naturais de inundação contribuindo para a redução da vazão e da velocidade dos fluxos. Além destes fatores, a recomposição da mata ciliar auxilia na recuperação da biodiversidade do ecossistema e da paisagem natural. Devido a recomposição da mata ciliar necessitar de técnicas multidisciplinares, um aspecto de relevante importância a ser considerado, é a oportunidade de promover ações de cidadania e educação ambiental para a comunidade envolvida e ao mesmo tempo buscar a conscientização e o apoio das demais comunidades. As atividades de cultivo de mudas e de plantio representam boas oportunidades para as atividades práticas educação ambiental, que sem dúvida necessitam da conscientização e do apoio das populações para atingir a integração social e os objetivos propostos na renaturalização dos rios (SOUZA et al,2003).

2.7 POLUIÇÃO HÍDRICA

A definição de poluição é bastante diversificada, considerando que as percepções sociais, éticas e ambientais são consideradas para a construção deste

conceito. Devemos lembrar que o termo poluição tem sua origem no verbo latino “polluere”, que significa corromper, manchar, macular, sujar, com a conotação de tornar prejudicial às várias modalidades de saúde, como a saúde ambiental por exemplo.

O processo de poluição pode ser considerado como uma consequência da maturação e alteração dos sistemas e processos antropogênicos, que resulta em modificações qualitativas e quantitativas dos níveis tróficos, prejudicando a dinâmica da ciclagem de energia nos mais variados níveis dos ecossistemas, com efeitos reversíveis e irreversíveis nos ambientes atingidos. Entre os causadores dos efeitos da poluição podemos citar a geração exagerada de efluentes sólidos líquidos e gasosos bem como a introdução de substâncias sintéticas nos ecossistemas(SCHÄEFER,1985).

A expansão urbana sem planejamento constitui uma das maiores ameaças a qualidade e a quantidade da água nos mananciais, com sérias consequências para o equilíbrio ambiental das suas respectivas bacias hidrográficas. A degradação da qualidade dos recursos hídricos é agravada pela disputa entre os vários usuários, representados pelos setores da indústria, agricultura e saneamento (DALARMI, 1995).

Os processos de urbanização descontrolados causam vários impactos sobre os recursos hídricos, onde podemos destacar a contaminação por efluentes domésticos e industriais. É importante considerar que os investimentos realizados em saneamento ambiental priorizam historicamente em um primeiro momento apenas a coleta de esgotos, faltando a complementação dos sistemas de tratamento destes efluentes, acentuando desta forma a demanda por serviços públicos de saneamento em locais de maior densidade demográfica.

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) anunciada em agosto de 2010, ocorreram avanços tímidos em termos de serviços de saneamento básico no Brasil entre os anos de 2000 e 2008. Em cada dez municípios brasileiros, apenas quatro são contemplados com acesso a rede geral de esgoto, sendo que o tratamento destes efluentes é realizado em apenas 28,5% dos municípios. Em relação aos resíduos sólidos, cerca 50% dos municípios brasileiros realizam a disposição final de forma inadequada. Outro levantamento importante gerado pela

pesquisa é o fato de que um terço dos municípios apresentam áreas de risco em seu perímetro urbano e necessitam de ações de drenagem.

Torna-se importante considerar que a abrangência dos serviços de saneamento básico no Brasil é bastante heterogênea pelo fato de que os estados do sul e sudeste têm mais acesso a estes serviços, como São Paulo que apresenta 79% dos seus municípios com tratamento adequado de esgoto. Enquanto os estados do norte e nordeste são menos assistidos por serviços de saneamento, como por exemplo, Maranhão, Piauí e Alagoas. Deste modo é importante observar, que todos estes dados constatados pela pesquisa do IBGE, refletem de forma direta ou indireta na qualidade dos recursos hídricos e contribuem para o aumento dos seus níveis de poluição¹.

As fontes de poluição hídrica são:

2.7.1 Efluentes sanitários

Os esgotos domésticos representam uma das principais fontes pontuais de poluição hídrica, principalmente por apresentarem altas concentrações de fósforo, originadas pelo uso de detergentes nas atividades domésticas. Este fator é agravado em função de que no Brasil atualmente poucas são as estações de tratamento de esgotos que possuem capacidade para remover o fósforo e o nitrogênio. Como consequência os efluentes finais destas estações, causam impactos sobre a qualidade da água dos rios e lagos receptores, contribuindo para o desenvolvimento dos processos de eutrofização (XAVIER,DIAS,BRUNKOV,2005).

É importante considerar que o nitrogênio em função da sua participação na constituição de amino ácidos e proteínas, é um dos elementos mais importantes no metabolismo dos ecossistemas aquáticos. A sua supressão ou queda da sua concentração, pode comprometer a produtividade primária dos ecossistemas aquáticos, sendo caracterizado como um fator limitante. Presente por meio de diversas formas químicas na natureza, o nitrogênio na forma de nitrato é uma das principais fontes de contaminação dos ambientes aquáticos, podendo atingir as águas superficiais e subterrâneas. Em ambientes em que a concentração de nitrato

¹ Jornal o ESTADO DE SÃO PAULO edição de 20 de agosto de 2010.

atinge valores maiores que 10mg por litro, pode ocorrer o comprometimento da qualidade da água e o seu uso para abastecimento público, em função de representar riscos a saúde humana (XAVIER,DIAS,BRUNKOV,2005).

O fósforo por fazer parte da constituição química de moléculas importantes para o metabolismo dos sistemas biológicos, como os fosfolipídios que estruturam as membranas celulares e o ATP (adenosina trifosfato) importante para o armazenamento de energia, representa também um importante fator limitante para os ecossistemas aquáticos. O fósforo é um dos principais elementos responsáveis pela eutrofização, sendo disponível para os níveis tróficos na forma de fosfato (ESTEVES,1998).

De acordo com Esteves (1998), os dejetos provenientes de esgotamento sanitário, possuem em sua composição consideráveis concentrações de nitrogênio e fósforo, podendo causar além de problemas sanitários diretos, problemas de eutrofização. Na década de 70 foi constatado no lago de Constance na Alemanha, que 20% da carga de fósforo presente em suas águas e sedimentos, era originada pelos esgotos sanitários.

O aporte de nutrientes e outras substâncias nos rios e lagos, pode ocorrer também por meio das redes de drenagem pluvial. Muitas cidades que não apresentam estrutura específica para a coleta de esgotos domésticos ou seja as redes coletoras de esgoto, acabam por utilizar as redes de drenagem pluvial, caracterizando o lançamento clandestino destes efluentes em corpos hídricos receptores.

2.7.2 Efluentes Industriais

As intensas atividades industriais que tiveram sua maior fase de expansão no século passado, contribuíram para o desenvolvimento dos países por meio da geração de postos de trabalho e renda entre outros benefícios. O desenvolvimento industrial também estimulou a urbanização e o crescimento de algumas cidades, bem como o desenvolvimento de outras cidades, além da formação das regiões metropolitanas. Os processos industriais causaram passivos ambientais das mais variadas ordens, incluindo a degradação da qualidade das águas, salientando que

de forma estratégica para os padrões da época, as unidades industriais ficavam localizadas próximas dos rios.

Nesta atual fase em que setores produtivos buscam por meio da chamada economia verde entre outras estratégias, alcançar a sustentabilidade em seus processos, é possível constatar uma mudança em relação ao comportamento ambiental das industriais. O antigo modelo reativo que era caracterizado pela tomada de decisões somente após a constatação dos passivos ambientais, passa por uma reformulação que resulta no modelo pró-ativo. Este modelo pró-ativo é caracterizado pela inclusão da variável ambiental nos processos de planejamento, que contemplam entre os seus objetivos, a busca de tecnologias para viabilizar a menor geração de efluentes e maiores índices de reciclagem de matéria-prima, incluindo sistemas de prevenção de acidentes ambientais, reduzindo desta maneira os passivos ambientais e o estresse ambiental antropogênico sobre os ecossistemas.

Porém as atividades industriais representam uma das mais significativas fontes pontuais de poluição hídrica, devido ao lançamento nos ecossistemas aquáticos de efluentes compostos por metais pesados e carga orgânica, que podem provocar alterações na qualidade de água e nos níveis tróficos da biota aquática.

Em relação ao lançamento de nutrientes e demais cargas orgânicas nos corpos hídricos, as indústrias alimentícias são consideradas as mais significativas. Outras atividades industriais como as indústrias de fosfatização, curtumes e de produtos domissanitários, também são consideradas como relevantes no lançamento de nutrientes, como por exemplo o fósforo que é o principal nutriente para o desenvolvimento dos processos de eutrofização. Outro aspecto a ser considerado em relação as indústrias é o fato de que as estações de tratamento de efluentes, muitas vezes adicionam nutrientes para ativar a fase biológica do tratamento. Porém esta utilização de nutrientes deve ser monitorada, para evitar a formação e o conseqüente lançamento nos ecossistemas aquáticos, de um efluente final com altos índices de concentração de fósforo e nitrogênio (XAVIER,DIA,BRUNKOV,2005).

2.7.3 Efluentes agrícolas:

Um dos maiores desafios das últimas décadas tem sido viabilizar a produção de alimentos para a população do planeta. As atividades agrícolas além de demandarem por grandes quantidades de recursos naturais, tais como, solo, água e demais serviços dos ecossistemas, que nem sempre são utilizados de acordo com critérios conservacionistas, necessitam também de subsídios energéticos alóctones para a sua produção. Estes subsídios são representados por fertilizantes químicos, condicionadores de solo e por agroquímicos. Porém com as alterações antropogênicas como o desmatamento das áreas de influencia das bacias hidrográficas, bem como a entrada dos subsídios energéticos nos sistemas agrícolas, os Ciclos Biogeoquímicos de nutrientes como o fósforo e o nitrogênio, são alterados e resultam em maior aporte destes elementos nos corpos hídricos (ODUM,1988).

As atividades pecuárias quando são desenvolvidas sem a observância dos preceitos das boas práticas de gestão ambiental e sustentabilidade, também são responsáveis pelo lançamento nos ecossistemas aquáticos de efluentes originados principalmente por dejetos animais, que apresentam em sua composição elevadas concentrações de fósforo e nitrogênio.

Os efluentes gerados pelas atividades agropecuárias em geral, quando não tratados de forma correta, contribuem de forma significativa para eutrofização dos ecossistemas aquáticos. Quando os nutrientes como nitrogênio e fósforo, não são absorvidos pelos cultivos ou adsorvidos pelo solo, são lixiviados para os corpos hídricos impactando o ambiente (XAVIER,DIAS,BRUNKOV,2005).

2.7.4 Águas das chuvas

Nas regiões de intensa poluição atmosférica, tais como grandes centros urbanos e industriais, as precipitações atmosféricas podem contribuir de ampla forma, para o processo de poluição dos ecossistemas aquáticos.

Nestas regiões as chuvas contribuem com nitrogênio e outros compostos para a eutrofização dos corpos hídricos, considerando que as fontes pontuais e difusas

de nutrientes são variadas e dependem dos diferentes usos do solo nas bacias hidrográficas (ESTEVES,1998).

Nas áreas urbanas diversos fatores tais como, a frota automotiva e seus resíduos, líquidos percolados originados pelo decomposição de resíduos sólidos, bem como outros resíduos originados pela ausência de limpeza pública, acabam sendo carregados por meio de escoamento superficial pelas chuvas até os corpos hídricos. Estes fatores são importantes agentes causadores do comprometimento da qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos.

2.7.5 Poluição hídrica e a revitalização e renaturalização de rios

As fontes pontuais de poluição, exemplificadas por esgotos sanitários, efluentes industriais e agrícolas, são identificadas facilmente pelo fato de estarem relacionadas aos lançamentos diretos nos corpos hídricos e geralmente são visíveis. No caso das fontes difusas, como as águas das chuvas, a identificação do seu destino torna-se mais difícil, dificultando deste modo, as ações para neutralizar os seus efeitos.

Dentro de uma visão ambiental sistêmica, devemos considerar que podem ocorrer interações entre as mais diversas fontes de poluição hídrica, resultando em alterações e impactos ambientais nos ecossistemas aquáticos. As consequências destes impactos ambientais são de abrangência social, econômica além de ambiental propriamente dita para as bacias hidrográficas e suas áreas de influencia. Muitas vezes as ações equivocadas de gestão ambiental em bacias hidrográficas de predominância agrícola, podem resultar em passivos ambientais para o meio urbano, assim como ações equivocadas de manejo em bacias hidrográficas urbanas, podem gerar consequências nefastas para o meio rural. Portanto o conhecimento das fontes pontuais e difusas de poluição hídrica bem como a forma de eliminá-las, são essenciais para o planejamento das ações de renaturalização dos rios.

2.8 AUTODEPURAÇÃO DOS RIOS

Os rios apresentam uma natureza essencialmente dinâmica em relação aos seus aspectos físicos, químicos e biológicos. Portanto os rios representam naturalmente um conjunto de modificações sequenciais, além das modificações antrópicas que lhes são impostas. Quanto as modificações antrópicas, os rios procuram eliminá-las na busca de readquirir as suas características anteriores. As alterações das biocenoses ao longo dos trechos dos rios é avaliada como uma reação destes ecossistemas às modificações antrópicas que ocorrem em suas condições naturais.

O fenômeno da capacidade de recomposição dos rios as suas condições anteriores, ou seja antes da poluição, criou o conceito de autodepuração dos rios. Este processo é caracterizado pela sucessão de vários tipos de biocenoses e depende da distância da fonte poluidora e demais fatores físicos e químicos dos rios. As principais biocenoses que realizam a autodepuração, são bentônicas e pelágicas. Porém é importante lembrar que a autodepuração não inclui apenas os processos metabólicos realizados pelos organismos, mas inclui também os processos de sedimentação e diluição que ocorrem ao longo dos trechos dos rios (SCHÄEFER, 1985).

2.8.1 Fases da autodepuração

De acordo com Schäfer (1985) os processos de autodepuração podem ser divididos em três fases distintas: fase de decantação, fase heterotrófica e fase autotrófica.

Características da fase de decantação: devido a pouca velocidade das águas, parte da matéria orgânica presente no esgoto tende a sedimentar no leito do rio, formando os bancos de lodo, propiciando o início da fase heterotrófica.

Características da fase heterotrófica: predominância de bactérias e fungos; alta concentração de esgotos domésticos; decomposição da matéria orgânica em várias fases, iniciando com carboidratos, proteínas e posteriormente gorduras; caso

ocorra depleção significativa de oxigênio pelas atividades bacterianas podem surgir compostos voláteis como metano e gás sulfídrico.

Características da fase autotrófica: desenvolvimento de comunidades fotossintéticas devido a disponibilidade de nutrientes oriundos dos esgotos mineralizados pela fase heterotrófica; crescimento de populações de algas cianofíceas e posteriormente surgem os bancos de macrófitas, devido a maior entrada de radiação solar e luminosidade na coluna de água, nesta fase ocorre a reoxigenação da água por fotossíntese.

2.8.2 Zonas de autodepuração

De acordo com Branco (1985), as fases da autodepuração ocorrem em regiões diferenciadas nos rios, por meio de etapas sucessivas. Este fato permite para um melhor entendimento e planejamento, dividir o rio em quatro diferentes zonas de autodepuração, sendo elas as seguintes: zona de degradação, zona de decomposição ativa, zona de recuperação e zona de águas limpas.

Características da zona de degradação: local de lançamentos de esgotos; rio com cor acinzentada; formação de lodo; proliferação de bactérias, incluindo a presença de bactérias filamentosas características de ambientes poluídos como a *Sphaerotilus natans*; redução dos níveis de oxigênio dissolvido na água; produção de compostos amoniacais tóxicos para os peixes;

Características da zona de decomposição ativa: baixa concentração de oxigênio dissolvido devido a decomposição iniciada por bactérias aeróbias; ocorre também a decomposição da matéria orgânica por bactérias anaeróbias; coloração cinza da água; formação de gases como metano e gás sulfídrico; o ambiente torna-se séptico ;

Características da zona de recuperação: melhoria nos níveis de oxigênio, redução dos teores de matéria orgânica; aumento da concentração de protozoários que se alimentam de bactérias; reoxigenação do meio devido a proliferação de algas; águas tornam-se progressivamente mais claras; restabelecimento das teias alimentares formadas por algas, microcrustaceos, larvas de insetos , moluscos e peixes.

Características da zona de águas limpas: o rio não apresenta as mesmas condições de antes de receber a carga poluidora; rio eutrofizado; maior biodiversidade com ênfase em algas e peixes; rio recuperado; usos múltiplos como o abastecimento público devem ser revistos;

2.8.3 Fatores que influenciam a autodepuração de um rio

Segundo Schäfer (1985), os mais importantes fatores que influem na autodepuração dos rios são: a) quantidade de biomassa ativa em contato com os esgotos; b) morfologia do leito do rio; c) velocidade da água e tipo de correnteza; d) concentração de substâncias orgânicas e inorgânicas; e) temperatura da água; f) transparência; g) disponibilidade de oxigênio .

2.8.4 Autodepuração e a Revitalização e Renaturalização dos rios:

De acordo com uma visão pró-ativa e sistêmica, devemos considerar que o lançamento de cargas poluidoras nos rios deve ser evitado qualquer custo pelos planejadores ambientais e urbanos. Os prejuízos causados a sociedade pela poluição dos rios, são muitas vezes imensuráveis.

Dentro desta linha de recuperação de ambientes aquáticos impactados, a renaturalização de rios urbanos busca restabelecer as condições propícias para o desenvolvimento e manutenção da biota aquática, além restabelecer também os serviços ecossistêmicos disponibilizados pelos rios em boas condições ambientais ao meio urbano. Neste caso a autodepuração é um dos principais fatores aliados da renaturalização de rios urbanos.

2.9 BACIAS HIDROGRÁFICAS

De acordo com Tundisi (2005) o Brasil possui em seu amplo território aproximadamente 16% das águas continentais do planeta com uma distribuição desigual de recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

A gestão destes recursos hídricos necessita de organização territorial e conhecimento das áreas onde estão inseridos, para proporcionar aos gestores um melhor planejamento que inclua a avaliação e a minimização dos impactos que ocorrem nas áreas a serem planejadas. Portanto as bacias hidrográficas representam de forma ampla a unidade de estudos e planejamentos.

As percepções sistêmicas e ecossistêmicas das bacias hidrográficas, representam uma nova forma de pensamento e conceito que substitui a visão fragmentada sobre o tema. Estas novas percepções indicam que as bacias hidrográficas, ultrapassam conceitualmente as barreiras e divisões políticas tradicionais, como municípios e estados, constituindo uma unidade física de planejamento e desenvolvimento (TUNDISI, 2005).

Segundo Yassuda (1993) a bacia hidrográfica é o palco unitário de interação das águas com o meio físico, o meio biótico, o meio social, econômico e cultural.

A bacia hidrográfica constitui uma unidade biogeofisiográfica que drena para um rio, lago ou oceano, sendo a unidade natural de pesquisa e gestão (LIKENS, 1992; TUNDISI, 2003; TUNDISI E MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Ainda segundo Tundisi (2008) uma bacia hidrográfica apresenta elementos exemplificados pelos os seus usos múltiplos, que contribuem para a integração dos processos biogeofísicos, econômicos e sociais. A bacia hidrográfica representa uma unidade natural que permite a integração institucional, entre municípios, estados e união.

2.9.1 Principais impactos resultantes dos usos múltiplos dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas

A intensidade das diversas modalidades de usos dos recursos hídricos, apresenta variações de acordo com o grau de urbanização, densidade populacional, industrializações e atividades agropecuárias das diferentes regiões e seus respectivos sistemas econômicos e sociais.

Segundo Lanna (1999), os usos múltiplos dos recursos hídricos são representados de modo geral, pelas seguintes funções:

Função de suporte, criando condições para as atividades produtoras e de manutenção da vida;

Função de regulação por meio de ciclos e capacidade de autodepuração;

Função de produção para o consumo, irrigação e suprimentos;

Função de informação, por intermédio da informação sobre degradação ou conservação das bacias hidrográficas;

No Brasil, de acordo com a Resolução CONAMA n 357 de 2005 são identificados os seguintes usos múltiplos dos recursos hídricos:

- a) Água para o consumo humano;
- b) Irrigação;
- c) Uso industrial;
- d) Navegação;
- e) Recreação;
- f) Turismo;
- g) Hidroeletricidade;
- h) Pesca e aquicultura;
- i) Usos gerais na agricultura além da irrigação;

Segundo Tundisi (2005), os principais impactos resultantes dos usos múltiplos dos recursos hídricos são representados pelas alterações produzidas na qualidade e também no regime hídrico, em função das atividades antrópicas. Estes impactos são sistêmicos, com início nos rios e lagos, atingindo as bacias hidrográficas e todas as suas estruturas biogeofísicas, como o solo, a vegetação e a biodiversidade.

Os mais relevantes impactos nas águas superficiais, subterrâneas e conseqüentemente nas bacias hidrográficas são seguintes:

- a) Desmatamento: prejudica a capacidade e equilíbrio ambiental das bacias hidrográficas, facilitando a entrada de sólidos suspensos, nutrientes em excesso e substâncias tóxicas, alterando o regime das águas e sua qualidade.
- b) Mineração: atividades que alteram o fluxo das águas contaminado-as com elementos tóxicos.
- c) Resíduos sólidos urbanos: em função de sua coleta e destinação final inadequadas, alteram as vias drenagem e contaminam as águas

superficiais e subterrâneas com metais pesados e alta concentração de nutrientes.

- d) Disposição de esgotos sem tratamento: Devido ao elevado grau de urbanização das áreas de influencia das bacias hidrográficas, grande parte dos efluentes domésticos não é devidamente coletado e tratado, contribuindo desta forma para os processos de eutrofização, que causam inúmeros impactos nas atividades econômicas e na saúde pública.
- e) Introdução de espécies exóticas: Em função da introdução destas espécies de forma acidental ou planejada para aumentar a produção pesqueira e demais produtos da aquicultura, os resultados destas ações são exemplificados pela degradação da biota aquática e impactos nas estruturas das cadeias alimentares, causando muitas vezes, problemas econômicos e de saúde pública.
- f) Construção de reservatórios: Muitos reservatórios foram construídos com o objetivo de gerar energia elétrica e causaram impactos nos ciclos hidrológicos dos rios, na biodiversidade, causando também o deslocamento de populações, perda de terras férteis e alterações na qualidade da água.
- g) Modificações na estrutura dos rios: Devido à construção de rodovias e hidrovias e canalizações, a estrutura física dos rios é modificada, contribuindo desta forma para o aumento dos processos erosivos com danos aos ciclos hidrológicos locais e regionais, refletindo na qualidade das bacias hidrográficas.
- h) Contaminação dos recursos hídricos: As fontes pontuais e difusas de contaminação dos mananciais vêm causando riscos à saúde pública, principalmente nas regiões metropolitanas e áreas de concentração de populações periurbanas, que estão sujeitas ao consumo de água com baixa qualidade. As populações da zona rural também ficam expostas a contaminação das águas, causada por pesticidas, herbicidas e fertilizantes.
- i) Alterações dos ciclos Hidrológicos: O elevado grau de urbanização e impermeabilização influi direta e indiretamente nos ciclos hidrológicos, causando consequências como redução de disponibilidade de água, enchentes e desastres ambientais.
- j) Efluentes Industriais: Quando a instalação de parques industriais ocorre sem o devido dimensionamento da capacidade de autodepuração dos rios

que recebem estes efluentes, ocorrem contaminações das águas e conseqüentemente alterações na qualidade das bacias hidrográficas

- k) Aquicultura: Atividades de aquicultura quando não planejadas de forma sustentável causam impactos que aumentam a eutrofização, ampliam a possibilidade de introdução de espécies exóticas em rios e lagos, alterando as cadeias alimentares e o fluxo gênico destes ecossistemas, ocupando ainda grandes áreas em lagos e represas inviabilizando os usos múltiplos dos recursos hídricos.
- l) Agricultura: As atividades agrícolas utilizam água para irrigação, causando impactos nos regimes hídricos e na qualidade das águas, considerando ainda o uso de fertilizantes, agrotóxicos e o manejo inadequado de dejetos animais.

2.9.2 Modelos de Gestão de Bacias Hidrográficas

Com o objetivo de realizar ações pró-ativas e sistêmicas nas bacias hidrográficas, foram historicamente desenvolvidos diferentes modelos de gestão, visando abranger os aspectos sociais, ambientais e institucionais, considerando as complexidades das diferentes demandas.

Modelo Burocrático:

Este modelo remete à entidades públicas a concentração de autoridade e poder. Desta forma fica o gestor público com as funções de cumprir e fazer os diplomas legais, por meio da emissão de outorgas, licenciamentos e execução das fiscalizações. Este modelo foi adotado na bacia do Rio Ruhr na Alemanha e demonstrou pouca eficiência nos casos de resolução de conflitos, utilizando pouco as estratégias de negociação (LANNA,1995; SILVA; PRUSKI,2005 citado por BOSCARDIN, 2008).

Modelo econômico-financeiro:

Este modelo tem por variável principal a relação custo-benefício. Não possui em sua estrutura órgãos colegiados. Para promover o desenvolvimento integral das bacias hidrográficas, conta com as Superintendências de Bacias Hidrográficas que são estruturas que dispõem de autonomia e fontes de financiamentos específicas nos

orçamentos governamentais. Portanto, apresentam forte presença do Poder Executivo, que por sua vez respalda os interesses setoriais com discussão social minimizada, gerando desta forma dificuldades de articulação com os usuários e a comunidade.

De acordo com Silva e Pruski (2005) este modelo é relacionado com a depressão da década de 30 nos Estados Unidos, que resultou na criação da Tennessee Valley Authority (TVA), que foi a primeira Superintendência de Bacia Hidrográfica. Entre os objetivos da TVA, constava o desenvolvimento de projetos vinculados aos recursos naturais existentes no espaço geográfico da bacia hidrográfica.

Modelo Sistêmico de Integração Participativa:

Este modelo permite a gestão descentralizada e a democratização da tomada de decisões por meio da participação dos colegiados que fazem parte da sua estrutura. Estes colegiados são compostos de forma paritária pelo poder público e a sociedade organizada, sendo responsáveis pela análise e aprovação dos planos e programas de investimentos na bacia, por intermédio de negociação política direta.

Segundo Peixinho (2005) os exemplos mais característicos deste modelo são implantados na Inglaterra no País de Gales e na França. O modelo Francês viabilizou a criação da Lei das Águas da França, que utiliza em seu arcabouço, os princípios da gestão participativa e descentralizada por meio dos comitês e agências de bacias hidrográficas. Neste modelo a bacia hidrográfica é considerada como unidade de planejamento.

É importante frisar que embora em termos práticos ocorra o encontro destes modelos de gestão, o Modelo Sistêmico de Integração Participativa, embasou a elaboração da Lei da Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil.

Em função da influencia dos rios nas bacias hidrográficas, torna-se importante citar que os processos de revitalização e renaturalização de rios, devem considerar as consequências de suas ações e efeitos no âmbito das bacias hidrográficas. Os efeitos dos processos de renaturalização não devem ser pontuais, mas de forma sistêmica também devem proporcionar a melhoria das condições ambientais das bacias hidrográficas.

2.10 A URBANIZAÇÃO E SEUS ASPECTOS AMBIENTAIS

Durante o século XX, ocorreu um significativo aumento da população urbana, motivado pelo êxodo rural e pela industrialização, gerando em muitos países um crescimento desordenado da malha urbana. A previsão indica que ano de 2030, aproximadamente 70% da população do planeta estará habitando as áreas urbanas (OECD,2008).

A expansão rápida da população urbana, principalmente nos países em desenvolvimento, não conta com a infraestrutura necessária para suportar as necessidades em termos de saúde humana, meio ambiente e saneamento.

Os elevados níveis de ampliação de urbanização observados no Brasil nas ultimas décadas, posicionam o país no mesmo contexto que caracteriza a América latina e outras regiões do planeta: um agravamento dos problemas urbanos. Estes problemas tem a sua origem determinada pelos mais variados aspectos, tais como, crescimento fisicamente concentrado e desordenado, ausência de planejamento, falta de estrutura e ao mesmo tempo estruturas obsoletas, demandas por recursos não atendidas, métodos de gestão ultrapassados e constantes agressões aos ecossistemas (MMA, 2007).

As pressões decorrentes da urbanização que ocorrem no meio ambiente, sobrecarregam a disponibilidade dos serviços de regulação e suprimento dos ecossistemas. Além da supressão ou redução das áreas verdes, ocorre também, impermeabilização do solo, geração de gases de efeito estufa, alterações na biodiversidade, fragmentação dos habitats naturais, geração e destinação final inadequada de resíduos sólidos e lançamentos de efluentes industriais e domésticos nos rios. Todos estes fatores alteram de forma sistêmica a qualidade ambiental dos sistemas urbanos, gerando também problemas de saúde pública (OECD, 2008).

A análise da trajetória histórica da urbanização em vários países, oferece informações a respeito das questões sociais, ambientais e econômicas, que devem ser consideradas para os planejamentos futuros, visando aprimorar as ações na dimensão espacial urbana e regional. De acordo com Dubois (1971), Crombie e Doring (1991) e Botkin (1992) apud Bollmann e Andreoli (2005), o fenômeno humano é parte integral dos ecossistemas naturais e conseqüentemente influi também nos processos urbanos.

2.11 OS RIOS E AS CIDADES

Segundo Costa (2006), a história dos rios e das cidades brasileiras apresenta uma antiga relação de convivência e proximidade. Cidades como São Paulo, Paranaguá, Foz do Iguaçu, Recife, Belém, Manaus, entre outras tantas, surgiram inicialmente às margens dos rios, confirmando a história que a partir de rios médios, grandes e pequenos, que muitos núcleos urbanos surgiram. Os rios sempre apresentam muito a contribuir para o desenvolvimento, por meio de abastecimento público, irrigação, energia hidráulica, além de viabilizar a circulação de bens, de pessoas e o controle do território.

Com o desenvolvimento das cidades os rios passaram gradativamente a fazer parte da paisagem urbana, ficando desta forma expostos aos impactos decorrentes da urbanização.

Segundo Costa (2006), os rios constituem estruturas vivas, fluidas e portanto mutantes, que pela sua natureza se expande ou se retrai, dependendo do seu ritmo e do seu tempo. Os rios também são importantes corredores de biodiversidade que permitem o convívio e a circulação de fauna e flora nas cidades, representando muitas vezes, espaços livres e públicos de abrangente valor social que propiciam oportunidades de convívio coletivo.

Entretanto a relação entre os rios e cidades brasileiras muitas vezes ocorre de forma conflituosa, com ocupações irregulares em suas margens, enquanto suas águas são utilizadas para fins de destinação final inadequada de resíduos sólidos urbanos e de efluentes domésticos e industriais. As consequências destas pressões antropogênicas sobre os rios, manifestam-se muitas vezes na forma de enchentes periódicas, que representam um movimento cíclico e pendular, das cidades invadindo as águas e as águas invadindo as cidades, enfatizando os antigos conflitos entre os aspectos ambientais e culturais (COSTA,2006).

As ações desordenadas de urbanização resultam de um modo geral, em drásticas alterações na estrutura ambiental dos rios, dificultando muitas vezes a sua passagem pelo tecido urbano, sendo que em algumas situações, chega-se ao desaparecimento completo dos seus cursos da paisagem urbana (COSTA,2006). Estas situações vem de encontro as conclusões de Santos (1999), que enfatiza a

situação de que as metrópolis regionais mudaram de qualidade, em função de formar muitas áreas de relações interurbanas sem planejamento.

Os sistemas antrópicos incluindo a urbanização e suas atividades, produzem consequências consideráveis na disponibilidade das águas em quantidade e qualidade, desconsiderando que desenvolvimento econômico e recursos hídricos são interdependentes. As condições de saúde humana dependem diretamente da boa qualidade de água. Quando este recurso natural não é disponibilizado em boas condições para a população, nos deparamos com quadros de mortalidade infantil e redução de expectativa de vida em geral, refletindo em altos custos para os sistemas de saúde e queda de produção de bens e serviços. Estes pontos enfatizam a necessidade da inclusão na pauta das políticas públicas, do tema gestão de recursos hídricos, onde podemos incluir também a recuperação da qualidade dos rios urbanos. É evidente que na maioria das vezes, este tema constitui um enorme desafio para os gestores públicos e para a sociedade como um todo (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 1999).

Mesmo com a constatação da necessidade de recuperar os rios urbanos, em alguns locais o tratamento dado aos rios pelas obras tradicionais de engenharia hidráulica, consiste em retificações e canalizações. Estes procedimentos mudam a fisionomia do rio suprimindo-o da paisagem, fazendo com que se transformem em equivocados sistemas de drenagem subterrânea, com a finalidade de evitar enchentes e facilitar a ocupação humana (BRITO; SILVA, 2006).

Para um rio exercer a sua função primordial de artéria do tecido urbano, alguns obstáculos derivados de uma visão reducionista, que atribuem aos rios apenas a função de estrutura para o saneamento, devem ser eliminados. Entre estes obstáculos podemos citar as ações que visam revestir o seu leito vivo com concreto e substituir as suas margens vegetadas por vias asfaltadas. Estas ações estão sendo refutadas em muitos países, não só pela fragilidade social e ambiental que causam, mas também pela pouca eficiência no controle de enchentes (COSTA, 2006).

Segundo Norbeg-Schulz (1980 apud COSTA 2006) as cidades habitam os rios. Sendo que habitar é construir. É tornar-se envolvido com a paisagem, reforçando que os rios urbanos devem constituir paisagens entrelaçadas com as dimensões ambientais e culturais das cidades.

2.12 AS CIDADES SUSTENTÁVEIS E OS RIOS URBANOS

As características paradigmáticas da sustentabilidade, deram início a formulação da sustentabilidade urbana, com o objetivo de que o desenvolvimento urbano possa ocorrer em bases sustentáveis.

A inclusão das questões ambientais urbanas e da sustentabilidade urbana nos principais debates e discussões, teve o seu início com os adventos da Rio-92 e da Conferência Habitat II em 1996. De forma muito positiva, a necessidade de planejar cidades com estratégias ambientalmente adequadas e portanto sustentáveis, vem atualmente fazendo parte das agendas pró ativas dos planejadores e tomadores de decisões.

As cidades constituem por meio dos seus ecossistemas, um organismo vivo, que geralmente tem o seu metabolismo alterado por influências antrópicas. A sua capacidade de produzir e consumir, importar e exportar subsídios energéticos, tais como água, alimentos, e demais matérias-primas, apresenta influência direta no seu metabolismo e por consequência nos seus padrões de sustentabilidade.

Um dos trabalhos mais interessantes sobre os aspectos do metabolismo das cidades foi elaborado por Girardet em 1989. Este trabalho analisa a capacidade de suporte energético das cidades, classificando-as como as cidades biocidas e as cidade ecológicas.

De acordo com Girardet (1989), as cidades biocidas, são aquelas que consomem muita energia e recursos naturais sendo causadora de vários impactos ambientais, como exemplo a grande geração de resíduos e supressão de suas áreas verdes. A busca dos seus insumos básicos torna-se cada vez mais distante, aumentando com isto a sua pegada ecológica. Com estas condições o seu balanço energético é negativo, com fluxos desorientados e com perdas energéticas por ineficiência dos seus processos de manutenção. Em termos da “Segunda Lei da Termodinâmica”, podemos chamar de sistema de alta entropia (ODUM,1998). Segundo Girardet (1989) nestas condições a cidade apresenta um modelo linear de metabolismo, caracterizado pela falta de planejamento dos seus fluxos e ausência de procedimentos tecnológicos sustentáveis.

As cidades classificadas como ecológicas ou ambientalmente adequadas, são aquelas que apresentam um modelo circular de metabolismo, no qual os fluxos

energéticos são planejados e tecnologicamente sustentáveis, contribuindo para alcançar maiores índices de reciclagem e eficiência energética. Portanto com redução em sua pegada ecológica, exemplificada pela baixa emissão de gases geradores do efeito estufa. Este modelo de cidade teoricamente pode representar um sistema de baixa entropia.

Com o apoio de modelos ou de fundamentações teóricas, como as apresentadas por Girardet, as cidades sustentáveis e seus projetos e experiências, são atualmente debatidos internacionalmente. O Conselho Internacional de Cidades para as iniciativas Locais (ICLEI) tem coordenado vários projetos para promover a cultura das cidades sustentáveis em aproximadamente 1800 municípios mundialmente distribuídos (MMA 2006).

Segundo MMA(2006), com o aumento das interações positivas, entre a sustentabilidade e os aspectos referentes a gestão urbana, foram definidos por meio da Agenda 21, alguns objetivos e critérios, para orientar a formulação de políticas públicas urbanas em bases sustentáveis, sendo eles os seguintes:

- a) Busca do equilíbrio dinâmico entre a população e a sua base ecológica e territorial, para diminuir a pressão sobre os recursos naturais disponíveis;
- b) Ampliação da responsabilidade ecológica, aumentando a capacidade da sociedade identificar os fenômenos ambientais e desenvolver a corresponsabilidade na gestão dos ecossistemas compartilhados, como o ar, florestas e bacias hidrográficas;
- c) Busca da eficiência energética reduzindo o consumo de energias fósseis;
- d) Desenvolvimento e utilização de tecnologias ecocompatíveis;
- e) Alteração nos padrões de consumo e diminuição na produção de resíduos;
- f) Recuperação de áreas degradadas e reposição de estoques de recursos estratégicos ex; solo, água e cobertura vegetal;
- g) Manutenção da biodiversidade.

Para que os gestores urbanos promovam a interação entre as bases da sustentabilidade e o ambiente urbano, foi necessário com o apoio da Agenda 21, reorganizar o sistemas de gestão urbana, por meio dos novos marcos de gestão de urbana. Sendo eles os seguintes (MMA,2006):

- a) Mudança de escala, com prioridade a projetos de menor custo e menor impacto ambiental;

- b) Incorporação da dimensão ambiental nas políticas setoriais urbanas (habitação, saneamento, etc) observando critérios ambientais de conservação da água, solo e cobertura vegetal;
- c) Integração das ações de gestão, para a busca de sinergia e redução de custos;
- d) Necessidade de planejamento estratégico, evitando crescimento não-planejado;
- e) Descentralização das ações administrativas e dos recursos, contemplando prioridades locais;
- f) Incentivo a inovação, promovendo a abertura para soluções criativas com novas tecnologias e novos materiais;
- g) Inclusão de custos ambientais e sociais, no orçamento e na contabilidade dos projetos de infra estrutura;
- h) Indução de novos hábitos de moradia, transporte e consumo, incentivando o uso de transportes não poluentes e incentivo a hortas comunitárias;
- i) Fortalecimento da sociedade e dos canais de participação, incentivo à ação comunitária.

Os processos de renaturalização e revitalização de rios urbanos, vem de encontro de forma sistêmica, com os objetivos e princípios que embasam o desenvolvimento e o planejamento das cidades sustentáveis.

É importante ressaltar, que as práticas de renaturalização e revitalização de rios urbanos, representam a busca da urbanização de menor impacto, a construção de soluções menos “desnaturalizantes”, que proporcionam aos rios o retorno a paisagem e ao metabolismo das cidades, contribuindo desta forma para a melhoria dos indicadores da qualidade ambiental (CARVALHO;BRAGA,2003).

A relação entre renaturalização e revitalização de rios, é bastante próxima dos aspectos relacionados a harmonia paisagística e a ecologia da paisagem. Sendo que segundo Primak e Rodrigues (2001), a ecologia da paisagem trata das interações dos padrões espaciais de uso do solo e contribui diretamente com a ecologia da restauração. As bases da ecologia da restauração são representadas pelo uso e pelo estudo de tecnologias e procedimentos, que possam recuperar as funções dos ecossistemas, incluindo os rios urbanos, minimizando desta forma o

estresse ambiental antropogênico, tornando desta forma as cidades mais sustentáveis.

A renaturalização e a revitalização de rios urbanos, é compatível como o modelo circular de metabolismo das cidades, conforme proposto por Girardet em 1989, pelo fato de apresentar a proposta de reconciliar a natureza com os processos que sustentam a vida, influenciando de forma direta na gestão das cidades sustentáveis.

2.13 REFERÊNCIAS LEGAIS E DOCUMENTOS IMPORTANTES PARA AS CIDADES SUSTENTÁVEIS E A RENATURALIZAÇÃO E REVITALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS

As questões referentes a gestão e ao planejamento urbano , são extremamente ligadas com as questões ambientais, sendo que em alguns momentos a questão urbana confunde-se com a questão ambiental (CARVALHO;BRAGA,2003). Devido a este fato percebemos que diplomas legais tais como o Estatuto da Cidade a Lei Federal de Recursos Hídricos e os Planos Diretores, prestam o devido apoio legal para a renaturalização e revitalização de rios urbanos, bem como para o planejamento e gestão das cidades sustentáveis.

O Estatuto da Cidade (Lei 10.257 -2001) visa balizar a Política Urbana e menciona em suas diretrizes gerais a garantia às cidades sustentáveis, representadas pelo direito a moradia, à infra estrutura urbana, ao saneamento ambiental, entre outros direitos de similar importância .Encontra-se também nas diretrizes gerais da Política Urbana a “preservação, proteção e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, e arqueológico “. É importante observar que ao citar em suas diretrizes a recuperação do meio ambiente natural ou construído, podemos incluir a revitalização e renaturalização dos rios impactados por ações antrópicas.

O Estatuto da Cidade representa também um significativo instrumento de gestão e planejamento ambiental, pelo fato de proporcionar por meio das suas diretrizes e instrumentos, o zoneamento ambiental, a instituição de unidades de conservação, o estudo prévio de impacto ambiental e estudo prévio de impacto de vizinhança, o combate a poluição e a degradação ambiental, bem como a

elaboração dos Planos Diretores dos municípios. Portanto o Estatuto da Cidade contribui de forma fundamental para o desenvolvimento de uma urbanização menos impactante, que pode ser exemplificada pela renaturalização e revitalização dos rios urbanos.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Federal nº 9433 de 1997, apresenta entre os seus objetivos e diretrizes uma estreita correlação com o planejamento urbano.

De acordo com o Art 2º desta Lei, são objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- a) Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- b) A utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- c) A prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrente do uso inadequado dos recursos naturais;

Ao observarmos o item “c” podemos constatar que o uso adequado dos recursos naturais é possível, desde de que tenha consonância , com o desenvolvimento de ações previstas no planejamento urbano. Neste caso a relação entre as cidades sustentáveis e a renaturalização e revitalização de rios urbanos, torna-se essencial.

O Plano Diretor conforme previsto no Estatuto da Cidade, constitui um instrumento básico da política de desenvolvimento dos municípios e deve ser realizado em função de exigência constitucional (Constituição Federal de 1988 art 182) nos municípios com mais de 20000 habitantes por meio de lei municipal obrigatória, sendo que para os municípios com menos de 20000 habitantes torna-se facultativo. O Plano Diretor deve ser um balizador da qualidade do desenvolvimento dos municípios e deve refletir os anseios da comunidade, de acordo com os princípios da transparência e da democratização das políticas urbanas. Cabe ainda ao Plano Diretor, a indicação de meios para incentivar e garantir a participação popular na gestão municipal e apresentar diretrizes e instrumentos para que os investimentos nas mais variadas áreas sejam adequadamente distribuídos.

Entre as muitas diretrizes que devem ser propostas pelo Plano Diretor, citamos a proteção do meio ambiente, dos mananciais, das áreas verdes e do patrimônio histórico e cultural. Desta forma as ações de renaturalização e revitalização dos rios urbanos, podem e devem estar respaldadas pelo Plano Diretor.

2.14 A AGENDA 21 E A RENATURALIZAÇÃO E REVITALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS

A agenda 21 constitui um importante documento resultante da Conferencia ECO-92, apresenta um plano para ser desenvolvido e executado de forma global nacional e local abrangendo as áreas em que as ações humanas impactam o meio ambiente. A Agenda 21 visa implantar o desenvolvimento sustentável por meio de parcerias entre a sociedade e governos, propondo em seu escopo também, aumentar a disponibilidade de água em quantidade e qualidade.

A Agenda 21 apresenta em seu Capítulo 18 o tema referente a “Proteção da Qualidade e do Abastecimento dos Recursos Hídricos” que propõem algumas ações e medidas para as águas continentais conforme segue:

- a) Avaliação dos recursos hídricos;
- b) Abastecimento de água potável;
- c) Proteção da qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos.
- d) Água e desenvolvimento urbano sustentável;
- e) Avaliação dos impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos.

Portanto ao observarmos estes itens, em especial os item C e D, constatamos a aderência da Agenda 21, com os processos de renaturalização e revitalização dos rios urbanos e com as cidades sustentáveis.

A conservação e a preservação dos mananciais, o combate aos desmatamento das matas ciliares, o impedimento das ocupações irregulares especialmente nas áreas densamente povoadas, constam como estratégias da Agenda 21, para assegurar a disponibilidade dos recursos hídricos.

É importante considerar que para obter êxito em suas proposições a Agenda 21 depende de políticas de planejamento urbano adequadas e sustentáveis, onde a

renaturalização e a revitalização dos rios urbanos podem representar ferramentas fundamentais.

2.15 A AGENDA 21 E AS CIDADES SUSTENTÁVEIS

A necessidade de fortalecer a mobilização e os mecanismos democráticos, de acordo com uma visão integrada e sistêmica, fizeram com que a Agenda 21 na busca de estratégias para o desenvolvimento das cidades sustentáveis, viesse apresentar as seguintes premissas (MMA,2006):

Crescer sem destruir; Gerar emprego, renda e elevação dos capitais produtivos e sociais e humanos, com qualidade de vida nas cidades.

Indissociabilidade dos problemas ambientais e sociais; Fundamental para as dinâmicas de promoção social e para as dinâmicas de redução dos impactos ambientais no espaço urbano.

Diálogo entre as estratégias da Agenda 21 brasileira e as opções de desenvolvimento; A sua viabilidade depende da promoção da sustentabilidade nos projetos de desenvolvimento urbano.

Especificidade da Agenda Marrom; Tem entre os seus objetivos, minimizar os efeitos do modelo industrial-urbano, que gerou inúmeros passivos ambientais e deve estar ligada a agenda verde, que tem foco na conservação de recursos ambientais.

Incentivar a inovação e a disseminação das boas práticas; Não fixar-se apenas em estratégias mitigadoras dos impactos ambientais urbanos, mas propor a inovação das práticas urbanas sustentáveis .

Fortalecimento da Democracia; Sem democracia não há sustentabilidade, sendo necessário fortalecimento dos meios democráticos afetos a gestão urbana.

Gestão Integrada e participativa; É necessária para a reorientação das políticas de desenvolvimento urbano e dos demais sistemas de gestão.

Foco na ação local; Necessário para preservar os recursos estratégicos para manutenção da qualidade de vida das comunidades urbanas, esta premissa oportuniza o fortalecimento do município, conforme preconiza a Constituição Federal.

Mudança do enfoque das políticas de desenvolvimento e preservação; Este instrumento deve valorizar as atividades sustentáveis e compatíveis com os espaços de suas ações. Os instrumentos punitivos, devem ser substituídos gradativamente por instrumentos de incentivo.

Informação para a tomada de decisão; O conhecimento e a informação são essenciais para aumentar a consciência da população, sobre os problemas ambientais urbanos e a tomada de decisão por parte dos gestores.

2.16 OS OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO DO MILÊNIO E AS CIDADES SUSTENTÁVEIS

Entre os objetivos do desenvolvimento do milênio formulados pela ONU(Organização das Nações Unidas), encontramos o sétimo e mais amplo objetivo, que tem por função máxima, garantir a sustentabilidade ambiental. Para alcançar este objetivo, foram estabelecidas metas referentes a qualidade ambiental dos meios físico, biótico e dos assentamentos humanos(IPEA,2010).

O Brasil visando atender as metas propostas pelo objetivo de desenvolvimento do milênio de número 7 instituiu vários programas relacionados com a garantia da sustentabilidade ambiental, que apresentam interface e ao mesmo tempo apoiam ,o desenvolvimento e o planejamento urbano sustentável.

Os programas instituídos pelo Brasil, para alcançar as metas propostas pelo 7º objetivo do milênio, são os seguintes:

- a) Programa de Revitalização de Bacias Hidrográficas em Situação de Vulnerabilidade e de Degradação ambiental.
- b) Programa de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis.
- c) Programa Nacional de Capacitação de Gestores Ambientais.
- d) Programa de Serviços Urbanos de Água e Esgoto.
- e) Programa de Drenagem Urbana Sustentável.
- f) Programa de Resíduos Sólidos.
- g) Programa de Urbanização, Regularização e Integração de Assentamentos Precários.

Neste caso podemos perceber que os programas em desenvolvimento, influenciam de forma direta ou indireta nas boas práticas de gestão urbana e ao mesmo tempo contribuem para a o planejamento das cidades sustentáveis.

É importante refletir que na área ambiental, em particular na área de recursos hídricos, bem como na área de planejamento urbano, estamos convivendo com a fase de evolução de políticas públicas referentes aos aspectos de sustentabilidade. Ocorre a substituição do sistema centralizador, por um sistema que gradativamente apresenta um caráter integrado, participativo e descentralizado, que exemplifica as “redes de políticas públicas” (PIMENTA 1995; SARMENTO,1996 apud LUCHINI; SOUZA;PINTO, 2003).

A análise dos conteúdos das legislações tais como o Estatuto da Cidade e a Lei de Recursos Hídricos, bem como os demais documentos que são consonantes com os propósitos de renaturalização e revitalização de rios urbanos, caracteriza que existe transversalidade e conexões entre os seus objetivos e desta forma são essenciais para justificar e apoiar estas iniciativas. Ao considerar que todos estes instrumentos legais e documentais buscam o equilíbrio ambiental e a sustentabilidade, podendo induzir as boas práticas de gestão urbana e ambiental, torna-se nítida a percepção de que são documentos que se complementam e devem servir como referencia, para as ações dos gestores urbanos.

Quadro 1 – Síntese dos principais apoios legais e documentais para revitalização e renaturalização dos rios urbanos.

LEI - DOCUMENTO	PRINCIPAIS APOIOS
LEI FEDERAL nº 9433-97: Política Nacional de Recursos Hídricos	A utilização racional e integrada dos recursos hídricos. Assegurar à atual e às futuras gerações boa qualidade de água.
LEI FEDERAL nº 10257-01: O Estatuto da Cidade	Preservação, proteção e recuperação do meio ambiente natural e construído.
AGENDA 21	Proteção dos ecossistemas aquáticos. Água e desenvolvimento urbano sustentável. Crescer sem destruir.
PLANOS DIRETORES	Balizador do desenvolvimento dos municípios. Proteção dos mananciais e do meio ambiente.
OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO DO MILÊNIO-ODM	Garantir a sustentabilidade ambiental. Programa de revitalização de Bacias Hidrográficas.

3 AS PRINCIPAIS EXPERIÊNCIAS DE RENATURALIZAÇÃO E REVITALIZAÇÃO DE RIOS NO MUNDO

Os projetos e ações de gestão de recursos hídricos incluindo a renaturalização e revitalização de rios urbanos, são constituídos por intervenções que necessitam de uma abordagem sistêmica não sendo caracterizados como processos isolados, principalmente em seus aspectos técnicos institucionais e políticos.

Com o objetivo de contextualizar a importância mundial desta matéria, neste capítulo será realizada inicialmente uma abordagem sobre alguns grupos e movimentos de âmbito internacional comprometidos com os rios urbanos, tais como o projeto Switch (Sustainable Water Management Improves Tomorrow Cities Health), e o grupo Fisrwg (Federal Interagency Stream Restoration Working Group).

PROJETO SWITCH

O projeto Switch é caracterizado como uma marcante iniciativa da União Europeia ocorrida em 2005, que apresenta entre os seus objetivos a troca de experiências, informações e conhecimentos referentes a gestão das águas nas cidades. Desta maneira foi constituída uma rede chamada Switch, que didaticamente no idioma inglês significa troca. A forma de trabalho da rede Switch, tem por base a formação das alianças de aprendizagem ou learning alliances como são chamadas originalmente neste projeto.

Com sede na Holanda, na cidade de Delft, local que também sedia a UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) e o Instituto Internacional das Águas, o projeto Switch apresenta como formadores de sua rede 15 países e 32 instituições, sendo coordenado pelo Institute for Water Education da Unesco .

Segundo Champs (2010), uma das principais motivações para o início do projeto Switch foi a constatação de que durante o Século XX o consumo global de água potável aumentou amplamente, atingindo índices duas vezes maiores do que a taxa de crescimento da população mundial. Com base neste fato, a meta do projeto para os próximos cinco anos é representada pela elaboração de ações e estudos que permitam o desenvolvimento e a aplicação de soluções tecnológicas,

que possibilitem uma gestão integrada e sustentável das águas urbanas, que venha atender as demandas dos próximos 30 a 50 anos.

A participação brasileira no projeto Switch é representada pela Universidade Federal de Minas Gerais e pelo município de Belo Horizonte, devido ao envolvimento e participação efetiva destas duas instituições no projeto intitulado Plano Diretor de Drenagem Urbana de Belo Horizonte. O aspecto principal deste projeto, foi a valorização das águas urbanas no sentido da não exclusão dessas águas e sim da sua inclusão na paisagem da cidade. O programa Drenurbs iniciado em 2001, que apresentou como objetivo promover a recuperação ambiental do município de Belo Horizonte, também colaborou de forma efetiva para a participação brasileira no projeto Switch (CHAMPS,2010).

É importante citar que por ser uma rede de pesquisa, o projeto Switch é formado basicamente por universidades, sendo que das 32 instituições componentes apenas 2 são instituições de gestão pública municipal, sendo elas a prefeitura de Zaragoza na Espanha e a prefeitura de Belo Horizonte (CHAMPS,2010).

3.1 FISRWG: FEDERAL INTERAGENCY STRAM RESTORATION WORKING GROUP

Os Estados Unidos ao longo das últimas décadas vem desenvolvendo experiências bastante interessantes em relação ao tema de recuperação de rios urbanos. Conforme já mencionado, por tratar-se de um processo sistêmico, tornou-se necessária a cooperação técnica de várias instituições norte americanas para que os objetivos propostos fossem atingidos.

A instituição do FISRWG, ilustra um bom exemplo de transversalidade nas ações de planejamento e na definição de critérios técnicos que podem orientar quais os procedimentos devem ser adotados nas ações de restauração de rios. Este bom exemplo é representado por meio de um trabalho técnico chamado de “Stream Corridor Restoration Handbook” que foi desenvolvido em 1998 com a cooperação de 15 agências federais do governo americano, entre as quais citamos a participação de United States Environmental Protection Agency, United States Department of

Housing and Urban Development, United States Department of Interior, United States Department of Agriculture, entre outras instituições de similar importância. Esta produção técnica abordou processos e práticas de restauração de cursos de rios, com base em aspectos tais como: hidrologia, vegetação ripária erosão, canais, qualidade da água, espécies aquáticas e ripárias, habitats críticos e dimensão dos cursos de água (LIMEIRA, 2008).

Com o objetivo de demonstrar que a renaturalização e a recuperação de rios urbanos estão sendo consolidadas como novas práticas da gestão urbana e conseqüentemente da gestão ambiental em vários países, serão abordados neste capítulo vários exemplos destas ações. Os exemplos ocorreram em vários continentes, como por exemplo, na Europa, Ásia, América do Norte e do Sul, incluindo neste caso experiências brasileiras. Desta forma enfatizamos também a visão de mundo sobre estes temas.

3.2 PRINCIPAIS EXPERIÊNCIAS EUROPÉIAS

3.2.1 Rio Isar

O rio Isar com extensão de 270 km está situado ao sul da Bavária. A área de drenagem de sua bacia é de aproximadamente de 9000 km² ocupando um sétimo da Bavária, onde situam-se cidades importantes como Munique.

Segundo Arzet (2010), cerca de 95% da população da Alemanha conta com serviços de coleta e tratamento de esgotos caracterizando desta forma a diminuição de poluição orgânica. Porém, outros problemas ambientais prejudicam a qualidade dos rios na Alemanha, onde cita-se os casos de poluição difusa oriunda principalmente das práticas agrícolas nas bacia hidrográficas. Outro problema impactante para os rios, ocorreu por meio de mudanças morfológicas de origem antrópica que resultaram em canalizações na maioria dos rios alemães. Estas canalizações alteram as margens e o leito dos rios, causando perda das funções ecológicas e da interação com as águas subterrâneas que fluem ao longo destes ecossistemas.

Dentro de uma visão avançada e sistêmica as diretrizes europeias atuais para a qualidade dos rios, abordam a integração de parâmetros físicos, químicos,

biológicos e morfológicos. Anteriormente estas diretrizes abordavam apenas como parâmetros de qualidade dos rios, os índices de poluição orgânica originada principalmente por questões sanitárias, e poluição química oriunda dos processos industriais.

Com objetivo de reverter o passivo ambiental acumulado nos rios da Bavária devido a práticas de manejo pouco sustentáveis, o State Office of Water Management Munich (orgão responsável pela gestão de recursos hídricos na Bavária) iniciou em no ano de 2000 o Plano Isar que tem por objetivo a renaturalização do rio Isar.

Segundo Arzet(2010) entre as principais ações de renaturalização aplicadas no Plano Isar pode-se citar a retirada dos diques de concreto, que proporcionaram mais espaço ao rio aumentando a sua capacidade de retenção de água. Esta retirada dos diques também contribuiu para a redução do fluxo e da velocidade das águas, evitando enchentes e viabilizando ao mesmo tempo uma melhoria ecológica do rio, em função da formação de habitats para invertebrados e peixes. Estes fatores demonstraram que por meio da sucessão natural o autodesenvolvimento do rio torna-se viável.

As margens dos rios quando conservadas em seus aspectos naturais, representam um espaço de ampla biodiversidade e dinâmica hídrica, sendo um espaço de transição e interação com a paisagem que os cercam. Um dos fatores importantes na restauração e renaturalização dos rios urbanos é a reconstituição das margens ,que no caso Plano Isar ocorreu com a remoção do concreto e aplanamento das margens, utilizando-se o material removido como substrato no leito para o desenvolvimento de novos habitats (ARZET,2010).

Com a intenção de retornar o rio Isar para o convívio da população, alguns objetivos estão sendo alcançados, como por exemplo a recreação de contato primário, onde as pessoas aproveitam o rio para a natação em coexistência com os peixes que voltaram a fazer parte deste rio.

3.2.2 Rio Tâmisa

Segundo Hill (2008) o rio Tâmisa situa-se ao sul da Inglaterra com extensão de 294 Km e uma área de drenagem de aproximadamente 130.000 Km² que corresponde a 10% da área da Inglaterra e do País de Gales. A população da bacia do Tâmisa é de 30 milhões de pessoas que corresponde a 23% da população Inglaterra e do País de Gales. Este rio é utilizado principalmente para o transporte de cargas e de pessoas, sendo que mais de 7 milhões habitantes utilizam os serviços deste ecossistema. É importante salientar que a função primordial do Tâmisa ainda é o abastecimento de água potável para Londres, com a captação a montante da cidade.

Ao longo da sua história que reflete também a história de Londres, o rio Tâmisa e sua bacia hidrográfica, protagonizaram vários episódios de cheias e crises sanitárias. Os impactos ambientais no Tâmisa ocorreram principalmente em função do aumento da população da Inglaterra, que dobrou de 1 milhão para 2 milhões de pessoas entre 1800 e 1850. Entre as principais consequências deste aumento populacional cita-se os lançamentos de esgotos em natura nas águas do Tâmisa, fato este agravado em 1830 com a invenção da descarga dos vasos sanitários. Nesta época ocorreram vários eventos de protestos com o objetivo de sanar os problemas do Tâmisa, um dos maiores eventos foi chamado de “The Great Stink” ou o Grande Fedor, cuja comemoração dos 150 anos deste evento ocorreu em 2008.

Com objetivo de melhorar a qualidade do Tâmisa, vários projetos de engenharia foram colocados em prática ao longo do tempo. Porém estes projetos apresentaram resultados paliativos, porque não foram dimensionados para acompanhar o crescimento populacional e industrial de Londres.

Em 1947 foi realizado pelo Museu de História Natural um levantamento da ictiofauna do rio Tâmisa, considerado um dos trabalhos precursores do monitoramento biológico. Este levantamento atestou a morte biológica do rio devido a sua baixa diversidade, sendo constatada apenas presença de enguias, lembrando que estes peixes respiram também na superfície da água, adaptando-se a ambientes comprometidos (HILL,2008).

Várias correntes políticas questionaram o fato de Londres ser uma cidade de primeiro nível, sem condições ambientais equivalentes. Este questionamento gerou

pressões para a realização de inúmeras iniciativas, que auxiliaram nos processos de recuperação do rio Tâmis .

Com a manutenção da persistência em recuperar o Tâmis, entre 1964 e 1984 várias obras foram realizadas. Entre estas obras cita-se a construção de duas grandes estações de tratamento de esgotos, que contaram com investimentos de 200 milhões de libras, sendo utilizadas até os dias de hoje. Na sequência, em 1999, foi viabilizado um incinerador para dar a destinação final dos sedimentos resultantes do tratamento de esgoto e gerar energia para as respectivas estações de tratamento.

Como medida de prevenção é feito monitoramento automático da qualidade da água do Tâmis por meio de oito estações localizadas de forma estratégica. Em caso de ineficiência dos processos de tratamento de esgotos, o que pode resultar em queda de oxigênio dissolvido e mortandade de peixes entre outras consequências significativas, existem estações que liberam para o rio doses de Peróxido de Hidrogênio, constituindo assim uma maneira eficaz de manutenção dos níveis de oxigênio (Hill,2010).

A Environmental Government Agency of United Kingdom, considera de forma muito lúcida e apropriada que restaurar rios é muito mais do que limpar a água. Desta forma vem realizando ações que abrangem uma visão sistêmica de recuperação que incluem a drenagem de forma sustentada chamada de "Sustainable Drainage". Esta modalidade de drenagem é baseada nas estratégias de dar espaço para a água, chamada também de "Making Space for Water" que contribui também para a desaceleração do processo que leva a água até o mar. Seguindo o pensamento ambiental sistêmico, foram viabilizados novos habitats para a biodiversidade resultado em 126 espécies de peixes vivendo no Tâmis. Este aumento na diversidade da ictiofauna gerou impactos positivos na avifauna de Londres, sendo o rio considerado como uma autoestrada da vida selvagem.

Uma das forças motoras da realização destas ações, é representada pela participação da sociedade nos processos como um todo. A elaboração dos planos de restauração dos rios em Londres, conta com a participação social, uma vez que os habitantes mesmo não sendo profissionais de engenharia, são profissionais do viver e tem muito a contribuir, demonstrando que adotaram o rio e querem celebrá-lo, transformando o Tâmis em um rio para todos (HILL,2010).

3.2.3 Rio Socolowka

O rio Socolowka está situado na cidade de Lodz que apresenta uma população de 800 mil habitantes e fica na parte central da Polônia. Atualmente o perfil econômico desta região é baseado em atividades de logística, cinematografia, educação e tecnologias. Por apresentar uma malha hídrica formada por oito rios a cidade de Lodz propiciou a formação de um polo têxtil no passado, que teve como resultado um aumento significativo da sua população e a escassez de recursos hídricos, devido a indústria têxtil consumir muita água e produzir muitos efluentes.

Com o propósito de reverter a situação crítica dos seus recursos hídricos, a Universidade de Lodz em conjunto com a sociedade e a esfera pública, procurou caminhos para viabilizar este propósito composto por muitos desafios. Muitas reflexões foram feitas pelos gestores de Lodz, sobre alguns paradigmas referentes a gestão das cidades e a gestão de recursos hídricos. Estas reflexões indicaram que é possível fazer gerenciamento integrado das águas e das cidades, considerando itens tais como: biodiversidade, estrutura urbana, história, cultura, sociedade e economia, ou seja a base da revitalização de rios.

Na busca de apoio e visibilidade para tornar real os seus propósitos de reavaliar os usos de água e estimular os processos autossustentáveis naturais nas bacias hidrográficas, incluindo a revitalização de rios, a cidade de Lodz aderiu ao projeto Switch .

Segundo Krauze e Wagner (2010) dois projetos foram anexados ao projeto Switch. O primeiro foi o projeto Sokolowka visando a restauração daquele rio municipal, incluindo o aumento das zonas úmidas naturais para controle de cheias, que mesmo sendo pequeno este rio desperta na comunidade a conscientização de conservação dos recursos hídricos. O segundo projeto também correlato com a restauração do rio Sokolowka, é representado pela experiência de tratamento de esgotos por fitorremediação para a diminuição de poluentes, especialmente os metais pesados. Todas estas ações são permeadas por um importante princípio do projeto Switch: a construção das alianças de aprendizagem, cujo primeiro objetivo definido foi preservar a biodiversidade do ciclo da água, considerando que a os ecossistemas fornecem bens e serviços que podem fazer a ligação com a sociedade e seus componentes culturais, econômicos e estruturais. Vale comentar que a definição deste objetivo ocorreu após consulta a setores da sociedade, onde foi feita

a seguinte pergunta: Como você gostaria de ver a sua cidade? As respostas foram no sentido de: queremos a nossa cidade com água!

A cidade de Lodz propôs a sua sociedade a construção de um novo estilo de vida, ligando os aspectos econômicos e culturais a boa gestão de suas águas, propondo que as áreas verdes, os vales e corredores de rios podem ser espaços para a recreação e para os indispensáveis serviços dos ecossistemas. Inicialmente considerava-se que este objetivo seria atingido em um tempo longínquo, porém existe a convicção por parte dos gestores do programa, que este tempo não está tão longe assim.

3.2.4 Rio Warta

O trecho do rio Warta a ser comentado, localiza-se na cidade de Poznan com 630 mil habitantes sendo a capital do estado da Wielkopolska na região centro-oeste da Polônia.

Durante a participação do autor deste estudo, como palestrante no evento: World Innovation Days ocorrido em setembro de 2010 cidade de Poznan, foi possível observar a boa relação daquela cidade e sua sociedade com o seu principal rio, neste caso o rio Warta. Ao perguntar para um grupo de estudantes que estavam nas margens deste rio se era possível nadar, a resposta foi muito natural ao responderem que sim desde que não estivesse muito frio, ou seja, o conceito de rio limpo está presente na percepção da população. A visão do rio integrado a paisagem e ao metabolismo da cidade é bastante ampla por parte dos habitantes de Poznan. Ao perguntar para os frequentadores das margens do Warta sobre o perigo de contaminação por esgoto, novamente a resposta foi muito natural: o problema do esgoto pertence as estações de tratamento e não ao rio, enfatizando que os rios da região nada tem haver com esgotos e outros tipos de efluentes.

A criação de habitats ao longo do rio, ficou constatada pela biodiversidade observada, que inclui desde peixes, plantas macrófitas e a avifauna, demonstrando desta forma a boa qualidade ambiental.

Embora o exemplo de Poznan com o rio Warta ainda não tenha ocupado o devido espaço em termos acadêmicos, foi importante constatar a boa relação de respeito daquela comunidade com o seu rio, integrado a paisagem e possibilitando o nadar, pescar e navegar!

3.2.5 Rio Reno: Suíça, França, Alemanha, Holanda

Conhecido mundialmente por ser o terceiro maior rio europeu e primeiro em importância econômica, em função do transporte e produção de energia hidroelétrica, o rio Reno conta com 1320 Km de extensão dos quais 825 km são navegáveis. Sua bacia hidrográfica faz parte de 9 países, provendo o abastecimento de água potável para 30 milhões de pessoas. O rio Reno convive também com os impactos gerados por várias atividades que ocorrem ao longo de sua bacia. Em função deste e outros fatores a comunidade europeia tem dispensado atenção especial para este rio e sua respectiva bacia hidrográfica (WEINGERTNER,2010).

Um fato que faz parte da história ambiental do Reno foi o seu reconhecimento no século passado até meados da década de 50, como “rio de ouro” devido a sua boa qualidade de água e conseqüente abundância de peixes.

Com o crescimento econômico e populacional que ocorreu na Europa principalmente no século XX , com cidades atingindo a marca de mais de um milhão de habitantes e a grande concentração de indústrias químicas, principalmente na França, Holanda, Alemanha e Suíça, o rio Reno sofreu vários impactos ambientais. Os níveis de poluição elevados na década de 1970, com trechos artificializados por canais para atender a navegação contribuíram para a degradação e a redução de habitats e biodiversidade da bacia do Reno.

Em função da importância do Reno em vários aspectos, incluindo a saúde pública, uma comissão europeia constituída por ministros reuniu-se na conferência de Strasburgo na França em 1987, onde foi construído um plano de ação com o objetivo de recuperar o Reno. Este plano apresentou algumas metas importantes, tais como a luta contra a poluição e o retorno do salmão ao rio em 2000, bem como a redução em 50% a 70% das emissões de efluentes para o ano de 1995, incluindo ainda o monitoramento da qualidade de água potável e a prevenção de acidentes. Um fato importante que contribuiu muito com a melhoria das condições do Reno, foi a realização de outra convenção internacional em 1987 que incluiu a recuperação

ecológica no programa de ações, visto que anteriormente as metas em função da emergência, eram voltadas basicamente para a redução da poluição (WEINGERTNER,2010).

Com as alterações climáticas e com artificialização das paisagens urbanas, as enchentes passaram a ocorrer de forma mais intensa e frequente em vários locais do planeta, incluindo a Europa, onde no ano 2009 muitos eventos desta natureza ocorreram causando danos a diversas cidades importantes localizadas as margens do Reno. Antes destes eventos catastróficos, em 1998 foi elaborado um programa internacional de combate as enchentes. Este plano teve como motivação principal a redução de perdas econômicas causadas pelas enchentes, uma vez que os custos com os danos ao longo da bacia do Reno chegaram a 160 bilhões de euros, enquanto que os custos com a execução do programa chegaram a 12 bilhões de euros. Este fato representou para os tomadores de decisões, a inevitável junção das questões econômicas com as questões ambientais.

Com a evolução das demandas e das novas situações que ameaçam a qualidade ambiental, também se faz necessária a revisão e evolução do plano de recuperação do Reno. Um novo programa chamado de Reno 2020, que pretende chegar ao bom status ecológico do Reno, está em andamento com objetivos audaciosos porem necessários. Entre os objetivos encontramos os desafios de enfrentamento da poluição causada por medicamentos, micropoluentes e pesticidas, bem como a restauração da sua biodiversidade para voltar a ter um rio vivo. A criação de espaços para a contenção de cheias e a restauração de habitats não canalizando os rios também estão contemplados nestes objetivos (WEINGERTNER, 2010).

Com estas ações percebe-se a necessidade de articulação das políticas ambientais com todos os demais níveis políticos, incluindo as políticas de transporte, de edificações e também políticas energéticas. Com estas articulações, o atendimento a Diretiva Europeia das Águas elaborada no ano de 2000 e a revitalização do Reno tornam-se mais próximos da realidade.

3.2.6 Rio Danúbio: União Européia

Caracterizado por sua bacia hidrográfica internacional e conter 19 países abrangendo 9% da Europa, o rio Danúbio que nasce na Floresta Negra na Alemanha é o segundo maior rio da Europa com 2850 Km de comprimento sendo o principal afluente do Mar Negro.

Os usos múltiplos da bacia hidrográfica do rio Danúbio, são representados por: abastecimento de água potável, agricultura, pesca, criação de animais, atividades industriais nas áreas de química, mineração, papel e celulose, a geração de energia hidrelétrica e transporte, sendo este último menos impactante devido a um planejamento de turismo sustentável.

Além de várias modalidades de usos múltiplos, a bacia do rio Danúbio apresenta uma área de 800 Km² e recebe influencia das atividades de aproximadamente 81 milhões de habitantes, o que representa algo em torno de 100 habitantes por quilômetro quadrado.

Em função de todas as pressões exercidas historicamente no rio Danúbio e sua respectiva bacia, várias tentativas de gestão internacional de suas águas foram planejadas. Porém nem todas as iniciativas de gestão obtiveram êxito devido as inúmeras diferenças técnicas, econômicas e políticas que ocorriam nos países de sua área de influência, como por exemplo a ex-União Soviética e demais países da Cortina de Ferro.

Após várias mudanças políticas na Europa incluindo novas percepções sobre os princípios de preservação e conservação ambiental, em 1991 foi lançado na Bulgária um programa ambiental para o rio Danúbio. Este programa mesmo com dificuldades administrativas iniciais, congregou de forma inovadora para a região vários agentes internacionais usuários da bacia hidrográfica (STALZER,2010).

Entre as ações deste programa, podemos citar a elaboração de estudos e planos de ações estratégicas e a formatação do de um modelo de qualidade de água para toda a bacia do Danúbio. Foram apresentados também 29 projetos de restauração e revitalização de rios, contendo a religação das áreas úmidas com o rio Danúbio e o mar Negro.

Após várias etapas vencidas dentro do programa ambiental para o rio Danúbio, incluindo a participação técnica e política de vários países usuários da sua bacia hidrográfica, foi assinado em 1998 na cidade de Sofia na Bulgária a

Convenção de Proteção do Rio Danúbio. Os objetivos principais desta convenção são representados por: promover a conservação e o uso racional das águas, a redução do aporte de nutrientes, o controle de enchentes e conseqüentemente a diminuição de impactos no mar Negro (local onde desagua o rio Danúbio) que por ser um pequeno oceano com saída para o Mediterrâneo, corre elevado risco de eutrofização (STALZER,2010).

Um dos fatores importantes e ao mesmo tempo estimulantes para o bom andamento das ações propostas na Convenção de Proteção do Rio Danúbio, foi a diretiva europeia de águas que apresenta entre as suas metas o alcance do “bom estado da água”. Esta diretiva tem por base a proteção ambiental do rio como um todo e não apenas na qualidade química das águas. É importante enfatizar que para atingir este “bom estado da água”, torna-se necessário trabalhar com a gestão de bacias hidrográficas e com a participação pública e suas diversas representações, itens que também fazem parte das metas da diretiva europeia de águas.

Os resultados dos esforços conjugados e concentrados pelos 14 países signatários da referida convenção, são ilustrados por ações tais como a criação de um sistema de monitoramento transnacional da qualidade ambiental da bacia do Danúbio. Este sistema definiu os parâmetros a serem analisados e os métodos de controle de qualidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Danúbio. Entre os parâmetros definidos houve a inclusão de parâmetros biológicos, como o monitoramento da ictiofauna. Outro ponto importante foi o estabelecimento de um diagnóstico da bacia do Danúbio. Este trabalho de diagnóstico tem por objetivo identificar e recomendar ações importantes para a gestão da bacia, com base em restaurações hidromorfológicas que incluem a proteção contra enchentes, incluindo ainda as normas de navegação e de geração de energia hidrelétrica, bem como as já citadas reduções de poluição por nutrientes e demais substâncias nocivas .

Segundo Stalzer (2010), para o efetivo alcance do cumprimento das metas propostas pela Convenção de Proteção do Rio Danúbio e pela diretiva europeia de águas, tornam-se necessárias algumas ações como por exemplo o tratamento de água da bacia urbana e o desenvolvimento de uma agricultura moderna com redução no uso de nutrientes principalmente o fósforo. Possivelmente estas ações não ocorrerão até 2015 conforme preconiza a diretiva europeia, mas provavelmente no próximo ciclo que está previsto para o ano 2021 ou 2027, uma vez que algumas bases legais ainda necessitam ser estabelecidas pela União Europeia.

A necessária e vital participação da população nestes processos, vem sendo estimulada por meio de material didático produzido em diversos idiomas como o inglês, alemão, húngaro, tcheco e romeno, destinado a um público alvo representado por professores e adolescentes entre 14 e 17 anos. Desta forma busca-se não só a conscientização mas também o comprometimento da atual e futuras gerações com os aspectos e questões referentes a bacia hidrográfica do rio Danúbio. Outro fator importante referente a participação social é o espaço destinado as organizações não governamentais, que atuam como observadoras e são detentoras de mandato que lhes permitem participar das reuniões técnicas e contribuir com os grupos de especialistas. Outro aspecto positivo a ser considerado é o fato que estas organizações não governamentais, ao retornarem as suas bases auxiliam a promover a internalização das discussões referentes as crises ambientais, bem como a busca de soluções (STALZER,2010).

Este exemplo do rio Danúbio e sua bacia, nos demonstra a necessidade de articulação técnica e política (que nem sempre ocorrem no tempo e na velocidade desejada) entre os diferentes entes que fazem parte de uma proposta de revitalização ou renaturalização de rios.

3.2.7 Rio Sena

A França entre as suas várias características especiais, é o país precursor da gestão de recursos hídricos que considera a bacia hidrográfica como unidade de gestão. Esta forma de gestão operacionaliza suas ações por meio da constituição de comitês de bacias hidrográficas, formados por representantes dos diversos setores da sociedade que tem por tarefa principal, discutir e aprimorar os procedimentos que proporcionem melhor qualidade ambiental em suas bacias.

Segundo Casterot (2010) a bacia hidrográfica do rio Sena abrange aproximadamente 20% do território francês com uma área de 100.000 km², recebendo a influencia de oito mil cidades (comunas) e de uma população que totaliza 7,6 milhões de habitantes. É importante frisar que 80% da população da bacia está concentrada em Paris e 30% das atividades industriais representadas por aproximadamente cinco mil fábricas dos mais variados setores, tais como papel e celulose, refino de petróleo, agroindústrias e indústrias químicas estão localizadas ao longo dos seus rios tributários. Outra informação importante é que entre as

várias pressões exercidas sobre a bacia do Sena, cerca de 20% da produção agrícola da França é oriunda das suas áreas de drenagem.

A história da França e principalmente a história de Paris, encontram no rio Sena um dos seus principais protagonistas. No século XVIII as ruas parisienses recebiam todos os tipos de despejos, incluindo os resíduos sólidos e esgotos o que causou a morte de mais de um milhão de pessoas por doenças originadas pela falta de saneamento básico. Para reverter aquela situação, foi determinado que toda residência estaria obrigada a lançar seus efluentes por meio de um cano para o rio Sena abaixo, somando-se aos lançamentos realizados pelas indústrias. Em consequência destes fatos, muitos impactos ambientais e sociais foram causados ao rio e sua bacia no decorrer de três séculos, sendo que apenas há 40 ou 50 anos estes problemas começaram a receber atenção das autoridades e da sociedade.

Para melhorar a qualidade ambiental da bacia do rio Sena, várias iniciativas de caráter técnico e político vem sendo implantadas de forma gradativa e contemporânea, salientando que para atingir resultados positivos nos processos de revitalização são necessárias mudanças de comportamento e de visão não só das autoridades mas também dos usuários da bacia. Entre as iniciativas políticas podemos citar a criação das Agências de Água na década de 60, cuja principal função é promover o desenvolvimento da gestão dos recursos hídricos em cada bacia, considerando as demandas regionais e as diretrizes nacionais. As agências contam com um comitê de bacia, constituído por representantes do governo e de usuários que representam os mais diversos setores produtivos, como industriais, agricultura, organizações não governamentais e consumidores. Estes comitês funcionam como um parlamento das águas onde ocorrem as discussões e definições, cabendo a Agência de Águas a implementação das decisões.

De acordo com a Agência de Águas responsável pela bacia hidrográfica do rio Sena, uma adequada revitalização não deve considerar apenas os aspectos referentes a qualidade de água, mas também a qualidade dos habitats da bacia. Estes aspectos que prezam diversos níveis de qualidade, permitem a bacia hidrográfica atingir um bom status ecológico com ambientes aquáticos saudáveis, vindo de encontro ao que preconiza a diretiva europeia de águas. Várias medidas de caráter técnico e ambiental foram implantadas e outras ainda devem ser visando a revitalização do rio Sena e sua bacia (CASTEROT,2010).

Entre os principais desafios para esta revitalização e para muitas outras revitalizações, está o tratamento de esgotos. Para notarmos o avanço desta questão é importante mencionar que nos anos 50 a bacia do rio Sena contava apenas com onze estações de tratamento de esgoto, sendo que desde 2008 já conta com aproximadamente 2000 estações em funcionamento, esta evolução é resultado de significativos investimentos como os realizados entre os anos de 1997 e 2007 no valor de 2,1 bilhões de euros. Como as demandas neste sentido são crescentes existe a previsão de continuidade destas ações nos próximos seis anos com investimentos na ordem de 1,5 bilhão de euros.

A rede de monitoramento dos rios da bacia do Sena indicou por meio das análises de quinze parâmetros que ocorreram melhorias na qualidade de água. Com estes dados da rede de monitoramento, foi possível definir classes de qualidade por meio de mapas de cores que demonstram as categorias de excelente até muito ruim, sendo uma ferramenta de educação ambiental para a população. Mesmo assim, ainda persistem os desafios de promover melhorias na redução dos índices dos parâmetros de nutrientes como o nitrogênio e fósforo oriundos dos efluentes resultantes de atividades agrícolas e domésticas.

A poluição industrial também representa enormes riscos para a qualidade da água e dos ecossistemas. O debate que visa a conciliação do desenvolvimento econômico com a conservação dos recursos hídricos, ocorreu de forma gradativa por meio de workshops onde foram discutidas propostas de redução de consumo de água e soluções para a destinação final adequada dos efluentes gerados pelo setor. Um dos principais resultados práticos destes encontros foi ilustrado pela redução dos índices de Cádmio constatados pelas análises realizadas nos canos das estações de tratamento de esgotos (CASTEROT,2010).

Outra fonte de poluição que está sendo estudada pela Agência de Bacias do Sena, é a poluição difusa que concentra muitas substâncias tóxicas e podem ser drenadas para a bacia hidrográfica por meio das chuvas. Para tanto existem propostas técnicas de projetos que visam coletar e tratar as águas pluviais para evitar a sua chegada aos rios contendo poluentes.

Segundo Casterot(2010), existem ainda muitas atividades a serem realizadas para atingir a revitalização da bacia do rio Sena, além de preservar os resultados alcançados. Para chegar a conclusão que todos os objetivos foram atingidos, será

necessário constatar que o rio Sena em seu trecho parisiense apresenta boas condições de balneabilidade para a sua população .

3.3 A EXPERIÊNCIA ASIÁTICA

3.3.1 Rio Cheonggyecheon: Seul, Coréia Do Sul.

Um dos casos mais interessantes e ao mesmo tempo ousado em relação a restauração de rios urbanos, foi o caso ocorrido com o rio Cheonggyecheon em Seul na Coréia do Sul.

O rio Cheonggyecheon é o principal rio que corre dentro de Seul, lembrando que Seul é o centro econômico da Coréia do Sul e conseqüentemente possui problemas ambientais comuns a outras metrópoles, como por exemplo, a poluição e degradação ambiental.

Na tentativa de resolver problemas de deslocamento da população concentrada na área central de Seul, o rio foi coberto e transformou-se em autoestrada fazendo parte da malha viária favorecendo a passagem de 8000 carros por dia. Este espaço foi caracterizado como as maiores vias de Seul.

Segundo Soo Hong Noh(2010) após debates informais na Universidade de Yonsei, onde foi analisado o caso do canal artificial de Ottawa, surgiu a idéia de restaurar o rio Cheonggyecheon. Em seguida na tentativa de realizar pesquisas sobre os efluentes lançados neste rio não foram encontrados dados atualizados, mas sim dados gerados até 1978, época em que o rio foi coberto e banido da paisagem da cidade.

Em 2000 foi fundado um grupo de pesquisas com o objetivo de realizar estudos aprofundados em torno do projeto Cheonggyecheon. Este grupo técnico obteve apoio político local, e o projeto foi iniciado em 2002 produzindo os seguintes resultados: a restauração histórica e cultural do centro de Seul, a demolição das estruturas de concreto e criação de uma estação de suprimento de água, a implementação de tratamento de efluentes, a execução de projetos de paisagismo e iluminação, obras de controle de cheias, além do retorno do rio para o convívio da cidade. Todas estas ações produziram ainda resultados de melhorias ambientais, como por exemplo a regulação da temperatura média do centro da cidade, a

formação de brisas e o aumento da biodiversidade com maior variedade de espécies.

É importante salientar que entre os maiores benefícios, está a oportunidade de expandir os princípios da educação ambiental para milhares de pessoas, onde salientamos que após três anos da realização do projeto cerca de sete milhões de pessoas visitaram o rio Cheonggycheon (Soo Hong Noh,2010).

3.4 EXPERIÊNCIAS AMERICANAS

3.4.1 Rio Anacostia: Washington DC, Estados Unidos.

O rio Anacostia com aproximadamente com 40 km de extensão, está situado na Baía de Chesapeake em Washington, DC. Mesmo sendo um pequeno rio apresenta ao seu longo muita concentração urbana e uma população de 1,1 milhão de pessoas, além de muitas áreas impermeabilizadas por ruas, estacionamentos e telhados, fator este que contribui diretamente para o aumento da poluição difusa.

Segundo Connolly (2010), nos Estados Unidos existe uma lei de 1972 chamada de Clean Water Act, que é bastante eficaz no controle de lançamentos de efluentes das fábricas e outras fontes pontuais de poluição. Porém seu arcabouço não abrange o controle da poluição difusa, fonte principal de poluição do rio Anacostia.

A grande maioria dos problemas de poluição no rio Anacostia, apresenta sua origem na água da chuva, ou seja no escoamento destas águas, uma vez que a chuva provoca a lixiviação de poluentes originados dos automóveis como por exemplo o nitrogênio e fósforo presentes nos combustíveis. Nos episódios de grandes chuvas, ocorre também o transbordamento do esgoto doméstico que atinge o rio carreando nutrientes e bactérias, além do aporte de resíduos sólidos urbanos. Outro fator que resulta em várias consequências é a poluição térmica originada pela chuva que fica aquecida ao atingir as superfícies pavimentadas, ocasionando após ser drenada a redução de oxigênio dissolvido nos rios.

Entre as várias consequências da poluição no rio Anacostia, algumas representam maiores riscos a saúde humana, como por exemplo, a constatação após estudos feitos em 2003 que demonstraram que 60% dos peixes-cabeça-de-

touro apresentam lesões ou tumores, resultantes da exposição aos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos oriundos da combustão de combustíveis derivados de petróleo, considerando que antes de chegar ao rio, estes poluentes ficam na atmosfera.

Algumas iniciativas foram colocadas em prática pela sociedade em cooperação com Anacostia Watershed Society visando reduzir ou eliminar os efeitos da poluição difusa. Entre estas iniciativas citamos os exemplos mais variados possíveis, como o aprimoramento do sistema de limpeza pública para diminuir o aporte de resíduos sólidos no rio e a instalação dos chamados “trash-traps” (armadilhas para lixo) no final das tubulações de drenagem urbana. Estas “armadilhas” coletam os resíduos trazidos pelas chuvas evitando que cheguem ao rio.

Ao lembrarmos que revitalizar e renaturalizar rios não significa apenas limpar a água, mas significa também reencontrar os processos naturais e os serviços dos ecossistemas, algumas iniciativas neste sentido estão desenvolvidas com esta finalidade na bacia do rio Anacostia. Citamos como exemplo destas ações, a busca pelo aumento dos índices drenagem natural por meio do solo bem como a formação de novas áreas úmidas, que em termos de ecossistemas auxiliam na retirada de poluentes e na criação de vários habitats para a biodiversidade (CONNOLLY,2010).

Todas as ações de recuperação do rio Anacostia representam um laboratório de educação ambiental ao ar livre, onde citamos o exemplo da reconstituição das áreas úmidas, em que crianças aprendem a plantar e cultivar espécies nativas ao longo das margens do rio, despertando desta maneira o respeito pela sustentabilidade, pela natureza e pela cidadania.

3.4.2 Rio Cuyahoga: Cleveland, Ohio

No final do século XIX e no início do século XX Cleveland no estado de Ohio tornou-se um dos principais centros industriais americanos, este fato ocasionou o crescimento da cidade e aumento de sua população.

O rio Cuyahoga que na linguagem indígena norte-americana significa rio torto, é caracterizado como um rio de planície com muitas curvas que atravessa a cidade de Cleveland e desemboca no Lago Erie após percorrer 160 Km.

Em um período de aproximadamente 100 anos, as indústrias petrolíferas e siderúrgicas lançaram seus efluentes nas águas do Cuyahoga, ocasionando a concentração de altos níveis de metano e demais substâncias tóxicas, reduzindo de forma drástica a sua biodiversidade e a funcionalidade dos seus ecossistemas.

No ano de 1969 ocorreu um fato inusitado: o rio Cuyahoga apresentou chamas em sua superfície. Em função deste episódio a cidade de Cleveland conhecida como polo industrial e de prosperidade, passou a simbolizar também os desastres ambientais.

Após a constatação deste e outros passivos ambientais que estavam ocorrendo em rios norte-americanos, o governo de modo reativo começou a produzir normas e leis para combater e evitar a poluição dos rios. Entre os atos produzidos cita-se o Clean Water Act lançado em 1972, bastante eficaz no controle de lançamento de efluentes das fábricas, que estabeleceu multas diárias de US\$25,000 dólares para empresas que viessem a poluir os rios. Além das medidas de combate a poluição industrial, foi combatida também no Cuyahoga a poluição orgânica, por meio da construção de várias estações de tratamento de esgotos.

Com o auxílio da participação efetiva da comunidade, o rio foi sendo recuperado ao longo dos anos, com o retorno de diversas atividades em suas margens, tais como os novos negócios não poluidores e competições de esportes aquáticos.

Para a manutenção das boas condições do rio Cuyahoga, a comunidade não deixou de dar continuidade as atividades de monitoramento. Grupos de estudantes analisam periodicamente as condições do rio e de suas águas, na busca da identificação de fontes de poluição.

Segundo o Biólogo Steve Tuckeman um dos coordenadores do programa de recuperação do rio Cuyahoga, além da melhoria da qualidade das águas do rio, ocorreu também outra melhoria bastante significativa que foi a mudança de atitude da população que habita ao longo das margens. Na atualidade os habitantes que antes lançavam resíduos no rio, agem agora como verdadeiros guardiões destes ecossistemas.

3.4.3 Rio Alamar Tijuana – México

O rio Alamar está localizado no extremo leste da área urbana de Tijuana e pertence a bacia que inclui os rios Tecate e Cottonwood sendo o último localizado nos Estados Unidos. Portanto, vale salientar que estamos nos referindo a uma bacia transfronteiriça com importância para o abastecimento e o desenvolvimento regional.

O rio Alamar apresenta graus variados de alterações devido às atividades antrópicas desenvolvidas em sua bacia, tais como, agricultura, extração de areia, assentamentos humanos irregulares e disposição final inadequada de resíduos sólidos.

Entre as várias funções estratégicas para a região da sua bacia hidrográfica, o rio Alamar tem a função de área de recarga de aquífero com influência significativa o abastecimento de Tijuana. Outro ponto importante é que o Alamar em conjunto com outros rios como o Tecate representa um recurso paisagístico importante para a sua região.

Porém mesmo com toda a sua importância já relatada, o rio Alamar está ameaçado por processos de canalizações para a contenção de cheias, que podem resultar em perdas de áreas verdes e capacidade de recarga de aquíferos entre outros passivos ambientais (GRAIZBORD,2002).

Segundo Graizbord (2002), quando ocorre a proposição de construir canais de concreto no leito dos rios, vários pontos importantes devem ser considerados e abordados pelos gestores. Podemos citar como exemplo, que os canais de concreto trazem efeitos nefastos para o equilíbrio ambiental, tais como a supressão dos ecossistemas ripários que funcionam como corredores ecológicos, proporcionando aos ambientes urbanos os serviços dos ecossistemas como a regulação do microclima, a contenção de cheias e a melhoria da qualidade da água, além de melhorias estéticas das cidades. Geralmente os canais de concreto fraturam as cidades, dividindo-as em “ilhas” caracterizadas por seus diferentes aspectos sociais, funcionais e paisagísticos.

Ao considerar todas as consequências das canalizações em rios urbanos, o IMPLAN (Instituto Municipal de Planeación) de Tijuana, propôs de forma inovadora e seguindo as tendências mundiais de recuperação de rios urbanos, realizar a reabilitação do rio Alamar com ações pautadas em um enfoque ec hidrológico.

A proposta ecohidrológica consiste em restabelecer o substrato e o leito do rio, buscando assim restaurar a biodiversidade endêmica. Para o controle de inundações serão utilizadas pequenas represas e diques sem alterar o estado natural do leito do rio. Desta maneira o rio mantém a sua função de recarga de aquífero e ao mesmo tempo um corredor ecológico vital para a sua biodiversidade, que conectado a área urbana proporciona um amplo parque linear para a comunidade. Os parques por apresentarem espaços abertos com vegetação, são importantes também para reduzir a poluição atmosférica e amenizam o ambiente urbano estimulando ações de educação ambiental para a comunidade (GRAIZBORD 2002).

As ações propostas de acordo com a concepção ecohidrológica, foram apresentadas a Comissão Nacional de Águas e a Comissão Estatal de Serviços Públicos de Tijuana. Os principais argumentos utilizados para a implantação do projeto, foram baseados nos fatos da redução de custos em relação aos canais de concreto, na conservação do rio como área de recarga aquífera e no valor ambiental que os serviços dos ecossistemas proporcionam para cidade, além da tendência mundial para a reabilitação dos rios urbanos.

3.4.4 Rio Isabela - República Dominicana

Durante a participação do autor deste estudo de missão técnica na República Dominicana em setembro de 2010, foi oportunizado ao autor deste trabalho conhecer por intermédio do Ministro do Meio Ambiente daquele país Jaime Mirabal, o projeto de revitalização do Rio Isabela que fica situado na região norte da capital São Domingo.

Este projeto está sendo desenvolvido com o apoio das comunidades carentes que habitam a região de influência do rio Isabela, por considerar aspectos sociais econômicos e ambientais as ações ocorrem de forma gradativa, porque segundo os integrantes da equipe técnica a revitalização deve começar na autoestima da comunidade, para então dar prosseguimento as demais questões técnicas.

Na margem esquerda encontra-se uma concentração de habitações em locais de risco, sem as devidas estruturas sanitárias, ocupadas por população de baixa renda. Para iniciar o projeto nesta margem do rio, a primeira ação em conjunto e

com anuência da comunidade foi realizada com o objetivo com fortalecer a auto estima dos habitantes, sendo feita então a pintura das casas, para demonstrar que é possível melhorar a paisagem auxiliando desta forma a eliminar as chamadas toxinas psicológicas que impedem a evolução para projetos e ações maiores, como a limpeza do rio.

Na margem direita do rio Isabela o processo de revitalização já está em estado bem mais avançado, em função da ausência de habitações e o início das ações de recomposição da cobertura vegetal das margens. Para evitar a construção de moradias e a ocupação desordenada nesta margem, foram colocados blocos de rochas entre a vegetação em crescimento.

Existe em determinado trecho do rio Isabela existe um bosque formado por árvores “batizadas” com o nome de mulheres lideres comunitárias que auxiliam a realização do projeto, juntamente com este bosque a população dispõe de um trecho do rio que já está em melhores condições, liberado para a sua recreação.

3.4.5 Rio Massacre: Republica Dominicana, Haiti.

Na província de Dajabon situada ao noroeste da Republica Dominicana na divisa com o Haiti, encontramos o rio Massacre que apresenta uma situação proporcional ao seu nome.

Nesta localidade existe muito por fazer em termos sociais, ambientais e econômicos, uma vez que este rio serve de entrada clandestina para refugiados do Haiti.

O rio Massacre recebe efluentes domésticos, agrícolas e resíduos sólidos diretamente em suas águas, apresentando ausência de matas ciliares e conseqüentemente áreas significativas de assoreamento em seu leito. Estes impactos ambientais aos quais o rio é exposto, refletem de forma contundente na qualidade de vida e nos ecossistemas da região.

Com o objetivo de resgatar a qualidade de vida e proporcionar o desenvolvimento sustentável na região de Dajabon e demais províncias na região de fronteira, o governo da Republica Dominicana estabeleceu por força de lei a criação de uma Zona Especial de Desenvolvimento Transfronteiriço.

A Direção Geral de Desenvolvimento Transfronteiriço, órgão diretamente ligado ao gabinete da Presidência da República, representa a instância responsável pela execução e pelo planejamento das operações referentes ao desenvolvimento das regiões de fronteiras da República Dominicana .

As principais ações executadas pela Direção Geral de Desenvolvimento Transfronteiriço, são representadas por melhorias nos aspectos de infraestrutura, tais como a recuperação de estradas vicinais, a instalação de aquedutos, construção de moradias, escolas e a reabilitação dos viveiros com a produção de milhares de mudas para a recomposição das matas ciliares, entre outras ações também relevantes.

Um ponto importante neste processo de desenvolvimento das regiões de fronteira, foi o envolvimento da comunidade por meio da sua participação em capacitações que visam a formulação e monitoramento de projetos de desenvolvimento. Desta forma ocorre a participação dos mais variados segmentos da sociedade, na busca de soluções dos problemas das suas respectivas comunidades.

3.4.6 Rio Mapocho – Chile

O rio Mapocho localiza-se na região metropolitana de Santiago com nascentes na cidade de Barnechea, passando por várias comunidades incluindo as cidades de Providência, Maipo e Santiago. Sua extensão é de aproximadamente 110km ,sendo que a área de drenagem da sua bacia hidrográfica é 4230km².

Fatores como a poluição orgânica proveniente da falta de rede de esgoto, o lançamento de chorume devido a disposição final inadequada de resíduos sólidos, a ausência de conservação do seu leito e a fragmentação dos espaços urbanos relacionados ao rio, constituem as principais causas de degradação dos trechos do rio Mapocho. Entre as consequências da degradação citamos as alterações na biota a falta de espaços e de água de boa qualidade, para proporcionar a recreação e o contato direto da população com o rio.

Segundo Reid (2009) na década de 1960 foi proposto pelos urbanistas que produziram o plano diretor de Santiago, a formação de um corredor ecológico para integrar e harmonizar o rio com a paisagem da cidade. Porém por diversas razões pertinentes a época a execução desta proposta não foi efetivada, mas esta ideia vem sendo resgata pelos urbanistas em vários planos subsequentes de recuperação do rio Mapocho.

Entre os planos de recuperação do Mapocho, citamos o projeto de “Revalorização da Paisagem do Rio Mapocho”. Este projeto apresenta como objetivo principal recuperar o valor do rio como patrimônio urbano e como parte integrante da paisagem, por meio de uma estratégia ampla e sistêmica que permita não apenas saneá-lo mas também transformá-lo em um local atrativo para a população.

Segundo (Andrade) 2009, no projeto referente a revalorização da paisagem do Mapocho, devem ser considerados os seus aspectos naturais utilizando-os como fatores auxiliares na sua recuperação. Entre as características naturais citamos o fato de ser um rio com grandes correntezas e não navegável a exemplo do Tâmisia. Devido as citadas correntezas ocorre o aporte de vegetação no leito do rio, nas intervenções propostas pretende-se formar substratos para a biota aquática com estes materiais. Nas margens do Mapocho existem coberturas florestais originadas pela germinação de sementes trazidas pelas suas correntezas. Com base neste fato o projeto de recuperação pretende aumentar estas áreas especiais, para serem utilizadas como espaços de qualidade para os habitantes e parte integrante de um sistema de áreas verdes metropolitano.

3.5 EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS

3.5.1 Projeto Manuelzão: Minas Gerais, Brasil.

Este projeto teve inicio em 1997 sendo uma iniciativa da Universidade Federal de Minas Gerais, com o objetivo de revitalizar o rio das Velhas um dos principais afluentes do rio São Francisco, no trecho em que banha Minas Gerais.

O nome Manuelzão foi dado em homenagem a um cidadão mineiro chamado Manuel Nardi cuja profissão era a de vaqueiro, que desde os tempos idos já

defendia as questões ambientais, sendo também citado nas obras de Guimarães Rosa e imortalizado como Manuelzão.

O Projeto Manuelzão apresenta o seu diferencial, devido a sua elaboração ter sido feita com base em uma visão sistêmica incluindo a gestão de bacias hidrográficas. Contando com o apoio do governo estadual de Minas Gerais, foi estabelecida em 2006 a Meta 2010 representada pelas ações de : Nadar, Pescar e Navegar em determinados trechos do rio das Velhas.

A base filosófica do Projeto Manuelzão foi contemporânea, acompanhando a mudança do pensamento social e político iniciado em 1990 com o evento da “Queda do muro de Berlim”. Entre os vários desdobramentos destes fatos, a questão ambiental foi incluída na agenda política internacional, promovendo a revisão do pensamento humano em relação a este tema (LISBOA,2010).

Os coordenadores do Projeto Manuelzão, enfatizam que a forma como a sociedade trata seus rios, representa a mentalidade cultural desta sociedade. Por ser uma ação idealizada pela academia o projeto apresenta características transdisciplinares, vindo ao encontro ao que pensamos em relação às ações de revitalização dos rios. Portanto seguindo esta linha de pensamento, dois objetivos são propostos: sendo um objetivo técnico e operacional que é a volta do peixe ao rio e um objetivo político que é a mudança da mentalidade em relação ao planeta Terra.

Algumas ações foram colocadas em prática pelo Projeto Manuelzão. Além de ações continuadas de educação ambiental, podemos citar como exemplos a reconstrução de habitats para a biodiversidade, o plantio de espécies nativas para a recomposição das margens e a construção de várias estações de tratamento de esgoto em rios que fazem parte da bacia hidrográfica do rio das Velhas ,tais como os Ribeirões Arrudas, do Onça, e da Mata. Para reforçar a eficiência destas ações foi criado pela COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais) o Programa Caça Esgoto, para direcionar estes efluentes para as estações construídas (MATIAS,2010).

Os resultados positivos começaram aparecer evidenciados por alguns monitoramentos realizados, como é o caso do monitoramento biológico da qualidade de água do rio das Velhas feito pela UFMG.Segundo Alves et alii(2010), a diversidade de macroinvertebrados bentônicos e peixes aumentou de forma significativa em trechos do rio das Velhas, indicando a melhoria da qualidade de suas águas.

Enfim, um projeto de revitalização ou renaturalização de rios, é caracterizado como contínuo e transdisciplinar de forma que para atingir o sucesso pleno, a integração de todos os entes da sociedade é fundamental como ocorre no exitoso Projeto Manuelzão.

3.5.2 Rio Mosquito

O Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Mosquito demonstrou de forma nítida, importância da participação dos comitês nos processos de revitalização de rios. O fato de apresentar um comitê de bacias estruturado, foi de fundamental importância para a sua região ter sido selecionada como participante do Programa Pró-Água Semiárido. Este programa foi originado por meio de um acordo entre o Governo Federal e o Banco Mundial, tendo entre os seus objetivos maiores disponibilizar água de boa qualidade para o semiárido brasileiro, possibilitando o desenvolvimento sustentável da região.

O município de Águas Vermelhas em Minas Gerais, local onde foram iniciados os trabalhos de revitalização do rio Mosquito e sua respectiva bacia, está localizado na região do semiárido brasileiro e por consequência no semiárido mineiro. Com um território de 1261 Km² e com graves problemas de saneamento básico incluindo doenças de veiculação hídrica, o município de Águas Vermelhas foi selecionado para o programa Comunidade Solidária do governo federal, devido apresentar o seu IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) em torno de 0,4. Sua economia é baseada na extração de carvão vegetal, no cultivo da mandioca (neste caso agricultura de subsistência) e na extração do granito.

A bacia hidrográfica do rio Mosquito apresenta uma área de drenagem de aproximadamente 256 Km² onde esta inserida uma população estima em 30.000 habitantes, sendo que o rio tem 131 Km² de extensão. Apesar das dimensões serem modestas a concentração de desafios ambientais é significativa.

O programa Pró-Água Semiárido, foi estruturado em cinco projetos, sendo eles: abastecimento de água, esgotamento sanitário, combate a esquistossomose, recomposição das matas ciliares e disposição final adequada de resíduos sólidos.

Para o atendimento e a consequente solução das questões referentes ao abastecimento de água, a parceria com a COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais) foi de fundamental importância. Todas as comunidades da bacia

receberam um sistema de abastecimento com água tratada, de acordo com o projeto e execução da COPASA que passou a ser a operadora do sistema.

Um dos maiores desafios do programa foi equacionar os aspectos referentes ao esgotamento sanitário de forma correta. Muitas residências eram desprovidas de instalações sanitárias adequadas. O esgoto corria a céu aberto em várias comunidades da bacia, ocasionando a redução da biodiversidade e dos níveis de oxigênio das águas. Em termos de ictiofauna, apenas o bagre cego era adaptado para sobreviver naqueles habitats.

Segundo Salles Filho (2010) as soluções para os problemas de esgotamento sanitário foram implementadas de forma sistêmica, contemplando todos os fatores envolvidos no problema, a começar por ações de conscientização da população das comunidades em relação à importância de receber e manter um sistema sanitário em boas condições. Duas modalidades de sistemas de esgoto foram disponibilizadas para as comunidades, sendo a primeira modalidade o sistema de esgotamento dinâmico através de rede coletora e interceptora por gravidade, conduzindo estes efluentes até as estações de tratamento e a segunda modalidade o sistema estático, conhecido também como fossa-sumidouro. Nas residências que apresentavam instalações sanitárias muito precárias, foram construídos banheiros em substituição as “privadas”. De acordo com informações do programa, 971 banheiros foram construídos em atendimento a aproximadamente 5000 pessoas que deixaram de lançar dejetos a céu aberto.

A ausência de coleta e disposição final adequada dos resíduos sólidos, também prejudicou muito a qualidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Mosquito. Entre as ações realizadas para buscar a solução para esta questão, citamos a sensibilização da população por meio de informações que demonstraram como deve ser feita a disposição do seu lixo de forma adequada. Geralmente o lixo era disposto nas ruas propiciando habitat para insetos e animais peçonhentos, sendo carregado para os rios durante as chuvas, ou levados para os lixões a céu aberto quando as comunidades dispunham de coleta. Com o fundamental apoio do Comitê de bacia, foram construídos aterros controlados para a disposição final adequada dos resíduos coletados.

Geralmente os aspectos referentes ao saneamento ambiental, apresentam entre os seus desafios o combate das doenças de veiculação hídrica, neste caso do rio Mosquito foi desenvolvido um projeto para erradicar a Esquistossomose.

O projeto de combate a Esquistossomose, foi realizado nas comunidades situadas a jusante do trecho rio do Mosquito, que recebia o esgoto de aproximadamente sete mil habitantes da cidade de Águas Vermelhas. A população do local de execução do projeto, utilizava às águas do rio Mosquito para lavar roupas e utensílios, para recreação e abastecimento doméstico, atitudes estas que contribuíram muito para os índices positivos de Esquistossomose na região.

As ações do projeto foram baseadas no monitoramento e controle da Esquistossomose, com o objetivo de coibir o ciclo da doença. O começo do projeto foi marcado por ações de mobilização e conscientização dos habitantes, por meio de palestras nas comunidades e nas escolas. Os professores e líderes comunitários e agentes de saúde tiveram a função de multiplicadores das informações, auxiliando desta maneira a sensibilização das comunidades.

Para evitar a formação de substratos para a fixação das larvas cercárias (forma imatura do *Schistosoma mansoni*), foi realizada a limpeza e a conservação do leito dos rios tendo como resultado a retirada de 18 caminhões contendo entulhos. Com apoio da população que participou ativamente, foram soltos nos rios 40 mil alevinos de peixes nativos com objetivo de interferir no ciclo evolutivo da Esquistossomose, sendo que os peixes são predadores da larva cercária.

Segundo Salles Filho (2010), os avanços do projeto de combate a Esquistossomose foram confirmados pelas informações resultantes dos monitoramentos realizados. No ano de 1998 foram feitos exames em 4575 pessoas que resultaram em 723 exames positivos ou seja em torno de 15.8 % dos integrantes daquela população estavam contaminados pela Esquistossomose. Após a implantação das ações de combate a doença previstas no projeto, no ano de 2000 foram realizados novos exames na população que demonstraram uma queda significativa dos índices de contaminação, de 15.8% o índice caiu para 4.8%, confirmando que as diretrizes seguidas estavam adequadas.

Em vários trechos o rio Mosquito encontrava-se desprovido de mata ciliar. Em alguns casos os quintais das residências invadiam os rios acumulando entulho e outros materiais como sacolas plásticas e latas, contribuindo desta forma para o assoreamento e descaracterização das margens originais e do leito do rio. Para reverter esta situação ocorreu de forma intensificada com o apoio do Comitê de Bacia Hidrográfica, o plantio de mudas de árvores ao longo dos rios para recompor a mata ciliar.

Segundo Salles Filho (2010), o rio Mosquito na situação atual está revitalizado. Esta conclusão tem como base informações que indicam que os peixes voltaram ao rio permitindo a pesca da população. Outro fator importante também, foi a redução dos focos de bactérias o que contribuiu para a melhoria da qualidade de água. Porém é importante abordar dentro de uma visão sistêmica, que além de ações tais como a coleta e destinação final adequada dos resíduos, o fornecimento de água tratada e os serviços de coleta e tratamento de esgoto para as comunidades, a sensibilização da população é de fundamental importância. Aproximadamente 40% dos investimentos do programa foram aplicados em trabalhos de conscientização e sem dúvida foram fundamentais para chegar aos resultados apresentados.

3.5.3 Rio Tietê

O rio Tietê conta com uma extensão de 1.100 Km , cruza o estado de São Paulo e desagua no rio Paraná. Com as amplas pressões ambientais exercidas sobre sua bacia, o Tietê é caracterizado como um dos rios mais importantes do estado de São Paulo.

Nas décadas de 1910 e 1930 vários trechos do Tietê eram utilizados pela população para a prática de esportes aquáticos incluindo a pesca. Nas décadas seguintes, fatores tais como a ocupação urbana desordenada e o lançamento de efluentes domésticos e industriais ,contribuíram de forma significativa para a degradação ambiental de sua bacia hidrográfica. Com a intenção de adequar o rio as necessidades urbanas da época, na década de 1970 foi feita a retificação do rio e a construção das vias marginais.

Segundo Carrela (2010), com o acúmulo das pressões ambientais exercidas, na década de 90 o rio Tietê já estava totalmente poluído. Diante a situação constatada, a população manifestou-se por meio de um documento contendo 1,2 milhões de assinaturas com o apoio da imprensa, que resultou em uma campanha chamada pró-Tietê. Neste período de forma paralela a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), iniciou em parceria como BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento) um projeto de despoluição do rio Tietê, com aporte de um bilhão e cem milhões de dólares.

O Projeto Tietê iniciado pela SABESP, foi dividido em três etapas. A primeira etapa foi marcada pela construção de três grandes estações de tratamento de esgotos, sendo que o município de São Paulo contava até então com apenas duas estações.

Na segunda etapa que ocorreu entre os anos de 2000 e 2008 com investimentos de 500 milhões, o projeto priorizou a ampliação do sistema de coleta e transporte de esgoto. As expansões das redes coletoras proporcionaram a inclusão de aproximadamente 290 mil novas ligações. Outro fato importante desta fase, foi o direcionamento para estações de tratamento dos efluentes gerados por 750 mil pessoas, que antes eram drenados para a represa Billings.

Para a terceira etapa do Projeto Tietê que terá a duração de seis anos(2009 até 2015), está previsto um aporte de aproximadamente 800 milhões de dólares para recuperar e melhorar as condições ambientais da bacia hidrográfica. Os municípios periféricos serão incluídos para que a qualidade das águas dos seus rios possa melhorar de forma significativa.

Segundo Carrel (2010), os trabalhos realizados pelo projeto até o momento demonstraram que a mancha de poluição do rio Tietê apresentou um recuo de aproximadamente 120 Km, e que houve também a redução de lançamento da carga de esgoto no rio em torno de 1 bilhão de litros por dia. Desde 2004 as atividades de pesca voltaram a ser praticadas no Tietê, auxiliando no aumento da renda mensal de algumas famílias que retornaram a pesca comercial, que há dez anos estava praticamente extinta.

Mesmo com o desenvolvimento de todas as atividades citadas, a poluição difusa representa um significativo desafio para o projeto. Uma vez que após as chuvas, grandes quantidades de cargas poluidoras chegam aos rios da bacia, comprometendo a sua qualidade ambiental.

Vale ressaltar que ações de educação ambiental e conscientização são fundamentais para o sucesso do projeto, caso contrário a meta prevista para 2015 de promover a coleta de 50% do esgoto gerado nos municípios da bacia do Tietê, poderá ficar prejudicada.

3.5.4 Rio São Francisco

A Bacia Hidrográfica do rio São Francisco apresenta dimensões especiais em termos de abrangência. Com uma área de drenagem de 640 mil Km² que envolve 13 milhões de habitantes e sete unidades da federação: Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Goiás e alguns segmentos do Distrito Federal, a sua revitalização constitui um dos maiores desafios para a gestão de recursos hídricos no Brasil.

Segundo Souza (2010), o programa de revitalização do São Francisco teve origem em 2001 por meio de Decreto Federal, sendo contemplado no Plano Decenal de Recursos Hídricos da sua bacia. Entre os seus principais objetivos estão: a recomposição das funções ambientais dos ecossistemas que fazem parte da bacia e a mobilização e participação da sociedade na gestão e na tomada de decisões. O programa foi fortalecido com a sua inclusão no PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) obtendo recursos da ordem de um bilhão e seiscentos milhões de reais.

É importante salientar que o rio São Francisco apresenta uma extensão de 2863 km, sendo que várias atividades como transporte e irrigação são desenvolvidas ao longo do seu trecho que atravessa áreas rurais e urbanas, justificando assim a sua denominação de Rio da Integração Nacional.

O Programa de Revitalização do São Francisco foi formatado para atender as seguintes demandas: esgotamento sanitário, controle dos processos erosivos, resíduos sólidos e pequenas obras. Para atender estas demandas o projeto reuniu em torno de 300 propostas, que incluíram também ações de controle de poluição, recuperação de mata ciliar e práticas de educação ambiental.

O esgotamento sanitário atendeu inicialmente todas as 101 cidades localizadas na calha do rio São Francisco, incluindo as redes de coleta e estações de tratamento e também as ligações das residências às redes coletoras, minimizando desta forma problemas sociais e passivos ambientais.

Outro ponto importante no programa foi o atendimento de abastecimento de água para as pequenas populações localizadas ao longo da bacia. O projeto “Água para Todos” adotou a tecnologia de captação e armazenamento de água da chuva além das tradicionais cisternas. Este fato demonstra e enfatiza que para a região do semiárido, as soluções devem ocorrer por meio de diversas tecnologias.

Para combater os processos erosivos mais acentuados ocasionados pelas enchentes ao longo das margens da hidrovia, foram realizadas obras de recomposição das margens. Para evitar que a erosão e o avanço do rio comprometam a estabilidade física de algumas regiões, foram feitos projeto que visam a orientação e distribuição espacial das casas de alguns povoados, como por exemplo o projeto de recuperação e urbanização da Vila do Louro no estado da Bahia.

A questão dos resíduos sólidos nos municípios integrantes da bacia do São Francisco, foi tratada conforme recomendações do Ministério do Meio Ambiente. A metodologia aplicada para fazer frente a estas demandas foi embasada na formação de consórcios intermunicipais de gestão de resíduos sólidos urbanos, abrangendo 187 municípios distribuídos em diversos arranjos consorciais. As principais providências foram no sentido de estabelecer centrais de tratamento de resíduos e aterros sanitários regionais, além do encerramento dos lixões a céu aberto.

Segundo Souza (2010), a revitalização do São Francisco constitui um processo contínuo composto por muitos desafios. Entre os óbices principais constam a carência de projetos exequíveis e a adaptação ao atendimento das legislações que regulam as formações de convênios e os processos licitatórios. Vale salientar que vários segmentos representativos da sociedade, defendem a revitalização do São Francisco como fundamental e ao mesmo tempo não apoiam o polêmico projeto de transposição das suas águas.

3.5.5 Rio Tijuco Preto

O rio Tijuco Preto está localizado na área urbana do município de São Carlos- SP. A área de drenagem deste rio é de aproximadamente 3,87 Km², apresentando 1315 metros de extensão e largura entre 0.5 e 9.0 metros.

Segundo Espíndola (2005), a partir da década de 1960 o ecossistema do rio Tijuco Preto passou a ser alterado por meio de fontes pontuais de poluição, como o lançamento de efluentes domésticos e por fontes difusas de poluição como o escoamento das vias públicas. Outro fator agravante na alteração das suas condições originais é a impermeabilização de aproximadamente 95% da sua extensão, constatada no final do ano de 2003.

Para reverter à situação resultante de ações antrópicas no rio Tijuco Preto, foi desenvolvido por uma equipe multidisciplinar de professores integrantes da Universidade de São Paulo, um projeto de recuperação do Tijuco Preto financiado da Prefeitura de São Carlos. Este projeto teve como finalidade a recuperação dos aspectos funcionais do sistema lótico por meio da busca de soluções sistêmicas que visam compatibilizar as questões de drenagem urbana, paisagismo e sobretudo a funcionalidade ecológica. Os estudos do projeto foram desenvolvidos em duas etapas: sendo a primeira um diagnóstico ambiental inicial que incluiu análises de água, sedimentos, comunidades biológicas (macroinvertebrados) e ensaios ecotoxicológicos, e na segunda etapa foram feitas propostas de diretrizes para a reabilitação do rio.

Entre os principais desafios encontrados pelo projeto, constaram os de restabelecer a comunicação entre o canal do rio e o lençol freático e a criação de habitats, com materiais que permitissem dar estabilidade ao substrato do rio. Desta forma foi proposta a utilização de estruturas feitas com gabiões e madeira incluindo o bambu, que permitiram criar ambientes nas formas de remansos e corredeiras alternadas em todo o trecho do rio. Estes ambientes possibilitaram sustentar a funcionalidade ambiental daquele ecossistema. Assim foi caracterizado que os conceitos de ecodinâmica são importantes para relacionar o meio físico com o meio biológico (ESPÍNDOLA,2005).

A reabilitação do rio Tijuco Preto incluiu em suas diretrizes duas esferas essenciais de atuação: a esfera física e a esfera política. Na esfera física foram

feitas as orientações quanto as diretrizes ecohidráulicas que deveriam ser seguidas na reconstrução dos habitats. Já na esfera política considerada a mais complexa, foram incluídos os processos que envolvem a mudança de hábitos das comunidades que compartilham a bacia, bem como revisão dos usos preponderantes das suas águas, que geralmente interferem nas decisões políticas e na dinâmica natural do ambiente.

De acordo com Espíndola (2010), entre as principais conclusões do projeto, foi relatado que ações que visam restabelecer a funcionalidade ecológica do ambiente, apresentam custos menores em relação às obras tradicionais de concreto. Porém, deve ser realizado um amplo planejamento que vise adequar cada tipo de caso.

Quadro 2 – Principais experiências de renaturalização e revitalização de rios urbanos

RIO	PAÍS	EXTENSÃO	DESTAQUE	GRAU DE INTERVENÇÃO
Isar	Alemanha	270 Km	Recuperar margens	RENATURALIZAÇÃO
Tâmisa	Inglaterra	294 Km	Apoio da sociedade	REVITALIZAÇÃO
Socolowka	Polônia	13,4 Km	Gestão Integrada	REVITALIZAÇÃO
Warta	Polônia	808 Km	Nadar e pescar	REVITALIZAÇÃO
Reno	Suíça, Al, Fr, Holanda	1320 Km	Retorno do Salmão	REVITALIZAÇÃO
Danúbio	UE ; 19 PAÍSES	2850 Km	Conv. de Proteção	REVITALIZAÇÃO
Sena	França	776 Km	Agência de bacias	REVITALIZAÇÃO
Cheonggyecheon	Coréia do Sul	11 Km	Força política	REVITALIZAÇÃO
Anacostia	Estados Unidos	40 Km	Legislação	RENATURALIZAÇÃO
Cuyahoga	Estados Unidos	160 Km	Apoio da sociedade	REVITALIZAÇÃO

Alamar	México	17 Km	Ecohidrológico	RENATURALIZAÇÃO
Rio Isabela	Rep Dominicana	148 Km	Apoio da sociedade	REVITALIZAÇÃO
Massacre	Haiti	55 Km	Projeto integrado	REVITALIZAÇÃO
Mapocho	Chile	110 Km	Patrimônio urbano	RENATURALIZAÇÃO
Rio das Velhas	Brasil	801 Km	Ações sistêmicas	RENATURALIZAÇÃO
Mosquito	Brasil	131 Km	Saneamento	REVITALIZAÇÃO
Tietê	Brasil	1100 Km	Gestão da bacia	REVITALIZAÇÃO
São Francisco	Brasil	2863 Km	Saneamento	REVITALIZAÇÃO
Tijuco Preto	Brasil	1,3 Km	Função ecológica	RENATURALIZAÇÃO

4 ASPECTOS TÉCNICOS DA RENATURALIZAÇÃO E REVITALIZAÇÃO DE RIOS URBANOS

Atualmente encontramos disponibilizados na literatura de origem acadêmica e nos relatórios técnicos oriundos de órgãos governamentais, vários exemplos e descrições de processos referentes ao resgate da qualidade de rios urbanos em suas várias modalidades, tais como a renaturalização, revitalização, restauração entre outros processos, conforme citamos no capítulo 2 referente a fundamentação teórica. Porém torna-se importante analisar qual a extensão destas ações e seus respectivos resultados. Em várias situações são constatadas a execução de processos pontuais, cujos resultados não ilustram as diferentes formas de resgate da qualidade de rios urbanos, pelo fato de não terem sido embasados por ações sistêmicas. As ações que objetivam a melhoria da qualidade de rios urbanos, devem refletir não só na melhoria das condições ambientais do rio, mas também na melhoria das condições das bacias hidrográficas e das cidades que habitam os seus respectivos rios.

Neste capítulo foram analisados quatro casos, formados por projetos executados que apresentaram entre os seus objetivos, a revitalização e a renaturalização de rios urbanos. Os seguintes casos foram analisados: Rio Mosquito, Minas Gerais Brasil. Rio Anacostia, Washington, DC, Estados Unidos. Rio Isar, Munique, Alemanha. Rio Cheonggyecheon, Seul, Coreia do Sul. A seleção destes rios foi baseada no objetivo de apresentar uma visão de mundo sobre os temas estudados, para que as diferentes percepções e práticas possam ser comparadas e analisadas e venham proporcionar novos subsídios para os gestores urbanos.

Segundo Gil (1999) o caminho a ser percorrido para chegar as conclusões de uma pesquisa, chama-se método científico. O método utilizado nesta pesquisa é o estudo de caso, em função do seu objetivo principal apresentar um caráter mais explanatório e pelo fato das análises estarem inseridas dentro de um contexto contemporâneo com questões do tipo “como” e “por que”, que trabalham com aspectos operacionais dos processos de renaturalização e revitalização de rios urbanos. Para dar maior amplitude de conhecimentos ao tema desta dissertação, foi

feito um estudo de casos variados. As unidades de análise foram definidas de acordo com o objetivo principal da pesquisa.

Foram realizadas análises e comparações entre alguns caso de revitalização e renaturalização que ocorreram no Brasil e em outros países, para conhecer os critérios utilizados e verificar as semelhanças e divergências das ações propostas para a renaturalização e a revitalização de rios urbanos. Na definição dos casos estudados nesta pesquisa, buscou-se contemplar as características de três fundamentos lógicos, propostos por (YIN,2005), representados por um caso decisivo, um caso representativo e um caso revelador, sendo que alguns casos podem apresentar os três fundamentos lógicos reunidos. É importante ressaltar que um caso decisivo apresenta como característica a condição de confirmar uma teoria ou uma proposta, neste caso a possibilidade de renaturalização e revitalização de rios. Um caso representativo pode ilustrar a eficiência dos procedimentos executados e ao mesmo tempo ser referencia para os demais casos, devido as experiências acumuladas em seu desenvolvimento e execução. Um caso revelador pode ser utilizado como uma quebra de paradigma, demonstrando que é possível realizar a renaturalização e a revitalização de rios, em situações consideradas antes inacessíveis, em função dos seus aspectos técnicos, sociais e científicos .

Para atender as questões demandadas pelo tema desta pesquisa, foram realizadas pesquisas bibliográficas utilizando-se de material publicado, especialmente livros, artigos e demais documentos. Foram realizadas pesquisas em “loco” por meio de visitas técnicas, feitas em áreas de desenvolvimento de projetos de revitalização e renaturalização de rios, em países como República Dominicana e Polônia.

4.1 PRIMEIRO CASO: RIO MOSQUITO, MINAS GERAIS, BRASIL.

4.1.1 Caracterização

O Rio Mosquito, está situado no estado de Minas Gerais, na região do semiárido brasileiro, com a extensão de 131 Km². Mesmo não sendo um rio longo, a sua bacia hidrográfica apresenta 256 Km² de área e uma população estimada em

30.000 habitantes, distribuídos nos municípios de Águas Vermelhas, Curral de Dentro, e Santa Cruz de Salinas. O município de Águas Vermelhas foi o município-polo do programa de revitalização das águas da bacia hidrográfica do rio Mosquito (SALLES FILHO,2010).

A região de drenagem da bacia do rio Mosquito, convivia com muitos problemas de caráter social e ambiental, que refletiam diretamente nas questões de saúde pública e nas questões referentes ao desenvolvimento econômico da região.

4.1.2 Diagnóstico

Entre os principais problemas e conseqüentemente os desafios que afetavam o rio Mosquito e os municípios da sua bacia hidrográfica, foi constatada a ausência de matas ciliares, ausência de coleta e tratamento de esgotos, doenças tropicais como a esquistossomose e a falta de coleta e disposição adequada de resíduos sólidos urbanos. Além disto, ocorria também uma ampla falta de sensibilização e mobilização da comunidade, na busca das soluções para os problemas.

O rio Mosquito era totalmente desprovido de matas ciliares, sendo que os quintais das residências acabavam por invadir as margens do rio. Como conseqüência desta situação, ocorria o assoreamento do seu leito e o carreamento de lixo para as suas águas, aumentando desta forma o estado de degradação do rio.

Existiam muitos agravantes em relação às questões de saneamento ambiental. O município de Águas Vermelhas está situado na região do médio rio Mosquito, sendo que muitas comunidades rurais se situam a jusante deste município. O esgoto produzido por aproximadamente 7000 pessoas era lançado *in natura* no rio e ao mesmo tempo, as comunidades situadas a jusante utilizavam estas águas para seus abastecimentos.

As doenças de veiculação hídrica estavam também presentes nas comunidades da bacia hidrográfica do rio Mosquito. A Esquistossomose foi o principal problema referente a doenças tropicais de veiculação hídrica naquela região. Em 1998 após a realização de exames parasitológicos, foi constatado que 16% da população havia contraído a Esquistossomose. Entre os fatores que contribuíram para este alto percentual de contaminação, cita-se o fato das pessoas

utilizarem a água do rio que recebia esgoto, para lavar roupas e seus utensílios domésticos. No pequeno chafariz da praça da cidade de Águas Vermelhas, local utilizado pelas crianças para o lazer, foi encontrado um grande foco de Esquistossomose (SALLES,2010).

Os resíduos sólidos eram dispostos de forma inadequada nos municípios e nas comunidades que formam a bacia do rio Mosquito. O lixo seco era composto em sua maioria, por sacolas plásticas e latas de óleo, sendo disposto em grandes quantidades nas ruas, atraindo insetos, ratos e outros animais. As mazelas sociais também se faziam presentes nos locais de disposição inadequada de lixo, representadas por pessoas que realizavam a catação destes resíduos para obterem alimentos e uma mínima renda. Nas comunidades situadas mais próximas as margens do rio, o lixo era carregado até águas, contaminando não só o ecossistema local, como também os ecossistemas localizados a sua jusante.

4.1.3 Soluções apresentadas

Para reverter o quadro de degradação do rio Mosquito, foi executado o programa Pró-Água com a coordenação do IGAM (Instituto Mineiro de Gestão de Águas). Este programa visa o desenvolvimento sustentável e a ampliação da oferta de água de boa qualidade para o semiárido brasileiro, com a promoção do uso racional dos recursos hídricos, para evitar que a escassez em termos de quantidade e qualidade de água, não impeça o desenvolvimento sustentável da região. O Pró-Água, foi criado por meio de um acordo de empréstimo entre o Banco Mundial e o Governo Federal, via Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Integração Nacional e ANA (Agência Nacional de Águas).

A opção de desenvolver este programa na região do município de Águas Vermelhas ocorreu em função de já estar constituído o Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Mosquito, condição esta fundamental para o desenvolvimento do projeto. Além deste motivo, a carência de saneamento básico e a alta incidência de doenças de veiculação hídrica, posicionava Águas Vermelhas como um dos municípios de pior indicador sócio econômico do Brasil. O IDH (Índice de Desenvolvimento

Humano) do município era em torno de 0,4 quando foi selecionado pelo programa Comunidade Solidária do governo federal (SALLES FILHO,2010).

O programa Pró-Água, foi formatado com base em cinco projetos específicos: Os projetos de Abastecimento de Água, de combate a Esquistossomose, de recuperação da mata ciliar e de disposição final e coleta de esgotos e resíduos sólidos. Outro fato importante é que os gestores e formuladores do programa, avaliaram que para revitalizar um rio, não bastam apenas obras, mas acima de tudo é necessário a sensibilização da comunidade envolvida. Desta forma 40% dos investimentos do programa, foram destinados para as atividades de sensibilização e mobilização das comunidades.

Para iniciar a solução dos problemas apresentados na bacia do rio Mosquito, uma das primeiras ações do programa foi contemplar todas as comunidades da bacia, com um sistema de abastecimento com água tratada.

Os problemas referentes a falta de esgotamento sanitário, foram solucionados com duas modalidades: sistema de esgotamento dinâmico através de rede coletora e interceptora, que conduz por gravidade os efluentes coletados até a estação de tratamento de esgotos. Nas comunidades que não foram contempladas com estações de tratamento de esgotos, foram instalados sistemas do tipo estático com fossa sumidouro.

O combate a Esquistossomose, foi realizado por meio de tratamento, monitoramento e ações para coibir o ciclo da doença. Foi constatado pela equipe executora do projeto, que a maior ação realizada nesta fase do programa foi a sensibilização da comunidade em relação ao combate a esquistossomose. Os técnicos do núcleo de doenças parasitárias e infecciosas da Secretária Estadual da Saúde e agentes de saúde realizaram cursos e palestras sobre o tema para professores da rede pública, para que estes atuassem como multiplicadores das informações referentes a prevenção e tratamento da Esquistossomose.

Dentro das ações de prevenção e combate a evolução da Esquistossomose, a parceria com a CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais) também foi de fundamental importância. Por meio das estações de piscicultura da CEMIG, foram soltos ao longo da bacia hidrográfica do rio Mosquito, em torno de 40 mil alevinos de espécies nativas, que dentro da cadeia alimentar aquática, são predadores de larvas cercarias (forma imatura do *Schistosoma mansoni*) e impedem o ciclo evolutivo da Esquistossomose na natureza. Com o objetivo de proporcionar ações

ambientais educativas, a comunidade participou da soltura dos alevinos, e ao mesmo tempo foi feito um trabalho de esclarecimento e sensibilização junto aos moradores, para evitar a pesca dos peixes soltos, até pelo menos a fase em que iniciam o seu ciclo reprodutivo com desova (SALLES, 2010).

Para avaliação dos resultados do projeto de combate a Esquistossomose, foram realizados monitoramentos por meio de exames laboratoriais, que demonstraram redução nos números de casos da doença. Conforme citado anteriormente, em 1998 em torno de 16% da população da bacia do rio Mosquito estava contaminada. Após os exames realizados no ano de 2000, foi constatado que 4.8% da população ainda estava com Esquistossomose, revelando desta forma queda do índice e sucesso parcial do projeto.

Para erradicar os chamados lixões a céu aberto, que ficavam localizados nas ruas e nas margens dos rios, o Pró-Água desenvolveu um projeto que trata da questão de resíduos sólidos desde a sua geração até a sua disposição final adequada. Inicialmente foi feita a sensibilização dos moradores diretamente em suas residências, e foram ministradas palestras demonstrando os procedimentos corretos para dispor o lixo de forma adequada. As administrações municipais estabeleceram cronogramas de coleta e de varrição diária das ruas das cidades. Na sequência foram implantados aterros controlados para atender as cidades de forma individual ou na forma de pequenos consórcios intermunicipais de gestão de resíduos sólidos. Ocorreram também mutirões de limpeza coletiva no rio, que resultaram na retirada dos mais variados tipos de entulhos.

As matas ciliares foram replantadas, para evitar o aporte de resíduos sólidos e ocupação desordenada ao longo dos rios. O plantio de mudas de árvores às margens dos rios, sempre foi associado a manifestações públicas, tais como, passeatas, feiras, palestras, encenações e caminhadas ao longo do rio. Estas ações envolveram a população como um todo, facilitando a assimilação e a multiplicação das boas práticas ambientais.

Com a implantação das ações previstas no programa Pró-Água, alguns indicativos de melhorias ao longo da bacia foram alcançados. A limpeza do rio por meio do corte de fontes pontuais de poluição como os esgotos resultou na melhoria da qualidade da água, constatada pela redução das colônias de bactérias coliformes fecais. A volta dos peixes e da pesca ao rio indica aumento da sua biodiversidade e também de melhor qualidade de água. A queda significativa dos casos de

verminoses indicou maior ligação das residências a rede coletora de esgoto. Enfim ocorrem várias melhorias, que devem ser mantidas e monitoradas de forma constante. Segundo Salles (2010), o rio Mosquito está revitalizado na situação atual.

4.2 SEGUNDO CASO: RIO ANACOSTIA, WASHINGTON DC, ESTADOS UNIDOS

4.2.1 Caracterização

O rio Anacostia, situa-se em uma região urbana de Washington, formada por vários edifícios e com muitas áreas verdes em suas margens. Porém a sua bacia hidrográfica é pequena com uma área de 200KM². O rio conseqüentemente também é pequeno e apresenta aproximadamente 40 Km de extensão. Mesmo sendo uma bacia e um rio de pequenas dimensões, é densamente habitado por aproximadamente 1,1 milhão de pessoas e tem muita concentração de urbanização(CONNOLLY,2010).

4.2.2 Diagnóstico

A bacia hidrográfica do rio Anacostia contém muitas de suas áreas, em torno de 50%, impermeabilizadas. A ampla urbanização da bacia proporcionou o aumento da impermeabilização de ruas, estacionamentos e telhados. Estas áreas impedem que a chuva escoe diretamente para o solo para ser absorvida. Geralmente as chuvas escoam pelas tubulações até o rio, causando um dos principais fatores de poluição do rio Anacostia. Estas águas fazem o carreamento do lixo das ruas, dos nutrientes como fósforo e nitrogênio, provenientes dos combustíveis e de metais pesados, para o rio.

O excesso de chuvas também provoca o transbordamento dos esgotos que contém nutrientes e bactérias patogênicas, formando sedimentos tóxicos. Em Washington, DC, os esgotos são combinados. O sistema de coleta de esgotos, conecta-se ao sistema de coletas de águas pluviais e ambos seguem para a estação de tratamento de esgotos. Este sistema funciona bem em condições normais dos

níveis pluviométricos. Porém em situações de alterações dos volumes de chuva, ocorre o transbordamento dos esgotos não tratados para o rio. São dois bilhões de toneladas por ano de esgoto bruto que chegam ao rio Anacostia, devido as fortes chuvas.

Outra consequência decorrente da impermeabilização é a chamada poluição térmica. As áreas pavimentadas são aquecidas pelo sol, as chuvas absorvem o calor, sendo que suas águas chegam aquecidas ao rio. A água aquecida, contém menos oxigênio e reduz os níveis de oxigênio dissolvido no rio, geralmente incompatível para o metabolismo da biota aquática.

Em Washington as indústrias controlam e monitoram as suas emissões de efluentes, minimizando desta forma as fontes pontuais de poluição. Portanto o excesso de impermeabilização na bacia é, uma das causas principais de poluição do rio Anacostia, sendo caracterizada como geradora de fonte de poluição difusa (CONNOLLY,2010).

Embora a legislação ambiental norte-americana seja bastante aprimorada, alguns dos seus aspectos, merecem uma melhor revisão. O Clean Water Act aprovado em 1972 constitui um exemplo do que deveria ser revisto em termos de legislação. Este ato é bastante eficaz no que tange as fontes pontuais de poluição, tais como efluentes sanitários e industriais. Porém as fiscalizações das fontes de poluição difusa, não são contempladas em seus dispositivos. Deste modo o Clean Water Act não representa uma ferramenta eficaz que possa exigir uma revisão e redução das fontes difusas de poluição.

Com as grandes chuvas, os riachos que formam a bacia do rio Anacostia ficam com as suas margens erodidas, sendo que desta forma deslocam grandes quantidades de sedimentos para o rio. Estes sedimentos em excesso que ficam no substrato do rio, impactam diretamente a biodiversidade. Os impactos causados pelos sedimentos, impedem o ciclo vital dos peixes e dos demais componentes da biota aquática, incluindo a expansão das macrófitas, além de causar bloqueio da radiação solar na coluna de água. Em períodos de maré baixa os sedimentos ficam bem visíveis, ao contrário do que ocorria há 250 anos quando o rio Anacostia abrigava um porto.

Nos períodos de inverno, a neve acumulada ao longo das rodovias que circundam Washington, DC, absorve a poluição originada pelas frotas de veículos e torna-se uma neve escura. Após o seu derretimento, também escoam para o rio

Anacostia, carreando também a poluição acumulada nas estradas. Mesmo independente de neve, a poluição das estradas chega ao rio, por meio das chuvas. É importante considerar que a gasolina e o óleo contêm substâncias tóxicas como benzeno, tolueno e xileno, que podem ficar nos sedimentos contaminando a teia alimentar.

Alguns estudos foram realizados no ano de 2003 em peixes-cabeça-de-touro coletados no rio Anacostia. Os resultados demonstraram que 60% dos peixes estudados, apresentavam tumores ou lesões. A causa destas alterações, foi descrita como resultado do contato primário dos peixes, com hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, geralmente presentes nos combustíveis fósseis (CONNOLLY,2010).

Outro ponto identificado no rio Anacostia, foi presença de resíduos sólidos domésticos em suas águas. Segundo Connolly (2010), esta não é a pior forma de poluição, porém é a forma mais visível de poluição. E todos sabem que lugar de lixo não é no rio. Portanto o lixo constitui uma “toxina psicológica”, que envia mensagens para a comunidade informando que as condições não estão boas.

Segundo informações históricas, a bacia do rio Anacostia, teve muitas áreas úmidas. Estas áreas também chamadas de Wet Lands, são importantes para auxiliar na depuração dos corpos de água. Segundo Connolly(2010) funcionam como os rins , auxiliam na retirada de poluentes e na filtração das águas. Além disto, fornecem habitats para a vida selvagem. Mas com o avanço da urbanização, estas áreas úmidas foram suprimidas por aterramentos e drenagens que provocaram a extinção de 99% destes ecossistemas.

Existem muitas instituições públicas ou agências governamentais, responsáveis pela gestão dos recursos hídricos desta pequena bacia hidrográfica do rio Anacostia. Porém estas instituições apresentam visões diferenciadas sobre o mesmo assunto, que causam muitas vezes problemas de jurisdição. Segundo Connolly (2010), o maior desafio está no fato de fazer com que todos pensem em termos de bacia hidrográfica.

4.2.3 Soluções apresentadas

Todas as soluções apresentadas para os problemas apontados no diagnóstico foram originadas por meio da “The Anacostia Watershed Society”. Esta

instituição pertence a categoria das organizações não governamentais dos Estados Unidos.

Para minimizar os impactos causados pela excessiva impermeabilização, as providências foram iniciadas pela área de legislação ambiental. Em 2007 foi criada uma nova lei, chamada de Storm Water Management. Este novo diploma legal exige que todos os novos projetos de construção e reforma, situados na área de drenagem da bacia do rio Anacostia, tenham um plano ambiental de permeabilização. Este plano tem por objetivo além de promover o desenvolvimento de baixo impacto, imitar os sistemas naturais, fazendo com que as águas pluviais que sairão das casas e dos prédios, sejam infiltradas no solo o mais próximo possível do local de precipitação. Este procedimento evita o escoamento feito por canos, que geralmente concentram e dissipam muita energia causando impactos em áreas a jusante. Esta idéia embora seja nova nos Estados Unidos, já tem sido utilizada em países como a Alemanha há muitos anos.

Outra proposta importante para incentivar que a infiltração das águas das chuvas ocorra de forma sustentável, tem por base a construção de jardins sobre os telhados para capturar e deter o escoamento das chuvas. Os benefícios destes sistemas são muitos: capturam poluentes que vem do ar, filtram a água, fazem a contenção das águas das chuvas, auxiliam a estabelecer o conforto térmico nos edifícios baixando também os custos com aquecimento e refrigeração. Em termos de cidades estes jardins contribuem para reduzir o calor e manter baixas as temperaturas do ar. A Alemanha tem sido um dos principais países a dominar estas boas práticas ambientais. Em cidades como Washington, DC, e Chicago está sendo viabilizada a instalação desta modalidade de jardins.

Em relação a redução da quantidade de esgoto bruto que chega ao rio Anacostia em períodos de grandes chuvas, a “The Anacostia Watershed Society” buscou uma solução judicial para o problema. Em 1999 a organização processou Washington, DC, por não cumprir as normas estabelecidas no CLEAN WATER ACT, em função de estar lançando esgoto bruto no rio. Com a vitória obtida no processo, a cidade trabalha em duas frentes para solucionar o problema. Inicialmente as comportas e as bombas de recalque de esgoto passaram por completa revisão para tornar o sistema mais eficiente. Após estes procedimentos foi constatada uma redução de 40% na quantidade de esgoto bruto lançada no rio. Vale refletir que ainda restam 60% de esgoto para ser destinado corretamente em épocas de chuvas.

No segundo momento foi apresentado pelo governo, um plano que prevê a construção de tanques subterrâneos para armazenar o esgoto em períodos de grandes chuvas, evitando o seu lançamento direto no rio. Após a redução das chuvas, o material será bombeado para as estações de tratamento de esgoto (CONNOLLY,2010).

Para reduzir o aporte de resíduos sólidos no rio Anacostia, algumas ações interessantes foram colocadas em prática. De forma quase que pioneira e por pressão da “The Anacostia Watershed Society”, a cidade de Washington, DC, definiu o lixo como uma forma de poluição do rio Anacostia. É citada de forma quase pioneira, em função de que nos Estados Unidos , até então, apenas no rio Los Angeles o lixo era considerado como uma forma de poluição. Como boa consequência deste ato, foi assinado um compromisso por 96 líderes de governo que visa o rio Anacostia e o rio Potomac livres de lixo até ano 2013. Em função deste ato, todas as jurisdições políticas trabalham de forma conjunta, para implantar medidas que venham impedir a disposição de lixo no rio.

O comprometimento da população foi essencial para o estabelecimento e o sucesso de campanhas referentes a retirada de lixo do rio Anacostia. O projeto conta com 7000 voluntários que fazem a limpeza do rio. Já foram recolhidos por estes voluntários em torno de 700 toneladas de lixo e 12000 pneus. Em abril de 2008, mês em que é comemorado o Dia da Terra, foi realizado um mutirão de limpeza com aproximadamente 2500 voluntários, que durante três horas de trabalho, removeram 49 toneladas de lixo do rio Anacostia.

Além da coleta realizada por voluntários, outras medidas estão sendo colocadas em prática, como a instalação de mecanismos chamados de armadilhas de lixo ou “trash-traps” que são dispostas na saída dos canos que drenam as águas pluviais, para capturar o lixo trazido das ruas pelas chuvas. Para reforçar a iniciativa de evitar a entrada de lixo no rio, foram realizadas gestões junto a administração municipal, visando aumentar a frequência de varrição das ruas da cidade.

A recuperação das áreas úmidas ao longo da bacia hidrográfica do rio Anacostia, também tem sido um esforço que conta com a presença fundamental da população para a sua realização. Dentro das ações de educação ambiental, muitos estudantes participam do cultivo e do plantio de espécies nativas na região do rio como o arroz selvagem, para criar novamente os espaços de áreas úmidas, que foram degradados por ações antrópicas. Na medida em que a vegetação das áreas

úmidas vem sendo recomposta, ocorre também um aumento na biodiversidade da região.

As matas ciliares também estão sendo recompostas, para ampliar as florestas remanescentes da bacia hidrográfica urbana. Em paralelo existe um projeto que visa erradicar as espécies de plantas invasoras exóticas, que por sua vez competem com as espécies nativas e reduzem a biodiversidade dos ecossistemas.

Muitas ações que envolvem a participação da comunidade são realizadas no programa de revitalização do rio Anacostia. Para reintroduzir o rio no contexto da cidade, são realizados *tours* pelo rio, com as escolas e com a comunidade em geral, com o objetivo de promover a sensibilização das pessoas, para que passem a usufruir e aprender com rio.

4.3 TERCEIRO CASO: RIO ISAR, MUNIQUE, ALEMANHA

4.3.1 Caracterização

O rio Isar está situado ao sul da Bavária, apresenta 270 Km de extensão, com uma área de drenagem de aproximadamente 9000Km². A cidade de Munique com 1,3 milhão de habitantes situa-se na bacia do rio Isar. Este rio é caracterizado por ter um sistema muito dinâmico, devido as suas variações de vazões. Em períodos de inverno geralmente tem vazões baixas e nos períodos de verão as vazões são muito elevadas, chegando a ser de 20 a 25 vezes superiores em relação as vazões de inverno.

A revitalização e a renaturalização de rios na Bavária tem uma longa tradição. Com início nos anos 60 e 70 a principal motivação era a melhoria da qualidade de água. Sanadas as questões referentes a qualidade das águas, nos anos 80 e 90 os processos de revitalização continuaram com novos objetivos: promover a melhoria dos habitats e das áreas ao longo dos rios, para proporcionar uma melhor utilização pela sociedade.

Um dos principais pontos de apoio para a revitalização no rio Isar, está presente na diretriz europeia referente a qualidade dos ecossistemas lóticos e lênticos. Nesta fase a diretriz europeia das águas apresenta uma visão mais

sistêmica e promove a integração dos parâmetros físicos, químicos, biológicos e morfológicos incluindo a formação dos diferentes habitats nos corpos de água. A integração destes parâmetros pode conferir ao rio o chamado “ bom estado da água”, que corresponde a um *status* de equilíbrio ambiental. É importante lembrar que anteriormente os padrões de qualidade exigidos para os ecossistemas aquáticos, eram baseados no controle de poluição orgânica e da poluição ambiental.

4.3.2 Diagnostico

Ao analisarmos as questões referentes a poluição das águas na Alemanha, constatamos que os esgotos domésticos não constituem mais um problema. Segundo Arzet (2010), em torno de 95% da população alemã está conectada às estações de tratamento de esgotos. Desta forma a poluição orgânica deixa de ser um problema nos locais mais urbanizados e com grande concentração de habitantes, ocorrendo ainda em locais mais distantes dos grandes espaços urbanos.

Os efluentes de origem agrícola, principalmente aqueles que contem grandes quantidades de nutrientes como fósforo, nitrogênio e potássio, formam um problema maior em relação a poluição de rios na Alemanha. Ainda não existem métodos totalmente seguros para controlar a entrada de nutrientes em solos, que estão localizados em regiões agrícolas.

A supressão de áreas naturais para as finalidades de cultivo e urbanização, constitui um fato a ser considerado em termos de pressão sobre os ecossistemas na Alemanha, uma vez que isto vem acontecendo há muitos séculos.

Atualmente as mudanças morfológicas nos rios alemães, formam a grande questão referente a gestão dos recursos hídricos e das bacias hidrográficas . A maioria dos rios da Alemanha como o caso do rio Isar, passaram por processos de canalização ou drenagem para atender as mais variadas finalidades.

Os rios foram alterados para geração de energia elétrica ou para captação de água de melhor qualidade entre outros usos, que causaram mudanças morfológicas no leito, nas margens, além de canalizações no próprio curso destes rios. As consequências destas ações são as mais variadas possíveis, onde podemos citar

como exemplo, a supressão e a conseqüente ausência de habitats ecológicos para a biota aquática, formada principalmente por macroinvertebrados, peixes e macrófitas.

Em relação aos peixes com a perda dos habitats naturais, o principal impacto causado para a ictiofauna é o impedimento do seu retorno aos seus locais de origem, bem como a impossibilidade de nadar em todos os trechos da bacia. Em 1999 o rio Isar estava canalizado com declives artificiais que impediam os peixes nadarem rio acima. Não havia mais conexões do rio com áreas verdes do seu entorno. Desta forma os ciclos reprodutivos e a perpetuação das espécies foram prejudicados e causaram também alterações nas teias alimentares. A degradação morfológica do rio propiciou uma redução acentuada da biodiversidade, com a predominância de poucos grupos taxonômicos (ARZET,2010) .

As alterações morfológicas nos rios, também impedem a interação com as águas subterrâneas que fluem ao longo destes rios. Deste modo, não ocorrem mais as utilizações proporcionadas pelos processos morfológicos naturais, que geralmente passam por alternância de localização. A mudança ou a supressão dos aspectos naturais dos sistemas lóticos fizeram com que a sua dinâmica característica tenha sido alterada, causando a redução ou até eliminação destes sistemas dinâmicos. Além disto, este quadro descrito não vem de encontro ao que estabelece a diretriz europeia referente aos ecossistemas aquáticos.

As canalizações e demais alterações morfológicas no rio, dificultaram ou muitas vezes eliminaram o acesso da comunidade às margens do rio, impedindo desta forma que as pessoas estabeleçam vínculos com o rio. Deve-se considerar que o engajamento da comunidade é essencial para a sustentabilidade e para a conservação da boa qualidade destes ecossistemas.

Outro ponto que deve ser abordado é o fato de que o rio deve interagir com a paisagem, ao invés de simplesmente cortar a paisagem, situação constatada em rios canalizados. Em condições naturais os rios interagem com a paisagem que os cercam. A região de transição entre o rio e as áreas urbanas, pode caracterizar um ecotone bastante especial e proporcionar o desenvolvimento de uma biota específica. Além de ser uma área de lazer para a comunidade (ARZET,2010).

4.3.3 Soluções apresentadas

Os principais objetivos da revitalização e renaturalização de rios em Munique e também em outros locais da Alemanha são representados pelos controles de fluxo das águas, por meio do aumento da capacidade de retenção dos rios que ocorre pela redução da velocidade das águas, e também pela formação de habitats que propiciem a ampliação das comunidades biológicas aquáticas.

No ano de 2000 foi iniciado um programa de renaturalização chamado e Plano Isar. Este plano ainda está em prosseguimento e abrange uma área de aproximadamente 8 Km².

O projeto de revitalização e renaturalização do rio Isar em termos morfológicos, teve diferentes passos na sua abordagem. Inicialmente foram observados os referenciais do rio em termos de aparência em seu estado natural, visitando os locais onde o rio flui e que não tenham passado por alterações morfológicas. Com estas observações foi possível estabelecer comparações entre o estado anterior e o estado atual, e estabelecer os déficits e tarefas para mudar e melhorar as suas condições.

Os processos da renaturalização do rio Isar seguiram as seguintes etapas:

- a) remoção dos diques de concreto;
- b) alargamento da seção do rio e aplainamento das suas margens.

Em um segundo momento, formou-se novamente um rio mais irregular, menos domesticado e com o seu próprio desenvolvimento. No terceiro estágio teve início a sucessão natural gerando espaços para a vida, por meio do seu autodesenvolvimento, independente de seres humanos.

A renaturalização dos rios em geral, necessita de espaços para expandir os seus processos morfológicos, para isto algumas experiências foram realizadas. O material removido das margens de concreto foi colocado para reforçar o substrato e dar mais espaço para dinâmicas de erosão e sucessões ecológicas no rio. É importante frisar que concedendo mais espaço ao rio, aumenta a sua capacidade de retenção do fluxo de água, aumentando o tempo para a água fluir de forma mais lenta e minimizar as cheias. Em algumas áreas ocorreu a formação de declives que permitem a colonização da biota.

A melhoria das condições morfológicas auxilia também na melhoria da qualidade da água, em função de intensificar as atividades biológicas que processam de forma mais rápida, a matéria orgânica que entra no rio. A dinâmica natural de alguns trechos do Isar, voltou a ocorrer após uma grande cheia em 2005. Após esta cheia quando a água recuou, foi revelado um ecossistema biologicamente muito ativo, com a constatação do desenvolvimento de plantas e a presença de peixes jovens de diferentes tamanhos (ARZET, 2010).

Alguns subsídios ambientais, também foram introduzidos em alguns trechos do Isar, para auxiliar o seu desenvolvimento. Além da soltura de algumas espécies de peixes, foram semeadas plantas nativas em seu entorno. Desta maneira o acesso ao para as pessoas, ficou mais atraente e facilitado, permitindo que a comunidade aproveite melhor o rio em seus momentos livres. Isto mantém as pessoas na cidade e evita o seu deslocamento para locais fora da cidade, que causam a utilização de veículos e a consequente queima de combustível. Portanto a renaturalização do Isar, proporciona também um lazer mais sustentável para a comunidade. Atualmente a qualidade de água do rio Isar, permite a que as pessoas nadem e pratiquem outros esportes aquáticos como o surf em algumas estações do ano, geralmente entre os meses de maio a setembro. Ao longo do rio, foram instaladas onze estações de tratamento com luz ultravioleta para garantir as boas condições de balneabilidade.

A participação da sociedade organizada é fundamental para a continuidade de sucesso deste projeto. Para tanto são realizados debates, palestras e visitas técnicas ao longo do rio, para que as pessoas conheçam o projeto e passem a divulgá-lo. Ocorrem também discussões e trocas de experiências com diversos tipos de Organizações não Governamentais para envolvê-las nas intervenções. Desta forma constata-se mais uma vez, que o trabalho em equipe e a participação pública, são essenciais para a construção dos conceitos, dos objetivos e do planejamento dos processos de renaturalização de rios.

4.4 QUARTO CASO: RIO CHEONGGYENCHEON, SEUL, COREIA DO SUL

4.4.1 Caracterização

O rio Cheonggyecheon está localizado em Seul, que por sua vez está localizada no meio da península coreana, que liga a China ao Japão. A cidade de Seul tem aproximadamente 10,3 milhões de habitantes, ocupando apenas 0,6% do território da Coreia do Sul. Entretanto um quinto da população do país concentra-se em Seul.

Seul por ser o centro econômico e industrial da Coreia do Sul apresenta problemas comuns a todas as metrópoles planeta, como poluição, trânsito, degradação ambiental e alta densidade populacional. Muitos recursos novos são colocados em uma pequena área, fato este que provoca problemas espaciais, com grande parte da população concentrada na área central da cidade.

Antes da dinastia Cho Sun mudar a capital para Seul, o local era formado por pequenos vilarejos. A mudança ocorrida a aproximadamente 60 anos atrás, provocou uma expansão exponencial e repentina da população. E o rio Cheonggyecheon passou a ser infelizmente, um dos principais problemas para a expansão da cidade.

4.4.2 Diagnóstico

Até 1978 o rio Cheonggyecheon com seus 11 Km de extensão, era o principal rio que corria pelo centro da cidade, depois foi coberto e seus trechos passaram a fazer parte da malha urbana, ou seja deixou de ser um rio, para ser uma autoestrada com a passagem de oito mil veículos por dia.

Os dados sobre a sua qualidade de água foram gerados e monitorados somente até 1978. Após este tempo, o rio transformou-se em um grande canal de esgotos e deixou de ser monitorado. Muitos edifícios foram construídos em suas margens e para abrigar as estruturas destes prédios, houve rebaixamento do lençol freático na região. Desta forma o rio passou a ser formado por esgotos e águas das chuvas, sendo então um grande canal para os esgotos. A ausência de dados

referentes a qualidade de água foi constatada pelo Professor Soo Hong Noh do curso de engenharia ambiental da Universidade de Yonsei, que depois passou a ser o responsável técnico pela revitalização do rio Cheonggyecheon.

4.4.3 Soluções apresentadas

O projeto de revitalização do rio Cheonggyecheon, teve seu início em 1991 quando foram iniciadas as discussões sobre a qualidade de água e a possível revitalização do rio. Passado alguns anos, após a maturação dos objetivos e da própria ideia, foi fundado em 2000 pelo Professor Noh, um grupo de estudos e pesquisas em torno do projeto do rio Cheonggyecheon. Em 2002 ano das eleições para a prefeitura de Seul, o projeto transformou-se em mote de campanha do candidato que ganhou as eleições, sendo colocado em prática no primeiro dia de mandato do novo prefeito, que posteriormente chegou a presidência da Coreia.

Os objetivos principais da revitalização do rio Cheonggyecheon foram pautados nos seguintes itens: O primeiro, restaurar a herança histórica e cultural do centro de Seul, que nos últimos 50 anos foi descaracterizada. O segundo, trazer de volta o ecossistema do rio ao centro da cidade. O terceiro, proporcionar um desenvolvimento equilibrado entre a parte nova e a parte antiga da cidade. O quarto, fornecer experiência de educação ambiental para a população. Segundo Noh(2010) este último objetivo é o mais importante, pelo fato de que a melhor educação não está na sala de aula, mas sim em vivências práticas.

As ações do projeto foram muitas, onde citamos a demolição das estruturas de concreto e das pistas. Foram geradas 620 toneladas de concreto com as demolições, este material foi reciclado pela construção civil. Foram criadas estações subterrâneas de suprimento de água para o rio e implementado um plano de tratamento dos esgotos que antes eram lançados no Cheonggyecheon . Para o plano de controle das cheias foi considerada a frequência de 200 anos e não 50 anos, como tem sido comum nesta modalidade de obra, visando uma adaptação as mudanças climáticas. Foram construídas ainda, pontes e vias adicionais, incluindo a restauração de pontes construídas a 600 anos, além de projetos de paisagismo e iluminação(NOH, 2010).

Entre as muitas dúvidas comuns em projetos desta magnitude, foi aberta uma ampla discussão para definir quais seções do rio deveriam ser restauradas, tendo sido priorizadas as seções do centro da cidade com extensão de 5,8 Km. O tempo estipulado pelo prefeito de Seul, para a realização do projeto foi de quatro anos.

Após a revitalização do rio no trecho referente ao centro da cidade, as obras de revitalização foram feitas no trecho de jusante do rio Cheonggyecheon. No trecho de jusante foi possível realizar um processo de revitalização mantendo rio em sua forma mais natural, no trecho entre a montante e a jusante foi um processo híbrido. É importante observar que não se trata de um rio natural e sim um rio urbano, desta forma alguns aspectos do seu processo de revitalização ficaram comprometidos (NOH, 2010).

A revitalização do rio Cheonggyecheon, sem dúvidas proporcionou melhorias ambientais para a cidade. A temperatura média da área central baixou em torno de 3,6 graus Celsius e ocorre a formação de brisas. A cidade recebeu 400 hectares de parque lineares ao longo dos 11 km de extensão do rio. Em função destas alterações ambientais positivas, ocorreu um aumento da biodiversidade ao longo do rio, com a presença de novas espécies a cada ano.

Após três anos de realização das obras, em torno de sete milhões de pessoas visitaram o rio Cheonggyecheon, fato que demonstra apoio as intervenções realizadas. Para projeto ser totalmente finalizado ainda deve ser revitalizado o trecho de montante. Após a finalização das intervenções previstas no projeto, será possível a recirculação das águas em todos os trechos do rio (NOH, 2010).

4.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS CASOS ESTUDADOS

Como foi comentado no início deste capítulo, alguns processos de resgate da qualidade de rios urbanos, são executados tendo como base ações pontuais que não atendem os princípios de uma abordagem sistêmica. Porém nos casos estudados nesta pesquisa, percebemos que os seus planejadores e executores tiveram atenção especial no sentido de conjugar ações que ao interagirem entre si, conduziram os processos a resultarem em casos de renaturalização e revitalização dos rios.

É importante ressaltar conforme consta no Capítulo 2 desta pesquisa, que de acordo com MMA FNMA (2005) os processos referentes a revitalização de rios são caracterizados principalmente pelas seguintes ações integradas: recuperação, conservação e preservação ambiental dos rios, visando a melhoria da qualidade de água para os usos múltiplos, bem como a melhoria das condições ambientais e o uso sustentável dos recursos naturais. Entre as várias ações integradas que objetivam e caracterizam a revitalização dos rios, destacamos como exemplos as ações voltadas para o corte das fontes pontuais de poluição, a recomposição da mata ciliar e a fundamental participação social na elaboração e execução destes processos.

Segundo Binder (2001), a renaturalização de rios é caracterizada pela regeneração destes ecossistemas, por meio de manejo que evite os usos antrópicos que comprometam as suas funções, buscando o restabelecimento da sua biota, bem como a conservação das áreas naturais de inundação. Mesmo com a amplitude da definição apresentada sobre renaturalização, deve-se considerar que trata-se de um processo complexo, pelo fato de que várias intervenções devem ser realizadas para atingir o resultado de renaturalização de um rio.

Entre as ações que caracterizam a renaturalização, citamos a recomposição morfológica do substrato e margem dos rios, a recomposição da biota aquática, a recomposição das matas ciliares, a conservação das áreas de inundação, além do corte das fontes pontuais de poluição já previstas nos processos de revitalização. É importante ressaltar que todas estas ações devem estar coadunadas com as comunidades envolvidas no processo, para que contribuam e representem a participação social na elaboração dos objetivos, metas e avaliação dos resultados. Pelo fato da renaturalização ser considerada um processo mais complexo em relação a revitalização, é importante considerar que a revitalização precede a renaturalização.

As ações de gestão de resíduos sólidos e drenagem sustentável, são de extrema importância para os processos de renaturalização e revitalização dos rios, em função dos seus resultados contribuir para a redução ou eliminação das fontes de poluição difusa, influenciando a qualidade ambiental da bacia hidrográfica.

O quadro síntese das ações em anexo, demonstra quais itens foram contemplados na execução dos projetos e os resultados obtidos de acordo com o grau de intervenção realizado.

Quadro 3 – Síntese referente aos procedimentos executados para a revitalização e renaturalização dos rios analisados nos estudos de caso

AÇÕES	RIO MOSQUITO	RIO ANACOSTIA	RIO ISAR	RIO CHEONGGYECHEON
CORTE DE FONTES PONTUAIS EX:ESGOTO	SIM	SIM	SIM	SIM
RECOMP. DE MATA CILIAR	SIM	SIM	SIM	ND*
RECOMP. DE ÁREAS ÚMIDAS	ND*	SIM	SIM	ND*
DRENAGEM SUSTENTÁVEL	ND*	SIM	SIM	SIM
GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	SIM	SIM	ND*	ND*
RECOMP. DA BIOTA AQUÁTICA	SIM	SIM	SIM	SIM
RECOMP. MORFOLÓGICA	ND*	ND*	SIM	SIM
PARTICIPAÇÃO SOCIAL	SIM	SIM	SIM	SIM
RESULTADO	REVIT.	RENAT.	RENAT.	REVIT.

* ND: NÃO DETECTADO

OBS: Na maioria das vezes em que ocorre a indicação ND, existem indícios de demanda já atendida ou demanda inexistente.

Ao observarmos as ações realizadas em cada caso estudado, percebemos a importância da sinergia entre estas ações, para que os efeitos da renaturalização e revitalização dos rios sejam percebidos. Para reforçar a importância destas ações, faremos alguns comentários na sequência sobre as funções sistêmicas de cada uma delas.

Os cortes de fontes pontuais de poluição, que nos casos estudados nesta pesquisa, foram exemplificados como esgotos domésticos, são de fundamental importância para a melhoria dos processos metabólicos dos rios. Com a redução ou o corte nas fontes de lançamento de esgotos, as ações de autodepuração dos corpos hídricos são aceleradas e contribuem para a redução da carga de nutrientes.

Desta maneira obteremos melhor qualidade de água nos rios, tornado o tratamento para o abastecimento ou para a remoção de efluentes, mais ágil e menos oneroso.

A recomposição de mata ciliar, chamada também de zona ripária, representa um dos fatores mais significativos em termos de promover os serviços dos ecossistemas, para a obtenção de uma boa qualidade ambiental. As matas ciliares contribuem com o equilíbrio do microclima, podem ser espaços para prática de lazer e educação ambiental. Além disto, podem ser também importantes corredores de biodiversidade. As matas ciliares funcionam também como estruturas naturais de contenção, que minimizam ou impedem a chegada de material alóctone lixiviado pelas chuvas, evitando os processos erosivos que causam assoreamento do leito dos rios e comprometimento da quantidade e qualidade de água.

A recomposição e a manutenção das áreas úmidas naturais, são vitais para que os rios tenham os seus espaços de inundação conservados, reduzindo desta forma o impacto negativo das cheias nos sistemas urbanos. Além disto as áreas úmidas em função do seu metabolismo, produzem o efeito “tampão ou buffer” que reduz o impactos causados por substâncias químicas ou cargas orgânicas lançadas indevidamente nos rios.

A drenagem sustentável, que vem sendo buscada pelos gestores e planejadores urbanos da atualidade, reduz de forma substancial o aporte abrupto das águas das chuvas nos rios, que geralmente são fontes de poluição difusa. Além da redução da velocidade de escoamento das águas das chuvas minimizando as inundações, a drenagem sustentável auxilia na recarga dos aquíferos .

A gestão de resíduos sólidos, incluindo a coleta de resíduos e a limpeza pública, contribui para uma destinação final adequada dos resíduos sólidos. Desta maneira, além de fortalecer as cadeias produtivas da reciclagem e da compostagem, evita-se o aporte de lixo no rios, que podem comprometer não só os aspectos sanitários, mas também os aspectos relacionados a morfologia dos rios que influenciam nas vazões dos seus trechos.

A recomposição da biota aquática, além de auxiliar nos processos de autodepuração dos rios, também indica quando estabelecida a recuperação destes ecossistemas.

A recomposição morfológica, principalmente das margens e dos leitos, proporciona a estabilização natural do fluxo das águas, além de ser substrato para a colonização das mais variadas formas de vida, que compõem a biota aquática.

A participação social, em todos os projetos de renaturalização e revitalização dos rios é fundamental. O fortalecimento da participação dos atores e autores envolvidos no processo aprimora o nível de decisões e a implantação dos projetos ocorre de forma mais rápida e eficaz. Portanto vale no início de cada projeto, dispor de tempo e recursos para as atividades de sensibilização da população.

Um dos aspectos mais importantes nos programas de resgate da qualidade de rios urbanos, é fazer com que ocorra a interação de todos os fatores mencionados em nossas observações e comentários.

Para reforçar os aspectos referentes a importância e a viabilidade dos projetos de renaturalização e revitalização dos rios urbanos, foi observado na metodologia científica, os fundamentos lógicos propostos por YIN (2005). Estes fundamentos representados no quadro síntese abaixo, classificam os casos estudados de acordo com as suas abrangências.

Quadro 4 – Síntese referente à relação entre os fundamentos lógicos de Yin, 2005, e os casos dos rios estudados.

FUNDAMENTO LÓGICO	RIO MOSQUITO	RIO ANACOSTIA	RIO ISAR	RIO CHEONGGYECHEON
DECISIVO	X	X	X	X
REPRESENTATIVO	X	X	X	X
REVELADOR	X			X

Observações:

Um caso decisivo caracteriza-se por ser importante para testar e confirmar a eficiência de um projeto bem formulado.

Um caso representativo caracteriza-se por gerar experiências que podem servir de exemplos para a execução de ações similares.

Um caso revelador caracteriza-se por oferecer a oportunidade de observar ações, antes consideradas inacessíveis (YIN,2005) .

Com estas observações, percebemos que em função dos efeitos sistêmicos que resultaram no resgate da qualidade dos rios estudados nesta pesquisa, um único caso pode representar os principais fundamentos lógicos.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Esta pesquisa avaliou vários aspectos referentes renaturalização e a revitalização de rios urbanos de acordo com uma visão sistêmica, devido ao fato de que as questões ambientais e questão urbanas, apresentam grande sinergia entre si, sendo que seus processos são intrinsecamente interdependentes.

Foram observados e constatados por meio de nossos estudos sobre este tema, que os conceitos de renaturalização e revitalização de rios urbanos, ainda não são muito difundidos e compreendidos por muitos gestores urbanos. Geralmente as propostas apresentadas para solucionar os problemas referentes aos recursos hídricos e suas interações com o meio urbano, são pautadas por ações que visualizam apenas os aspectos técnicos de construção de mundo, como por exemplo, a canalização dos rios que artificializam a paisagem, fazendo com que a população esqueça ou até desconsidere a natureza, onde não podemos esquecer que a natureza mesmo alterada ou transformada, seguirá as suas próprias leis.

Por outro lado, felizmente também foi constatado nas pesquisas realizadas, que a renaturalização e a revitalização de rios urbanos, vem sendo discutida e implementada como uma das fortes tendências e características, das cidades sustentáveis ou ambientalmente mais adequadas. Estas constatações foram feitas não só por meio de pesquisas bibliográficas, que por sinal são escassas sobre este assunto, mas também pela participação em seminário internacional sobre a revitalização de rios no mundo ocorrido em Belo Horizonte, e por visitas técnicas realizadas no transcorrer de missões oficiais na Polônia e na Republica Dominicana.

Atualmente os conceitos de revitalização e renaturalização de rios, apresentam entre os seus objetivos, demonstrar a possibilidade de um melhor convívio e interação das cidades com a sua natureza. Sendo que as ações revitalização e renaturalização, também são entendidas como componentes das medidas de reversão e minimização dos impactos causados pelos processos de urbanizações tradicionais. A abordagem constante referente aos conceitos de revitalização e renaturalização de rios, torna-se necessária em função de que estes conceitos devem ser cada vez mais debatidos, fortalecidos e sedimentados não só pela comunidade acadêmica, mas também pelos gestores ambientais e urbanos.

É importante salientar que a revitalização precede a renaturalização, devido aos diferentes graus de intervenção propostos nestes processos e suas respectivas ações. Portanto de acordo com Machado (2008), a revitalização mesmo com conceito ainda em formação no Brasil, pode ser caracterizada por meio de ações técnicas e científicas que objetivam adequar a gestão e a qualidade dos recursos hídricos. As ações previstas na revitalização são exemplificadas pela despoluição das águas, pela recomposição das matas ciliares e gestão integrada dos resíduos sólidos, entre outras de similar importância. Os resultados da revitalização são avaliados pela melhoria da qualidade da água dos rios. O processo de renaturalização é caracterizado pelo fato de envolver ações mais amplas, tais como a recomposição do substrato e margens dos rios, por meio de técnicas que permitam a substituição das canalizações e retificações dos rios. A renaturalização proporciona a recomposição da biota aquática e a conservação das áreas naturais de inundação, além da inclusão dos resultados previstos na revitalização como a melhoria da qualidade de água dos rios.

A revitalização quanto a renaturalização de rios urbanos, refletem na qualidade ambiental das bacias hidrográficas e necessitam da participação social efetiva para que as suas ações obtenham resultados positivos.

Deste modo ocorre a indicação de que a renaturalização e a revitalização de rios urbanos, podem ser utilizadas como ferramentas de gestão urbana e de gestão de bacias hidrográficas. Estas ferramentas ao serem utilizadas nas ações de planejamentos locais e regionais de desenvolvimento, poderão fazer parte da construção e da reconstrução dos sistemas urbanos.

Após analisar vários exemplos mundiais, sobre a implantação dos processos que viabilizam a revitalização e a renaturalização de rios urbanos, sugerimos algumas ações que devem ser colocadas em prática para atingir o objetivo de resgatar a qualidade dos rios. As ações sugeridas são as seguintes:

1. Corte das fontes pontuais de poluição (esgotos).
2. Recomposição da mata ciliar.
3. Promover drenagem sustentável das águas pluviais.
4. Conservar ou recuperar as áreas úmidas (áreas de inundação).
5. Gestão de resíduos sólidos evitando a sua entrada nos rios.
6. Recomposição dos aspectos morfológicos dos rios (margens e substrato).

7. Recomposição da biota aquática.
8. Promover a participação social em todas as ações.
9. Promover ações de Educação Ambiental de forma ampla e intensa.

É importante salientar, que fundamentar e implantar as ações que promovem a renaturalização e a revitalização de rios urbanos representam tarefas de grande escopo, devido os seus aspectos multi e transdisciplinares. Portanto torna-se necessário, o aprimoramento de metodologias e referenciais teóricos de aplicações específicas e de instrumentos legais, que possam difundir estas ideias e embasar cada vez mais os princípios e ações dos processos de resgate da qualidade dos rios urbanos.

Devido a ampla abrangência dos princípios de renaturalização e revitalização dos rios, observamos que para atingir os resultados esperados é necessário que as ações de planejamento e execução, venham ocorrer de forma sistêmica, integrada e participativa entre os autores e atores do processo. Com base nesta abordagem, devemos entender e ao mesmo tempo lembrar, que renaturalizar e revitalizar não significa simplesmente tornar a água visivelmente limpa. Mas significa contemplar nas ações, todos os fatores que influenciam de forma direta ou indireta, no estabelecimento de uma boa qualidade ambiental dos sistemas urbanos e das suas respectivas bacias hidrográficas.

O desenho das cidades sustentáveis deve incluir o rio em seu contexto. O desenho da cidade sustentável, passa pela revitalização e renaturalização dos seus rios. Para tanto é importante salientar que o Plano Diretor constitui um dos principais e fundamentais instrumentos para o planejamento urbano. A organização e o planejamento das cidades devem considerar os desafios de resgatar a qualidade dos seus rios em abordagens atuais e futuras, sendo este um dos principais desafios do Século 21, para os gestores urbanos.

Com base nos contextos apresentados nesta pesquisa, concluímos que os seus objetivos propostos foram atingidos.

REFERÊNCIAS

- ABILHOA, Vinícius. **Gestão integrada de Mananciais de abastecimento Eutrofizados**. Ictiofauna. Curitiba: Sanepar, Finep 2005.
- AGENDA 21 BRASILEIRA. **Resultados da Consulta Nacional**. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. 2. Ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.
- ANDRADE, Martin. **Lecturas**. Tres visiones sobre el río Mapocho. Fundacion Mi Parque; Santiago, Chile, 2009.
- ANDREOLI, Cleverson V. **Gestão Integrada de Mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba: Sanepar, Finep 2005.
- ALVES, Carlos Bernardo Mascarenhas. **Revitalização de rios no mundo**. Resultados do monitoramento biológico da qualidade das águas do rio das Velhas. Belo Horizonte: Instituto Guaicuy, 2010.
- ARZET, Claus. **Revitalização de rios no mundo**. Rio Isar: Munique, Alemanha. Belo Horizonte: Instituto Guaicuy, 2010.
- BRACHT, C. C. BOLLMANN, H. A. **Contribuições para pensar a Gestão Sustentável das Cidades**. Curitiba : 2008
- BINDER, W. Rios e Córregos. **Preservar - Conservar - Renaturalizar**. Espaço das Águas: As Várzeas de Inundação na cidade de São Paulo/2001
- BOLLMANN, H.A. ANDREOLI, O.R. **Gestão integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados**. Água no sistema urbano. Ed. Finep 2005.
- BOSCARDIN, Claudia Regina. **A Gestão de Bacias Hidrográficas Urbanas: A experiência de Curitiba**. Dissertação de mestrado. PPGT-PUCPR, 2008.
- BRANCO, Samuel Murgel. **Poluição: a morte de nossos rios**. 2. Ed. São Paulo: Ascetesb, 1985.
- BRASIL. Secretaria de Saneamento Ambiental. **Gestão de territórios e manejo integrado das águas urbanas**. Brasília: Ministério das cidades, 2005.
- BRITO, Ana Lucia; SILVA, Victor Andrade Carneiro; **Rios e Paisagens Urbanas**. Viver às margens do rios: Uma análise do moradores da Favela P arque Unidos de Acari. Ed Viana & Mosley. Rio de Janeiro, 2006.
- BUSS, D.F. ET alii. **Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate**. V. 481, 2006.

CARDOSO, Christiane Araújo et AL. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Bodossan**. Rio de Janeiro: Universidade Federal de Viçosa, 2005.

CARELLA, Carlos Eduardo. Rio Tietê: São Paulo – Brasil. In: MACHADO. **Revitalização dos rios no mundo**, 2010.

CARVALHO, Pompeu F. de; BRAGA, Roberti. **Da Negação à Reafirmação da Natureza na Cidade: O Conceito de “Renaturalização” como Suporte à Política Urbana**. UNESP, Rio Claro, 2003.

CASTEROT, Baptiste. **Revitalização de rios no mundo**. Rio Sena: Paris, França. Belo Horizonte. Instituto Guaicuy, 2010.

CECÍLIO, R.A.; Garcia, G.O.; Moreira, M.C. A importância do setor agropecuário para a proteção e conservação dos recursos hídricos. In: Jesus Júnior, W.C. et al. **Novas tecnologias em Ciências Agrárias**. Alegre: Suprema, 2006.

CETEC. Desenvolvimento metodológico para modelo de gerenciamento ambiental de bacias hidrográficas: estudo de caso do Rio Verde Grande, Belo Horizonte, 2003.

CHAMPS, José Roberto. **Revitalização de rios no mundo**. Projeto Switch: gestão integrada das águas para a salubridade das cidades do futuro. Instituto Guaycui Belo Horizonte: 2010.

CHECCHIA, T. **Influência da zona ripária sobre os recursos hídricos: Aspectos quantitativos e qualitativos**. In: Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias (1: 2003: Alfredo Wagner) Florianópolis: UFSC/PPGEA, Anais, 2003.

CONNOLLY, James F. Rio Anacostia: Whashington, DC, Estados Unidos. In: MACHADO. **Revitalização dos rios no mundo**, 2010.

COSTA, Lucia Maria Sá Antunes (org). **Rios e Paisagens Urbanas em cidades Brasileiras**. Rio de Janeiro, 2006.

CROMBIE, D. e DOERING, R. L. Na ecosystem approach to the regeneration of cities. **Rev. Ecodecision**, New York, 1991.

DALARMI, O. **Utilização futura dos recursos hídricos da Região Metropolitana de Curitiba**. Sanare. Curitiba, 1995.

DUBOIS, R. Man as his environment: scope, impact and nature. In: **Man impact on environment**. Mac Graw-HillBook Company, New York, USA, 1971.

ESTEVEZ, Francisco de Assis. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

ESPÍNDOLA, Evaldo L.G; BARBOSA, Domingos S; MEDIONDO, Eduardo M.

Diretrizes Ecológicas em Projetos de Recuperação de Rios Urbanos Tropicais: Estudo de Caso no Rio Tijuco Preto. São Carlos, São Paulo.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa.** Curitiba: Positivo, 2009. p.1762

FINDLAY, J. S. & TAYLOR, M.P. **Why rehabilitate river systems?**. Royal Geographical Society. 2006

FITKAU, E.J. apud SCHÄFER, Alois. **Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das águas continentais.** Ed. Universidade. Porto Alegre, 1985.

GARCIAS, Carlos M. **Externalidades do Saneamento Urbano.** OLAM. Ciência & Tecnologia Rio Claro/SP. v.7, nº 2. Dezembro, 2007.

GIL, Antonio C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** Ed. Atlas. São Paulo, 1991.

_____. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** Ed. Atlas. São Paulo, 1999.

GIRARDET, Herbert. **Ciudades.** México: Gayam 1989.

GOMES, Myriam Mousinho Furtado. Meta 10 - Programa Estruturador do Estado de Minas Gerais para a revitalização do rio das Velhas – Brasil. In: **Revitalização dos rios no mundo**, 2010.

GRAIZBORD, Carlos. **Los Rios Urbanos de Tecate y Tijuana: Estratégias para ciudades sustentables.** Institute for Regional Studies of Californias 2002.

HILL, Rachael. **Revitalização de rios no mundo.** Rio Tâmis. Belo Horizonte Guaicuy, 2010.

HYNES, H.B. **The Ecology of Running Waters.** Liverpool University, 1970.

IPEA. Disponível em: <http://desafios2.ipea.gov.br/Acessado> em 30.06.2011.

Jornal o ESTADO DE SÃO PAULO edição de 20 de agosto de 2010.

KOBIYAMA, M. **Conceitos de zona ripária e seus aspectos geobiohidrológicos.** In: **Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias** (1: 2003: Alfredo Wagner) Florianópolis: UFSC/PPGEA, Anais, 2003.

KRAUZE, Kinga & WAGNER, Iwona. Rio Socolowka: Lodz, Polônia. In: MACHADO. **Revitalização dos rios no mundo**, 2010.

LANNA, A.E.L. **Gerenciamento da Bacia hidrográfica:** aspectos conceituais e metodológicos. Brasília: Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis, 1999.

LEFÈBRE, H. **A Revolução Urbana**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2004.

LIKENS, G.E. **The ecosystem approach**. Oldendorf luhe: Ecology Institute, Oldendorf, Germany, 1992.

LIMA, M.R; REISSMANN, C.B; TAFFAREL, A.D. Fitorremediação com Macrófitas Aquáticas Flutuantes. In: ANDREOLI, C.V; CARNEIRO, C. **Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados**. Ed. Gráf. Capital Ltda, Curitiba, 2005.

LISBOA, Apolo Heringer. Projeto Manuelzão: uma experiência de revitalização de rios em Minas Gerais, Brasil. In: MACHADO. **Revitalização dos rios no mundo**, 2010.

LUCHINI, A.M. SOUZA de Pinto. Aportes e limites da Perspectiva de redes de políticas públicas. **Cadernos de Pesquisas em Administração**. V. 10. São Paulo, 2003.

MACHADO, Antonio Thomaz da Mata. **Estudos Avançados**. 22 (63), São Paulo, 2008.

Manual para apresentação de propostas. Programa 1138 – Drenagem Urbana Sustentável. Ministério da Integração Nacional, Brasília- DF, 2006.

MARQUES, Renato; SOUZA, Lígia. **Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados**. Matas ciliares e áreas de recarga hídrica. Finep; Curitiba, Sanepar, 2005.

MATIAS, Ronaldo. As estações de tratamento de Esgoto no processo de revitalização da bacia do rio das Velhas. In: MACHADO. **Revitalização dos rios no mundo**, 2010.

MATSUMURA-TUNDISI, T. TUNDISI, J.G. **LIMNOLOGIA**. Oficina de Textos. São Paulo, 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Cidades Sustentáveis. Brasília, 2000.

MOVIMENTO MUNDIAL PELOS RIOS. In: MACHADO. **Revitalização de rios no mundo**, 2010.

NOH, SOO HONG. **Revitalização de rios no mundo**. Rio Cheonggyecheon: Seul, Coréia do Sul. Belo Horizonte. Instituto Guaicy, 2010.

NORBERG, Schultz. Genius Loci. Towards a Phenomenology. New York: 1980.

ODUM, Eugene. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1986.

_____. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1998.

OECD. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. ENVIRONMENTAL OUTLOOK TO 2030. 2008.

PARKINSON, J. ET al. **Drenagem urbana sustentável no Brasil**. UFG, 2003.

PEREZ G.R. **Guia para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia**. Fen Colombia. Colciencias. Universidade de Antioquia. Colombia, 1996.

POLIGNANO, Fernando A.L. M. V., et alli. **Revitalização de Rios no Mundo - América, Europa e Ásia**. Belo Horizonte: Instituto Guaicy, 2010.

PRIMAK, Richard B; RODRIGUES, Efraim. **Biologia da Conservação**. Londrina, 2001.

PRUSKI, F.F; Silva, D.D. **Gestão de Recursos Hídricos: aspectos legais, econômicos e sociais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre; Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005.

Relatório Nacional de Acompanhamento. Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. IPEA. 2010.

REID, Paul. **Lecturas**. Tres visiones sobre el rio Mapocho. Fundacion Mi Parque. Santiago, Chile, 2009.

SALLES FILHO, Marcelo de Paula. Rio Mosquito: a revitalização de um rio do seminário, Minas Gerais: Brasil. In: MACHADO. **Revitalização dos rios no mundo**, 2010.

SANTOS, Antonio Raimundo dos. **Metodologia científica: a construção do conhecimento**. 6. ed. rev.(conforme NBR 14724:2002). Rio de Janeiro: Ed. DP&A, 2006.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica, tempo, razão e emoção**. Hucitec, São Paulo, 1999.

SAUNDERS, Cláudio; NASCIMENTO, Élson. **Proposta para renaturalização de rios da Bacia Hidrográfica do Rio São João RJ**. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. UFSC, 2006.

SCHAFFER, Alois. **Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das águas continentais**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, 1985.

SEMA. Atlas da Vegetação do Paraná. Curitiba, 2004.

SILVA, D.D. PRUSKI, **Gestão de Recursos Hídricos: aspectos legais, econômicos e sociais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005.

SILVEIRA, Mariana Pinheiro **Aplicação do Biomonitoramento para Avaliação da Qualidade da Água em Rios**. Jaguariúna, SP. 2004.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION, Tucson Arizona,2004.

SOUZA, Celina. **Governos e Gestão de Políticas Sociais Universais**. São Paulo em Perspectiva, 2004.

SOUZA, E. R. de. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**. Belo Horizonte: EMATER-MG. 2003.

SOUZA, José Luiz. Rio São Francisco: metas e resultados, Brasil. In: MACHADO. **Revitalização dos rios no mundo**, 2010.

STALZER Apud Machado. **Revitalização de rios no mundo**. Belo Horizonte: Guaicury, 2010.

SUGUIO, Kentiro Suguio & BIGARELLA, João J. **Ambientes Fluviais**. 2 ed. Editora da UFSC. Florianópolis. 1990.

TUCCI, C.E.M. **Estudos Hidrológicos- Hidrodinâmicos do rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba**. Prosam-Suceam. Curitiba, 1996.

TUNDISI, J.G. **Água no século 21: enfrentando a escassez**. RIMA, 2003.

_____.Ambiente, represas e barragens. **Revista Ciência Hoje**, vol. 5, n. 27. Rio de Janeiro, 2005.

WEINGERTNER apud MACHADO, T. Rio Reno, Suíça, França, Alemanha e Holanda. **Revitalização de rios no mundo**. Belo Horizonte: Instituto Guaicury, 2010.

WOLFANG, Stalzer. Rio Danúbio: União Européia. In: MACHADO. **Revitalização dos rios no mundo**, 2010.

XAVIER, Christine da Fonseca; DIAS, Leda N; BRUNKOV, Renato F. **Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimentos Eutrofizados**. Eutrofização. Curitiba: Sanepar , Finep 2005.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed Porto Alegre: Bookman, 2005. 212p.

Dados da Catalogação na Publicação
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR
Biblioteca Central

A257r 2011	Afonso, Jorge Augusto Callado Renaturalização e revitalização de rios urbanos : uma abordagem sistêmica / Jorge Augusto Callado Afonso ; orientador, Carlos Mello Garcias – 2011. 133 f : il. ; 30 cm.
	Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2011. Bibliografia: f. 128-133.
	1.Rios. 2. Água - Poluição. 3. Sustentabilidade. 4. Planejamento urbano. I. Garcias, Carlos Mello. II. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana. III. Título.
	CDD 20. ed. – 711.4