



Universidade da Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente

Mestrado em Engenharia Ambiental



A REVITALIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS E SUA INFLUÊNCIA NA
MITIGAÇÃO DE INUNDAÇÕES E NA
GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS HÍDRICOS

Ignez Muchelin Selles

Orientador : Elmo Rodrigues da Silva

Co-orientador : Adacto Benedicto Ottoni

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2005

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

A REVITALIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS E SUA INFLUÊNCIA NA
MITIGAÇÃO DE INUNDAÇÕES E NA GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS
HÍDRICOS

Ignez Muchelin Selles

Trabalho Final submetido ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada por:

Prof. Elmo Rodrigues da Silva, D.Sc. PEAMB/UERJ

Prof. Adacto Benedicto Ottoni, D.Sc. PEAMB/UERJ

Prof. Júlio Domingos Nunes Fortes, D.Sc. PEAMB/UERJ

Prof. Artur Benedicto Ottoni, D.Sc. IRN/UNIFEI

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2005

SELLES, IGNEZ MUCHELIN

A revitalização de bacias hidrográficas e sua influência na mitigação de inundações e na gestão sustentável de recursos hídricos [Rio de Janeiro] 2005.

x, 122 p. 29,7 cm (FEN/UERJ, M.Sc.),
Mestrado do Programa de Pós-graduação em
Engenharia Ambiental – Área de Concentração
de Saneamento Ambiental, 2005.

Dissertação - Universidade do Estado do Rio
de Janeiro – UERJ.

1. Revitalização
 2. Inundações
 3. Bacias Hidrográficas
 4. Gestão de Recursos Hídricos
 5. Desenvolvimento Sustentável
 6. Educação Ambiental
- I. FEN/UERJ II. Título (série).

A todos que, na esperança de melhoria de qualidade ambiental, sonham e trabalham para estender à vida a beleza e a harmonia da natureza ao homem da presente e das futuras gerações.

A toda a minha família, pela confiança que sempre demonstraram com relação ao meu compromisso na melhoria da qualidade ambiental.

Ao meu marido, companheiro, amigo e grande incentivador, Gilberto, com paciência, caminhadas ecológicas e fascinantes remadas que junto realizamos, permitiram que desbravássemos muitas das nossas riquezas naturais.

“O futuro pertence àqueles que acreditam na beleza dos seus sonhos”.

ELEANOR ROOSEVELT

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Ao meu orientador Elmo Rodrigues da Silva pelo estímulo e auxílio nesta empreitada evolutiva e ao meu co-orientador Adacto Benedicto Ottoni por valorizar a oportunidade de se criar melhores condições de equilíbrio ambiental;

Aos professores do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UERJ, Dr.: Gandhi Giordano, Júlio Domingos Nunes Fortes, Luciene Pimentel da Silva, Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos, pelas valorosas contribuições na elaboração do Projeto de Pesquisa e a todos os demais professores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro que, com seus conhecimentos, sempre me estimularam a prosseguir neste desafio de proteção às águas;

Ao senhor Wilfried Teuber, da GTZ, amigo e incansável mestre no Brasil e na Alemanha, com quem muito aprendi sobre inundações, revitalização de rios e gestão de recursos hídricos;

O senhor Jack M. Sickermann pela ajuda nas traduções, livros e nas informações sobre água de chuva;

Aos meus colegas do Curso de Mestrado e aos companheiros da SERLA pelo entusiasmo e apoio necessário;

A Livia Peixoto, Maria Aline Ladeira, Wagner Aciolly, Márcio Leocádio e muitos outros, que com a ajuda e conhecimentos contribuíram na elaboração deste trabalho.

Ao Diretor de Gestão de Recursos Hídricos da SERLA, André Pinhel Soares, grande amigo e professor, responsável pelo meu ingresso no curso de Mestrado em Engenharia Ambiental;

A Teresa D'Ávila, minha amiga espiritual.

RESUMO

A REVITALIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS E SUA INFLUÊNCIA NA MITIGAÇÃO DE INUNDAÇÕES E NA GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS HÍDRICOS

O intenso uso da água para fins múltiplos e competitivos, associados à poluição difusa gerada pelas águas residuárias, aos desmatamentos, à deterioração do regime hídrico e ocupações do solo sem planejamento são os principais responsáveis pela degradação ambiental das bacias hidrográficas. Ao longo dos anos, os rios se submeteram a desvios e estrangulamentos freqüentes através de construções de canais e galerias subterrâneas nas áreas urbanas para escoamento rápido das águas residuais e pluviais, propiciando a expansão do uso do solo que foram se impermeabilizando e modificando as paisagens. As conseqüências são mananciais comprometidos, cidades vulneráveis e desvalorizadas e prejuízos elevados para a sociedade. O presente trabalho visa demonstrar que a Revitalização de Bacias Hidrográficas degradadas, através de ações de engenharia ambiental e medidas não estruturais como reconstituição da paisagem e da biodiversidade, exerce significativa influência na prevenção e mitigação dos impactos ambientais, favorecendo a melhoria do regime hidrológico, redução da magnitude e freqüência das inundações e das secas e proporcionando a gestão sustentável dos recursos hídricos. Uma das conclusões importantes da pesquisa, desenvolvida através de revisão bibliográfica e consultas à especialistas em recursos hídricos, é a constatação de que para se lograr a revitalização de bacias degradadas é fundamental um grande esforço gerencial para implantar a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, associada ao adequado uso/ocupação do solo pelos municípios e à ampliação dos serviços de saneamento básico, apoiados em programas de educação ambiental, considerando-se os princípios do desenvolvimento sustentável e os preceitos instituídos nas Leis N^o 9433/97 e N^o 3239/99.

Palavras-chave: Revitalização, Inundações, Gestão Sustentável de Recursos Hídricos.

ABSTRACT**THE WATERSHEDS REVITALIZATION AND ITS INFLUENCE IN THE FLOODS MITIGATION AND IN WATER RESOURCES SUSTAINABLE MANAGEMENT.**

The intense use of the water for multiple and competitive objects, associated to the diffuse pollution generated by the sewage waters, to the deforestations, to deterioration of the water regime and occupations of the soil without planning are the principal responsible for the environmental degradation of the watersheds. Along the years, the rivers underwent deviations and frequent strangulations through constructions of channels and underground galleries in the urban areas for fast drainage of the residual and rainwaters, propitiating the expansion of the use of the soil that you/they were making waterproof if and modifying the landscapes. The consequences are committed springs, vulnerable and depreciated cities with high damages for the society. The present work seeks to demonstrate that Revitalization of degraded Watersheds, through actions of environmental engineering and measures non structure as the rebuilding of landscape and biodiversity, it exercises significant influence in the prevention and mitigation of the environmental impacts, favoring the improvement of the hydrologic regime, reduction of the magnitude and frequency of the floods and the droughts providing the maintainable administration of the water resources. One important conclusions from the research, developed through bibliographical revision and consults to specialists in water resources, is the verification that to achieve the revitalization of degraded basins is fundamental the managerial effort to implant Water Resources Integrated Management, associated to the appropriate use/occupation of the soil for the municipal districts and to the amplification of the basic sanitation services, leaning to programs of environmental education, being considered the beginnings of the development sustainable and the precepts instituted by the Laws numbers 9433/97 and 3239/99.

Key-Words : Revitalization, Flood, Water Resources Management

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - APROVEITAMENTO DO RIO PARA LAZER	11
FIGURA 2 - O ECOSISTEMA NATURAL	12
FIGURA 3 - ÁREAS DE REMANSO PARA REPOVOAMENTO DE ESPÉCIES	14
FIGURA 4 - ALTERAÇÕES NO ESCOAMENTO D'ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA GERADAS PELAS DIFERENTES FORMAS DE OCUPAÇÃO DO HOMEM	19
FIGURA 5 - TIPOS DE LEITOS FLUVIAIS	47
FIGURA 6 - CURSOS D'ÁGUA EM REGIÕES ALTAS, MÉDIAS E BAIXAS E AS FEIÇÕES NATURAIS ...	48
FIGURA 7 - INTERCEPTAÇÃO DA CHUVA	50
FIGURA 8 - CURSO D'ÁGUA COM MATA CILIAR	50
FIGURA 9 - FORMA SIMPLIFICADA DO CICLO HIDROLÓGICO	53
FIGURA 10 - PROBLEMAS EM ÁREAS MARGINAIS DE RIOS	58
FIGURA 11 - ENCHENTES NA ALEMANHA	59
FIGURA 12 - A INFLUÊNCIA DA CONSTRUÇÃO DE DIQUES EM RIOS	60
FIGURA 13 - O IMPACTO DA URBANIZAÇÃO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS	62
FIGURA 14 - MODIFICAÇÕES NOS CURSOS D'ÁGUA	63
FIGURA 15 - INUNDAÇÃO EM ÁREA DENSAMENTE OCUPADA	64
FIGURA 16 - RECUPERAÇÃO DO CURSO D'ÁGUA E DAS ÁREAS NATURAIS DE INUNDAÇÃO	70
FIGURA 17 - A PAISAGEM DE UM RIO NATURAL	71
FIGURA 18 - APROVEITAMENTO DOS RIOS PARA LAZER / PRAIAS	73
FIGURA 19 - EXEMPLO DE INTERVENÇÃO EM LEITO DE RIO	74
FIGURA 20 - VERTEDOR SUBSTITUÍDO POR DEGRAUS PERMITE O FLUXO MIGRATÓRIO DAS ESPÉCIES	74
FIGURA 21 - MODIFICAÇÃO DE VERTEDORES POR BARRAGENS COM DEGRAUS TRANVERSAIS ...	75
FIGURA 22 - CONSTRUÇÃO EM PEDRAS EM ÁREAS RURAIS	76
FIGURA 23 - CONTENÇÃO DE PEDRAS EM ÁREAS URBANAS	76
FIGURA 24 - PEDRAS ENVOLVIDAS COM FEIXES DE RAMAS	77
FIGURA 25 - PROTEÇÃO DE MARGENS	77
FIGURA 26 - FIXAÇÃO DE ÁRVORES PARA CONTROLE DE EROSÃO	77
FIGURA 27 - BARREIRA COM GALHOS ENTRELAÇADOS	78
FIGURA 28 - PROTEÇÃO DE MARGENS COM ESTACAS DE MADEIRA	78

FIGURA 29 - TRONCOS DE ÁRVORES ANCORADOS COM ESTACAS	79
FIGURA 30 - PEQUENOS BARRAMENTOS COM MADEIRAS EM RIOS	79
FIGURA 31 - REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA RESIDENCIAL	81
FIGURA 32 - PAVIMENTO EM BLOCO DE TERRA UTILIZADO EM PRAÇAS	83
FIGURA 33 - PAVIMENTAÇÃO EM ESTACIONAMENTOS	83
FIGURA 34 - ESQUEMA CONSTRUTIVO DE PAVIMENTOS	83
FIGURA 35 - ESQUEMA DE INFILTRAÇÃO E ESCOAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM SOLO NATURAL E EM PISO PAVIMENTADO COM BLOQUETES	84
FIGURA 36 - FILTROS PARA ÁGUAS PLUVIAIS	84
FIGURA 37 - TELHADO DO AEROPORTO DE KLOTEN - ZÜRICH	85
FIGURA 38 - TELHADO DO ESTACIONAMENTO DO AEROPORTO DE KLOTEN - ZÜRICH	85
FIGURA 39 – DETALHE DO TELHADO PARA JARDINAGEM.....	86
FIGURA 40 - VISTA DO RIO ISAR COM A CIDADE DE MUNIQUE	90
FIGURA 41 - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DANÚBIO E DO RIO ISAR NA ALEMANHA.....	91
FIGURA 42 - BACIA DO RIO ISAR	92
FIGURA 43 - DA NOVA FORMA DO DIQUE E FAIXA MARGINAL DO RIO ISAR	93
FIGURA 44 - A FORMA ANTIGA E NOVA DO RIO ISAR	94
FIGURA 45 - RIO ISAR NO MEIO DA CIDADE E OS BALNEÁRIOS	95
FIGURA 46 - O RIO ISAR, SUAS ILHAS E PRAIAS	96
FIGURA 47 - CROQUIS DO PROJETO DE REVITALIZAÇÃO DO RIO ISAR	97
FIGURA 48 - CROQUIS COMPARATIVOS DO ANTES E DEPOIS DA REVITALIZAÇÃO DO RIO ISAR (TRECHO)	97
FIGURA 49 - CROQUIS COMPARATIVO DE ANTES E DEPOIS DA REVITALIZAÇÃO DO RIO ISAR (TRECHO)	98
FIGURA 50 - ESTUDO NO RIO ISAR EM FREISING, JUSANTE DE MUNIQUE	99
FIGURA 51 – FOZ DO RIO PIRAÍ NO RIO PARAÍBA DO SUL, NA CIDADE DE BARRA DE PIRAÍ	104
FIGURA 52 - PROJETO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE BARRA DE PIRAI NO RIO PIRAI	104
FIGURA 53 - ATIVIDADES DOS PLANOS DE REVITALIZAÇÃO	105
FIGURA 54 - SITUAÇÃO ATUAL COM PRESENÇA DE ESGOTO E ASSOREAMENTO	108
FIGURA 55 - ASSOREAMENTO NO RIO PIRAÍ	109
FIGURA 56 - ASSOREAMENTO NA PONTE DO RIO PIRAÍ	109
FIGURA 57 - MUROS PARA CONTROLE DE INUNDAÇÕES	109

FIGURA 58 - CONSTRUÇÕES NO LEITO DO RIO	110
FIGURA 59 - IMAGEM DE ENCHENTES DO RIO	110
FIGURA 60 - IMAGEM DE ENCHENTES DO RIO PIRAÍ	110
FIGURA 61- LOCAL INDICADO PARA COLOCAÇÃO DOS TRONCOS COLETORES	111
FIGURA 62 - PROPOSTA DE PAISAGISMO PARA UM CANAL DE INUNDAÇÃO EM ÁREA URBANA .	111

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - HISTÓRICO DO USO E TRANSFORMAÇÃO DOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS	
CONTINENTAIS	8
TABELA 2 - PROBLEMAS DE QUALIDADE DE ÁGUAS	22
TABELA 3 - ESTIMATIVA DA EVOLUÇÃO POPULACIONAL URBANA DE BARRA DO PIRAI.....	101

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: RELAÇÃO ENTRE VÁRIAS ATIVIDADES HUMANAS E OS IMPACTOS NOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS E NOS SERVIÇOS	21
QUADRO 2: AÇÕES IMPACTANTES EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS E NA BIODIVERSIDADE AQUÁTICA	22
QUADRO 3: CARACTERÍSTICAS DOS IMPACTOS	23

SUMÁRIO

<u>CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO</u>	1
1.1. PROBLEMATIZAÇÃO DO TEMA	1
1.2. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	4
1.3 OBJETIVOS	5
1.3.1. GERAL	5
1.3.2. ESPECÍFICOS	5
1.4. METODOLOGIA	5
<u>CAPITULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO</u>	6
2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS PROBLEMAS HÍDRICOS	7
2. 2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS	10
2.2.1. DISCUSSÃO SOBRE: REVITALIZAR, RENATURALIZAR, RESTAURAR E RECUPERAR.	10
2.2.2 - PRINCÍPIOS APLICÁVEIS À REVITALIZAÇÃO	17
2.2.3. IMPACTOS AMBIENTAIS SOBRE OS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS E OS RECURSOS HÍDRICOS	19
2.2.4. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E EDUCAÇÃO AMBIENTAL	26
2.3. MECANISMOS DE PROTEÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA	34
2.3.1. ANTECEDENTES	34
2.3.2. A POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL	36
2.3.3. A POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	39
<u>CAPITULO 3 - AS INUNDAÇÕES E OS ESPAÇOS NATURAIS</u>	49
3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS INUNDAÇÕES	49
3.2 A IMPORTÂNCIA DA VEGETAÇÃO, DA MATA CILIAR E DO SOLO PARA MINIMIZAR AS INUNDAÇÕES	52
3.3 A RELAÇÃO DAS INUNDAÇÕES COM O CICLO HIDROLÓGICO	55
3.4 A EROÇÃO E O ASSOREAMENTO	59
3.5 ALGUNS PROBLEMAS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DECORRENTES DE PRÁTICAS INADEQUADAS	60
3.5.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE MEDIDAS ESTRUTURAIS	66

<u>CAPITULO 4 – REVITALIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRAFICAS</u>	72
4.1. ALGUMAS TÉCNICAS DE REVITALIZAÇÃO	72
4.2 TÉCNICAS DE ENGENHARIA AMBIENTAL	76
4.3 O APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS DE CHUVA E A RECUPERAÇÃO DA QUALIDADE URBANA	80
<u>CAPITULO 5 – PROPOSTA DE PLANO DE REVITALIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS COM ÊNFASE EM TRECHOS URBANOS</u>	90
5.1 A REVITALIZAÇÃO NA ALEMANHA	90
5.2. PROPOSTA DE REVITALIZAÇÃO DO RIO PIRAÍ NO TRECHO URBANO DA CIDADE DE BARRA DO PIRAÍ - RJ	103
5.2.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	103
5.2.2 BASES CONCEITUAIS PARA UMA PROPOSTA DE PLANO DE REVITALIZAÇÃO NO RIO PIRAÍ, NO TRECHO URBANO DE BARRA DO PIRAI	106
<u>CAPITULO 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</u>	116
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	116

CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1. Problematização do Tema

A herança do desenvolvimento econômico do Brasil, nos últimos anos, tem como conseqüências graves problemas sócio-econômicos e ecológicos (GUTBERLET, 1996). O uso abusivo de quantidades de água para múltiplos e competitivos usos, associados às fontes de poluição difusas geradas pelas águas residuárias industriais e domésticas, aos desmatamentos e ocupações do solo sem planejamento, principalmente nas áreas de proteção, são os principais responsáveis pela degradação ambiental das bacias hidrográficas. Os mananciais hídricos estão quase todos comprometidos e as áreas urbanas desvalorizadas e vulneráveis às inundações. Na atualidade, muitas regiões já vivenciam a escassez de água para atender a demanda do abastecimento atual e das gerações futuras.

Nas grandes metrópoles são observados impactos ambientais mais graves, sobretudo nas épocas de maior pluviosidade, quando ocorrem as inundações. Os rios, que produzem paisagens de grande e variada beleza (TUNDISI,2003), perderam suas condições naturais e seus elementos de fascínio, como transparência e brilho, com a invasão dos resíduos sólidos e dos efluentes lançados nos leitos e margens. O lixo, a sujeira e os odores da poluição os obrigaram a se submeter a desvios e estrangulamentos freqüentes através de construções de canais e galerias subterrâneas para escoamento rápido das águas residuais e pluviais. Muitos rios passaram a percorrer as cidades num emaranhado sistema de canalizações e tubulações, construídas para afastar as águas poluídas e as inundações, propiciando a expansão do uso do solo urbano e rural, que foram se impermeabilizando e se degradando.

Tais fatos fazem com que seja raro encontrar água em seu estado natural nos rios, córregos, riachos ou ribeirões. A população já reconhece que nas cidades, e até mesmo no meio rural, só podemos vivenciá-la apenas sensorialmente em seus pontos terminais, tais como: no chuveiro, na banheira ou na torneira, ou ainda, nas raras fontes remanescentes que costumavam ser colocadas nas cidades (DREISEITL, 2002).

Com a vegetação nativa substituída, a biodiversidade reduzida e o crescimento da demanda de água e do uso do solo, o ambiente tem se tornado insustentável para atender a urbanização e ao aumento de produção de alimentos. Tal processo, associado ao aquecimento e alterações climáticas, tem cada vez mais intensificado as calamidades com as chuvas torrenciais que causam deslizamentos de encostas, assoreamento e inundações nas planícies das bacias hidrográficas.

A degradação ambiental feita nos espaços físicos da bacia hidrográfica ao longo dos anos contribui para a deterioração do seu regime hídrico intensificando a frequência e magnitude das enchentes e estiagens. Isto corre com a expansão gradativa das cidades que ao desviar os cursos naturais dos rios, aterrar áreas de recargas de aquíferos, desmatar encostas e faixas de proteção que ajudavam na retenção das águas de chuva, modificam a paisagem, impermeabilizam o solo (RIO-ÁGUAS, 1999) e ainda, realizam obras nos corpos hídricos com grande impacto na qualidade ambiental.

As obras de intervenções em córregos e rios para leitos artificiais e fixos, associadas às pavimentações das cidades e ações de descaracterização das orlas marginais que protegem os mananciais, podem causar sérios problemas ao patrimônio natural das regiões hidrográficas, ao aumentar os riscos com a elevação dos níveis das águas nas inundações, ocasionando prejuízos econômicos e perdas de vidas.

Observa-se que as obras hidráulicas, quando realizadas para controle das inundações, não oferecem a segurança absoluta. Nelas são aplicados muitos recursos para uma segurança relativa e não são levadas em consideração as questões não estruturais para o retorno das funções ecológicas e hídricas dos espaços degradados das bacias hidrográficas.

As inundações nas áreas urbanas têm causado os mais agressivos impactos na economia. Impactos esses que têm sido debatidos em diversos fóruns internacionais promovidos pela Organização das Nações Unidas, a fim de se refletir e propor ações de prevenção e mitigação, ou ainda de se aprender a conviver com as inundações.

É preciso reconhecer que o Rio de Janeiro, do ponto de vista político, avançou nessa questão de mitigação e melhoria ambiental ao incluir a revitalização de recursos hídricos na Lei Estadual Nº. 3.239/1999, que contempla o Programa Estadual de Conservação e Revitalização de Recursos Hídricos (PROHIDRO) na sua política de recursos hídricos. Isto representa um passo importante para reversão do estado crítico de degradação dos recursos hídricos e ambientais, contudo, é necessário um enorme esforço gerencial para alcançar a sustentabilidade.

No sentido de se introduzir o conceito e implementar as medidas necessárias com vistas à revitalização das bacias hidrográficas, a mobilização e as atividades a serem empregadas devem ser intensivas e permanentes. Muitos esforços devem ser empreendidos, destacando-se a iniciativa de proteção dos ecossistemas e restauração dos rios e córregos com ações de **engenharia ambiental**, complementadas com melhor ordenamento e aproveitamento dos atrativos naturais nas áreas marginais de proteção dos rios, para fins de elevar à categoria de lugares prazerosos para recreação, esporte, lazer e áreas potenciais para desenvolvimento do turismo e incremento da economia.

Cabe aqui destacar que o conceito de engenharia ambiental é muito amplo, pois pode ser considerado como sendo toda ação técnica que tenha a finalidade de proteger, manter ou recuperar o meio ambiente. No âmbito da Engenharia Civil este conceito está diretamente associado ao controle da erosão, à sistematização hidráulica e ao controle e acondicionamento de rejeitos domésticos, comerciais e industriais. Indiretamente está associado a toda técnica que vise minimizar o impacto ambiental, na sua mais ampla definição, de obras civis durante sua implantação, construção e utilização.

No âmbito dos recursos hídricos, a engenharia ambiental utiliza, dentre outros, os conhecimentos técnicos da hidrologia para estudar o comportamento físico da ocorrência e do aproveitamento da água na bacia hidrográfica, quantificando os recursos hídricos no tempo e no espaço e avaliando os impactos das modificações na bacia (TUCCI, 2003).

O presente trabalho procura discutir e demonstrar que a revitalização de bacias hidrográficas degradadas, através de ações de engenharia ambiental, exerce significativa influência na prevenção e mitigação dos impactos ambientais, favorecendo a melhoria do regime hidrológico, através da redução da magnitude e frequência das inundações e das secas, otimizando desta forma, gradativamente, a gestão sustentável de recursos hídricos da bacia degradada. A pesquisa proposta foi possível por meio de revisão bibliográfica em diversas fontes, consultas à especialistas da área e pela experiência profissional adquirida na área de recursos hídricos ao longo dos anos.

Um dos resultados importantes do trabalho é a constatação da necessidade de se implantar a gestão integrada dos recursos hídricos no Estado do Rio de Janeiro, associada ao adequado uso/ocupação do solo pelo município e à ampliação dos serviços de saneamento básico, apoiados em programas de educação ambiental, considerando-se os princípios do desenvolvimento sustentável e os preceitos instituídos nas Leis N° 9433/97 e N° 3232/99, as 'Leis das Águas' da União e do Estado do Rio de Janeiro, respectivamente.

A Gestão Integrada de Recursos Hídricos é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez relativa dos recursos hídricos, bem como fazer uso adequado, visando a otimização dos recursos e, portanto, realiza-se mediante procedimentos integrados de planejamento e administração (SETTI, 1996 apud SILVA, 1998).

Dito de outra forma, a Gestão de Recursos Hídricos pode ser vista como um arranjo institucional que contempla a definição da política hídrica, bem como os instrumentos necessários para executá-la de forma ordenada, onde os papéis de cada ator envolvido são bem definidos durante todo o processo. Por outro lado, o Gerenciamento de Recursos Hídricos pode ser considerado como um processo dinâmico e ambientalmente sustentável, baseado numa adequada administração da oferta de águas que organiza e compatibiliza os

diversos usos setoriais dos recursos hídricos, objetivando uma operação harmônica e integrada das estruturas decorrentes, de forma a se obter o máximo benefício das mesmas (BENEVIDES *et al*, 1993 apud SILVA, 1998).

1.2. Descrição da Estrutura da Dissertação

No capítulo **1** foi explanado a estrutura do trabalho contendo a problemática e o seu contexto, os objetivos e a metodologia empregada.

O capítulo **2** **apresenta**-se referencial teórico sobre os conceitos fundamentais sobre revitalização, os impactos que levam a degradação das bacias, os princípios da revitalização, a educação ambiental como norteadora das mudanças de comportamento exigidas para o desenvolvimento sustentável, bem como uma visão ampla da política de recursos hídricos do Brasil, destacando-se a do Estado do Rio de Janeiro, que já dispõe de instrumento de gestão através do Programa de Revitalização - PROHIDRO, o qual foi instituído através do artigo 11 da lei 3239/99.(ESTADO DO RIO DE JANEIRO, LEI 3239/1999).

No capítulo **3** é destacada a inundação como fenômeno da natureza, bem como a importância de se preservar os espaços naturais para retenção das águas e garantir a movimentação aérea, superficial e subterrânea das águas na bacia dentro dos preceitos do ciclo hidrológico, os quais influenciam à magnitude e implicam na redução dos efeitos, mitigação dos danos e da melhoria das condições ambientais. Esses temas são tratados dentro do contexto das discussões e práticas internacionais, cujas recomendações podem tornar mais segura a convivência com as inundações.

No capítulo **4**, considera-se a importância da revitalização para a restauração das condições naturais das bacias hidrográficas. Algumas das ações de revitalização de bacias são apresentadas, ressaltando-se os materiais mais empregados, bem como apontando os desafios do aproveitamento de águas de chuvas na restauração dos aquíferos subterrâneos das áreas urbanas e como alternativas para abastecimento público, diante da degradação e da expectativa de escassez existentes.

No capítulo **5** é apresentado crescimento do interesse pela revitalização de rios na Alemanha através de um relato histórico das modificações nos cursos d'água, das muitas discussões com a sociedade e das ações de planejamento empreendidas no rio Isar, que corta Munique, uma das principais cidades alemãs. Também neste capítulo é apresentada uma proposta de revitalização em bacias hidrográficas, com ênfase para trechos de rios urbanos, tendo como preocupação a necessidade de se priorizar as intervenções para melhoria da qualidade urbana, pela necessidade de se motivar a população a valorizar, se aproximar e a

cuidar do rio. O estudo proposto é dirigido ao rio Pirai no seu trecho urbano no município de Barra do Pirai.

No capítulo 6 são apresentadas as principais conclusões do estudo e as recomendações para se efetivar a implementação de um programa de revitalização de recursos hídricos no Estado do Rio de Janeiro e realizar estudos para escolha e demarcação de áreas de interesse paisagístico hídrico e projeto gerencial a fim de subsidiar a tomada de decisão quanto à outorga de direito de uso para recreação e outros usos.

1.3 Objetivos

1.3.1. Geral

O presente trabalho visa discutir e demonstrar que a revitalização de bacias hidrográficas degradadas, através de ações de engenharia ambiental, exerce significativa influência na prevenção e mitigação dos impactos ambientais, que favorecem a redução da magnificação das inundações, e na gestão sustentável de recursos hídricos.

1.3.2. Específicos

- Analisar os impactos ambientais que favorecem a ocorrência de inundações e secas e a influência da revitalização das bacias hidrográficas na mitigação das inundações e na preservação dos espaços naturais;
- Relacionar a revitalização de bacias hidrográficas com o desenvolvimento sustentável através da valorização das áreas urbanas e de incentivo ao turismo;
- Apresentar técnicas de revitalização de rios urbanos e rurais e de captação de águas de chuvas para fins múltiplos;
- Demonstrar que as ações de plano de revitalização da bacia hidrográfica devem de início priorizar as ações de despoluição e paisagismo de rios e córregos, em trecho urbano, onde está localizada a maior parte da população e os impactos são mais evidenciados.

1.4. Metodologia

O levantamento das informações foi realizado em material bibliográfico como livros, periódicos, artigos em congressos e seminários e de consultas à internet. O trabalho de pesquisa foi complementado através de informações obtidas junto aos técnicos e especialistas da área de recursos hídricos.

A construção dos pressupostos teóricos foi baseada na bibliografia consultada, em especial, nos documentos realizados por OTTONI (1996); SILVA (1998); e PLANAGUA (2000 e 2001a).

A coleta dos dados sobre o processo de urbanização e intervenções realizadas na bacia do rio Pirai e as propostas como correção dos problemas existentes na Bacia foram realizadas no Programa de Qualidade Água (PQA, 2003) do rio Paraíba do Sul e em fontes secundárias na Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoa - SERLA. As informações relativas ao rio Isar foram obtidas em publicações do Ministério do Meio Ambiente da Alemanha e Secretaria Estadual de Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Estado da Baviera.

Para ilustrar o processo de degradação foram usadas fotos do rio Pirai que mostram assoreamento, enchentes e ocupações que levaram ao desenvolvimento da concepção do plano de intervenção no rio Pirai, no trecho urbano da cidade de Barra do Pirai no Rio de Janeiro, o qual visa sobretudo agilizar o processo de desenvolvimento sustentável através da identificação e valorização dos rios que cortam a maioria das cidades brasileiras .

O breve histórico, as discussões do plano realizadas pela comunidade e os técnicos, e as ações de revitalização implementadas, recentemente, num trecho do rio Isar, que corta a cidade de Munique, na Alemanha, procuram demonstrar o sentimento de adoração que a população tem pelas águas dos rios que cortam suas cidades e por isso exigem sua melhoria para aproveitamento das suas praias e paisagens, ampliando as possibilidades de mitigar os impactos das inundações. A dinâmica dos planos das bacias possibilitaram a implementação gradativa das ações de revitalização, após resolverem os problemas da qualidade das águas

Salienta-se que a metodologia utilizada para estruturar esta dissertação foi procurar, seqüenciando os conceitos de revitalização, técnica ainda pouco conhecida no Brasil, demonstrar a cada passo que a revitalização de bacias constitui um valioso instrumento de gestão e possibilita o resgate das condições hidrológicas, ecológicas e a valorização da paisagem hídrica para o bem estar da atual geração e da futura. E que a crescente degradação do regime hídrico e a descaracterização das florestas , ocupações irregulares, e ainda a realização de ações de inundações pontuais, desarticuladas e impactantes ocasionam, na maioria das vezes, prejuízos sérios à economia, visto que sociedade não é informada da falsa segurança das suas obras de inundação e da necessidade de sua participação na prevenção e mitigação dos impactos ambientais, juntamente com o poder publico.

Desse modo procuramos explicar que revitalização não é um capricho dos países ricos, nem trata os problemas de forma meramente superficial e estético. A revitalização é uma técnica interdisciplinar baseada nos preceitos do desenvolvimento sustentável, que busca soluções mais consistentes e articuladas com a natureza nas bacias hidrográficas, seja nas

áreas urbanas ou rurais.

CAPITULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Considerações Gerais sobre os Problemas Hídricos

A humanidade tem tido através dos tempos abundância ou carência de água e sempre teve em seu processo de evolução uma grande dependência deste elemento, vivendo e se desenvolvendo às margens dos rios e utilizando a sua água para o abastecimento das comunidades. Com o crescimento e movimentação da população e de suas práticas comerciais, os rios foram sendo utilizados como meios de transporte e de comunicação entre as cidades e os povos. Durante todo este processo, sempre houve uma interação cultural maior com os rios, que eram utilizados para recreação e pesca, passando-se posteriormente a utilizá-los também para o lançamento de efluentes sanitários domésticos e industriais.

O desenvolvimento econômico ao longo de toda a história resultou em múltiplos e variados usos dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. O desenvolvimento cultural fez com que diferentes atividades e necessidades de água fossem também incorporadas à gestão. Dentre as diversas utilizações temos, como em muitos países, as atividades religiosas em massa dirigidas aos rios e lagos considerados sagrados, como no caso do rio Ganges, na Índia.

O aumento dos usos da água resultaram em uma multiplicidade de impactos de grande amplitude quali-quantitativa que exigem na atualidade um monitoramento adequado.

Com a degradação provocada a partir da revolução industrial, a população brasileira literalmente "virou as costas" para os rios, visto que eles não mais podiam atender aos seus anseios, principalmente o de lazer. Após mais de um século de industrialização, as novas gerações perderam o vínculo com suas "raízes hídricas" e hoje, não fazem mais uso dos rios como forma de descontração, virando os fundos de suas casas para eles.

Ao longo dos anos, muitos cursos d'água, sejam eles grandes ou pequenos, foram retificados, soterrados, aterrados e canalizados em quase toda a sua extensão. Tal interferência, inicialmente, objetivava os mais diversos interesses possíveis, sendo que os principais envolviam a expansão de terras para agricultura, urbanização e o controle de cheias.

Também, muito se confiava na onipotência da técnica hidráulica que procurava reduzir o caminho e acelerar o escoamento das águas poluídas e das enxurradas para que elas deixassem a bacia o mais rapidamente possível, trazendo benefícios pontuais, porém podendo transferir o problema para outras regiões mais a jusante.

A água, além de múltiplos usos, como abastecimento, irrigação, saneamento, entre outros, exerce importante papel para o equilíbrio emocional do ser humano, pois produz atrativos com suas paisagens de belezas deslumbrantes e variadas que despertam energia e seduzem o espírito, como movimentos dinâmicos, som e temperatura, além de possuir elementos raros e ímpares como brilho e cor, que exercem poder de fascinação, ou seja, são valores subjetivos, mas que devem ser levados em consideração quando se realiza a gestão e controle dos usos dos recursos hídricos.

A confiança nestas ações acabou sendo abalada através das inundações, cada vez mais freqüente e funesta, em consequência das alterações sofridas pelo ambiente natural. Isto, e o reconhecimento de que a água limpa é um bem finito e cada vez mais comprometido, transformaram-se hoje numa das questões centrais sobre o futuro do desenvolvimento humano na terra. Na tabela 1, a seguir, são apresentados aspectos históricos da transformação dos ecossistemas aquáticos conforme TUNDISI (2003).

Tabela 1 - Histórico do uso e transformação dos ecossistemas aquáticos continentais

Uso e alteração	1680	1680	1800	1900	1950	1980	1985	1990
Navegação em canais naturais (km)	< 200	< 200	3.125	3.750	N.D	498.000	N.D.	
Navegação em canais construídos		5.000	8.750	21.250	N.D.	63.125	N.D.	
Grandes represas (> 5 km ³)		N.D.	N.D.	41	539	N.D	1.777	>2.000
Volume represado (km ³)		N.D.	N.D.	N.D.	528	N.D.	4.982	> 6.000
Potencial Hidroelétrico (MWh/ano x 10 ⁶)		N.D.	N.D.	N.D.	50	N.D.	550	2.112
Uso <i>per capita</i> (m ³ xano/pessoax10 ³)		153	254	396	563	824	N.D.	
Áreas drenadas (km ²)		N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	160	600

Fonte: TUNDISI (2003) adaptado de NAIMAN et al. (1995). N. D. = não determinado, sem informações.

Nota-se que a degradação e o desequilíbrio dos recursos hídricos vêm sendo contínuos. Atualmente, é preocupação e tema de debates mundiais, principalmente, por países como Alemanha, França, Inglaterra e Estados Unidos.

A Inglaterra foi um dos primeiros países a perceber os efeitos da poluição na qualidade de vida dos seus habitantes. A partir da inquietação com a manutenção de seus recursos hídricos, modificou uma parte da legislação e iniciou o processo de recuperação do rio Tâmsa - referência de valorização - onde o salmão e outras espécies voltaram a povoar o rio.

Como os salmões exigem boa qualidade de água, eles também retornaram na Alemanha e na França, após a despoluição de seus rios. Deve-se dizer que os ingleses continuam intensivamente trabalhando no processo de recuperação das bacias de seus rios, o qual implica no retorno das condições originais, o qual passou a ser conhecido “restoration” como se pode verificar no Manual of River Restoration Techniques, elaborado pelo River Restoration Centre, em 1995. Também os americanos vêm realizando importantes trabalhos de restauração na bacia dos rios da Baía do S. Francisco, na Califórnia, conforme relata WILLIAMS(2001).

Logo, é reconhecida a dimensão do perigo que ameaça os recursos hídricos, bem como as mudanças que se fazem necessárias em termos de aquisição de novos valores ambientais e de diferentes padrões de consumo para o êxito na implantação da sua gestão.

Desta forma, é importante identificar os problemas prioritários e os meios para enfrentá-los, concentrando os esforços para a manutenção e recuperação dos ecossistemas naturais. Ao aumentar a oferta e assegurar a qualidade hídrica, através do aproveitamento racional das águas, pode-se chegar ao desenvolvimento sustentável com a melhoria da qualidade de vida e minimizar os conflitos entre nações.

Sobretudo, o Estado do Rio de Janeiro, dotado de belezas naturais, importante pólo turístico brasileiro, que detém em sua legislação o Programa de Revitalização - PROHIDRO e a cobrança pelo seu uso, e que segundo MORENO JUNIOR(2004) vivencia sérios conflitos pelo uso da água, gradativamente alterada em sua qualidade e quantidade, porque algumas providências que não foram tomadas em momentos oportunos vêm gerando graves problemas à população como um todo.

Assim, entende-se que é necessário se recuperar perdas indispensáveis para a economia e bem estar, visto que existem regiões no Estado onde a criticidade quali-quantitativa se faz bastante acentuada e as condições excepcionais de beleza natural está comprometida, segundo MORENO JUNIOR(2004). Para tanto, é necessário iniciar a mudança do atual processo de degradação generalizada com o agravamento da poluição e das inundações em áreas urbanas e rurais, escassez de água, aridez de diversas regiões, por considerar a essencialidade da água para a vida e a sua importância para os diferentes setores de usuários, tornando o tema revitalização de cursos d'água como de relevância.

O trabalho de revitalização dos recursos hídricos é uma obra da sociedade e não

depende exclusivamente dos governos, exigindo não somente os esforços da população, mas, principalmente, dos gestores de recursos hídricos públicos e privados.

2. 2. Conceitos Fundamentais

2.2.1. Discussão sobre Revitalizar, Renaturalizar, Restaurar e Recuperar.

A apresentação das definições teve o intuito de auxiliar na elucidação sobre os diferentes termos utilizados e para buscar uma melhor aplicação destes.

Revitalizar, renaturalizar, restaurar e recuperar são palavras freqüentemente utilizadas nas publicações e pelos técnicos de recursos hídricos, com sentido semelhante, mas que têm significados bem diferenciados. Os diversos conceitos considerados neste trabalho não são definitivos e muitas discussões ainda poderão ser realizadas. Entretanto, a concepção adotada é a que se segue.

A palavra **revitalizar** significa “*tornar a ter vida, insuflar nova vida ou vigor; revigorar, reviver (renovar-se, ressurgir), readquirir força e vigor, revivificar (reanimar, acordar, despertar)*”, segundo o Pequeno Dicionário Enciclopédico - KOOGAN LAROUSSE (HOUAISS,1984) e o Novo Dicionário da Língua Portuguesa de AURÉLIO BUARQUE DE HOLANDA(1975). *Naturnaher* e *revitalization, restauration* são os termos mais utilizados em alemão e inglês, respectivamente. Como exemplo, revitalizar um rio significa buscar o retorno das condições ecológicas da flora e fauna natural (repovoamento das espécies, como o salmão nos rios Tâmisia – Inglaterra e Reno - Alemanha).

O termo **renaturalizar** não foi encontrado nos dicionários citados, porém encontramos o prefixo *re*, que significa movimento para trás, e a palavra **naturalizar** como sendo “*nacionalizar-se, adaptar—se dar a um estrangeiro os direitos de que desfrutam os cidadãos de um país, com a conseqüente perda de nacionalidade de origem, adquirem direitos atribuídos aos nativos*”. Desse modo, entende-se que naturalizar, não se refere ao estado natural, mas sim, obter uma oportunidade de ter um novo berço ou endereço.

Restaurar significa “*recuperar, reconquistar, reaver, recobrar, por em bom estado (construção ou obra de arte), reparar, consertar, compor, instituir novamente, restabelecer, restituir, renovar, reconstituir, revigorar, dar novo, esplendor, restabelecer-se, recobrar forças, voltar ao estado primitivo*”. Por exemplo, restaurar um quadro é buscar a sua forma original, sem considerar as condições do ambiente.

Recuperar significa “*recobrar, adquirir novamente, reabilitar*”, segundo os citados dicionários. Recuperar uma praça, uma lagoa, por exemplo, é poder oferecer nova modelagem, novo arranjo e até mesmo, melhorar algumas condições físicas e ambientais.

O termo revitalizar, atualmente, está sendo banalizado, pois entende-se que deveria ser utilizado apenas quando se vai reviver o sistema hidrológico, biológico, social e físico de um rio e de uma bacia hidrográfica.

Numa correlação de significado, o termo naturalizar poderia ser referente a um rio que sofreu mudanças no seu curso e ou transposição, se adaptando a uma nova bacia. Deve-se, portanto, ser dada condições para ser naturalizado, ou seja, ser recebido naquele novo ambiente e adequar seu escoamento às condições naturais daquela bacia que o recebeu. Um exemplo desse caso é o da bacia do rio Guandu, que recebe e aloja as águas vindas do Paraíba do Sul- domínio federal, e estas se tornam naturalizadas estaduais. Convém salientar que a bacia do rio Guandu pode revitalizar-se, ao criar condições propícias para reavivar seu sistema ecológico através da despoluição, adequação, proteção de seu novo curso e faixas marginais, de modo que sua biota tenha possibilidades de desenvolver e manter o equilíbrio da região. Neste caso, o curso será revitalizado, visto que recupera suas funções naturais e sua auto-sustentabilidade para servir de forma mais benéfica ao homem.

A revitalização da bacia hidrográfica aborda, fundamentalmente, a morfologia e os valores ecológicos dos sistemas fluviais e dos solos, a função da vegetação, os valores paisagísticos e estéticos, além das dimensões culturais da relação entre os recursos hídricos e a sociedade. Em geral, considera a importância do inter-relacionamento dos organismos vivos, interagindo no seu ambiente. Dentre outras coisas, busca recolocar os rios e córregos em seus meandros naturais e recuperar a qualidade da água, de tal forma que esta possa proporcionar o equilíbrio ambiental, a valorização das áreas da bacia hidrográfica e da região.

A revitalização da bacia tem a função de resgatar as funções hídricas e reconstituir a retenção natural das águas no solo, de recompor a permeabilidade do solo nas áreas de inundação, de restabelecer as áreas de drenagem naturais, equilibrar a movimentação de sedimentos, através de medidas indispensáveis para manutenção dos recursos naturais e de reduzir o impacto da influência do homem no recurso hídrico.

A qualidade hídrica é um dos quesitos mais importantes da revitalização. A água é um bem cobiçado e capaz de exercer o fascínio para as diversas classes sociais, seja pela sua capacidade de oferecer belezas paisagísticas e de seus benefícios à saúde física, emocional, espiritual, seja pela opção de lazer, tanto na calha natural e nas áreas de proteção, como nas praias formadas ao longo das faixas marginais e nas ilhas de assoreamento. Isso valoriza a região, faz com que as populações se voltem novamente para os rios e suas margens, buscando nelas o refúgio das pressões cotidianas do ambiente urbano, conforme pode ser visto na figura 1.



Figura 1 – O aproveitamento do rio para lazer

Fonte: BLW (2000)

A revitalização dos cursos d'água apresenta um valor em si mesmo e independe das eventuais medidas compensatórias que surjam em função da viabilização de obras ditas de recuperação de rios ou de outra remodelação, igualmente necessária, mas conceitualmente diferente, pois estas tratam-se simplesmente de recuperação urbanística ou sócio-econômica.

Em função da disseminação da idéia de que as obras de retificação de rios em galerias fechadas é a melhor forma de afastar as águas residuárias, muitas comunidades se opõem a revitalização e solicitam a realização de tais obras aos órgãos gestores. Este tipo de intervenção inviabiliza qualquer tentativa para revitalizar os rios.

Nota-se que há a necessidade de uma mudança conceitual, na qual o meio mais eficiente para usar e preservar os recursos hídricos e demais recursos naturais é através da revitalização dos sistemas antropizados ou da conservação dos sistemas ecológicos remanescentes.

Para isso, a compreensão ecológica é primordial, assim como, é indispensável estudar e buscar conhecer melhor a natureza através de diferentes abordagens. A compreensão científica dos fundamentos da ecologia é, portanto, um pré-requisito para qualquer ação empreendida de revitalização de recursos hídricos.

Segundo RICKLEFS (2003), a ecologia é o estudo científico do ambiente natural e das relações dos organismos uns com outros e com o seu entorno e, assim, à medida que se estressa a capacidade dos sistemas naturais de manter sua estrutura em funcionamento, a abordagem ecológica está se tornando cada vez mais urgente.

Os ecólogos e outros profissionais, embora ainda não sendo hegemônicos, já percebem de modo progressivo, que o meio efetivo de se manter o equilíbrio natural é através da conservação ou revitalização de ecossistemas inteiros, por entender que um ecossistema é um

sistema estável, equilibrado e auto suficiente, onde os organismos vivos interagem entre si e com o meio natural de maneira equilibrada (BRAGA,2002), conforme observa-se na figura 2. Há uma preocupação atual com a preservação da biodiversidade, como forma de estabilizar a função ecossistêmica em face da sua variação ambiental (RICKLEFS, 2003).

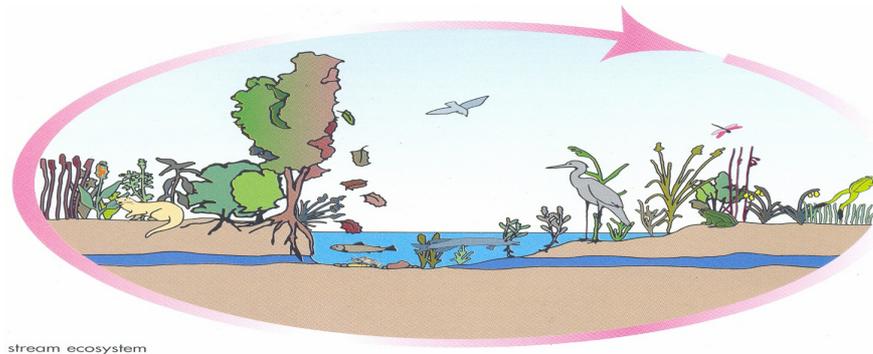


Figura 2 - O ecossistema natural

Fonte: LAWA(1997)

Segundo ainda este autor, podemos lidar com a variedade e a complexidade dos sistemas ecológicos, quando se compreende que eles dependem de quatro princípios apresentados a seguir:

1. Sistemas ecológicos são entidades físicas.

A vida é parte especial do mundo físico. Ela depende e também afeta o solo, a atmosfera, os lagos e os oceanos. A vida se constrói sobre as propriedades físicas e as reações químicas da matéria e funcionam dentro de restrições e limites estabelecidos por leis físicas e químicas que governam as transformações de energia. O mundo físico proporciona o contexto para a vida, mas também restringe sua expressão. Os sistemas biológicos são impotentes para alterar as qualidades físicas fundamentais da matéria e da energia, porém, dentro de amplos limites impostos pelas restrições físicas, a vida pode seguir muitas opções, e ela tem feito isso com impressionante criatividade.

2. Os sistemas ecológicos existem em estados estacionários e dinâmicos.

Um sistema ecológico continuamente troca energia e matéria com sua vizinhança, mas apesar disso, mantém suas características constantes. Um sistema em regime denominado estacionário dinâmico tem as entradas e saídas contínuas, mas permanece inalterado ao longo do tempo.

3. A manutenção de sistemas vivos demanda gasto de energia.

O que o organismo perde para seu entorno não é retornado para o ambiente sem custo. O preço para manter um sistema vivo como um estado estacionário dinâmico é energia. As

espécies dependem da manutenção dos sistemas ecológicos de suporte.

4. Os sistemas ecológicos sofrem mudanças evolutivas através do tempo.

Os atributos da vida mudam ao longo do tempo e estas mudanças são chamadas evolução. Embora as propriedades físicas e químicas da matéria e da energia sejam imutáveis, o que os sistemas vivos fazem com a matéria e a energia é tão variável, quanto toda a forma de organismo que existiram no passado e poderão existir no futuro. Quando a nossa interferência nos sistemas ecológicos é localizada e focalizada em somente uma ou poucas espécies, é possível lidar com a situação, uma vez que o problema básico seja compreendido. Infelizmente, muito de nossa influência no ambiente resulta de impactos múltiplos, amplos e difíceis para os cientistas caracterizarem e para os órgãos reguladores e legisladores controlarem.

Para entender melhor estes princípios e as **relações ecológicas no meio hídrico**, RICKLEFS considera que a água é o meio básico da vida e que os organismos exigem muitos elementos para construir suas estruturas biológicas necessárias e para manter um estado de equilíbrio dinâmico ou homeostase por meio de mecanismo de autocontrole e autoregulação, sendo que a disponibilidade destes elementos varia entre os ambientes (figura 3).



Figura 3 - Áreas de remanso para repovoamento de espécies

Fonte: BLW (2000)

CHRISTOFOLETTI(2002) diz que “*para compreensão das mudanças e dinâmica evolutiva dos sistemas ambientais varias noções surgem como fundamentais e em primeiro lugar destacam-se as perspectivas ligadas com a estabilidade e resiliência dos sistemas,*

incluindo as dos distúrbios e tempo de reação, que se completam com a análise da sensibilidade". Desse modo, com suas propriedades específicas, a água tanto sustenta como restringe a vida no mundo físico. Como ela é 800 vezes mais densa que o ar, proporciona flutuabilidade e uma sustentação considerável para os organismos, que são na maior parte constituídos de água, mas também por ser mais viscosa, impede o movimento (RICKLEFS, 2003).

A água possui entre suas propriedades uma imensa capacidade de dissolver compostos inorgânicos e essa propriedade, assim como sua abundância, a torna ideal para os sistemas vivos. As águas superficiais recolhem minerais dos substratos, dos quais escoam para a maioria dos lagos e rios, contém 01-0,002% dos minerais dissolvidos.

Ademais, ela conduz o calor rapidamente e resiste a mudanças de estado, entre as fases sólida, líquida e gasosa. Necessita acrescentar quinhentas vezes mais energia para evaporar uma quantidade de água, do que para elevar sua temperatura em 1 °C, se expande e se torna menos densa à medida que esfria, embora tenha a propriedade física da resiliência, isto é, acumular energia quando exigida ou estressada e voltar ao seu estado original sem qualquer deformação, possui distribuição relativamente uniforme, através dos corpos d' água e organismos.

Os recursos hídricos possuem substâncias dissolvidas coletadas na atmosfera ou nos solos e rochas por onde se movimentam. O oxigênio, abundante na atmosfera, é relativamente escasso na água, onde sua solubilidade e taxa de difusão são baixas. O oxigênio pode ser deplecionado por bactérias, produzindo condições anóxicas em ambientes onde ele não possa ser restabelecido pela fotossíntese. A vida aquática exige muitos elementos naturais e a escassez de nitrogênio e fósforo, freqüentemente, limita o crescimento das plantas. Os organismos são compostos por diversos elementos químicos: hidrogênio, carbono, oxigênio, nitrogênio, fósforo, enxofre, potássio, cálcio, magnésio e ferro.

Os íons de hidrogênio merecem especial atenção, porque são extremamente reativos. Em altas concentrações, afetam atividades na maioria das enzimas e trazem conseqüências geralmente negativas, para os processos vivos, assim como, com as rochas e os solos. Altas (2003).

O pH da água pura, definido como neutro, é 7. Entretanto, a maior parte das águas naturais possui o pH entre 6 e 9, levemente ácido a levemente alcalino. Os organismos mantêm seus ambientes internos com pH entre 6 e 7, próximos ao neutro. No entanto, alguns organismos conseguem tolerar acidez alta, com pH tão baixo, quanto 4, como algumas cianobactérias.

A maior parte da energia para a vida vem, fundamentalmente, da luz do sol. A

profundidade da zona eufórica, em cujo limite inferior a fotossíntese equilibra a respiração, varia de 100 m em águas claras a alguns centímetros em águas turvas ou poluídas, onde a luz do sol é atenuada.

Os mananciais, como sistemas ecológicos, estão sujeitos a mudanças através do tempo. Para permanecerem num estado dinâmico de equilíbrio são necessários que troquem continuamente matéria e energia com seus arredores de forma que seus ganhos e perdas sejam compensados. Relacionada com as noções de estabilidade e sensibilidade encontra-se a vulnerabilidade, que define o nível em que uma mudança climática pode prejudicar ou destruir um sistema. (CHRISTOFOLETTI, 2002)

Nota-se que a maior parte da circulação de elementos acontece em meio aquoso, de forma que os processos químicos e bioquímicos envolvidos, não diferem de modo marcante entre os meios terrestres e aquáticos. O que se destaca, em relação à maioria dos rios, lagos e oceanos é o movimento de nutrientes para dentro das camadas inferiores de água e depósitos de sedimentos bentônicos, a partir dos quais são regenerados e retornam as zonas de produtividade de modo relativamente lento. As algas e plantas aquáticas assimilam nutrientes da coluna d'água, nas camadas superiores iluminadas (fóticas), freqüentemente removidos dos sedimentos do fundo. Os sedimentos aquáticos muitas vezes se tornam deplecionados de oxigênio, o que retarda bastante a maioria das transformações bioquímicas e modifica os caminhos através dos quais alguns elementos são reciclados.

Na verdade, as contribuições procurando analisar a sensibilidade das paisagens e dos seus componentes, como reações e mudanças perante o comportamento dos fatores controlantes, ainda são raras e no campo analítico há maior desenvolvimento nos setores de geomorfologia e da hidrologia. Os estudos da sensibilidade, em hidrologia, são aplicados na análise de evapotranspiração, recarga e fluxo das águas subterrâneas, escoamento superficial e fluvial, qualidade das águas, etc.(CHRISTOFOLETTI, 2002).

Assim, o manejo dos recursos bióticos, numa forma que sustente uma razoável qualidade de vida humana, depende do uso inteligente dos princípios ecológicos para resolver ou prevenir problemas ambientais e *dos fatores físicos controlantes dos sistemas que envolvem os condicionamentos gerais ligados com o clima e geodinâmica, e com as interações funcionais entre seus componentes, ligados com os processos geomorfológicos, hidrológicos e ecossistêmicos.* (CHRISTOFOLETTI, 2002).

Do mesmo modo que não se devem negligenciar os princípios ecológicos, esforços devem emergir para compreender a natureza, com sua variedade de espécies e complexidade, a fim de se empreender intervenções hidráulicas, geológicas, entre outras, contempladas nos projetos de revitalização

2.2.2 - Princípios Aplicáveis à Revitalização

Quase não existem cursos d'água em seu estado natural a partir de suas nascentes até a foz. Os rios foram encurtados através de retificações, tiveram suas matas ciliares reduzidas e seus espaços marginais naturais ocupados. A consequência disto constitui um risco imprevisível para a sociedade, face à redução das reservas de recursos hídricos superficiais e subterrâneos e dos espaços para as águas dos eventos de inundações.

Dentre alguns princípios estabelecidos para uma gestão sustentável dos recursos naturais, pode-se destacar aqueles que constam nas legislações sobre recursos hídricos de âmbitos nacional e estadual. Estes princípios caracterizam bem a importância e os valores da água. A Lei Estadual N° 3.239/99 considera a água *“um recurso essencial à vida, de disponibilidade limitada, dotada de valores econômico, social e ecológico é um bem de domínio público, considerada em toda a unidade do ciclo hidrológico, que compreendem as fases: aérea, superficial e subterrânea. A bacia hidrográfica constitui a unidade básica de gerenciamento dos recursos hídricos”*.

A atenção desses princípios é fundamental na execução de qualquer intervenção, podendo levar ao encontro dos meios mais adequados e harmônicos da ação e preservação ecológica, principalmente quando se tratar de modificações em corpos hídricos. Ao se abordar a indissociabilidade entre água subterrânea e superficial, assim como a compatibilização entre os usos múltiplos efetivos e potenciais, em função da intensidade do uso, se impõe uma unidade na administração da quantidade e qualidade das águas a fim de recuperar e manter estas características, além de mitigar o efeito dos impactos.

Tais princípios devem ser observados de modo permanente, por orientar e aprimorar a implementação das ações e por permitir que o desempenho ambiental e social estabelecido na política do setor hídrico seja mantido, potencialmente aperfeiçoado e avaliado.

Alguns fundamentos da gestão de recursos hídricos são considerados de grande relevância para a revitalização de cursos d'água. Eles constam na publicação de número 11 do PLANÁGUA (2001a). Dentre eles destacamos os seguintes :

- A qualidade da água é fundamental.
- Os leitos naturais e a sinuosidade original devem ser respeitados.
- Matas ciliares com espécies nativas são imprescindíveis.
- A água e a vegetação constituem paisagens essenciais para os seres.
- A educação ambiental deve ser de orientação e participação da comunidade.

E as reflexões são:

- Rios e córregos sendo ecossistemas complexos são considerados muito mais que

simples transportadores de água. São espaços vitais para muitas espécies da flora e fauna e permitem múltiplos aproveitamentos pelo homem;

- Rios e córregos são essenciais a vida e não são somente áreas de exploração econômica;
- Rios e córregos são repletos de dinâmicas e de cenários naturais que valorizam os espaços urbanos e rurais e que têm importante papel para o bem estar e equilíbrio emocional do homem;
- Rios e córregos necessitam de seus espaços naturais livres para que o escoamento de suas vazões médias e máximas possa ser realizado de forma natural e sem problemas para os homens;
- Rios e córregos exercem fascinação e são áreas naturais de recreação, lazer e contemplação;
- Rios e córregos devem ser protegidos contra o lixo e esgotos visando a saúde e bem estar do homem;
- Rios e córregos têm múltiplos usos e precisam de quantidades e qualidades mínimas para sua sobrevivência;
- Rios e córregos têm influências decisivas nas paisagens e exercem papel decisivo no processo de ocupação do solo e desenvolvimento de núcleos populacionais e industriais.

Visando entender melhor a necessidade de revitalização de bacias hidrográficas, também se relacionam alguns princípios básicos para a prevenção e mitigação de enchentes, encontrados no documento: Práticas Para Prevenção, Proteção e Mitigação de Enchentes realizado pelas Nações Unidas e Comunidade Econômica Européia (UN/ECE, 2003) relacionados a seguir.

- Eventos de inundação fazem parte da natureza. Riscos naturais sempre existiram e continuarão a existir;
- A sociedade está mais vulnerável aos riscos naturais. As intervenções humanas nos processos da natureza, como urbanização, práticas agrícolas e desmatamentos, é causado modificações consideráveis em toda a bacia hidrográfica e intensificado as inundações;
- Os riscos de inundação tendem a aumentar com as mudanças climáticas. O risco é definido pela probabilidade de ocorrência multiplicada pelo impacto. O planejamento da proteção contra inundações já não pode ser restrito a proteger alguns pontos isolados;
- A proteção de inundação nunca é absoluta. O grande desafio é o gerenciamento adequado do risco;

- Rios não reconhecem fronteiras. É importante levar em conta a totalidade da bacia hidrográfica.

2.2.3. Impactos Ambientais sobre os Ecossistemas Aquáticos e os Recursos Hídricos

Impacto ambiental é caracterizado pela resolução CONAMA 01 (1986), como “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetam: a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a fauna e flora; as condições estéticas e sanitárias do ambiente e a qualidade dos recursos ambientais”.

A evolução da ocupação da bacia hidrográfica, no qual origina modificações no seu regime hídrico e intensificando as inundações e estiagens pode ser apresentada em 4 etapas :

A. bacia natural ; B. bacia rural; C. Bacia rural- urbana; C. Bacia urbana-industrial, conforme figura 4

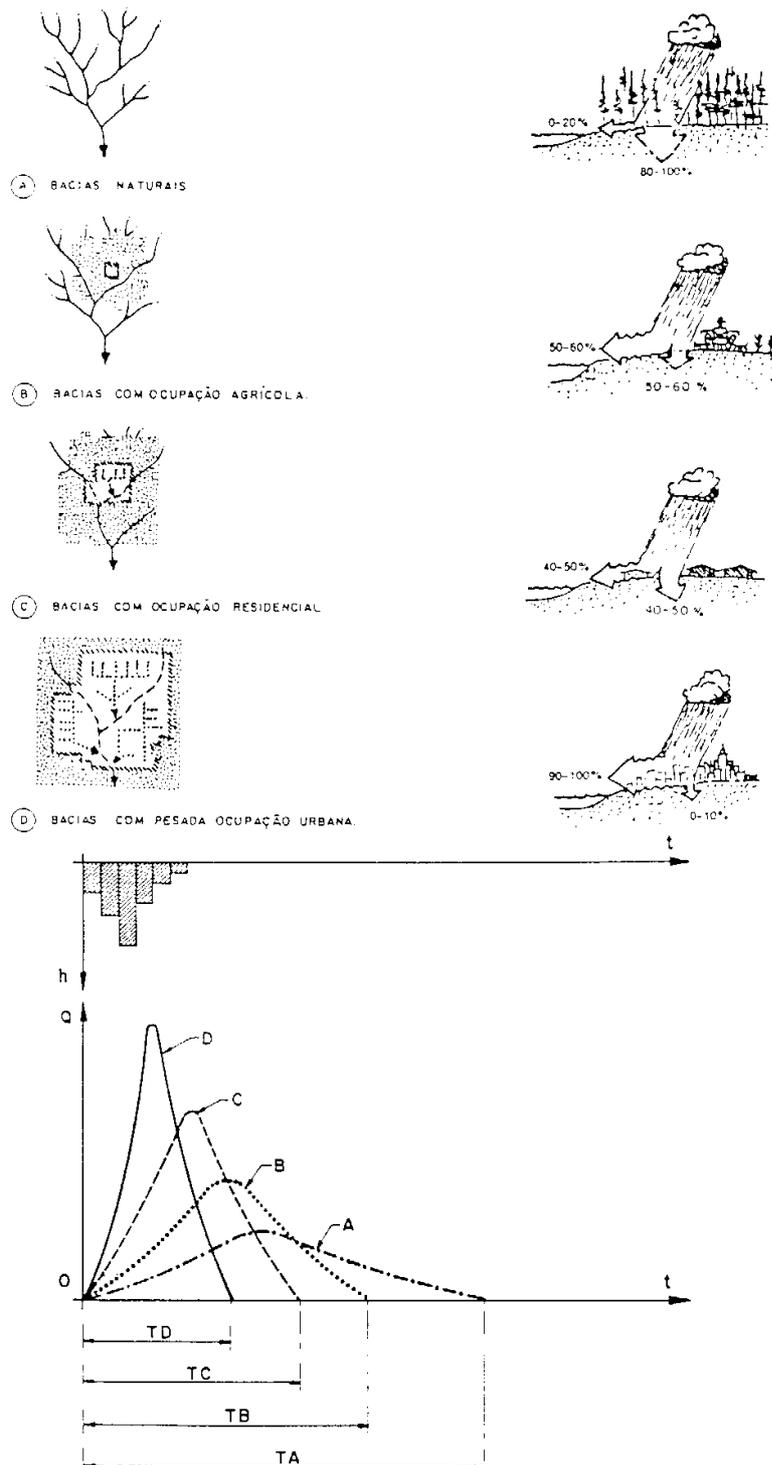


Figura 4 – Alterações no escoamento d'água na bacia hidrográfica geradas pelas diferentes formas de ocupação do homem.

Fonte: OTTONI (1996)

O conjunto de ações produzidas pelas atividades humanas ao explorar os recursos hídricos para expandir o desenvolvimento econômico e fazer frente às demandas industriais e agrícolas e ao crescimento da população, foi se tornando complexo ao longo da história da humanidade (TUNDISI, 2003).

Os diferentes impactos produzidos pelo homem no decorrer da história estão sucintamente representados no quadro 1, o qual nos dá uma idéia da evolução dos diferentes usos antrópicos com o tempo.

Neste quadro são apresentados alguns exemplos de cadeias de impactos produzidos pelas mais diversas atividades humanas, além da colocação em risco dos recursos hídricos e valores/serviços de ecossistemas. Essa percepção dos "serviços" do ecossistema é importante por representar uma valoração para cada ecossistema aquático, seja ele rio, lago, represa, área alagada, tanque ou outro sistema natural ou artificial. Essa valoração é utilizada nos cálculos econômicos, nos valores de perda de serviços, bem como para estimar os custos do seu tratamento e da sua recuperação. Trata também da inter-relação entre os vários componentes dos sistemas terrestres e aquáticos e a interdependência de fatores como, clima, biodiversidade, cobertura florestal, produção de alimentos.

Quadro 1 – Relação entre várias atividades humanas e os impactos nos ecossistemas aquáticos e nos serviços

Atividade humana	Impacto nos ecossistemas aquáticos	Valores/serviços em risco
Construção de Represas	Altera o fluxo dos rios e o transporte de nutrientes e sedimento e interfere na migração e reprodução de peixes.	Altera habitats e a pesca comercial e esportiva. Altera os deltas e suas economias
Construção de diques e canais	Destroi a conexão do rio com as áreas Inundáveis	Afeta a fertilidade natural das várzeas e o controle das enchentes
Alteração do canal natural dos rios	Danifica ecologicamente os rios. Modifica os fluxos dos rios.	Afeta os habitats e a pesca comercial e esportiva. Afeta a produção de hidroeletricidade e transporte.
Drenagem de áreas alagadas	Elimina um componente-chave dos Ecossistemas aquáticos.	Perda de biodiversidade. Perda de funções naturais de filtragem e reciclagem de nutrientes. Perda de habitats para peixes e aves aquáticas.
Desmatamento / uso do solo	Altera padrões de drenagem, inibe a Recarga natural dos aquíferos e aumenta a sedimentação.	Altera a qualidade e a quantidade da água, da pesca comercial, da biodiversidade e do controle de enchentes.
Poluição não controlada	Diminui a qualidade da água.	Altera o suprimento de água. Aumenta os custos de tratamento Altera a pesca comercial. Diminui a biodiversidade. Afeta a saúde humana

Remoção excessiva de biomassa	Diminui os recursos vivos e a Biodiversidade.	Altera a pesca comercial e esportiva. Diminui a biodiversidade. Altera os ciclos naturais dos organismos.
Introdução de espécies exóticas	Elimina as espécies nativas. Altera os ciclos de nutrientes e os ciclos biológicos.	Perda de habitats e alteração da pesca comercial. Perda da biodiversidade natural e de estoques genéticos.
Poluentes do ar (chuva ácida) e metais pesados	Altera a composição química de rios e lagos.	Altera a pesca comercial. Afeta a biota aquática. Afeta a recreação. Afeta a saúde humana. Afeta a agricultura.
Mudanças globais no clima	Afeta drasticamente o volume dos recursos hídricos. Altera padrões de distribuição de precipitação e evaporação.	Afeta o suprimento de água, transporte, produção de energia elétrica, produção agrícola e pesca. Aumenta enchentes e fluxo de água em rios.
Crescimento da população e padrões gerais do consumo humano	Aumenta a pressão para construção de Hidroelétricas e aumenta a poluição da Água e a acidificação de lagos e rios.	Afeta praticamente todas as atividades econômicas que dependem dos serviços dos ecossistemas aquáticos.

Fonte: TURNER *et al.* (1990b); NAS (1999); TUNDISI *et al.* (2000); TUNDISI (2002)

Na tabela 2 é apresentada uma relação de impactos provocados por intervenções, ou medidas de controle, realizadas em lagos interioranos de água doce, tais como produção de odores, mortandade de peixes, etc.

Tabela 2 – Problemas de qualidade de águas

AÇÃO	REAÇÃO							
	Odores	Mortalidade de peixes	Algas tóxicas	Interferência com natação	Redução da pesca comercial	Crescimento excessivo de macrófitas	Água de abastecimento de baixa qualidade	Florescimento excessivo de algas
Dragagem		X			X			X
Aeração Hipolimnética	X	X		X			X	
Inutuição de nutrientes				X	X	X		X
Alteração da circulação	X	X						X
Algicidas			X					X
Biomaniplação			X	X		X		X
Diluição/aumento do fluxo	X	X			X			X
Remoção de águas hipolimnéticas	X	X				X		

cas								
Secagem do lago	X					X		X
Coleta de biomassa			X	X				X
Cobertura de sedimentos	X	X						

Fonte: TUNDISI et al (2003)

No quadro 2 é apresentada uma síntese de algumas ações que vêm causando impactos nos ecossistemas aquáticos e, conseqüentemente, sobre a biota.

Quadro 2 – Ações impactantes em ecossistemas aquáticos e na biodiversidade aquática

- Remoção de vegetação ciliar dos rios, lagos ou represas
- Remoção de áreas alagadas
- Construção em áreas alagadas
- Eutrofização excessiva
- Uso excessivo de equipamentos de recreação
- Introdução de espécies exóticas, especialmente espécies predadoras
- Aumento da navegação e transporte
- Aumento da toxicidade aquática
- Poluição e contaminação
- Construção de represas
- Aumento do material em suspensão na água
- Alteração do nível da água e interferência no regime hidrológico
- Canalização excessiva

Fonte : TUNDISI et al. (1988)

Os efeitos destas intervenções de ocupação sobre o ambiente podem ser variáveis e caracterizadas como de impacto pontual a linear, de desencadeamento imediato a escalonado, acumulação linear, magnitude de pequena a grande, além de outros, conforme apresentado no quadro 3. ROHDE(1988) relata que os impactos se caracterizam segundo diversos elementos, como: tempo, extensão, duração, etc.

Quadro 3 - Características dos Impactos

ELEMENTOS DOS IMPACTOS	POSSIBILIDADES
Desencadeamento	Imediato, diferenciado, escalonado
Frequência ou temporalidade	Contínua, descontínua, época do ano
Extensão	Pontual, areal-extensivo, linear, espacial
Reversibilidade	Reversível/temporário, irreversível/permanente
Duração	1 ano ou menos, de 1 a 10 anos, de 10 a 50 anos
Magnitude	Grande, média, pequena
Importância	Importante, moderada, fraca, desprezível, etc. (significação local)
Sentido	Positivo, negativo
Origem	Direta (efeitos primários), indireta (efeitos secundários, terciários, etc.).
Acumulação	Linear, quadrática, exponencial, etc.
Sinergia	Presente (sim), ausente (não)
Distribuição dos ônus/benefícios	Socializados, privatizados

Fonte: ROHDE (1988)

2.2.4. Desenvolvimento Sustentável e Educação Ambiental

Os impactos ambientais nos recursos hídricos e nos solos gerados pelas atividades humanas estão entre os maiores desafios à serem enfrentados. A busca de alternativas e de soluções adquire especial importância neste milênio, por exigir muita coragem e esforço, talvez nunca experimentado antes, para reverter o processo de degradação, primordialmente nas áreas urbanas, a de maior concentração das populações.

As questões ambientais, no presente, nos levam à pensar na necessidade do surgimento de uma nova ética que seja compreensível a todos, e vigorosa o suficiente para mudar as relações entre a sociedade e a complexa rede de processos naturais que sustentam a vida no planeta. Para tal, é preciso um melhor entendimento de que as ações intervenção humana no ambiente devem ser realizadas de forma integrada (ODUM, 1983).

No Brasil, a crise ambiental é muito grave e uma das inúmeras deficiências diz respeito ao nível insatisfatória da educação da população com aproximadamente 15 milhões de pessoas com mais de 15 anos que não sabem ler, nem escrever, e com cerca de 32 milhões que não dominam a leitura (IBGE, 2003). Em pleno século XXI, com tanta terra, água, insolação e recursos naturais não deveria haver a considerável deterioração social e ambiental

que ocorre no país.

Pautando-se no reconhecimento da dependência existente entre as atividades econômicas e a capacidade de sustentação dos sistemas ecológicos, já se delineia, em nível mundial, uma proposta de desenvolvimento, que busca o caminho da sustentabilidade ao integrar a dimensão ecológica aos mecanismos de intervenção humana nos ecossistemas. Esta visão se contrapõe à visão tradicional e aponta para a construção de comunidades humanas sustentáveis a partir de referenciais como interdependência, reciclagem, diversidade, etc.

Para enfrentar os desafios que se colocam, as estratégias e os programas governamentais devem ser repensados, reconhecendo-se a estreita relação entre as alternativas de desenvolvimento e as questões básicas e essenciais para a vida, tais como, a redução das reservas de água doce, o avanço de processos de desertificação, as mudanças climáticas, a devastação das florestas, a redução da biodiversidade, a qualidade do ar que se respira e a perda do solo agrícola, dentre outras.

O conceito de desenvolvimento sustentável é muito amplo e está sujeito a muitas controvérsias. Fundamentalmente, ele é visto como um processo de transformação que deve contemplar o atendimento das necessidades básicas, num ambiente socialmente justo, onde a vitalidade e a diversidade do planeta sejam preservadas, melhorando as perspectivas de vida das gerações futuras.

O Relatório Brundtland, assim chamado, em referência ao nome da presidente da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU (Nosso Futuro Comum, 1991) conceitua que “*o desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que satisfaz às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras*”.

Esse relatório recomenda algumas medidas à serem efetivadas por cada país, a nível interno, como ações estratégicas na busca da sustentabilidade. Assim, são propostas resoluções para as questões relativas à educação e saúde da população, preservação da biodiversidade dos ecossistemas, redução do consumo de energia, controle da urbanização, aumento da produção industrial dos países não-industrializado com base em tecnologias alternativas ecologicamente adaptadas, dentre outras.

Há de se reconhecer a importância das propostas que reúnem prudência ecológica, eficácia econômica e justiça social, refletindo a solidariedade com as gerações futuras, o respeito à diversidade cultural, o uso sustentável dos recursos naturais e colocando uma nova proposta de visão de mundo.

A partir do Relatório de Brundtland e da Conferência Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), ocorrida no Rio de Janeiro em 1992, emerge um novo discurso nos programas governamentais que passaram à incorporar a proposta do desenvolvimento

sustentável, resultante de uma história de conflitos entre o econômico e o ecológico.

É necessário que ocorra mudanças profundas no comportamento das pessoas e dos técnicos para assegurar formas de uso ecologicamente equilibradas e para garantir um uso racional dos recursos naturais, principalmente, dos finitos recursos hídricos. Isto só poderá ocorrer através de um processo de sensibilização de setores representativos da população e do desenvolvimento efetivo da educação ambiental, a fim de contribuir com o novo paradigma da sustentabilidade que leve à mudança da predatória relação homem-sociedade-natureza nos moldes atuais.

Tratar das questões ambientais como tema transversal e colocá-las como exercício de cidadania, passou a ser o grande desafio a ser assumido pela atual política educacional brasileira. A abordagem ecológica deixa de ter um enfoque puramente biológico e passa a ter um enfoque eco-sociológico, próprio da amplitude ambiental.

A obra de Paulo Freire subsidia a educação ambiental. Ele ensinou que “não só o processo de como se pode conhecer, mas, sobretudo, através de sua práxis teórica nos oferece meios para refletirmos sobre o ético, o político e o pedagógico no ato de ensinar-aprender” (FREIRE, 1997, pág. 30).

Ana Maria Araújo Freire relata um depoimento de Paulo Freire que transcrevemos a seguir: “... a trágica transgressão da ética nos adverte de como urge que assumamos o dever de lutar pelos princípios éticos mais fundamentais como do respeito à vida dos seres humanos, à vida dos outros animais, à vida dos pássaros, à vida dos rios e florestas. A ecologia ganha uma importância fundamental neste fim de século. Ela tem de estar presente em qualquer prática educativa de caráter radical, crítico ou libertador” (FREIRE PAULO apud ARAÚJO FREIRE, 2003, pág.16). Para melhor compreender a importância da educação ambiental ela diz que: “a educação ambiental começa ao fazermos compreensível a natureza, da qual, dizemos ter os seus mistérios. Ela é misteriosa ou nossa ignorância ou vontade de destruí-la por ganâncias econômicas é que nos faz dizermos, muitas vezes, ser ela ameaçadora, enigmática” (ARAÚJO FREIRE, 2003, pág.13).

Desse modo a educação ambiental pode ser concebida como um processo contínuo de educação, não só de conteúdos, mas prioritariamente de posturas e de libertação, de conscientização dos valores da vida e da ética humana. A relação com a natureza deve ser de equilíbrio, de prudência e de harmonia. Visa à construção de uma consciência crítica sobre o processo das relações históricas entre a sociedade e a natureza, capaz de promover a transformação de hábitos, atitudes e valores necessários à reorganização dessas relações.

Diante do triste quadro atual de degradação e de falsas crenças no progresso através de intensivas construções de concreto em áreas de proteção dos ecossistemas, considera-se

fundamental intensificar a educação para estabelecer uma consciência ambiental.

A educação ambiental permite reconhecer, criar ou recriar os conhecimentos e saberes e torna possível resgatar o mundo da natureza e da cultura, se houver vontade política e seriedade.

Nesse sentido a metodologia a ser empregada deve ser avançada e mostrar com clareza os caminhos de uma necessária conscientização e mobilização para a preservação da vida e da sua qualidade. É preciso saber se as ações à serem empreendidas são eticamente corretas, cientificamente rigorosas, pedagogicamente e ideologicamente adequadas e eficazes. Se não for assim, com relação aos recursos hídricos, a gestão destes não atenderá aos seus próprios pressupostos que institui a participação social e democrática.

Belas paisagens e rios saudáveis sinalizam boas perspectivas no contexto social, econômico, ambiental e político e estimulam a vocação turística de áreas revitalizadas à serem aproveitadas como áreas de relevante interesse e uma alternativa de geração de emprego e renda.

É preciso enfatizar que os problemas de recursos hídricos em diversas bacias hidrográficas necessitam e clamam por soluções. Cabe aqui a reflexão: *“é inadiável que, solidária e seriamente trabalhemos à procura de caminhos viáveis para resolver os problemas do meio ambiente que tornamos ecológica e socialmente adverso em todas as esferas da vida”* (ARAÚJO FREIRE, 2003, pág.30). Essa tarefa exige uma ação sobre a degradação que nos aflige e é passível de ser concretizada nos projetos de revitalização de rios.

A vantagem da educação ambiental como componente dos projetos de revitalização é de ampliar a consciência dos problemas advindos com o rompimento da relação do homem com a natureza e como ele deve buscar a interação com os ecossistemas naturais de forma criativa. Assim ela deve ter como objetivos:

- Promover a consciência crítica coletiva, de modo mais profundo, capaz de discernir a importância da conservação dos recursos hídricos e da preservação dos diferentes ambientes, como base para sustentação da qualidade de vida;
- Promover as transformações necessárias à manutenção e equilíbrio dos recursos naturais
- Cooperar para que haja a interação entre a sociedade e a natureza e considerar o ambiente como patrimônio da sociedade e fator que responde pelo bem estar e pela qualidade de vida;
- Sensibilizar e preparar a população para a implantação do saneamento básico na busca da qualidade da água.

Atualmente, a educação ambiental está centrada, sobretudo, em produção de material educativo e para atender às demandas espontâneas. As temáticas abrangem, em geral, a água e o lixo, mas deveriam contemplar também o uso do solo, a vegetação e a legislação ambiental.

A mobilização, cursos de curta duração e capacitação de agentes multiplicadores devem constituir as atividades centrais de projetos de revitalização. Os projetos de educação ambiental nas bacias hidrográficas devem ser concebidos em torno de intervenções voltadas para reforçar a construção dos conceitos e princípios norteadores da sustentabilidade ecológica, cultural, social e econômica. A promoção de ações de capacitação para agentes multiplicadores de forma a estender o programa a todos os setores da sociedade, visa à adoção de práticas ambientais mais adequadas à realidade local com vistas à preservação do meio ambiente e melhoria da qualidade de vida. Cada uma delas deve ser composta por programas prioritários mínimos.

- Proteção dos recursos hídricos e do meio ambiente com ações de reflorestamento das áreas de proteção das faixas marginais e nascentes;
- Ordenamento dos espaços físicos com ações no Plano de ocupação do solo urbano e rural;
- Educação ambiental básica para todos incluindo promoção da cidadania e saúde;
- Desenvolvimento sustentável da economia e geração de emprego visando o desenvolvimento do comércio, dos serviços e do turismo.

Dentre as estratégias de intervenção da educação ambiental, a proteção dos recursos hídricos e do meio ambiente aparece em posição de destaque. Proteção esta entendida não como defesa da intocabilidade, mas que comporte a utilização dos recursos naturais, assegurando sua conservação e renovação. Esta concepção enfatiza o papel dos recursos naturais para o processo produtivo, para a manutenção e continuidade da vida e para a conservação da paisagem.

O processo de institucionalização das ações voltadas para a melhoria dos recursos hídricos e do meio ambiente no Estado do Rio de Janeiro foi iniciado com a criação da legislação ambiental e de instituições, em 1975. A SERLA- Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas e a FEEMA- Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente, assumiram papel de destaque ao serem constituídas para desempenhar funções ambientais integradoras, com responsabilidade de planejar e executar as ações educativas dirigidas à preservação e conservação das águas e do ambiente no âmbito estadual. Dentre as diversas atribuições, estes órgãos devem:

- Operar concomitantemente, nos níveis individuais e coletivos, visando à incorporação de novos hábitos e valores que resultem na adoção de práticas e comportamentos coerentes com a conservação dos recursos naturais, e conseqüente sustentabilidade dos processos produtivos;
- Trabalhar o ambiente como produto das interações entre os fatores biofísicos, sociais, econômicos e políticos, possibilitando a percepção dos elementos naturais e construídos;
- Situar-se como um dos elementos essenciais, dentro do processo de construção do desenvolvimento sustentável, visando instrumentalizar a população com bases intelectuais, éticas e técnicas, tornando-a capaz de perceber, compreender e resolver de modo eficaz os impactos gerados;
- Demonstrar que a questão ambiental comporta, também, a satisfação de construir, de resguardar as tradições, de apreciar o belo, o agradável, como mecanismo de promoção de bem-estar, da qualidade de vida e como preservação da identidade cultural;

Assim, cada indivíduo descobre a si mesmo e reconhece na educação ambiental novos caminhos para interagir com seus bens históricos, culturais e ambientais. Aprende a reconhecer que a riqueza natural e cultural de sua região ou bacia hidrográfica é patrimônio de todos os moradores. A partir dessa consciência, procura-se reconhecer suas potencialidades, identificar os processos de degradação do ambiente e contextualizá-los, para encontrar novas formas de sentir, pensar e agir. As ações de educação ambiental devem:

- Processar-se sob a ótica da interdisciplinaridade, onde os processos interativos entre as diferentes áreas do conhecimento vão permitir uma melhor compreensão da totalidade. Nesse sentido busca-se um caminho metodológico para integrar o conhecimento entre as ciências naturais e sociais;
- Desenvolver o espírito crítico e a criatividade do cidadão quanto às alternativas locais de desenvolvimento sustentável, na busca de um ambiente saudável e ecologicamente equilibrado para as presentes e futuras gerações;
- Estimular a participação em todas as etapas e formas de atuação da educação ambiental, como processo de conquista que se dá no jogo das forças sociais no exercício da cidadania e na luta pelo acesso à melhor qualidade de vida da população;
- Buscar a descentralização, entendida como uma prática intersetorial e interinstitucional, através da inserção da educação ambiental nas políticas públicas de meio ambiente, saúde, saneamento, educação.

O imperativo da existência é a primeira condição para a ética de responsabilidade com o futuro e o conceito de responsabilidade implica respeito. Esta compreensão leva-nos à estratégias com ações de educação ambiental para o desenvolvimento sustentável com a recolocação da vida no seu lugar de honra, ao testemunhar, respeitar, cuidar, renunciar, ser responsável de tudo e de todos, que é um agir possível e essencialmente ético por estar na esfera do nosso poder (ZANCANARO, 2003).

Assim, configuram-se dois eixos estratégicos: um, que se estrutura em torno do núcleo das ações institucionais de educação (formal) e das ações desenvolvidas por diferentes atores sociais, e outro, que se articula em torno de ambientes e sistemas diversos de desenvolvimento, tais como: desenvolvimento urbano, recursos hídricos, desenvolvimento rural, indústria, turismo, saúde, ciência e tecnologia. Em qualquer dessas duas linhas estratégicas, destaca-se uma dimensão ampla, abrangente, de caráter externo, voltada para a população, compreendida em diferentes segmentos sociais. O estímulo ao exercício da cidadania sinaliza para a importância da participação de atores e agentes sociais como elementos fundamentais na construção e efetivação das ações de revitalização.

Devem ser definidos os seguintes caminhos estratégicos:

1) Promover a participação e a mobilização da comunidade na defesa do patrimônio natural, histórico e cultural, em níveis da bacia hidrográfica, local, regional e global. Em torno desse eixo básico alinham-se as seguintes estratégias:

- Valorizar a identidade cultural local, pelo incentivo à preservação dos recursos hídricos e do meio ambiente, compatíveis com a preservação e ou conservação hábitos culturais, produções artísticas e estilos de comportamento característicos da região;
- Resgatar os laços afetivos das pessoas com os rios e o lugar de moradia, como motivação para a aprendizagem e incorporação de comportamentos voltados para a preservação e conservação do patrimônio natural, histórico, cultural e arquitetônico da região.
- Instrumentalizar a população, para torná-la co-responsável pela segurança e integridade cultural, sob os fundamentos do desenvolvimento sustentável, propiciando a compreensão das relações econômicas e políticas que estão em jogo na construção dessa alternativa de desenvolvimento;
- Viabilizar parcerias entre governo, empresariado e outros segmentos organizados da sociedade na implementação das ações de educação ambiental;
- Estimular a coletividade a exercer a cidadania em defesa dos recursos hídricos, como patrimônio da sociedade global e, de modo particular, dos recursos naturais, das unidades de conservação, comunidades autóctones, espécies e ecossistemas

ameaçados;

- Promover o desenvolvimento de recursos humanos público e privado, voltados à competência para trabalhar a dimensão ambiental no processo educativo;
- Fomentar intercâmbios com outras regiões, buscando integração numa perspectiva global de defesa e implementação da Agenda 21;
- Reconhecer a escola como fator de transformação, portanto, um espaço capaz de promover a conscientização necessária à construção de uma sociedade justa para as presentes e futuras gerações.

2) Promover a participação da comunidade nas decisões referentes ao desenvolvimento e implementação de políticas públicas relacionadas ao meio ambiente e aos recursos hídricos, principalmente através dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Em torno desse eixo alinham-se as seguintes estratégias:

- Estimular a participação da população no processo de elaboração, acompanhamento e avaliação de planos de bacias hidrográficas e planos diretores de desenvolvimento urbano;
- Promover a compreensão da cidade, como um ecossistema construído, mostrando a necessidade de se compatibilizar a vida urbana, os cursos d'água e a qualidade ambiental;
- Estimular a participação da população nas decisões referentes à gestão dos recursos hídricos, fortalecendo os mecanismos democráticos locais de gestão;
- Promover a capacitação das comunidades rurais, para exercer a gestão e o monitoramento de recursos naturais essenciais ao processo produtivo;
- Estimular a pesca responsável, através de mecanismos locais de gestão;
- Fomentar a implantação de programas sistemáticos em educação ambiental junto às indústrias, com vistas a estimular a adoção de processos, condutas e produtos mais condizentes com a preservação ambiental;
- Defender um turismo sadio e ordenado, que respeite as singularidades ecológicas e culturais da região como patrimônio social;
- Fomentar a implantação de projetos sistemáticos em educação ambiental, que trabalhem a articulação entre saúde e meio ambiente, com vistas à transferência de informações e desenvolvimento de capacidades, hábitos e atitudes para assegurar saudáveis condições de vida;
- Fomentar o desenvolvimento florestal, visando tornar as regiões valorizadas ecológica,

social e economicamente, buscando-se alternativas de fomento florestal com restabelecimento de corredores ecológicos, ligando fragmentos florestais de significativa importância na revitalização dos rios e das bacias, através de atividades educação ambiental;

- Promover a conscientização da importância ecológica, da função social e econômica de áreas de recreação e parques, os quais estimulam o turismo e permite geração de trabalho e renda para a população;
- Despertar a visão para as belezas naturais de nossos rios e florestas, que são bens econômicos cuja manutenção é decisiva para desenvolver a indústria do turismo;
- Promover pesquisas sobre recursos hídricos visando estender sobre as suas possíveis interações com as mudanças climáticas da terra e nos problemas das inundações e secas.

2.3. Mecanismos de Proteção da Bacia Hidrográfica

2.3.1. Antecedentes

A humanidade apenas nos últimos anos se convenceu da necessidade de dar atenção especial aos recursos hídricos devido aos problemas de sua escassez e degradação, seja em termos mundiais, nacionais ou regionais.

A Organização das Nações Unidas manifestou, no capítulo 18 da agenda 21, as sérias preocupações em relação ao futuro da água e as diretrizes para um programa de suporte técnico para a gestão dos recursos hídricos, em todo o mundo.

No item 18.6 desta agenda, relativo às bases de ação para o manejo dos recursos hídricos, contextualiza-se que o desenvolvimento sustentável exige um manejo holístico das águas visto como recurso finito, vulnerável e indivisível e que a fragmentação de responsabilidades pelo desenvolvimento e gerenciamento dos recursos hídricos entre organismos setoriais se está constituindo, no entanto, em um impedimento ainda maior que o previsto para promover o manejo hídrico integrado. São necessários criar mecanismos eficazes de implementação e coordenação.

Está claro que a implementação de ações de recursos hídricos dependente de órgãos setoriais restringe e preocupa a gestão integrada e que para fazer frente a estes desafios reconhece-se que é importante superar os conflitos e promover um clima de cooperação e solidariedade.

A quantidade de eventos e conferências internacionais da ONU, sobre recursos hídricos e meio ambiente, revela a importância do assunto. Os principais eventos internacionais foram:

- Carta Européia da Água, proclamada pelo Conselho da Europa, em 1968 (maio) - Estrasburgo – França.
- I Conferência Internacional das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, em 1972 (junho) - Estocolmo – Suécia.
- I Conferência Internacional das Nações Unidas sobre Água, em 1977 - Mar Del Plata – Argentina.
- II Conferência Internacional das Nações Unidas sobre Água e Meio Ambiente, em 1992 (janeiro) - Dublin – Irlanda.
- II Conferência Internacional das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, em 1992 (junho) - Rio de Janeiro – Brasil – Eco 92.
- I Fórum Mundial da Água, em 1997 - Marraquech- Marrocos.
- IV Dialogo Inter-Americano de Recursos Hídricos, em 2000 - Foz do Iguaçu – Brasil.
- Declaração do Milênio na 55ª Sessão das Nações Unidas, em 2000 (setembro) - Nova Iorque.
- II Fórum Mundial da Água, em 2000 - Haia – Holanda.
- Conferência Internacional sobre Água Doce, em 2001 (Dezembro) - Bonn - Alemanha.
- Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, em 2002 (Setembro) - Johannesburgo – África do Sul.
- III Fórum Mundial da Água, em 2003 (março) - Kyoto, Shiga e Osaka – Japão.
- Seminário Internacional sobre Prevenção Mitigação de Inundações, em 2004 (junho) - Berlim - Alemanha.

Diante dos problemas delineados e a partir das discussões destes fóruns internacionais, o Brasil, que possui condições favoráveis, embora com distribuição irregular de disponibilidade hídrica, assim como outros países do mundo, busca alternativas compatíveis com sua realidade.

O reconhecimento da relevância estratégica da água tem levado o país, e os diversos Estados, nesta última década, a despenderem esforços a fim de criar um processo de modernização de seus sistemas de gestão de recursos hídricos. A seguir, apresenta-se uma visão sobre a política de recursos hídricos e os enfoques que identificam os contextos de interesses múltiplos e das diversidades ecológica, social e econômica.

2.3.2. A política de Recursos Hídricos no Brasil

O processo de gerenciamento de recursos hídricos no Brasil teve início no começo do século XX com a criação, pelo governo federal, de comissões especiais para estudo de construção de açudes para o controle dos efeitos das secas no Nordeste.

Na década de 30 percebe-se que houve uma movimentação mais acentuada nas questões ambientais com publicação de algumas leis e, em 10 de julho de 1934, foi publicado o Decreto - Lei 24.643 com o Código das Águas, marco legal que estabelecia as bases, a definição dos usos, as propriedades das águas e as normas de gestão hidroenergética, entre outros aspectos.

Esse documento, inovador para a época, se manteve em vigor por mais de 60 anos. Ele já previa a cobrança pelo uso da água, de taxas ao poluidor. Tais dispositivos só foram efetivados recentemente, a partir da cobrança pelo uso da água na bacia do Paraíba do Sul, em 2003, pela Agência Nacional de Águas (ANA).

A gestão de recursos hídricos no Brasil, até quase o final do século 20, em geral, foi orientada, a partir do então Código das Águas, para atuar predominantemente na realização de empreendimentos hidráulicos setorializados, visando geração de energia, abastecimento de água e controle de inundações através de medidas estruturais com tecnologias de armazenamento e distribuição. Negligenciava-se a importância da visão holística nos tratamentos dos recursos hídricos como parte integrante do ecossistema. Também não considerava-se a água um recurso natural e um bem social, dotado de valor econômico, cuja quantidade (considerada pelo Código renovável) e qualidade determinam a natureza de sua utilização.

Um conjunto de fatores políticos e conjunturais associados à inércia das estruturas de decisão contribuiu para que prevalecesse a visão hidráulica em detrimento do aprofundamento sobre os princípios ambientais que norteassem uma legislação federal e estadual relativa à gestão integrada dos recursos hídricos.

A partir da década de 80, com a criação do Ministério do Meio Ambiente e a nova Constituição Federal, foram iniciadas as discussões para proposição de uma política para o setor de recursos hídricos que estabelecesse um modelo de ordenamento administrativo para uma gestão integrada e de acordo com os princípios do desenvolvimento sustentável.

É importante ressaltar que todos os corpos d'água, a partir da Constituição Brasileira de outubro de 1988, passaram a ser de domínio público. A Constituição Federal, extinguindo o domínio privado da água, modificou em vários aspectos o Código de Águas de 34.

A Constituição federal estabeleceu apenas dois domínios para os corpos d'água no Brasil: o Domínio da União para os rios ou lagos que banhem mais de uma unidade federada, ou que sirvam de fronteira entre essas unidades, ou entre o território do Brasil e o de país

vizinho ou deste provenham ou para o mesmo se estendam; e o Domínio dos estados, para as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, as decorrentes de obras da União.

Trata-se de relevante disposição constitucional, a definição de dominialidade dos estados das águas superficiais ou subterrâneas, e sugere aos estados à se articularem em casos de formações hídricas subjacentes a mais de uma unidade federada (GARRIDO, 1999).

Em 1997, tendo como modelo a França, iniciou-se a reformulação da gestão no Brasil com a publicação da Lei Federal N° 9433/97 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema de Gerenciamento Integrado Recursos Hídricos, no qual o Conselho Nacional de Recursos Hídricos é a instância máxima para se enfrentar os desafios dos competitivos usos da água.

A Lei das águas, como é conhecida, define uma forma de administrar esse bem mediante os conceitos de usos múltiplos, construídos por uma sociedade cada vez mais participativa e fortalecendo as relações entre poder público, sociedade civil e em especial a sociedade usuária da água.

O reconhecimento do valor econômico da água pode ser um forte indutor do seu uso racional e fomentador de tecnologias e processos menos poluentes, sendo a instituição da cobrança pelos usos dos recursos hídricos, um dos instrumentos de política do setor.

A lei estabelece que em situação de escassez, a prioridade deve ser dada para o abastecimento humano e a dessedentação de animais e que a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo das águas. Isto coloca todas as categorias de usuários, pelo menos teoricamente, em igualdade de condições. Em termos de acesso, havia clara assimetria do uso no Brasil e, tradicionalmente, o setor elétrico atuava como principal agente do processo de gestão dos recursos hídricos superficiais, em detrimento dos outros usos.

A adoção dos limites da bacia hidrográfica como unidade de planejamento é essencial para o estabelecimento do balanço hídrico, resultado do confronto entre as disponibilidades e as demandas.

Para efetivar uma gestão sistemática sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade foram previstos instrumentos relevantes na Lei N° 9.433/97 e para GARRIDO (1999), a aplicação desses instrumentos reflete uma verdadeira revolução no planejamento e gestão dos recursos hídricos. A seguir são apresentados os Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos.

- **Planos de Recursos Hídricos.** Importantes documentos que visam fundamentar e orientar a implementação da Política e o gerenciamento dos recursos hídricos, bem como influenciar a tomada de decisão na região da bacia hidrográfica ao definir, com clareza, a

repartição das vazões entre os usuários interessados na água.

- **Enquadramento dos corpos de água** em classes, segundo os usos preponderantes dos mesmos, o qual permite fazer a ligação entre a gestão da quantidade e da qualidade da água dos mananciais, assegurar às águas qualidade compatível com os usos exigentes na sociedade ao estimular a formulação de metas de qualidade a serem alcançadas e ainda é importante para fortalecer a relação entre a gestão de recursos hídricos e a gestão do meio ambiente e agilizar a preservação e ou revitalização dos recursos hídricos. A atual base é a Resolução nº 20/86, do CONAMA.
- **Outorga de direito de uso** dos recursos hídricos, mecanismo extremamente relevante para o controle e disciplinamento do uso dos recursos hídricos. Pelo ato de outorga o usuário recebe uma autorização, para fazer uso da água, num prazo e condições determinadas.
- **Cobrança pelo uso** dos recursos hídricos, essencial para criar as condições de equilíbrio entre a disponibilidade de água e a demanda, promovendo, em consequência, a harmonia entre os usuários, ao mesmo tempo em que promove a melhoria da qualidade dos efluentes lançados, além de ensejar a formação de fundos financeiros para as obras, programas e intervenções do setor.
- **Sistema de Informações** sobre Recursos Hídricos, instrumento destinado a coletar, organizar, criticar e difundir a base de dados relativa aos recursos hídricos, seus usos, o balanço hídrico de cada manancial e de cada bacia, provendo a sociedade, os gestores, os usuários e todos os demais segmentos interessados em recursos hídricos.
- **Compensação aos municípios** pela ocupação de terras, quando da inundação por reservatórios artificiais.

Estes instrumentos de gestão de recursos hídricos permitem considerar os rios não apenas como manancial de abastecimento, transporte de esgoto e meio drenante de águas de inundações, mas também para promover o gerenciamento integrado incluindo a prevenção e a defesa de eventos hidrológicos críticos de modo mais adequado como a revitalização dos recursos naturais.

Ressalta-se, ainda que a Lei, ao criar Sistema Nacional Gerenciamento de Recursos Hídricos, estabeleceu um arcabouço institucional claro, baseado em novos tipos de organização para a gestão compartilhada do uso da água. Integram o Sistema Nacional Gerenciamento de Recursos Hídricos os seguintes organismos:

- **O Conselho Nacional de Recursos Hídricos** – CNRH. Na hierarquia do Sistema é o órgão mais elevado em termos administrativos, ao qual cabe decidir sobre as grandes

questões do setor, além de dirimir as contendas de maior vulto. No CNRH já foram aprovadas mais de 30 resoluções.

- **Os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal.** Órgãos consultivos e deliberativos, aos quais cabem, na esfera de suas competências, arbitrar, em última instância administrativa, os recursos relativos às decisões dos Comitês de Bacias Hidrográficas dos rios de domínio de seu estado ou Distrito Federal, bem como aprovar e acompanhar os Planos Estaduais de Recursos Hídricos.

- **Os Comitês de bacias hidrográficas**, denominados “parlamento das águas”. O fórum de decisão no âmbito de cada bacia hidrográfica que contam com a participação dos usuários, das prefeituras, da sociedade civil organizada, dos níveis de governo estadual e federal.

- **As Agências de Águas** que atuam como secretarias executivas do(s) correspondentes(s) comitê(s).

Os Órgãos e entidades do serviço público federal, estadual e municipal têm relevante atuação na gestão dos recursos hídricos, devendo promover estreita parceria com os demais agentes previstos na Lei.

A Agência Nacional de Águas – ANA, criada através da Lei N° 9.984/2000, a qual cabe a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. Ela tem como principais atribuições, nos corpos d’água da União, a de outorgar o direito de uso, implementar a cobrança pelo uso, arrecadar, distribuir e aplicar receitas auferidas por intermédio da cobrança pelo uso e fiscalizar os usos de recursos hídricos.

Os vários Estados brasileiros, tendo em vista o fato de serem detentores de domínio sobre as águas, iniciaram o desenvolvimento de suas estruturas para o setor, aprovaram suas respectivas leis de organização administrativa e técnica e de seus sistemas de gestão de recursos hídricos. Eles vêm implementando gradativamente os instrumentos de gestão integrada e implantando os comitês de bacias hidrográficas, como no caso do Rio de Janeiro, em fase de regulamentação.

2.3.3. A Política de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro

O Rio de Janeiro, em 02 de agosto de 1999, instituiu a Lei N° 3239, referente à Política Estadual de Recursos Hídricos, seguindo os mesmos princípios da lei federal, porém de forma mais abrangente, incluiu no seu contexto de gestão, as águas subterrâneas, visto que a Constituição Federal as definiu como de domínio dos Estados. Trata da relevante disposição constitucional, mesmo porque a unidade do ciclo hidrológico e os múltiplos usos da bacia -

muitas vezes conflitantes – exigem a integração do processo de gestão hídrica superficial e subterrânea, bem como cabe aos Estados a necessidade de se articular em casos de formações hídricas subjacentes a mais de uma unidade federada.

Os princípios e fundamentos básicos da política estadual de recursos hídricos definem de forma clara a questão da preservação dos ecossistemas, ou seja:

A água é um recurso essencial à vida, de disponibilidade limitada, dotada de valores econômico, social e ecológico, e bem de domínio público;

A água é considerada em toda a unidade do ciclo hidrológico, que compreende as fases aérea, superficial e subterrânea;

A bacia hidrográfica ou região hidrográfica constitui a unidade básica de gerenciamento dos recursos hídricos;

O acesso à água é um direito de todos, desde que não comprometa os sistemas aquáticos;

Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

Descentralização com participação do poder público, usuários e da sociedade.

Para promover a harmonização entre os múltiplos e competitivos usos da água, e a limitada e aleatória disponibilidade temporal e espacial da mesma, foram descritos na legislação estadual, os objetivos da política estadual de recursos hídricos, os quais estão relacionados a seguir, por tratarem de temas relacionados à revitalização e ao controle de inundações, objetos do presente trabalho.

I - Garantir à atual e às futuras gerações, a necessária disponibilidade dos recursos naturais, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;

II - Assegurar o prioritário abastecimento da população humana;

III - Promover a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos, de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais;

IV - Promover a articulação entre União, Estados vizinhos, Municípios, usuários e sociedade civil organizada, visando à integração de esforços para soluções regionais de proteção, conservação e recuperação dos corpos de água;

V - Buscar a recuperação e preservação dos ecossistemas aquáticos e a conservação da biodiversidade dos mesmos;

VI - Promover a despoluição dos corpos hídricos e aquíferos.

De igual modo, as diretrizes da política estadual recursos hídricos, em relação a federal,

foram bastante ampliadas. Elas contemplam desde as importantes questões ambientais como as diversidades biofísicas e culturais, a indissociabilidade da quantidade e qualidade da água, a proteção de aquíferos e das várzeas. Envolvem também a prevenção das inundações e delimitação destas áreas, bem como a utilização adequada das terras marginais aos rios, lagoas e lagunas estaduais e até as articulações políticas necessárias em diferentes níveis, entre outras. São diretrizes da política estadual de recursos hídricos no Rio de Janeiro:

I – A descentralização da ação do Estado, por regiões e bacias hidrográficas;

II - A gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade, e das características ecológicas dos ecossistemas;

III - A adequação da gestão dos recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais, das diversas regiões do Estado;

IV - A integração e harmonização, entre si, da política relativa aos recursos hídricos, com as de preservação e conservação ambientais, controle ambiental, recuperação de áreas degradadas e meteorologia;

V - Articulação do planejamento do uso e preservação dos recursos hídricos com os congêneres nacional e municipal;

VI - A consideração, na gestão dos recursos hídricos, dos planejamentos regional, estadual e municipal, e dos usuários;

VII - O controle das cheias, a prevenção das inundações, a drenagem e a correta utilização das várzeas;

VIII - A proteção das áreas de recarga dos aquíferos, contra poluição e superexploração;

IX - O controle da extração mineral nos corpos hídricos e nascentes, inclusive pelo estabelecimento de áreas sujeitas a restrições de uso;

X - O zoneamento das áreas inundáveis;

XI - A prevenção da erosão do solo, nas áreas urbanas e rurais, com vistas à proteção contra o assoreamento dos corpos de água;

XII - A consideração de toda a extensão do aquífero, no caso de estudos para utilização de águas subterrâneas;

XIII - A utilização adequada das terras marginais aos rios, lagoas e lagunas estaduais, e a articulação, com a União, para promover a demarcação das correspondentes áreas marginais federais e dos terrenos de marinha;

XIV - A consideração, como continuidade da unidade territorial de gestão, do respectivo sistema estuarino e a zona costeira próxima, bem como, a faixa de areia entre as lagoas e o mar;

XV - A ampla publicidade das informações sobre recursos hídricos;

XVI - A formação da consciência da necessidade de preservação dos recursos hídricos, através de ações de educação ambiental, com monitoramento nas bacias hidrográficas.

Quanto aos instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro convém destacar que estão no artigo 11 da Lei N° 3239/99, e são quase todos semelhantes aos previstos no âmbito federal, ou seja, a outorga pelo direito de uso, cobrança pelo uso, o enquadramento dos corpos em classes e o sistema de informações sobre recursos hídricos, conforme descritos anteriormente. A estes instrumentos foram acrescentados o Plano de Recursos Hídricos Estadual e os Planos das Bacias Hidrográficas dos rios de domínio estadual, além do Programa Estadual de Conservação e Revitalização de Recursos Hídricos (PROHIDRO).

Sobre o PROHIDRO, cabe salientar que o Estado deu um passo a frente, ao inseri-lo dentre os seus principais instrumentos da Política, no artigo 11 da Lei 3239/99, porque sua missão é fundamentalmente agilizar a organização da ação governamental na gestão e na concretização dos objetivos pretendidos na Política.

Segundo o parágrafo 1° do artigo 11, o objetivo do PROHIDRO é proporcionar a revitalização, quando necessária, e a conservação, onde possível, dos recursos hídricos como um todo, sob a ótica do ciclo hidrológico, através do manejo dos elementos dos meios físicos e bióticos, tendo a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e trabalho.

É importante ressaltar que o Estado do Rio, face ao agravamento da degradação dos seus mananciais, necessitando enfrentar e resolver os problemas de saneamento nos rios e lagoas, e ainda agilizar o processo de implementação da gestão por bacias hidrográficas, criou a Lei N° 4247, em dezembro de 2003, para regulamentar algumas proposições contidas na Lei 3239/99, como a outorga de direito de uso e a cobrança pelo uso da água.

Na prática a implantação da outorga, instrumento de controle hídrico, apresenta algumas dificuldades, por ainda não terem sido executados os planos de bacias hidrográficas e em face da carência de dados para estimativas mais seguras das vazões mínimas e médias, disponibilidade hídrica e demandas de água dos usuários, informações importantes para a definição do balanço hídrico. Na outorga no Estado, o controle poderia ser realizado com bastante mais segurança, visto que se pode disponibilizar apenas 50% da vazão de referência (Q7,10) para os usos múltiplos e os 50% restantes para garantir a vazão mínima de permanência, em geral denominada de vazão ecológica.

Segundo a Lei N° 4247/03, a cobrança pelo uso da água é realizada para os usos outorgáveis, isto é, para usuários que utilizam vazões maiores que 0,4 l/s. Ela visa:

- Incentivar a racionalização do uso da água e combater o desperdício;
- Incentivar a localização e a distribuição espacial de atividades produtivas no Estado;

- Fomentar processos produtivos tecnologicamente menos poluidores e combater a poluição;
- Obter recursos financeiros necessários ao financiamento de estudos e à aplicação em programas, projetos, planos, ações, obras, aquisições, serviços e intervenções na gestão dos recursos hídricos;
- Financiar pesquisas de recuperação e preservação de recursos hídricos.

Embora a cobrança pelo uso da água, nas bacias hidrográficas de domínio do Estado, venha sendo realizada gradativamente, visto que teve início em fevereiro de 2004, nos rios estaduais da bacia do rio Paraíba do Sul, em abril do mesmo ano na bacia do rio Guandu e no mês seguinte na bacia do rio S. João, e segue ainda, com a bacia do rio Macaé em julho e a bacia da Baía da Guanabara em outubro, e a previsão das demais bacias no início de 2005, ela apresenta algumas questões de aceitação e impasses que já estão sendo resolvidos. Na verdade a cobrança traz uma grande esperança ao poder iniciar, de imediato, a reversão dos graves problemas existentes nos mananciais superficiais e subterrâneos e viabilizar de forma definitiva a implantação progressiva de atividades mais compatíveis com o meio ambiente e, conseqüentemente, com o PROHIDRO.

A obtenção de recursos financeiros permitirá viabilizar o planejamento e o manejo integrado dos recursos hídricos, além de desenvolver o PROHIDRO, através da aplicação de parte do montante arrecadado para a realização das obras de saneamento e, principalmente, dos projetos de revitalização de rios e de suas bacias.

É de fundamental importância o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERHI), visto que os planos devem ser feitos para disciplinamento da utilização, proteção, conservação e manejo sustentável e racional dos mananciais superficiais e subterrâneos de domínio do Estado.

Segundo a Agenda 21, a água é vista como recurso vulnerável e escasso, e os planos devem considerar os aspectos ambientais, econômicos e sociais, baseados nos princípios da sustentabilidade, como também, estabelece a Lei 3239/99. Devem ser atendidas as necessidades de todos os usuários, bem como àquelas relacionadas à prevenção e atenuação dos perigos relativos a água, principalmente as enchentes, assim como ser levado em conta no cálculo do custo-benefício, a proteção ambiental e os custos operacionais.

A Lei 3239/99 estabelece que o PERHI constitui-se num diploma diretor, o qual visa fundamentar e orientar a formulação e a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos mesmos. Ele possui prazo e horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos. Além disso,

caracteriza-se como uma diretriz geral de ação devendo ser organizado a partir dos planejamentos elaborados para as bacias hidrográficas.

O PERHI será atualizado no máximo a cada 4 (quatro) anos, contemplando os interesses e necessidades das bacias hidrográficas e considerando as normas relativas à proteção do meio ambiente, ao desenvolvimento do Estado e à Política Estadual de Recursos Hídricos. Ele contemplará as propostas dos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH's), os estudos realizados por instituições de pesquisa, pela sociedade civil organizada e pela iniciativa privada, e os documentos públicos que possam contribuir para sua elaboração. Deverá constar do Plano Estadual de Recursos Hídricos, dentre outros:

I - As características sócio-econômicas e ambientais das bacias hidrográficas e zonas estuarinas;

II - As metas de curto, médio e longo prazos, para atingir índices progressivos de melhoria da qualidade, racionalização do uso, proteção, recuperação e despoluição dos recursos hídricos;

III - As medidas a serem tomadas, programas a desenvolver e projetos a implantar, para o atendimento das metas previstas;

IV - As prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos;

V - As diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;

VI - A proposta para a criação de áreas sujeitas à restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos; como delimitação da zonas inundáveis;

VII - As diretrizes e os critérios para a participação financeira do Estado, no fomento aos programas relativos aos recursos hídricos;

VIII - As diretrizes para as questões relativas às transposições de bacias;

IX - Os programas de desenvolvimentos institucional, tecnológico e gerencial, e capacitação profissional e de comunicação social, no campo dos recursos hídricos;

X - As regras suplementares de defesa ambiental, na exploração mineral, em rios, lagoas, lagunas, aquíferos e águas subterrâneas; Plano Estadual de Recursos Hídricos;

XI - As diretrizes para a proteção das áreas marginais de rios, lagoas, lagunas e demais corpos de água.

No PERHI, também deverá constar a avaliação do cumprimento dos programas preventivos, corretivos e de recuperação ambiental, assim como das metas de curto, médio e longo prazos.

Para fins de gestão dos recursos hídricos, o território do Estado do Rio de Janeiro fica dividido em Regiões Hidrográficas (RH's), conforme regulamentação e a Lei que instituir o Plano Plurianual, na forma constitucional, levará em consideração o PERHI.

No que se refere à proteção dos corpos de água e dos aquíferos, tem-se no capítulo V da Lei 3239/99, os artigos de número 33 a 39, os quais são transcritos a seguir, visto que trata de disposições que devem ser consideradas em todos os novos empreendimentos e nos projetos de revitalização de recursos hídricos nas bacias hidrográficas.

No Art. 33 - As margens e leitos de rio, lagoas e lagunas serão protegidos por:

I - Projeto de Alinhamento de Rio (PAR);

II - Projeto de Alinhamento de Orla de Lagoa ou Laguna (PAOL);

III - Projeto de Faixa Marginal de Proteção (FMP);

IV - Delimitação da orla e da FMP;

V - Determinação do uso e ocupação permitidos para a FMP.

No Art. 34 - O Estado auxiliará a União na proteção das margens dos cursos d'água federais e na demarcação dos terrenos de marinha e dos acrescidos, nas fozes dos rios e nas margens das lagunas.

No Art. 35 - É vedada a instalação de aterros sanitários e depósitos de lixo às margens de rios, lagoas, lagunas, manguezais e mananciais, conforme determina o Artigo 278 da Constituição Estadual.

§ 1º - O atendimento ao disposto no "caput" deste artigo não isenta o responsável, pelo empreendimento, da obtenção dos licenciamentos ambientais previstos na legislação e do cumprimento de suas exigências.

§ 2º - Os projetos de disposição de resíduos sólidos e efluentes, de qualquer natureza, no solo, deverão conter a descrição detalhada das características hidrogeológicas e da vulnerabilidade do aquífero da área, bem como as medidas de proteção a serem implementadas pelo responsável pelo empreendimento.

Art. 36 - A exploração de aquíferos deverá observar o princípio da vazão sustentável, assegurando, sempre, que o total extraído pelos poços e demais captações nunca exceda a recarga, de modo a evitar o deplecionamento.

Parágrafo Único - Na extração de água subterrânea, nos aquíferos costeiros, a vazão sustentável deverá ser aquela capaz de evitar a salinização pela intrusão marinha.

Art. 37 - As águas subterrâneas ou de fontes, em função de suas características físico-químicas, quando se enquadrarem na classificação de mineral, estabelecida pelo Código das Águas Minerais, terão seu aproveitamento econômico regido pela legislação federal pertinente e a relativa à saúde pública, e pelas disposições desta Lei, no que couberem.

Art. 38 - Quando, por interesse da conservação, proteção ou manutenção do equilíbrio natural das águas subterrâneas ou dos serviços públicos de abastecimento, ou por motivos

ecológicos, for necessário controlar a captação e o uso, em função da quantidade e qualidade, das mesmas, poderão ser delimitadas as respectivas áreas de proteção.

Parágrafo Único - As áreas referidas no "caput" deste artigo serão definidas por iniciativa do órgão competente do Poder Executivo, com base em estudos hidrogeológicos e ambientais pertinentes, ouvidas as autoridades municipais e demais organismos interessados, e as entidades ambientalistas de notória e relevante atuação.

Art. 39 - Para os fins desta Lei, as áreas de proteção dos aquíferos classificam-se em:

I - Área de Proteção Máxima (APM), compreendendo, no todo ou em parte, zonas de recarga de aquíferos altamente vulneráveis à poluição e que se constituam em depósitos de águas essenciais para o abastecimento público;

II - Área de Restrição e Controle (ARC), caracterizada pela necessidade de disciplina das extrações, controle máximo das fontes poluidoras já implantadas e restrição a novas atividades potencialmente poluidoras;

III - Área de Proteção de Poços e Outras Captações (APPOC),.

Ainda, sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro, destacam-se os Artigos 40 e 41 do capítulo VI da Lei 3239/99, que são referentes à ação do poder público estadual e municipal.

Na implantação da Política compete ao Poder Executivo, na sua esfera de ação e por meio do organismo competente, que no caso do Rio de Janeiro é a SERLA pela Lei 650/ e Lei 4247/03:

I - Outorgar os direitos de uso de recursos hídricos e regulamentar e fiscalizar as suas utilizações;

II - Realizar o controle técnico das obras e instalações de oferta hídrica;

III - Implantar e gerir o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (SEIRHI);

IV - Promover a integração da política de recursos hídricos com as demais, setoriais, sob égide da ambiental;

V - Exercer o poder de polícia relativo à utilização dos recursos hídricos e das Faixas Marginais de Proteção (FMP's) dos cursos d'água;

VI - Manter sistema de alerta e assistência à população, para as situações de emergência causadas por eventos hidrológicos críticos;

VII - Celebrar convênios com outros Estados, relativamente aos aquíferos também a esses subjacentes e às bacias hidrográficas compartilhadas, objetivando estabelecer normas e critérios que permitam o uso harmônico e sustentado das águas.

Na implementação da Política Estadual e Recursos Hídricos, cabe aos Municípios promover a integração com as políticas locais relacionadas ao saneamento básico, uso e ocupação do solo. Portanto, verifica-se que a base legal já aponta para as articulações necessárias, porém os desafios operacionais e legais são enormes e urgentes.

A SERLA, órgão gestor, tem entre as suas atribuições, conduzir a política de recursos hídricos nas bacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro, promover e agilizar a cobrança pelos usos sujeitos à outorga. Cabe também a harmonização entre os múltiplos e competitivos usos da água e a limitada disponibilidade hídrica, temporal e espacial, a fim de garantir à atual e às futuras gerações, a necessária disponibilidade hídrica, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos e assegurar, prioritariamente, o abastecimento à população humana (MORENO JR., 2004).

O autor destaca que a SERLA vem tomando uma série de providências, visto ser urgente buscar recursos financeiros para iniciar a implantação dos programas de investimentos necessários e já previstos; fortalecer seu quadro de técnicos especialistas; promover programas de conscientização e educação ambiental, assim como promover medidas para controle de inundações, desertificação, erosão e revitalização de rios para otimizar a oferta hídrica.

A SERLA vem procurando sanar as deficiências básicas da gestão ao procurar adequar a gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do Estado; cadastrar os usos e usuários para um controle eficaz; se fortalecer de modo a não permitir a fragmentação da água pelos diversos setores; integrar e harmonizar, entre si, a política relativa de recursos hídricos com as de preservação ambiental e de uso do solo. O desafio é imenso e vem sendo difícil vencer as dificuldades face à compatibilização necessária com as diversas instâncias institucionais. (MORENO JR. 2004).

No que se refere ao Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, os artigos 42 a 63 da Lei 3239/99, descrevem os objetivos principais e a composição do sistema e suas particularidades. A seguir são apresentados os objetivos, no qual o Poder Executivo instituiu ao Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRHI).

- I - Coordenar a gestão integrada das águas;
- II - Arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos;
- III - Implementar a Política Estadual de Recursos Hídricos;
- IV - Planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos;
- V - Promover a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

As seguintes instituições integram o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRHI):

I - Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI), órgão colegiado, com atribuições normativa, consultiva e deliberativa, encarregado de supervisionar e promover a implementação das diretrizes da Política Estadual de Recursos Hídricos.

II - Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FUNDRHI). De natureza e individualização contábeis, vigência ilimitada, destinado a desenvolver os programas governamentais de recursos hídricos e da gestão ambiental. Suas receitas são originárias da cobrança pelo uso de recursos hídricos, incluindo a aplicação da Taxa de Utilização de Recursos Hídricos, prevista pela Lei Estadual Nº 1.803/91.

III - Os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH's), entidades colegiadas, com atribuições normativa, deliberativa e consultiva. Cada CBH terá como área de atuação e jurisdição a totalidade de uma bacia hidrográfica de curso d'água de primeira ou segunda ordem, ou um grupo de bacias hidrográficas contíguas. A eles caberá a coordenação das atividades dos agentes públicos e privados relacionados aos recursos hídricos e ambientais compatibilizando as metas e diretrizes do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERHI), com as peculiaridades de sua área de atuação. O Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) será constituído pelos usuários da água, entidades da sociedade civil e os poderes públicos dos municípios situados, no todo ou em parte, na bacia, e dos organismos federais e estaduais atuantes na região e que estejam relacionados com os recursos hídricos.

IV - As Agências de Água, entidades executivas, com personalidade jurídica própria, autonomias financeira e administrativa, sem fins lucrativos. São instituídas e controladas por um ou mais Comitês de Bacia Hidrográfica.

V - Organismos dos poderes públicos federal, estadual e municipal cujas competências se relacionem com a gestão dos recursos hídricos.

É importante ressaltar algumas infrações e penalidades relevantes para o controle em recursos hídricos, que estão relacionadas nos Art. 64 a 67 da Lei 3239/99, e poderão ser importantes quando da realização da melhoria das condições ambientais. Destacam-se para o presente trabalho:

I - Derivar ou utilizar recurso hídrico, independentemente da finalidade, sem a respectiva outorga de direito de uso.

II - Descumprir determinações normativas ou atos que visem a aplicação da Lei 3239 e de seu regulamento e deixar de reparar os danos causados ao meio ambiente, fauna, bens patrimoniais e saúde pública.

CAPITULO 3 - AS INUNDAÇÕES E OS ESPAÇOS NATURAIS

Cada vez mais as grandes regiões metropolitanas brasileiras, como São Paulo e Rio de Janeiro, e outras cidades do velho continente, sofrem os danos diretos e indiretos pelas constantes e crescentes inundações. Em geral, nos períodos de chuvas intensas, recorrentes a cada ano, a população se sente ameaçada e, atualmente, já há um temor generalizado quando as chuvas começam a cair.

Historicamente, as chuvas abundantes que levavam ao transbordamento de rios sempre foram consideradas benéficas para o homem. Esse fenômeno natural era esperado com expectativa para fertilizar o solo e trazer fartura. As inundações significavam prosperidade e não temor, como no caso clássico da fertilização das margens do Rio Nilo.

É fato que a população cresceu e foi se instalando de forma desordenada, invadindo as margens da calha fluvial, antes reservadas apenas ao escoamento dos cursos d'água e a diversidade natural. Agora, as águas pluviais não estão sendo interceptadas pela vegetação, os escoamentos superficiais não mais encontram as condições propícias para infiltração, nem tampouco os espaços que outrora se acomodavam para cumprir sua função na natureza. E como toda causa tem seu efeito, os prejuízos são inestimáveis para o Estado e para aqueles que ocupam tais áreas marginais, que deveriam estar livres para receber às águas mais abundantes e fertilizadoras nas épocas chuvosas, e serem referendadas e cuidadas para emergirem como pólos estaduais ou mesmo municipais ou nacionais, capazes de rivalizar com balneários tradicionais e pontos turísticos, ou ainda serem aproveitadas para recreação e contemplação simplesmente, nos períodos de estiagens.

3.1 Caracterização das Inundações

O conhecimento de alguns conceitos básicos é de grande importância para auxiliar na caracterização, na análise e na tomada de decisão sobre as inundações. Segundo INFANTI JR. (1998), as inundações correspondem ao extravasamento das águas de um curso d'água para as áreas marginais, quando a vazão a ser escoada é superior a capacidade de descarga da calha.

Pode-se calcular com relativa segurança os níveis da água que atingirá determinada inundação, resultante de estudos de probabilidades da ocorrência de chuvas intensas. Entretanto, para se aliviar dos impactos das inundações, as cidades dependem da minimização da ocupação destas áreas inundáveis, conjugados com ações de retenção natural em toda a bacia hidrográfica.

Os rios apresentam cheias anuais associadas ao regime climático da bacia hidrográfica e

elas referem-se às maiores vazões diárias ocorridas a cada ano, independente do fato de causar ou não inundação, isto é, o acréscimo na descarga por certo período de tempo.

Para melhor compreender o fenômeno da inundação é necessário considerar os tipos de calhas fluviais e o conceito de vazão de margens plenas, definida como a vazão que preenche exatamente o leito menor do canal fluvial, acima do qual haverá o transbordamento para a planície de inundação. Para rios ajustados, o intervalo de recorrência é de 1 a 2 anos.

CHRISTOFOLETTI (1981), conforme representado na figura 5, classifica os **tipos de calha** como:

- **Leito de vazante** - encaixado no leito menor, escoam somente as águas de estiagem.
- **Leito menor** - delimitado e encaixado entre margens definidas onde a frequência do escoamento impede o crescimento de vegetação.
- **Leito maior** - ocupado durante as cheias, corresponde ao leito menor, mais a planície de inundação. A largura varia em função da intensidade da cheia. Distingue-se em:
 Leito maior periódico – ocupado sazonalmente.
 Leito maior excepcional – ocupado apenas durante as grandes cheias.



Figura 5 – Tipos de leitos fluviais

Fonte: CHRISTOFOLETTI (1981)

Os rios em equilíbrio procuram manter-se na configuração mais eficiente possível, através de processo de auto-regulação. De acordo com BLOOM (1988), a manutenção deste equilíbrio envolve considerar pelo menos 10 variáveis:

Independentes: vazão, carga sedimentar e nível de base. Essas variáveis dependem do clima, geologia, topografia e ações e por isso o rio tem pouco controle.

Semi-dependentes: geometria (largura e profundidade), rugosidade do leito, tipo de sedimento, velocidade e tendência meandrante/anastomosante que dependem parcialmente das independentes.

Dependentes: apenas a declividade do rio (gradiente) depende de todas as outras variáveis. A modificação do gradiente dos rios é um processo naturalmente mais lento dos demais ajustes do rio em equilíbrio. Por outro lado, mudanças bruscas do gradiente, tais como

barramentos, retificação de rios e dragagens afetam as variáveis semi-dependentes, muitas vezes imprevisíveis. Atualmente, sabe-se que há enchentes excepcionais, não somente relacionadas a fenômenos climáticos complexos, como o fenômeno *el niño*, os quais estão associados à eventos pluviométricos com maior intensidade. O grau de impermeabilização da bacia hidrográfica facilita as enchentes e inundações.

Do ponto de vista global, é fácil observar que os espaços naturais para abrigar as águas que precipitam são os rios e córregos e suas faixas marginais, conforme figura 6. Entretanto, essas faixas marginais, chamadas de áreas de proteção permanentes pela Constituição Estadual de 1988 (Artigo 261), estão quase todas sem suas matas ciliares. É evidente que nessas áreas, próprias para receber as águas das inundações, os riscos e a vulnerabilidade têm aumentado, visto que os níveis das águas de inundações estão mais altos, bem como são crescentes os danos aos bens e as propriedades.

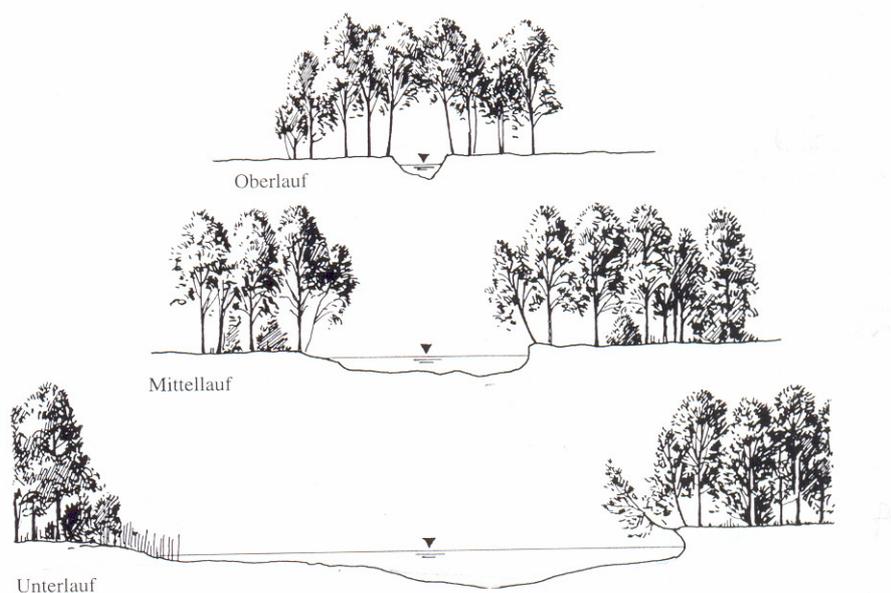


Figura 6 - Cursos d'água em regiões altas, médias e baixas e as feições naturais

Fonte: PLANAGUA (2000)

Também é preciso conhecer melhor as ações dinâmicas provocadas por agentes como chuva, vento, rios, marés, etc. que atuam com diferentes velocidades, produzindo feições características e seqüências ordenadas de paisagem, para entender as inundações. São ações que modificam as superfícies da terra e modelam a paisagem, cujo estudo envolve conhecimentos diversificados de hidrologia, oceanografia, pedologia, botânica, geomorfologia, geografia, climatologia. Dentre as forças atuantes, destacam-se a gravidade, a

radiação solar, as marés e o calor interno (INFANTI JR.,1998).

A Organização das Nações Unidas - ONU, entendendo que o impactos e fatalismo em relação a desastres naturais, como as inundações e as tempestades, terremotos, ciclones e deslizamentos não era mais aceitável e considerando estágio tecnológico, promoveu na década de 90, última do século XX, a “Década Internacional para Redução dos Desastres Naturais - DIRDN, oficializada na Resolução 44/23 de dezembro 1989. (PINHEL,2003).

FELL&HARTFORD(1997) definiram o processo de gerenciamento de risco em três fases sequenciais: análise de risco, avaliação de risco e gerencia de risco, cujas definições mais usuais, traduzidas PINHEL(2003) são: **a. Risco**, medida de probabilidade e severidade de efeito adverso a saúde, propriedade ou meio ambiente. **b. A análise de risco** consiste no uso da informação disponível para calcular o risco à indivíduos ou populações, propriedades ou ao ambiente e que geralmente contém os passos seguintes: definição de extensão, identificação de perigo e estimativa de risco. **c. A avaliação de risco** é a fase na qual valores e julgamentos entram no processo de decisão, explícita ou implicitamente, incluindo considerações sobre a importância de riscos calculados e seu impacto na sociedade e suas respectivas conseqüências econômicas. Refere-se ao processo completo de avaliação e controle de risco.

Também PINHEL,(2003) diz que o risco pode ser aceitável, quando a sociedade se mostra disposta a aceitar, não considerando o custo para redução do risco. Também pode ser um risco tolerável, quando a sociedade está disposta a aceitar para obter certos benefícios coletivos, sob a premissa de que está sendo corretamente controlado e mantido sob supervisão, sendo reduzido tanto quanto possível.

3.2 A Importância da Vegetação, da Mata Ciliar e do Solo para Minimizar as Inundações

A cobertura do solo pela vegetação exerce uma ação de proteção contra as intempéries. A manutenção dos múltiplos papéis e funções de todos os tipos de florestas, principalmente a vegetação primitiva, constitui maior proteção pelas relações de equilíbrio entre a vegetação, a água e o solo (PLANAGUA,2001a). O escoamento do ciclo da água no solo interagindo com a vegetação está esquematizado na figura 7.

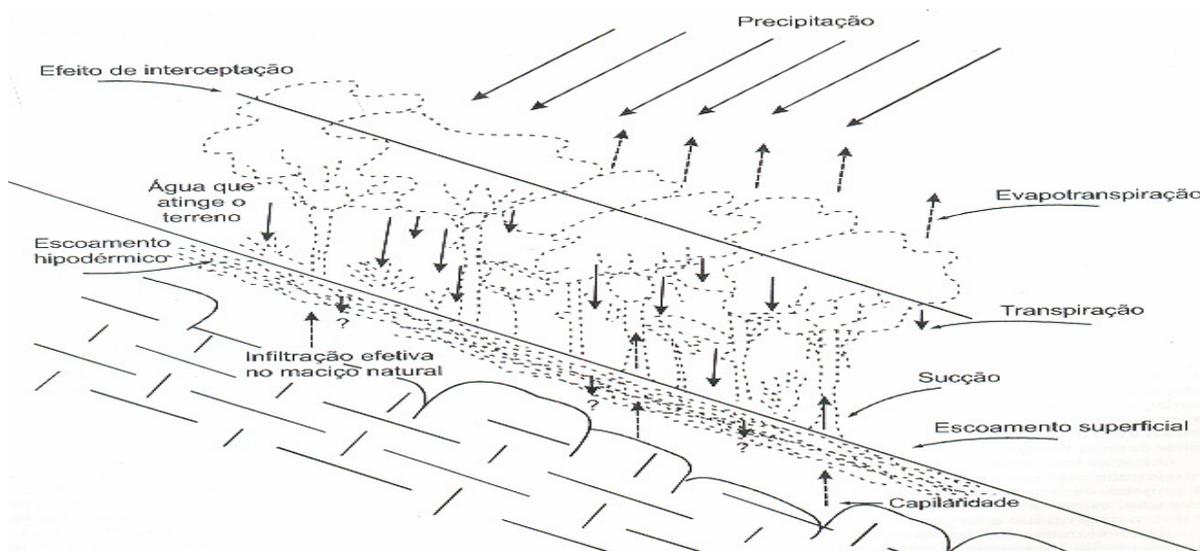


Figura 7 - Interceptação da chuva

Fonte: PRADINI et Al,1976)

No trabalho “*a água, as florestas e as cidades*” (BANCO MUNDIAL, 1998) foi realizado um exame do papel da floresta no fornecimento de água limpa para as grandes cidades, destacando que recuperar e proteger as florestas pode ajudar a proporcionar suprimentos de água mais limpa, barata e segura, agora e no futuro. A pesquisa foi realizada em diversas bacias do mundo. As florestas foram consideradas verdadeiras “fábricas de água”, pela transpiração e evaporação com interferências também diretas no micro clima e na pluviosidade.

Nas orlas de rios e lagos encontram-se as matas ciliares (figura 8), espécies de vegetação natural, primária ou secundária, que ocupam e revestem de proteção estas superfícies. Essas matas ciliares têm importante papel hidrológico e ecológico numa bacia hidrográfica e funcionam como filtro do escoamento superficial das chuvas.



Figura 8 – Rio com mata ciliar

Fonte: BLW (2000)

As matas ciliares auxiliam na regularização dos regimes dos rios através dos lençóis freáticos, na estabilidade dos solos das margens evitando a erosão e o conseqüente assoreamento dos corpos de água, absorvem quantidades de defensivos agrícolas excedentes das lavouras e propiciam a formação de corredores ecológicos de sustentação para a fauna e flora

O tipo de cobertura existente nas áreas das bacias hidrográficas pode reduzir à significância da inundação ou potencializar inundações expressivas. Elas têm, dentre outras, a função de proteger o solo do impacto da chuva e da erosão; retardar uma taxa de escoamento; aumentar a resistência do solo; facilitar infiltração e reduzir o *runoff*. (PFAFSTETTER, 1976)

RICKLEFS (2003) diz que em estudo numa bacia hidrográfica, na qual foi retirada a vegetação, as perdas de nutrientes foram aumentadas, particularmente, cálcio e nitrogênio na forma de nitrato. A vegetação é fundamental para o desenvolvimento e manutenção da fertilidade do solo e sua remoção revela seu importante papel na retenção de nutrientes no mesmo.

Uma bacia hidrográfica em uma determinada seção é toda a área de drenagem de um curso d'água ou rio na qual todas as águas de superfície e de subsolo afluem (RICKLEFS, 2003). Portanto, uma estratégia importante para melhoria do regime fluvial da bacia é reter ao máximo o volume de água precipitada pelo maior tempo possível, na área da bacia, visto que o armazenamento natural nos cursos de água e nas terras ribeirinhas irá propiciar a oferta de água futura.

Alguns índices representativos de retenção de águas em áreas cobertas por gramíneas armazenam até dois litros de água por metro quadrado (2 l/m^2) e florestas, até cinco litros por metro quadrado (5 l/m^2) (PLANAGUA, 2001b).

Logo após a chuva, a água acumulada nas plantas se evapora, entretanto permanece a capacidade de retenção para as outras precipitações.

O solo é capaz de reter até cem vezes mais do que a vegetação, podendo ser comparado a uma esponja. A curva de infiltração indica que o solo inicialmente absorve muito, mas esta capacidade tende a redução com a continuação das chuvas. Solos saturados não retêm mais água e comportam-se como se fossem impermeáveis. Assim, sua capacidade de retenção depende das chuvas anteriores. No inverno o solo, por ser mais seco, em geral absorve mais água do que no verão. Em regiões de clima úmido e solos permeáveis, através da infiltração a recarga de aquíferos subterrâneos pode atingir até 25% da precipitação pluviométrica anual. (PLANAGUA, 2001 d)

A capacidade de retenção do solo depende do seu conteúdo de húmus, índice de vazios,

tipo, profundidade e densidade. O enraizamento da vegetação favorece a infiltração da água fixando-a ao solo, mesmo em terrenos íngremes.

Determinados tipos de exploração do solo para culturas e o modo de lavragem da terra, como ao longo das curvas de nível, modificam a retenção nas superfícies e o tempo de infiltração. Estas superfícies podem reter até dez litros por metro quadrado (10 l/m²).

As áreas de baixada têm maior capacidade de retenção e quando o rio transborda aumenta sua capacidade de armazenamento. Este reservatório natural de retenção, influencia o nível e, sobretudo, a duração da inundação pela superposição das águas do rio principal com a de seus afluentes.

Assim, a retificação de rios e a construção de diques ao longo dos cursos d'água, além de encurtar o percurso dos rios, diminuem as áreas próprias de inundação, reduzindo significativamente a capacidade natural de retenção. Em consequência, o tempo de percurso da onda de cheia é reduzido e o pico aumentado.

Conclui-se que meios de retenções naturais como a vegetação, o solo, o relevo e os cursos d'água cumprem suas funções de retenção dentro de certos limites naturais. Quando um se esgota, o subsequente recebe uma carga adicional e somente quando todas as possibilidades de retenção ofertadas pela natureza se encontram totalmente esgotadas, a situação se agrava drasticamente. Este efeito de compensação entre os meios de retenções da natureza, faz com que as bacias naturais reajam muito suavemente dentro das limitações pluviométricas. No entanto, quando estas capacidades naturais de retenção se esgotam, sempre podem ocorrer grandes inundações naturais.

3.3 A Relação das Inundações com o Ciclo Hidrológico

Para melhor entender o processo das inundações é necessário compreender que, embora as águas se movimentem na natureza numa forma dinâmica, as relações entre as várias formas de ocorrência da água se processam dentro de um sistema relativamente fechado, denominado de ciclo hidrológico, conforme representado na figura 9, o qual compreende as fases aérea (precipitação, interceptação evaporação e transpiração), superficial (escoamento superficial) e subterrânea (infiltração).

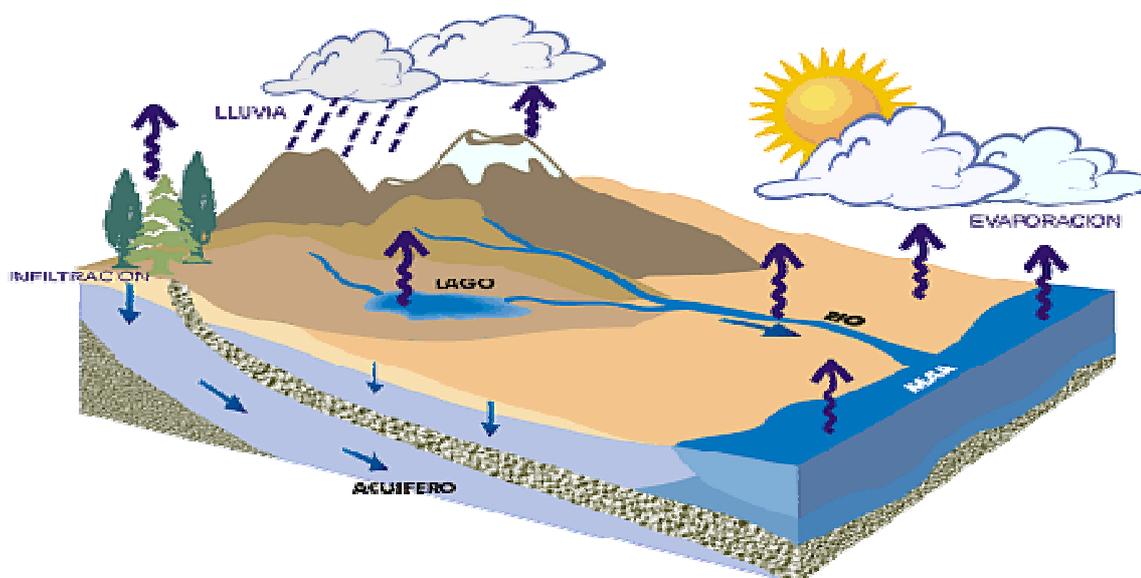


Figura 9 - Forma simplificada do ciclo hidrológico

Fonte: UNESCO (2003)

Na atmosfera encontram-se as águas da fase aérea na forma de vapor, líquida (nuvens e gotas de chuva) ou sólida (neve ou gelo) que evaporam dos oceanos e das superfícies da terra e, em suas movimentações naturais, são devolvidas a terra em forma de precipitação.

Segundo SPERLING (1995) a precipitação é formada a partir do resfriamento do ar à proximidade da saturação, condensação de vapor d'água na forma de gotícula e aumento do tamanho das gotículas por coalizão e aderência, até que estejam grandes o suficiente para formar a precipitação. Ao se resfriar o ar, o vapor d'água se condensa em torno do núcleo de material em suspensão existente no ar, como pólen, fungos, poeira e sal. Essa condensação resulta na formação de nuvens com gotícula de 0,001 mm a 0,1 mm. A precipitação ocorre quando essas gotículas se unem para formar gotas maiores com cerca de 1 mm de diâmetro, ou quando se formam cristais de gelo. Dependendo das condições climáticas esse fenômeno natural pode ocorrer sob diversas formas: chuva, neve, orvalho, granizo ou geada.

O efeito bruto do ciclo hidrológico é o de transferir, a cada ano, cerca de $48 \times 10^3 \text{ km}^2$ de água doce dos oceanos para os continentes por precipitação. Essa precipitação é distribuída de forma desigual, tanto no espaço como no tempo. Algumas áreas recebem menos de 250 mm anuais e são quase desérticas, e outras áreas chegam a 12 mil milímetros (12m) (THE OPEN UNIVERSITY, 2000).

A precipitação pode variar em quantidade, de ano para ano e, em muitas regiões, ela é sazonal. Chuvas irregulares são comuns e podem ocorrer em apenas alguns dias a cada ano, assim como toda a precipitação anual pode ocorrer em uma única tempestade, durante algumas horas.

A ocorrência de chuvas está vinculada a uma série de fatores locais e regionais como umidade e circulação de massas de ar, variação de temperatura, topografia, velocidade e direção dos ventos.

As diferentes variações das chuvas no tempo e no espaço são registradas nas medições realizadas ao longo de uma série histórica, nas estações pluviométricas. Os dados observados são: altura (medida vertical em geral em mm), duração (intervalo de tempo), intensidade (altura na unidade de tempo) e frequência (estatística).

A maior parte da precipitação atinge o solo, mas não toda ela porque parte é interceptada pelas plantas e parte pode evaporar-se antes.

A proporção da precipitação interceptada, chamada perda por interceptação, depende do tipo de vegetação e do estágio de crescimento desta. Essa perda em áreas de florestas é de 25 a 35 % para florestas de coníferas, e de 15 a 25% para florestas de folhas mais largas.

Em áreas de campos essa perda é geralmente menor, ao passo que para áreas de agricultura ela é extremamente variável - cerca de 7% para aveia e 40% para feno, por exemplo. Em áreas áridas e semi-áridas a perda por interceptação pode ser de até 1%. Essa água retida pela vegetação pode evaporar ou precipitar após um tempo de residência, isto é, escorregar de forma mais lenta para o solo.

A taxa de evaporação da atmosfera aumenta com a temperatura e o processo depende da umidade e da velocidade do vento. Quanto maior a umidade menor a evaporação. O vento carrega o ar saturado e diminui a umidade local e permite a evaporação. A taxa de evaporação é mais alta para águas superficiais. Quanto maior for a área superficial, mais intenso é o processo evaporativo.

A vegetação também aumenta a quantidade de água que retorna ao ar por transpiração. Esse processo de retirada de água do solo pelas raízes é transferido para as folhas de onde se evapora. A transpiração depende do clima local e da água capilar e os sais do solo. Uma quantidade considerável de água é transferida para a atmosfera por transpiração - durante seu crescimento, por exemplo, um repolho transpira cerca de 25 litros e um carvalho transpira cerca de 400 litros de água por dia quando está com todas as suas folhas.

Evaporação e transpiração são partes do ciclo hidrológico difíceis de se quantificar por ser um fenômeno complexo e combinado em um único parâmetro chamado evapotranspiração, que corresponde a perda de água por evaporação das superfícies líquidas e transpiração a partir do solo e das plantas. Os fatores que influenciam a evapotranspiração são: temperatura, umidade e vento.

O escoamento superficial, ou deflúvio superficial, corresponde a parcela de água precipitada cujo deslocamento na superfície sujeita a gravidade a conduz para cotas mais

baixas até alcançar os rios e os lagos.

A água que atinge a superfície da terra sem ser interceptada pelos vegetais tem três caminhos a seguir: se tornar escoamento superficial e alimentar os cursos d'água; se infiltrar no solo e se tornar água subterrânea; evaporar.

Observa-se que os rios perenes são mantidos pelas descargas de água subterrânea armazenadas nos aquíferos que mantém o fluxo constante, mesmo nas estiagens.

As cheias anuais referem-se às maiores vazões diárias ocorridas em cada ano, independente do fato de causarem ou não inundação, e são conseqüências de eventos meteorológicos naturais que fazem parte do ciclo hidrológico (INFANTI JR, 2000; PLANAGUA, 2002).

Sempre que grandes volumes de água das chuvas se juntam nos riachos e rios, em pouco tempo, podem provocar um transbordamento. Deve-se notar que sempre se têm inundações periódicas e elas só ocorrem quando a área natural de passagem de uma inundação de um rio (leito maior) for ocupada pela água (PLANAGUA, 2001b). A intensidade e a duração das chuvas podem afetar diretamente os cursos d'água ao gerar um extravasamento e um alagamento temporário de suas margens, pelas descargas máximas decorrentes.

Nos grandes rios, as inundações são causadas por chuvas intensas que podem durar horas e até vários dias, com intensidade que pode atingir centenas de litros por metro quadrado, fato que é agravado quando caem em grande área da bacia hidrográfica.

Nas pequenas bacias, os fortes temporais de verão são as causas das grandes inundações, notadamente em áreas mais impermeáveis. Estas chuvas torrenciais (trombas d'água) em geral ocorrem nas áreas de nascentes dos rios, podendo causar prejuízos significativos tanto em áreas urbanas(principalmente) como rurais.

As chuvas intensas são mais prejudiciais quando originam o deflúvio superficial direto devido ao alto grau de impermeabilização do solo da superfície. Chuvas pouco intensas podem ser absorvidas integralmente no solo da bacia devido a deficiência de umidade e em função da capacidade de infiltração no solo (PFAFSTETTER, 1976).

As vazões e níveis das cheias não dependem somente da distribuição das precipitações dentro do espaço e do tempo. Elas dependem igualmente do potencial de retenção da vegetação, dos solos, do relevo e das características da drenagem. Cada um destes fatores naturais tem a capacidade de influir no escoamento superficial, e com isso retardam e diminuem o pico das cheias, favorecendo portanto ao regime fluvial da bacia.

3.4 A Erosão e o Assoreamento

Enquanto, a tendência da água pela gravidade é de se deslocar dos pontos mais altos para os mais baixos até o fundo do mar, que é o limite para esse movimento, a erosão é definida pela desagregação e remoção de partículas do solo, ou de fragmentos de rochas, pela ação combinada da gravidade com a água, vento e organismos cujo resultado é o desgaste mecânico realizado pelos agentes móveis (vento ou rios) e os essencialmente imóveis, como o intemperismo químico (decomposição) e o intemperismo físico chamado de desintegração. Há duas formas de erosão:

- A erosão natural ou geológica que se desenvolve em condições de equilíbrio com a formação do solo;
- A erosão acelerada ou antrópica em que a intensidade é superior à da formação do solo e em geral, não permite a recuperação natural.

Os processos que regem o deslocamento de partículas sólidas, que em conjunto constituem o ciclo hidrossedimentológico são : desagregação, separação ou erosão, transporte, sedimentação, depósito e consolidação.

O assoreamento consiste na acumulação de partículas sólidas (sedimentos da bacia) em meio aquoso, devido a sua sedimentação. Esta sedimentação nos corpos d'água vai depender da temperatura da água, da velocidade do escoamento (declividade do rio) e do diâmetro dos grãos. Em geral, as partículas maiores e mais pesadas tendem rapidamente à sedimentação, ao passo que as menores se sedimentam com maior dificuldade, conferindo a massa hídrica o teor de turbidez..

Nos rios os sedimentos são em geral erodidos a partir do solo da bacia(encostas) assim como das próprias margens e leito, pelo escoamento superficial no período chuvoso. Eles podem ser transportados na massa hídrica por suspensão, arraste ou saltitação, depositando-se quando ocorrem condições favoráveis para a sedimentação. A intensificação das atividades antrópicas favorece o processo erosivo do solo e portanto o assoreamento. Ela decorre, em geral, do uso intenso e direto do solo, como desmatamentos, práticas agrícolas inadequadas e infra-estrutura precária de urbanização, favorecendo o desnudamento do solo (perda agrícola) bem como intensificando a velocidade dos cursos d'água. Os barramentos, reservatórios e retificações fluviais alteram outrossim o regime de sedimentos naturais dos cursos d'água.

As inundações causadas pelo escoamento superficial das águas das chuvas sempre arrastam grandes volumes de lama, areia, pedras, cascalho, lixo e detritos provenientes das encostas da bacia e das margens e leito do rio.

Embora esporádicos, os deslocamentos dos sedimentos carregados pelo escoamento

superficial e outros processos acabam provocando o remanejamento e a distribuição pela bacia de ponderáveis massas de partículas sólidas, apontando de eventualmente alterar o ciclo hidrológico e, certamente afetar o uso, a conservação e a gestão dos recursos hídricos. (TUCCI,2002).

As alterações do ciclo hidrossedimentológico vem despertando interesse da gestão dos recursos hídricos devido os riscos de degradação dos reservatórios, dos leitos dos rios, dos ecossistemas fluviais e a contaminação dos sedimentos por produtos químicos.

3.5 Alguns Problemas em Bacias Hidrográficas Decorrentes de Práticas Inadequadas

Muito embora a dimensão e os custos decorrentes das inundações ainda não tenham sido sistematizados no Brasil, em toda a parte evidencia-se que os prejuízos sociais e econômicos são incalculáveis (PLANAGUA, 2001b).

É fato que as mudanças que ocorrem nos ambientes naturais das bacias hidrográficas resultam em alteração no regime hídrico e na dinâmica evolutiva dos sistemas ambientais, que ocasionam a degradação ambiental, incluindo perspectivas ligadas a estabilidade, com grandes prejuízos para a sociedade. A quantidade e qualidade da água dos mananciais depende dos usos e atividades desenvolvidas em toda bacia hidrográfica.

O avanço da urbanização, na sua grande maioria, de modo desordenado e sem planejamento, provoca distúrbios nas condições naturais com alterações geomorfológicas e hidrológicas e descaracterização da paisagem e seus componentes, os quais refletem no aceleração do processo de assoreamento de rios e córregos e modificações no fluxo hídrico que acentuam o aumento das inundações e secas.

Esse processo urbano, existente em quase todo o território brasileiro, com ocupação principalmente, nas faixas marginais de proteção (FMP) dos rios e córregos por construções de baixa renda, que lançam o esgoto in natura, de forma difusa diretamente nos cursos d'água contribui para a magnitude dos problemas.

As faixas de proteção onde são proibidas a remoção da cobertura vegetal existente e movimentação de terra, inclusive empréstimos e bota fora, e não são permitidos usos e atividades que importem instalações permanentes e quaisquer edificações e serviços, possuem o comportamento de se movimentar nas fronteiras da estabilidade, quando pequenos distúrbios podem ocasionar efeitos que levam à instabilidade, isto é, a uma situação de catástrofe, seja pelas obras de macrodrenagem ou seja pela poluição.

A poluição de caráter físico, químico e biológico dos recursos hídricos subterrâneo e superficial, como resultado dos lançamentos de toneladas de efluentes sanitários provenientes de esgotamentos domésticos e industriais e disposição de resíduos resultantes dos usos e

atividades urbanas e instalação de aterros sanitários é outra alteração ambiental que vem acarretando sérios prejuízos a sociedade, a economia e impactos aos ecossistemas. São lançados, na sua maioria sem tratamento e ininterruptamente, nos cursos d'água e no solo onde formam os passivos ambientais, quase sempre nas margens.

O lixo descartado em margens e encostas na época das chuvas formam barreiras e aumentam a resistência aos escoamentos promovendo a elevação do nível das águas e favorecendo os transbordamentos dos rios.

As pontes e travessias muitas vezes com projetos e construção incompatíveis com o dimensionamento das vazões das inundações têm pilares de sustentação de forma a estrangular o fluxo das águas e sustentam tubulações que obstruem ainda mais as correntezas.

Os usos e atividades rurais podem provocar, também, alterações no ambiente com reflexos sobre a quantidade e qualidade dos recursos hídricos, visto que os desmatamentos, os movimentos de terra e a poluição resultante do uso de pesticidas e fertilizantes são exemplos de poluição.

Na figura 10, alguns desses problemas podem ser exemplificados.

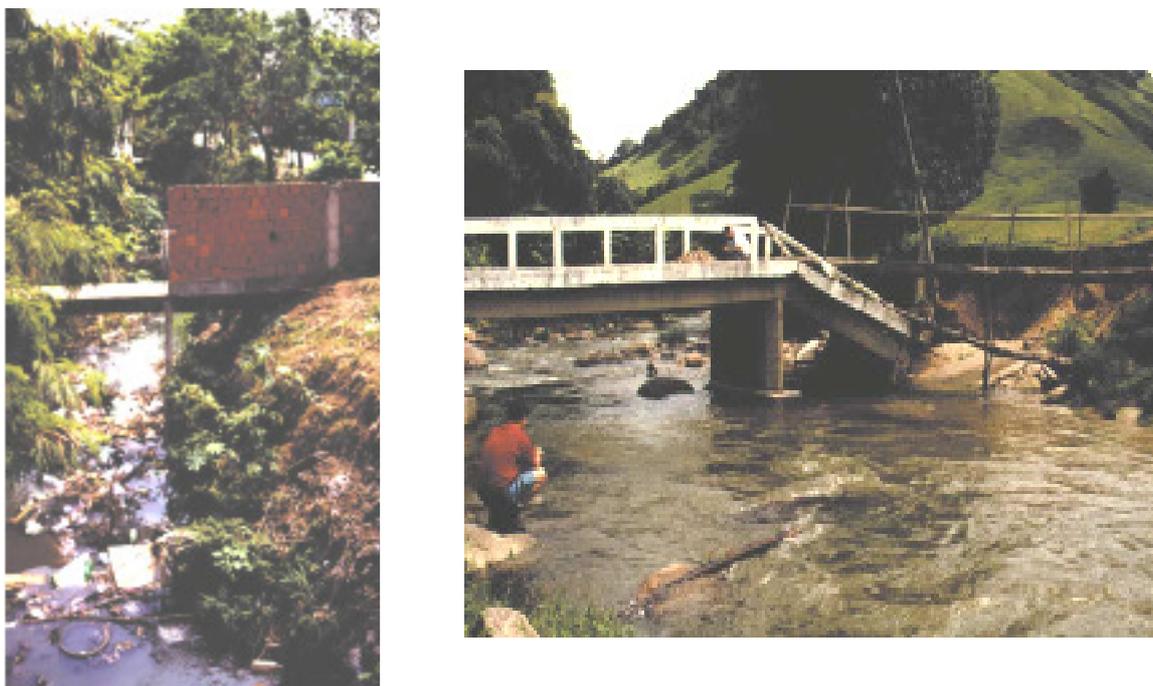


Figura 10 – Problemas em áreas marginais de rios

Fonte: PLANAGUA (2001)

Em muitas regiões, a crise ambiental da atualidade atinge tanto os países pobres como os ricos. Apesar de muitas obras terem sido realizadas, não se tem a segurança necessária, e ainda estamos sujeitos à riscos de inundações catastróficas, cada vez mais freqüentes. Isto

ocorre não somente no Brasil, mas também no chamado primeiro mundo. Em 2002, as inundações nos rios Elba e Danúbio, na Alemanha, conforme mostrado na figura 10, causaram prejuízos de mais de 50 bilhões de Euros, levando à mudanças na legislação e nas ações, principalmente àquelas relacionadas à gestão integrada de recursos hídricos.



Figura 10 – Enchentes na Alemanha. Fonte : PLANGUA, (2001B)

Discussões recentes sobre inundações que ocorreram em fóruns internacionais mostram a crise existente. As reuniões, sob a égide da ONU e da Comunidade Européia, aconteceram em Copenhague (novembro de 2002); Atenas (junho de 2003) e Berlim (junho de 2004) para discutir intensamente as iniciativas e as práticas sustentáveis de proteção, mitigação e prevenção de inundações.

A inundações está normalmente associada à: assoreamento de rios e canais por sedimentos e lixo disperso, ou remansos provocados por estrangulamentos hidráulicos na calha fluvial (ocupações marginais, pilar de ponte, etc.). Contudo, pouco se pode fazer para evitar uma grande cheia, mas é possível atenuar seus efeitos e existem inúmeras medidas que

podem ser tomadas e serão abordadas mais adiante.

As intervenções técnicas realizadas nas áreas altas a montante das bacias hidrográficas, não levando em consideração as condições naturais e ambientais existentes, muitas vezes resultam em problemas de maior complexidade nas baixadas à jusante. Estas regiões, muitas vezes são descaracterizadas pelas obras de drenagem através de canalizações, retificações de rios e córregos, além das ocupações irregulares.

Normalmente, as inundações podem ser parcialmente controladas pela construção de canais e diques, mas muitas vezes ocorre o contrário, com o transbordamento das águas, por serem tais diques construídos muito próximos ao canal, reduzindo o espaço das águas no leito maior e sobrecarregando sua estrutura. Um exemplo deste fato está representado na figura 12. Este tipo de intervenção foi muito utilizado em nome do desenvolvimento em décadas passadas.

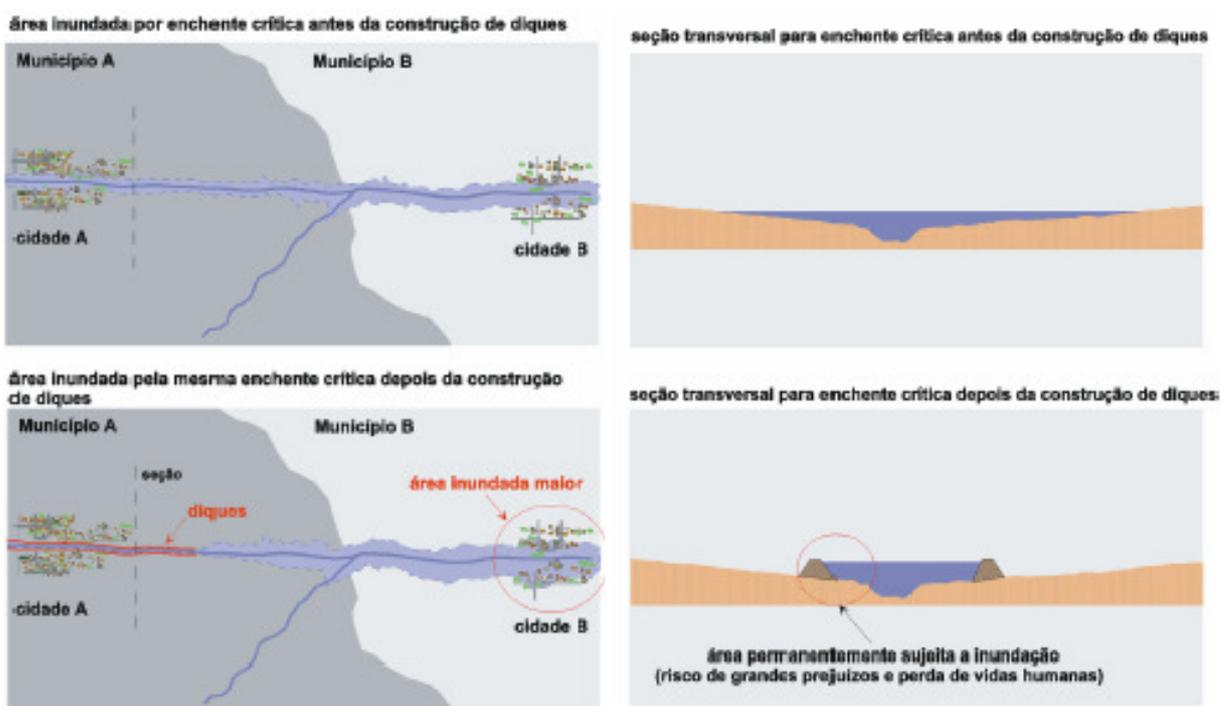


Figura 12 – A influência da construção de diques em rios

Fonte: PLANAGUA, (2001B)

No que diz respeito aos métodos de manejo do solo na agricultura, muitos deles podem ser considerados inadequados como, por exemplo, a compactação do solo por máquinas pesadas, reduzindo a capacidade de armazenamento de água pela infiltração, facilitando um escoamento superficial acelerado. Já o uso inadequado de agrotóxicos prejudicam a faixa biológica do solo e sua capacidade de absorção e infiltração.

A monocultura e exploração agrícola em grandes áreas drenadas modificam a paisagem e limitam o potencial de reter a água na vegetação, no solo e nas ondulações do relevo. A compactação dos caminhos rurais funciona como uma calha, drenando águas de forma mais rápida para os corpos hídricos mais próximos.

Outro problema diz respeito à retificação dos cursos d'água, a qual promove um rebaixamento dos níveis da água dos rios, uma menor frequência de trasbordamento local e uma redução na retenção de água nas áreas marginais. Conseqüentemente, a onda de cheia caminha mais rápido por ser menor o tempo de concentração, aumentando o volume e o pico da cheia a jusante.

Com as derrubadas e queimadas das florestas, potenciais áreas de armazenamento natural de água vão sendo extintas. Superfícies de solo vão ficando expostas e ameaçadas de não cumprirem a função de reter água e, em conseqüência, amplia-se as possibilidades de agravamento da erosão, do assoreamento dos rios e das inundações. Observa-se que nas áreas mais altas, situadas dentro do leito maior e que podem ser atingidas com menor frequência, os prejuízos podem ser mais significativos, principalmente quando ocorrem inundações excepcionais.

Isto acontece por não haver proteção e prevenção destas áreas devido aos custos elevados das obras, as quais deveriam ser consideradas como faixas de proteção para as cheias que ocorrem frequentemente com tempo de retorno de 10 anos. Tal situação pode ser exemplificada pelas figuras 13 e 14.

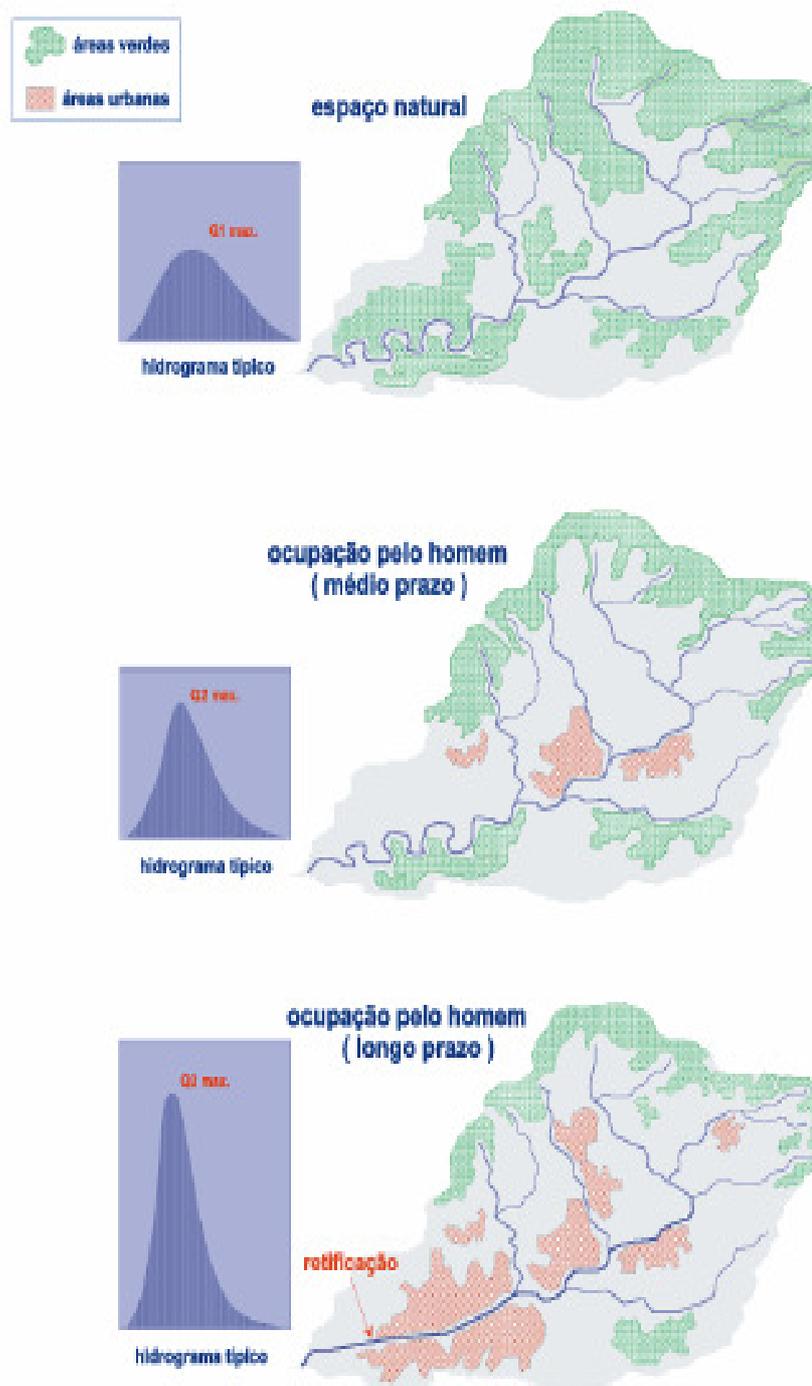


Figura 13 – O impacto da urbanização em bacias hidrográficas. Fonte: PLANAGUA (2001b)

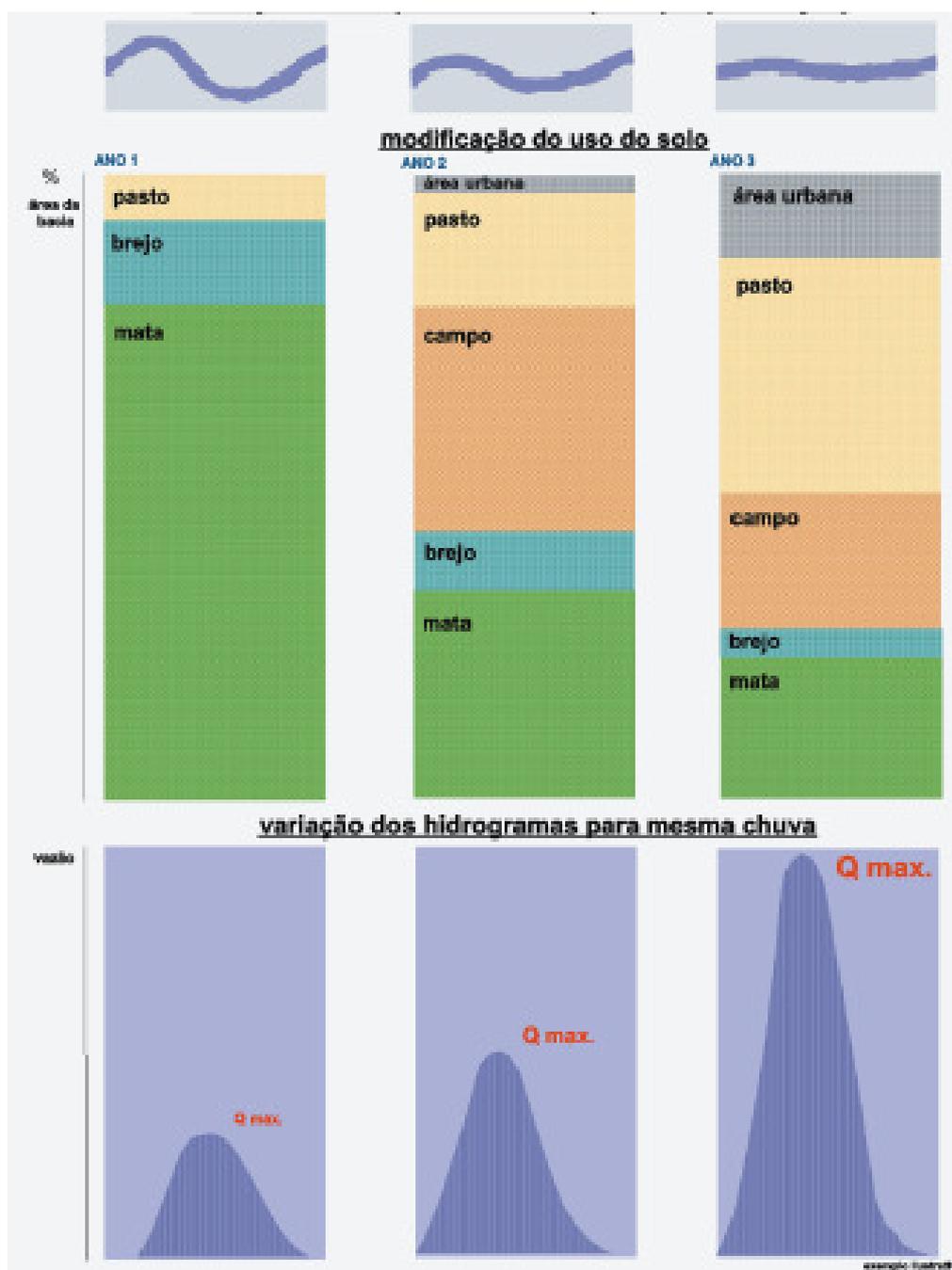


Figura 14 - Modificações nos cursos d'água. Fonte: PLANAGUA (2001b)

O planejamento do uso do solo urbano, embora envolva fundamentos interdisciplinares, na prática é realizado dentro de um âmbito mais restrito do conhecimento, que pode resultar em modificações ambientais das mais variadas formas e que na maioria dos casos decorre da falta de consideração dos aspectos hidrológicos e ecológicos.

O planejamento da ocupação do espaço urbano em todo o Brasil tem sido muito pouco realizado pelos municípios. E quando existe um Plano Diretor Urbano, este não respeita os aspectos naturais, causando grandes transtornos e custos para a sociedade. Em sua quase totalidade, não existe restrição para loteamentos situados em áreas de risco de inundação.

Uma seqüência de anos sem enchentes é razão suficiente para que as áreas ribeirinhas, e inadequadas para ocupação, sejam loteadas pelo poder público, ou haja invasões pela população de baixa renda.

À medida que a cidade se urbaniza ocorre o aumento das vazões devido à impermeabilização, canalização e construção de obras viárias isoladas que embora tratadas como benfeitorias, não resistem ao teste das águas, e o alagamento é um fato inevitável.

Estes impactos têm produzido um ambiente urbano desconectado, degradado e desvalorizado cujas soluções exigem grandes somas de recursos e contribui para os alarmantes desequilíbrios financeiros das administrações municipais.

O problema se torna mais drástico e prospera quando os gerenciadores públicos não incentivam a prevenção e mitigação dos problemas com medidas não-estruturais que envolvem participação conjunta da população. É fato que em períodos de inundações de menor intensidade, eleva-se o potencial de ocupação das áreas inundáveis, e o poder público e as populações abandonam as estratégias preventivas.

Em geral, à medida que ocorre a inundação, declara-se a calamidade para poder receber os recursos, a fundo perdido, sem contudo realizar concorrência pública para as obras. A cada nova inundação, uma rede de acusações é formada, envolvendo o poder público, técnicos e a sociedade, visto que as propostas de soluções, geralmente estruturais, sempre foram imediatistas, em contradição com as não estruturais e holística ditadas pelo desenvolvimento sustentável.

Isto não deveria ocorrer se fosse respeitado, por exemplo, o Artigo 563 do código civil que diz que o dono do prédio inferior é obrigado a receber as águas que correm naturalmente da parte superior. Se o dono deste fizer obras de arte para facilitar o escoamento, procederá do modo que não piore a condição natural e anterior do outro. Os Artigos 69 e 84 do código de águas também concordam com esta filosofia de não criar obstáculos ao escoamento natural das águas.

As inundações por si só não causam danos à natureza, já que são eventos naturais. As inundações somente causam danos a bens materiais como edificações e instalações e às atividades humanas quando estas ocupam as áreas próprias de inundação. Quanto maior a densidade de ocupação desta superfície naturalmente inundável, maior poderá ser o potencial de prejuízos e de danos em caso de grandes inundações (PLANAGUA, 2001). Este é o caso demonstrado na figura 15.



Figura 15 – Inundação em área ribeirunha densamente ocupada

Fonte : PLANAGUA

É importante mencionar que a exploração da superfície inundável poderá agravar os danos à empreendimentos e as perdas pela interrupção da produção, e ainda, os prejuízos conseqüentes como reconquistar um mercado perdido devido às inundações ocorridas, problemas de saúde pública, baixa estima da população afetada, etc.

E mais, além do agravamento das inundações causadas pela intervenção humana, há o aumento do potencial dos danos provocados às superfícies de inundação, chegando a ser o maior fator responsável pelos prejuízos observados mundialmente. Muitas técnicas recentes para minimizar tais impactos estão sendo propostas em diversos países, como as técnicas de revitalização de rios e bacias hidrográficas, as quais serão tratadas a seguir.

A retenção natural das águas não pode ser considerada como um objetivo isolado para a proteção contra as enchentes, mas sim, como parte de uma administração global das superfícies e das águas, a fim de preservar e melhorar o meio ambiente em geral.

3.5.1 Considerações sobre Medidas Estruturais

Mesmo que todas as medidas de retenção natural das águas fossem aplicadas, o risco de uma inundação natural permanece. Se forem utilizadas as medidas denominadas estruturais, deve-se levar em consideração a redução dos riscos de inundação, visto que somente são eficazes até um determinado nível da inundação teórica.

Nas áreas residenciais, freqüentemente faz-se um esforço para proteger a população contra a inundação de recorrência de cem anos, na Alemanha. No Brasil o tempo de

recorrência tem sido entre 10, 20 até 50 anos. Para as enchentes acima deste nível o risco de inundação permanece. Não há necessidade de proteger as áreas agrícolas, se o cultivo do solo estiver adaptado à região.

Se considerarmos que as medidas técnicas contra as inundações não são baratas, deve haver uma proteção suplementar para às despesas. Esta justificação se torna bem mais difícil quanto mais ambicioso for o objetivo. Ao mesmo tempo convém demonstrar qual é o impacto destas medidas para as populações situadas a montante e a jusante.

A. Diques e muros

Não é de hoje que o homem vem tentando evitar os riscos das enchentes. Na maior parte das grandes bacias fluviais foram construídos, há muitos séculos, diques e barragens para melhor aproveitamento destas planícies fluviais. Sobre estas primeiras proteções locais foi desenvolvido o atual sistema de diques nos grandes rios. Após cada grande enchente, os diques e as barragens foram aumentados e consolidados.

Um exemplo na Alemanha mostra que diques foram destruídos pelas grandes inundações ocorridas região do Reno Superior em fins de 1882 e princípios de 1883, que deixaram as planícies do Reno Superior submersas sob vários metros de água. Confiantes na elevação dos diques que foi feita após esta inundação e no fato dos diques terem resistido às inundações subseqüentes, a população retomou a confiança e intensificou o uso destas áreas. Todos as comunidades situadas na baixada do Reno permitiram, principalmente nas últimas décadas, o avanço das construções habitacionais e industriais até a proximidade das margens do Reno, sem refletir sobre as conseqüências que um novo transbordamento dos diques trará. Este comportamento, típico em todas as baixadas na Alemanha, faz com que as áreas protegidas, na realidade, se transformem em áreas ameaçadas.

O transbordamento dos diques e a conseqüente erosão do material usado na sua construção em pouco tempo leva ao rompimento de segmentos inteiros dos diques. As áreas protegidas através dos diques serão então rapidamente inundadas. Mesmo que a altura dos diques seja suficiente, o perigo de ruptura dos diques sempre permanece.

Os diques sofrem um processo natural de envelhecimento. A cada submersão, partículas finíssimas de terra do material dos diques e do subsolo são transportados da parte fluvial para a superfície. A longo termo, este deslocamento unilateral de corrosão provoca um vazio nas bases e isto põe em risco a segurança nos transbordamentos. Animais furões como formigas podem aumentar estes vazios. O perigo de ruptura de um dique aumenta com o nível e a duração da submersão. No caso das inundações causadas pelo Reno em 1995 o maior problema foi o tempo de duração do nível elevado das águas nos diques. (PLANAGUA,2001)

Em áreas com grande concentração urbana, muitas vezes há muros de proteção contra as

inundações, complementados com dispositivos de fechamento ou superestruturas, como em Porto Alegre, RS., realizado pelo DNOS nos anos 70. Contudo, mais recentemente podem ser utilizadas portões deslizantes e os paisagistas devem criar ambientes agradáveis para atração e diversão dos residentes.

Todos os diques, muros e portões, podem ser consideradas construções técnicas, e devem ter uma manutenção adequada. Justamente, devido ao fato de raramente serem utilizados em comparação com outras obras de proteção, sua manutenção é particularmente importante. Esta tarefa é permanente, e no interesse da segurança geral, não pode ser negligenciada. (PLANAGUA, 2001)

A proteção contra a inundação faz parte da infra-estrutura pública, tal como são as vias, a geração de energia e a telecomunicação, mas perdem a segurança, quando os limites fixados nas obras forem ultrapassados. Mesmo após a construção de um dispositivo de proteção contra a inundação, o espaço que se encontra por detrás deste dispositivo, continua sendo por natureza, área natural de inundação, mesmo que esta situação melhore a condição de utilização para o homem, ao menos até a ocorrência de uma outra inundação maior que a prevista no cálculo do projeto.

B. Barragens

Outra opção para uma proteção técnica contra as inundações é a de reduzir o fluxo de água através de represas e barragens. As barragens de estiagem geralmente são vales que permanecem cheios de água durante quase todo o ano e são explorados para múltiplos usos, como por exemplo para o abastecimento de água, a geração de energia e para o suprimento de água nos períodos de estiagem, como no nordeste. Outras (barragem de cheias com orifícios) recebem exclusivamente as águas provenientes da inundação, sendo em seguida esvaziadas, para estarem preparadas para a inundação seguinte.

Os espaços reservados (bacias hidráulicas) dentro das barragens para a retenção das inundações geralmente obedecem ao sistema das represas de retenção para as cheias. As águas estocadas na bacia hidráulica do reservatório dessas barragens são retiradas das inundações, atenuando deste modo o efeito das cheias. As barragens, seja de cheia ou de estiagem, geram cadeia de impactos ambientais complexos típicos deste tipo de obra hidráulica.

A utilização das barragens de cheia com orifícios de fundo é na realidade um meio de transferência gradativo das águas acumuladas durante o período das cheias na bacia hidráulica do reservatório. Atualmente os reservatórios de estiagem de UHE está previsto, na sua operação, um volume de superacumulação dos escoamentos do período chuvoso.

C. Limites de proteção contra as inundações

As medidas para a infiltração, a revitalização e a retenção nas bacias podem anular em grande parte o impacto das influências do homem sobre o fenômeno da inundação e uma vez alcançado este objetivo, as possibilidades de retenção natural das inundações estão esgotadas. Permanece um risco natural de inundação que depende dos fenômenos naturais. É um sonho romântico, que a própria natureza desmente, pensar que os riscos de inundação desaparecerá se as forças da natureza pudessem novamente agir livremente. É impossível eliminar as inundações, que é um fenômeno natural. O que se pretende com a revitalização da bacia é adaptar as condições hidrológicas atuais às pretéritas, quando as inundações eram bem menos freqüentes e com menor magnitude.

Mesmo os meios técnicos de proteção contra as inundações tais como muros, diques ou represas, apenas podem melhorar as condições de utilização do volume de água, mas jamais afastar o perigo das inundações. Todo e qualquer dispositivo técnico contra as inundações tem apenas um efeito setorial que se baseia no nível teórico da inundação. Qualquer inundação que ultrapasse estes limites, fatalmente inundará as áreas protegidas. Um risco sempre permanecerá, e este, muitas vezes é subestimado.

CAPITULO 4 – REVITALIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRAFICAS

4.1. Algumas Técnicas de Revitalização

A capacidade de retenção da rede hidrográfica natural e suas terras marginais é bem maior do que os cursos de água que foram retificados e ampliados. Áreas anteriormente drenantes através de diques, devem na medida do possível, ser reintegradas à dinâmica fluvial natural. A revitalização, proporcionará melhoria na retenção das águas se houver a redução na velocidade do fluxo dos cursos de água e aumento global da oferta de águas. Este é o objetivo pelo qual os cursos de água poderão transbordar mais freqüentemente e inundar as terras ribeiras provocando, no local onde as águas são retidas, níveis mais elevados do que os anteriormente registrados.

Para reverter a situação drástica dos impactos nos sistemas fluviais e nos solos, procura-se, principalmente, propiciar nova vida aos rios, lagoas e nas áreas frágeis e alagáveis, com a recomposição dos ecossistemas aquáticos e seus componentes da fauna e flora.

Com os planos, projetos e ações de revitalização, as possibilidades de se alcançar o desenvolvimento sustentável são ampliadas, ao buscar reativar as funções naturais e compatibilizá-las com as condições físicas, sociais e culturais atuais da bacia hidrográfica.

Desta forma, utiliza-se um conjunto de técnicas apropriadas, denominadas de engenharia ambiental, a fim de criar condições para mitigação dos impactos ambientais, proteção da bacia, recuperação da forma física e morfológica dos leitos dos rios e obtenção da qualidade indispensável das águas, a fim de atender aos múltiplos usos. Tais técnicas serão apresentadas a seguir.

Um rio pode ser classificado como meândrico, contínuo e entrelaçado. Entretanto existem muitas formas de transição entre estes tipos para o equilíbrio hídrico. Os rios meândricos têm inflexões mais ou menos regulares e que são sinuosas nas planícies. Ele consiste de uma série de curvas conectadas por interseções, com as margens pouco definidas e instáveis. Já nos rios entrelaçados o circuito das águas é alargado, duas ou mais calhas se interceptam dando ao rio uma aparência de trança nas baixas correntezas. Este possui inúmeros depósitos de areia e ilhas. Entretanto, os rios contínuos têm calha com sinuosidade desprezível, taludes relativamente íngremes e carregam grande concentração de sedimentos (SHEN, 1977).

Os sedimentos não somente interferem nos aspectos de quantidade do sistema fluvial, mas têm também muitos efeitos nos aspectos de qualidade. Um exemplo é o impacto dos sedimentos nos peixes. As características dos sedimentos que afetam os organismos aquáticos

são: concentração do sedimento; composição do sedimento; absorção dos materiais tóxicos; limite de tolerância dos organismos.

A revitalização de rios e córregos é uma técnica simples, eficiente e moderna que indica os caminhos para a preservação e manutenção da biodiversidade, a valorização dos recursos hídricos e das áreas marginais, assim como a reintegração do homem ao ecossistema hídrico(figura 16).

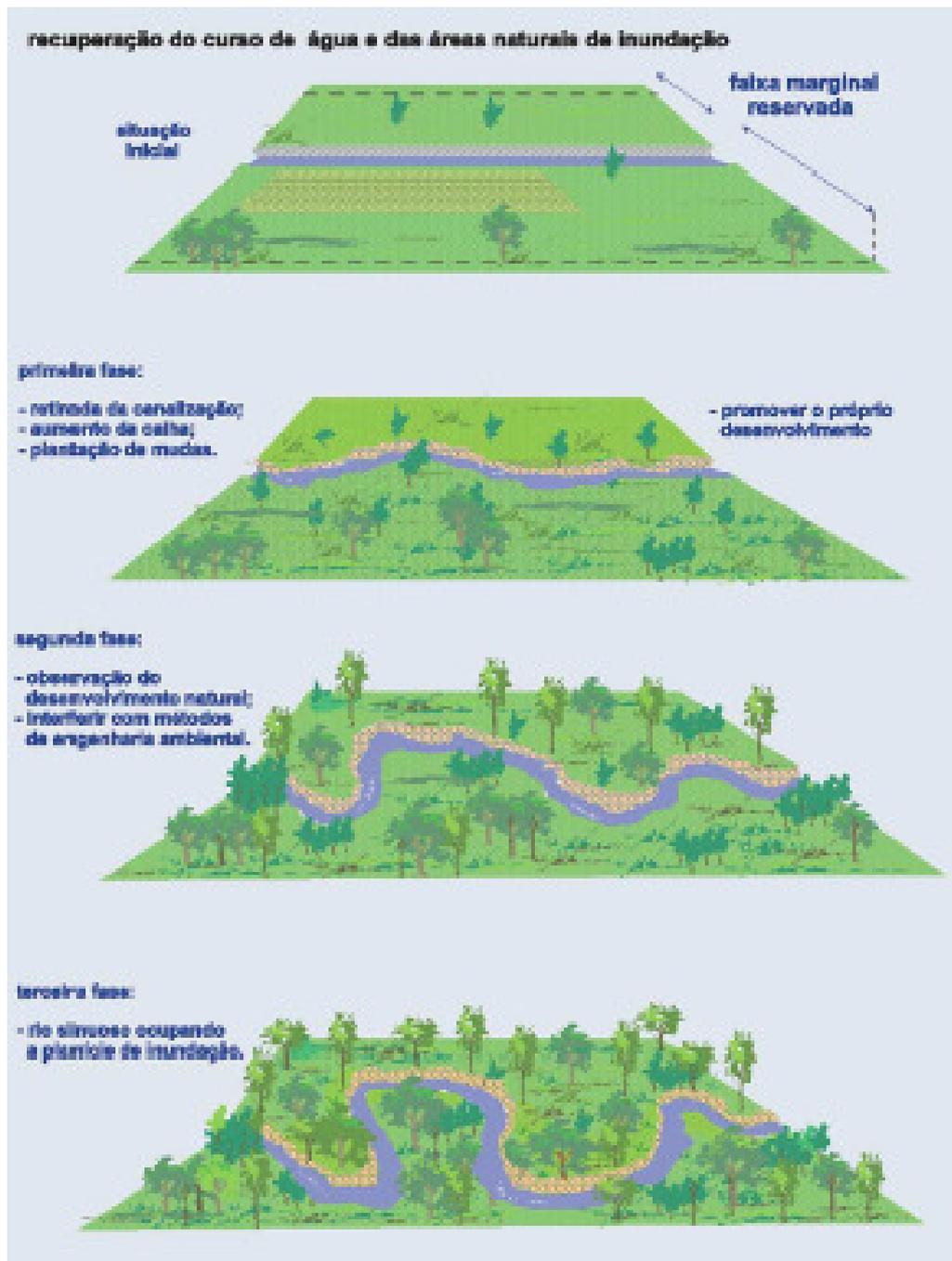


Figura 16 - Recuperação do curso d'água e das áreas naturais de inundação

Fonte : PLANAGUA, (2001b)

A revitalização resgata a qualidade e quantidade das águas dos mananciais, valoriza as florestas e as paisagens e as áreas de drenagem no entorno dos cursos d'água e de toda a bacia hidrográfica (PLANAGUA 2001a).

Esta concepção busca fazer com que os escoamentos dos cursos d'água retornem às suas condições pretéritas, favorecendo o equilíbrio do fluxo e sempre que possível, percorram o seu curso natural, fazendo o talvegue fluvial. Sobretudo, procura deixar, pelo menos, mais espaços para a retenção da água, recuperação e a manutenção dos ecossistemas e para a recomposição da mata ciliar e ainda, dar um tratamento estético e particularizado às orlas dos rios, visando o seu aproveitamento pela população

O rio como paisagem oferece um cenário natural de grande beleza, essencial ao bem estar da população, embora muitos nem percebam seu valor e a consideram muito subjetiva (figura 17). Estas paisagens possuem forte apelo social e espiritual e as áreas circundantes podem ser utilizadas para contemplação, meditação, caminhadas, passeios de bicicleta, brincar, nadar, pescar, ou ainda, simplesmente energizar-se e emocionar-se com a interação direta com a água, elemento importante para o turismo.



Figura 17 – A paisagem de um rio natural. Fonte : ICPR (1998)

Na Europa, principalmente na Alemanha, experiências realizadas com técnicas de revitalização já demonstram grandes modificações nas faixas marginais e nos leitos dos rios e uma grande valorização das áreas adjacentes, que estão sendo aproveitadas para recreação,

registros técnicos e educativos dos níveis das inundações, museus ao ar livre, balneários e pontos turísticos.

Os técnicos brasileiros começam a se interessar pela prática da revitalização de rios e córregos, mesmo existindo algumas restrições técnicas, impostas pelas condições existentes tanto no meio urbano como no rural, para a sua implantação. Deve-se observar que num projeto de revitalização, em geral, inicia-se pela despoluição das águas visto que é fundamental e prioritária a obtenção da qualidade das águas para que se possam ampliar os usos.

Um projeto de revitalização deve ser iniciado com o diagnóstico baseado no levantamento das condições locais:

1. Naturais: hidrológicas, geológicas, hidrogeológicas, climatológicas, geográficas, diversidade da vegetação, da fauna e da cultura.
2. Estruturais: obras hidráulicas, ocupação do solo urbano e rural, rodovias, lixo e outras fontes de materiais poluentes.
3. Ambientais: vulnerabilidade, impactos nos ecossistemas.

O diagnóstico deverá incluir todos os estágios de degradação ao longo do tempo e suas conseqüências, como as perdas da biodiversidade, problemas de inundações com depreciação de áreas urbanas e bens patrimoniais, bem como uma avaliação das perdas e os custos envolvidos nesse processo de degradação ambiental, o qual atinge a atual e as futuras gerações. (REBOUÇAS, 2003).

No planejamento das ações de revitalização deve-se considerar as interações permanentes e dinâmicas dos processos ecológicos, sociais e econômicos em toda a bacia, bem como analisados os problemas e as alternativas possíveis que viabilizem a sua mitigação com progressiva melhoria da biodiversidade, além dos custos e prazos para implantação das ações previstas no plano específico resultante desta atividade.

É fundamental também que nos custos esteja incluído o tratamento dos esgotos, a recuperação de ecossistemas aquáticos e um monitoramento contínuo dos indicadores biológicos e hidrológicos, próprios de cada curso d'água.

O exemplo de aplicação na Alemanha de um rio urbano com águas de boa qualidade, porém com ocupação densa nas margens, foi objeto de estudo para revitalização visto que todos da região queriam valorizar e desfrutar daquele manancial (figura 18). Para valorizar a região, o primeiro passo foi realizar um plano de revitalização. O plano previu, para a expansão gradativa das áreas dos rios marginais dos rios, algumas desapropriações e uma legislação capaz de exigir que todos os imóveis localizados nas margens selecionadas não tivessem licença para reformas.



Figura 18 - Aproveitamento dos rios para lazer / Praias

4.2 Técnicas de Engenharia Ambiental

Na engenharia ambiental, os estudos hidráulicos e hidrológicos são muito utilizados. Em geral, desde os primeiros estudos, se analisam as características das correntes de água, tais como: capacidade da calha, regime hidro-sedimentológico, geometria do leito, perfis topobatimétricas, níveis para controle de inundações, estimativa das vazões (para abastecimento e outros usos), etc., além de levantar os processos de degradação, os indicadores de qualidade das águas e seus efeitos na biota aquática.

As técnicas para restaurar a morfologia e o comportamento do rios mais adequado às condições naturais são resultantes da interação entre as vazões da corrente, as descargas dos sedimentos, e a recuperação topográfica local, em especial dos córregos e rios.

Para a implementação das técnicas da engenharia ambiental, é importante a experiência e a articulação dos profissionais como arquitetos, paisagistas, hidrólogos, geógrafos, biólogos, agrônomos, engenheiros florestais e sanitaristas, dentre outros.

As técnicas estão disponíveis internacionalmente, algumas já aplicadas em cursos d'água da Alemanha e Suíça e, recentemente vem sendo estendida à Comunidade Européia. A aplicabilidade de tais técnicas em rios de clima tropical úmido, com geomorfologia bastante diferenciadas daquelas do “Velho Continente”, já vem sendo discutidas e avaliadas para aplicação nos rios brasileiros.

A técnica procura a utilização racional de materiais naturais e de fácil aplicabilidade combinados, em sua maior parte, como madeira e pedras, que são os mais importantes, e quase sempre provenientes dos locais próximos aos rios, reduzindo os custos dos

empreendimentos. Todavia exige-se manutenção e limpeza como qualquer outra intervenção.

Nas obras fluviais, além de materiais inertes, se empregam em grande escala elementos vivos, com poder vegetativo, que ao se enraizar consolidam as obras com suas raízes, como mostrado na figura 19, assim como suas ramas reduzem a corrente dos rios (SCHOKLITSCH, 1961).



Figura 19– Exemplo de intervenção em leito de rio

Fonte: PLANAGUA,2000

A pedra é empregada com abundância em enrocamentos, muros e pavimentos, sendo utilizadas para estas obras, todas as pedras capazes de resistir aos agentes atmosféricos e a ação da água, de preferência as pedras com elevado peso específico (figura 20 e 21). Onde for difícil obter pedras se emprega o concreto em variadas formas, entretanto, devem atuar com seu peso próprio e a sua mistura deve ser com dosagem de cimento superior a 1:10.

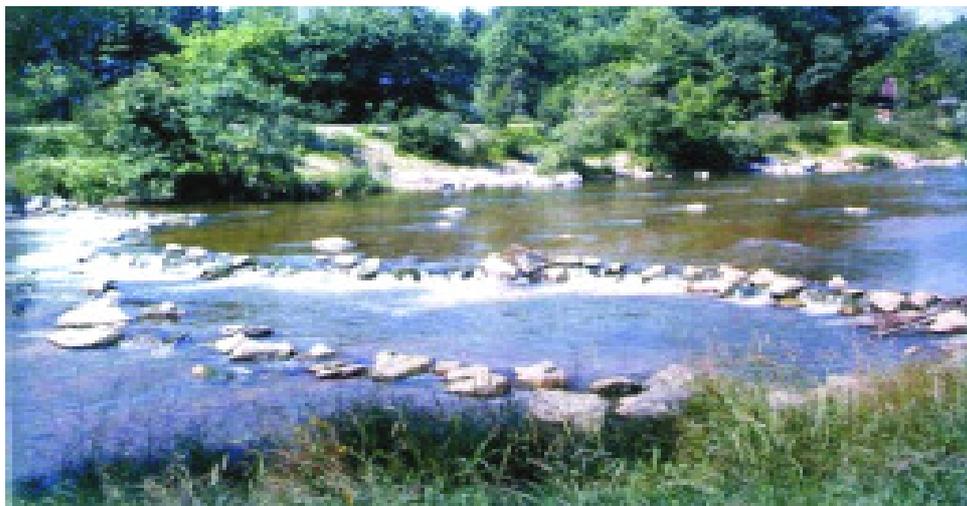


Figura 20 - Vertedor substituído por degraus permite o fluxo migratório das espécies

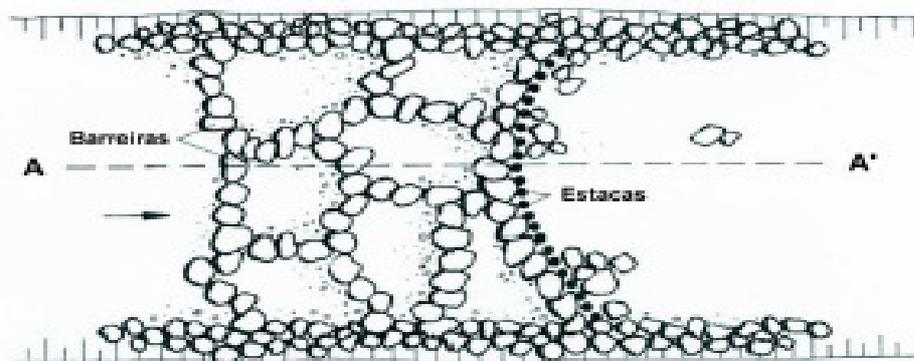
Fonte : PLANAGUA, (2000)

Modificação de vertedores / Barragem com degraus transversais

Corte longitudinal A - A'



Vista de cima



Vertedor substituído por degraus transversais

Figura 21 – Modificação de vertedores por soleiras com degraus transversais

Fonte: PLANAGUA,(2000)

Os enrocamentos são obtidos vertendo simplesmente pedras naturais ou artificiais e regularizando a superfície, tanto como a água permita. O chamado enrocamento vivo se emprega quando se quer que as margens fiquem cobertas por ramos colocadas nos interstícios das pedras e enraizadas nos taludes.

Os muros de pedra são executados para proteger eficazmente contra a erosão do solo que reveste e suas bordas têm que ser protegidas (figuras 22 e 23).

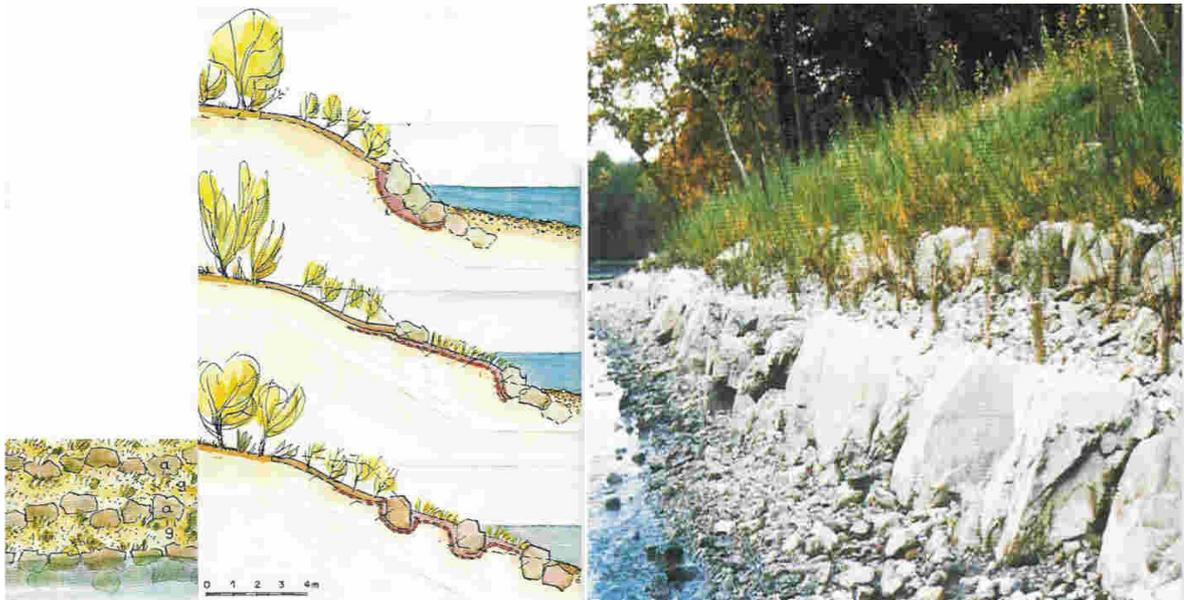


Figura 22 – Construção em pedras em áreas rurais

Fonte: EVEBW, 1982

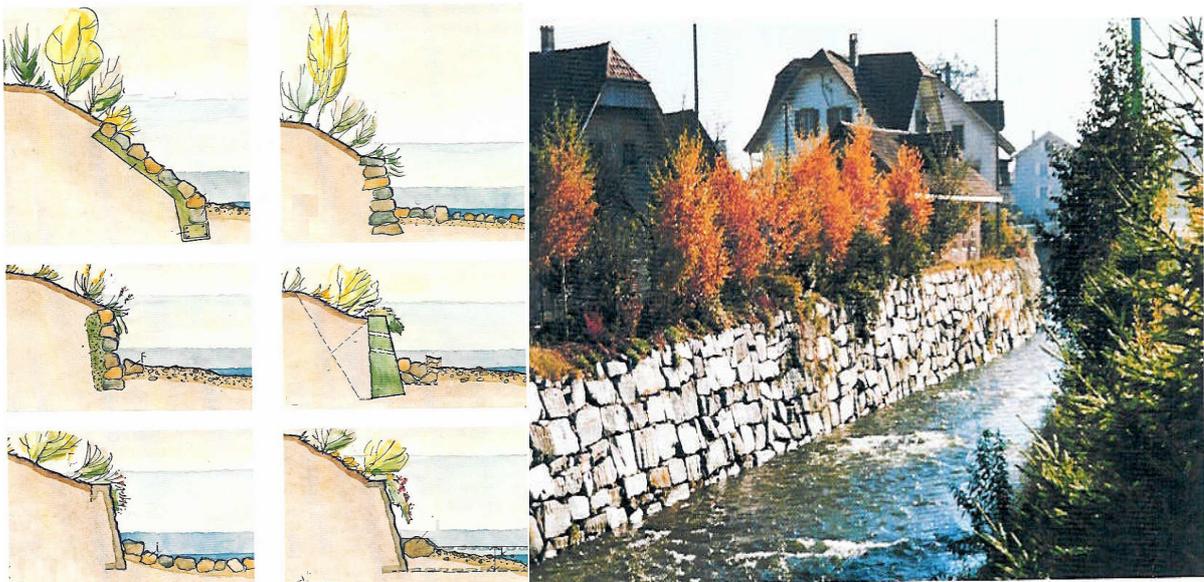


Figura 23 - Contenção de pedras em áreas urbanas

Fonte: EVEBW, 1982

A madeira se emprega em forma roliça ou quadrada, e também na forma de fachineiros de ramas. As ramas com enraizamento se cortam e aplicam na primavera (figura 24).

Nas faixas marginais as funções de estabilidade do solo, ecológicas, estéticas devem ser consideradas empregando-se ampla vegetação nativa para recomposição da mata ciliar. A utilização de troncos e plantios de galhos com brotos pode constituir boa técnica de combate à erosão e ao assoreamento. Estas e outras soluções são apresentadas a seguir, nas figuras 25 a 30.

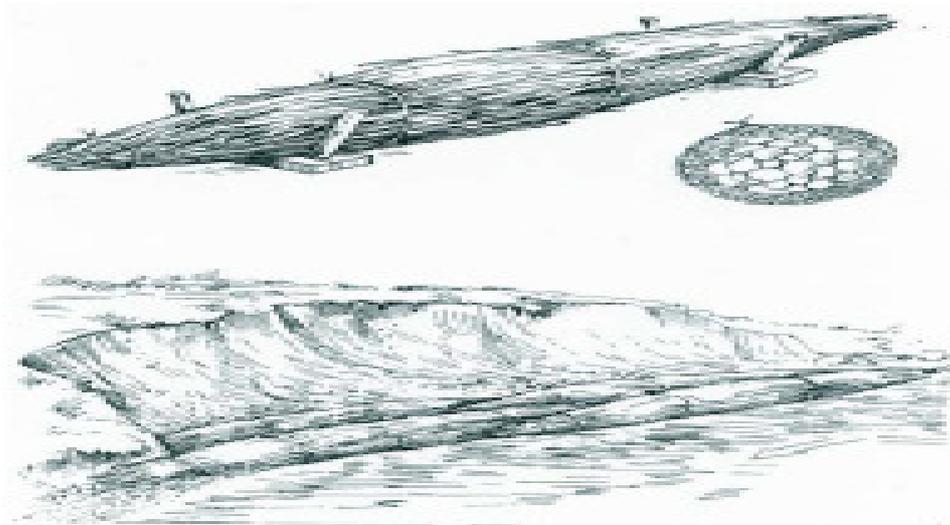


Figura 24 – Pedras envolvidas com feixes de ramas

Fonte: PLANAGUA, (2001)

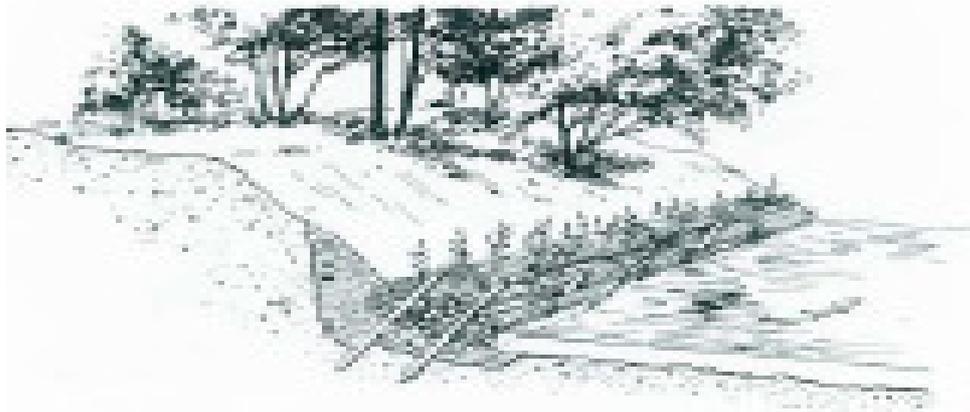


Figura 25 – Proteção de margens

Fonte: EVEBW, (1982)

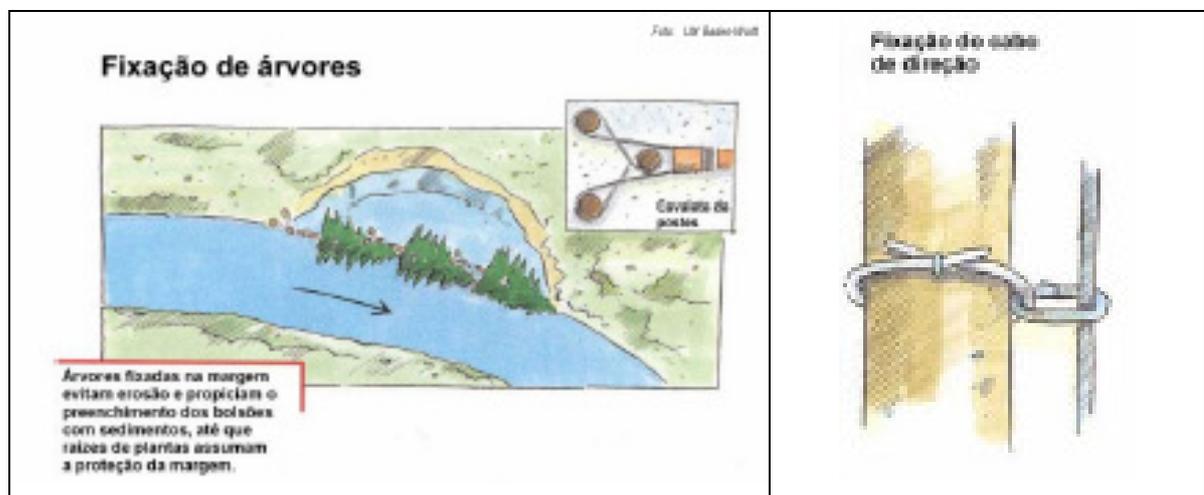


Figura 26 – Fixação de árvores para controle de erosão

Fonte: PLANAGUA, (2001)



Figura 27 – Barreira com galhos entrelaçados

Fonte : PLANAGUA, (2000)

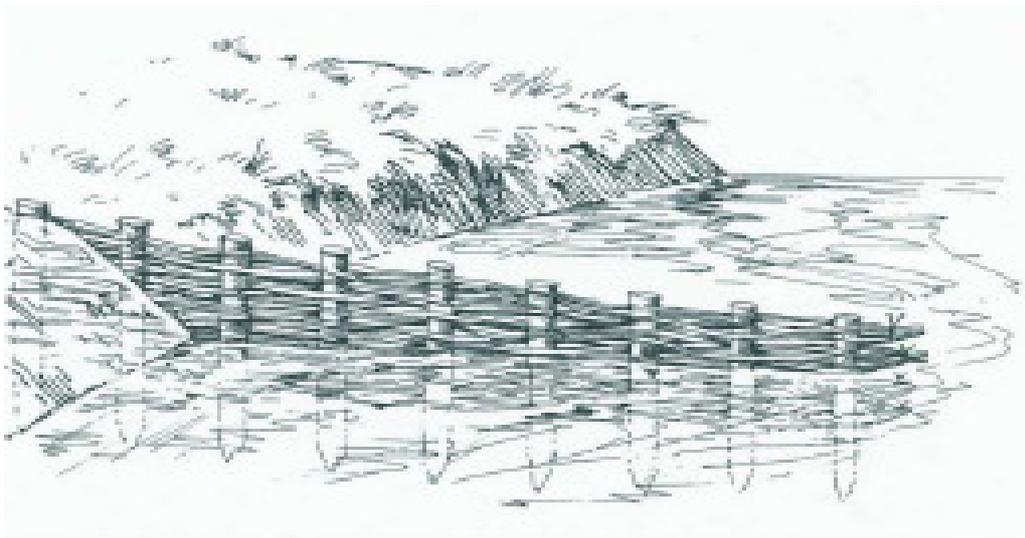


Figura 28 –Proteção de margens com estacas de madeira

Fonte : PLANAGUA, (2001)

Estacas

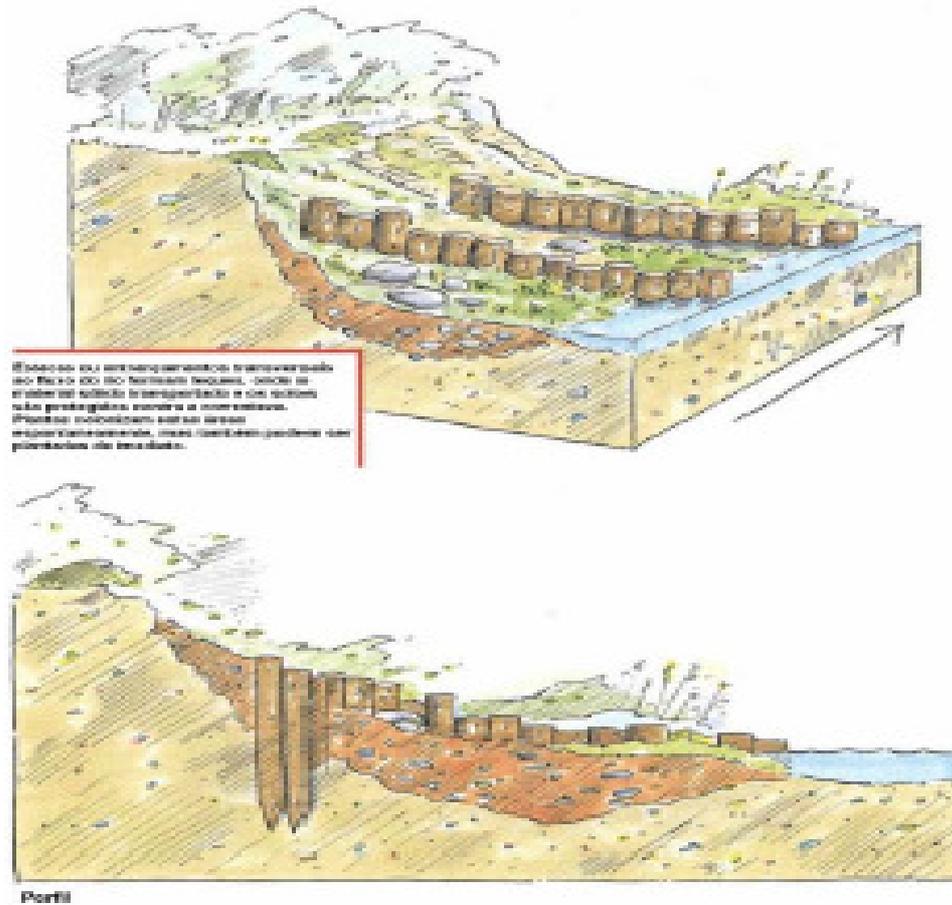


Figura 29 – Troncos de árvores ancorados com estacas

Fonte: PLANAGUA, (2001)

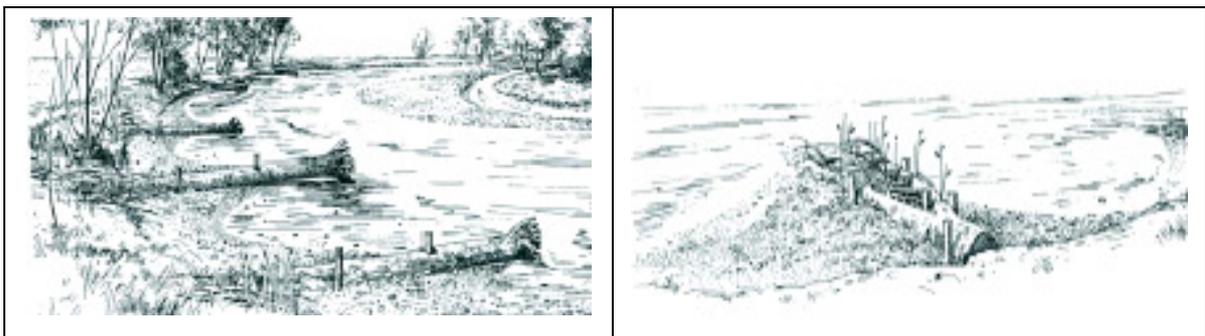


Figura 30 – Pequenos barramentos com madeiras em rios

Fonte : PLANAGUA, (2001)

4.3 O Aproveitamento das Águas de Chuva e a Recuperação da Qualidade Urbana

Nas grandes cidades, como São Paulo, Recife, Rio de Janeiro e outras, constatam-se com certa frequência, períodos de enchentes e em outros, ameaça de racionamento de água (deterioração do regime hidrológico)

Em São Paulo, as previsões de aumento de mais 4 milhões na população urbana e necessidade de água para o abastecimento de 21 milhões, nos próximos 25 anos, tornam evidente que as soluções técnicas tradicionais para enfrentar o aumento da demanda de água, com produção maior não mais serão suficientes. Mesmo hoje, São Paulo já recebe uma parte da água potável que consome de cursos d'água distantes em até 60 km.

O racionamento de água em 2004, em São Paulo, na opinião de cientistas e secretários do governo, não foi causado exclusivamente pela estiagem, mas também em boa parte pela ocupação ilegal de áreas de proteção hídrica, sobretudo no entorno dos reservatórios

Um ponto sensível deste quadro relatado é a descontrolada exploração dos lençóis subterrâneos, por poços artesianos, em várias cidades do país. No caso de Recife a imprensa noticia as conseqüências de terrenos cedendo e contaminação dos lençóis freáticos pela invasão da água do mar devido ao rebaixamento do freático natural

Paralelamente, a demanda por água potável ocorre um aumento das áreas impermeabilizadas com o adensamento da população. Por um lado, exploram-se em excesso os recursos naturais, escassos diante da enorme demanda, o que tende a tornar a situação de abastecimento ainda mais preocupante e um desafio para os gestores, num futuro próximo.

Por outro lado, as chuvas se traduzem com frequência em enchentes. As águas pluviais, que poderiam na verdade resolver o problema do abastecimento, transformam-se numa ameaça. As questões do abastecimento de água devido à intensificação das secas e do combate às enchentes e inundações, ambos fenômenos bastante frequentes, hoje já transcendem em muito o tema meio ambiente e já englobam cada vez mais os aspectos sociais, políticos e de segurança pública. Tais problemas mantêm uma estreita correlação porque eles provêm de causas em comum, que é a deterioração do regime hídrico das bacias.

O pressuposto básico é de ser possível mitigar os problemas das enchentes e reduzir os usos de água potável, adotando-se procedimentos adequados para cada um deles e considerando que parte da solução de um é também parte do outro. Parte das atenções deve voltar-se, principalmente, para a prevenção e uso racional e responsável da águas, como por exemplo, no aproveitamento das águas de chuva nas residências, conforme esquematizado na figura 31.

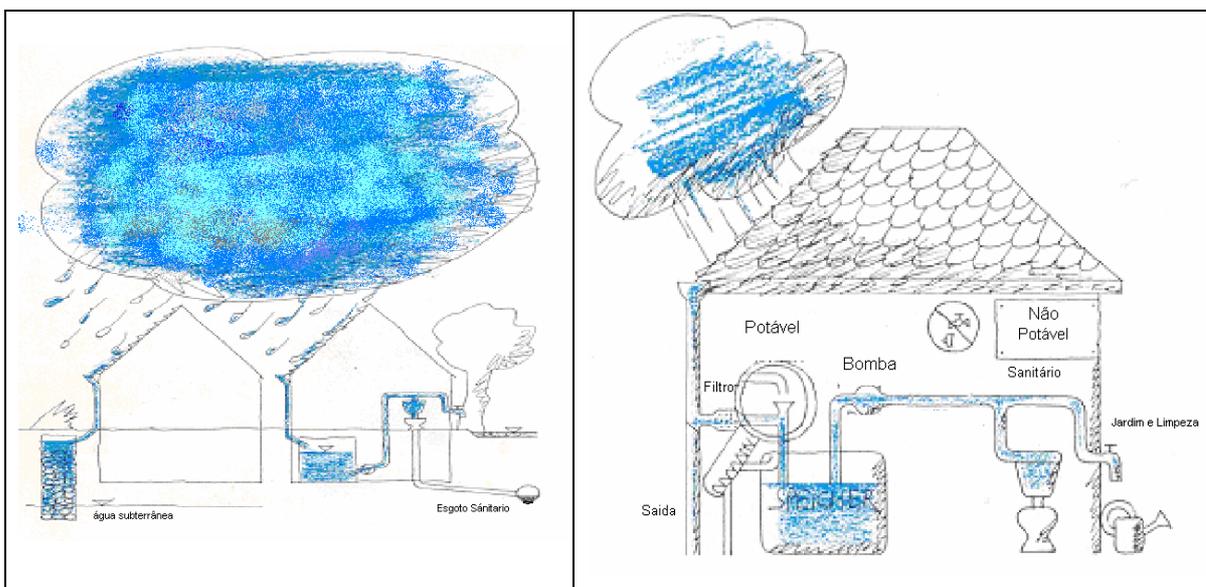


Figura 31 – Reaproveitamento de água de chuva residencial

Fonte: 3P Technick

A chamada drenagem das águas urbanas, normalmente se dá por canais e galerias pluviais em concreto. Também são utilizados os chamados “piscinões” que consistem em caixas enterradas de concreto para acumular as águas pluviais e liberá-las de forma controlada, depois da enxurrada. Supostamente estas técnicas deveriam minimizar o problema das enchentes para as próximas décadas, entretanto, estas soluções são dispendiosas, de difícil manutenção e ainda correm o risco de não atingir - ou atingir parcialmente - o efeito desejado.

Muitos municípios têm normas sobre parcela livre de lote com taxa de ocupação entre 15 e 50%, porém estas são ainda desrespeitadas, porque em geral não há fiscalização para detectar impermeabilizações executadas posteriormente.

Neste contexto, é importante incentivar o aproveitamento das águas pluviais. Deve-se evitar o uso de concreto em terrenos particulares, nas vias, nas praças e calçadas para facilitar a infiltração da água no solo, reduzindo-se o efeito das enchentes e contribuindo com alimentação dos aquíferos subterrâneos, que por sua vez poderão alimentar os rios, posteriormente, nos períodos de estiagens.

A retenção e aproveitamento da água de chuva, disponível na maioria das regiões já é utilizada em vários países, incluindo o Brasil. Nos Estados Unidos existem mais de 200 mil reservatórios para aproveitamento da água de chuva (TOMAZ, 2003). Em Hamburgo, na Alemanha, é concedido cerca de 1.500 dólares a quem aproveitar água de chuva, para controle de enchentes e já existem mais de 1500 sistemas privados de coleta de água de chuva.

No Rio de Janeiro, a Lei Estadual N° 4393, de 2004, menciona que os empreendimentos residenciais que abriguem mais de 50 (cinquenta) famílias ou nos empreendimentos

comerciais com mais que 50 m² de área construída, serão obrigadas a prover coletores, caixa de armazenamento e distribuidores para água da chuva. As caixas coletoras de água da chuva serão separadas das caixas coletoras de água potável. A utilização da água da chuva será para usos secundários como lavagem de prédios, lavagem de autos, rega de jardins, limpeza, banheiros, etc, não podendo ser utilizadas nas canalizações de água potável.

Há no Brasil mais de 80% dos domicílios servidos por sistemas hidráulicos de baixa pressão, isto é, da tubulação na rua a água vai para uma cisterna, de onde ela é bombeada para uma caixa d'água no telhado. Muitas vezes a água de chuva no telhado pode ficar retida numa cisterna, e a parte não aproveitada, liberada de forma controlada de 0,2 a 0,6 l/s (AGUA DE CHUVA,2005).

O processo de filtragem, quando existe é feito com métodos caseiros: caixas de areia e filtragem fina com telas contra mosquitos ou panos. Muitas vezes se espera também a primeira chuva que lava o telhado, para então desviar a água para a cisterna.

Em geral aproveitamento da água de chuva é realizado onde não há possibilidade de cavar poços artesianos, ou quando estes não atendem integralmente a demanda, ou ainda, quando estes possuem água de má qualidade.

Na verdade, é desejável que o aproveitamento de água de chuva, sobretudo nas grandes cidades, seja integrado ao abastecimento de água potável, no sentido de substituí-la sempre que possível, tornando-se assim ainda uma contribuição descentralizada e importantíssima para a retenção das águas pluviais.

Certamente que para abastecimento é imperioso um tratamento destas águas, e que se garanta uma qualidade compatível com os usos pretendidos, ou seja, precisa-se de métodos modernos de filtragem e transporte.

Os esforços por parte dos órgãos públicos e gestores de água, das ONG's, e das companhias de água e esgoto, no sentido de conscientizar a importância e fomentar o uso mais racional da água já são respaldados pela iniciativa privada que oferecem produtos e sistemas para permitir que se passe em maior escala da teoria para a prática conservacionista.

Algumas empresas já disponibilizam filtros, sifões, freios de água e unidades flutuantes de sucção, em geral baseadas nos modelos alemães, visando atender o mercado.

Nas áreas com possibilidades de escassez de água, problemas de poluição e passíveis de inundação, todos os mecanismos e tecnologias alternativos de retenção de água de chuva devem ser buscados e incentivados.

Também, nas áreas livres urbanas, que em geral tem pavimentações de concreto ou asfalto, é ainda exceção o emprego de pedregulhos, bloquetes vazados e decorativos, pisos permeáveis e drenantes e ou com arranjos de outros materiais e vegetações que facilitam a

infiltração da água de chuva. Estes pavimentos estão cada vez mais sendo utilizados na Europa e Estados Unidos. Alguns tipos de pavimentos podem ser visualizados nas figuras 32 a 35.



Figura 32 - Pavimento em bloco de terra utilizado em praças

Fonte : GEIGER,W.1995



Figura 33: Pavimentação em estacionamentos

Fonte : GEIGER,W.1995

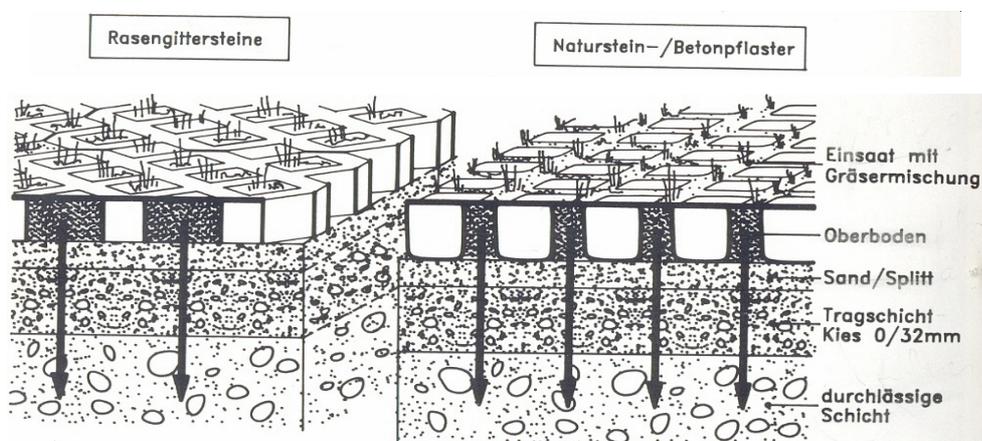


Figura 34 – Esquema construtivo de pavimentos

Fonte : GEIGER,W.1995

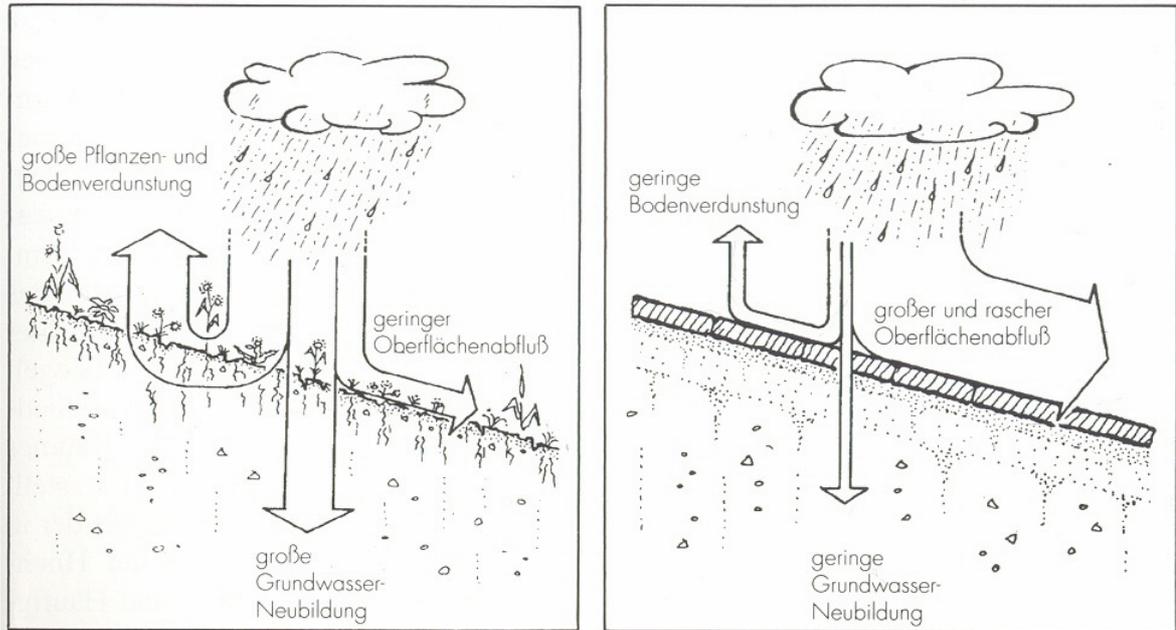


Figura 35 – Esquema de infiltração e escoamento de água pluvial em solo natural e em piso pavimentado com bloquetes

Fonte : KOLB, 2001

As tecnologias de captação e armazenamento de água de chuva já são bastante avançadas, os equipamentos têm manutenção simples para atender o mercado e permitem uma filtragem local adequada. No entanto a NBR 5626, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) não recomenda fazer interligação entre o sistema de aproveitamento de água e o de abastecimento fornecido pela rede pública. Na figura 36 são mostrados alguns equipamentos que utilizam esta tecnologia.

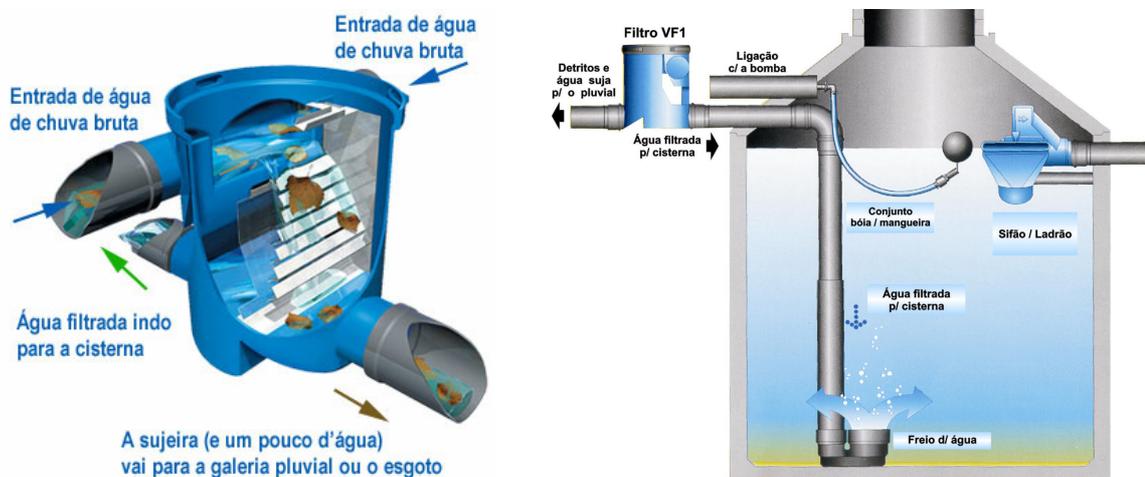


Figura 36 – Filtros para águas pluviais

Fonte: 3P Technick, 2003

Outro mecanismo que também possibilita a retenção de água de chuva, também muito utilizado na Europa, e que pode ser incorporado às melhores práticas de mitigação das inundações são as captações de água em coberturas das edificações com plantas e gramíneas. Esta prática potencializa a redução dos picos de inundações, ameniza as temperaturas e melhora as condições climáticas urbanas e ainda pode ser elemento de grande valor estético. Os chamados tetos verdes e ajardinados podem reduzir o escoamento de 50 a 90% e as plantas permitem a filtragem, a retenção e evaporação da água retida neste tipo de cobertura (KOLB, 2001). As coberturas dos estádios olímpicos e aeroportos, como mostrado nas figuras 37 e 38, foram os pioneiros e, hoje, são comuns em quase toda a Europa, e já começa a ser exigido no Brasil pela legislação.



FIGURA 37 - Telhado do Aeroporto de Kloten - Zürich

Fonte: ZinCo .2004

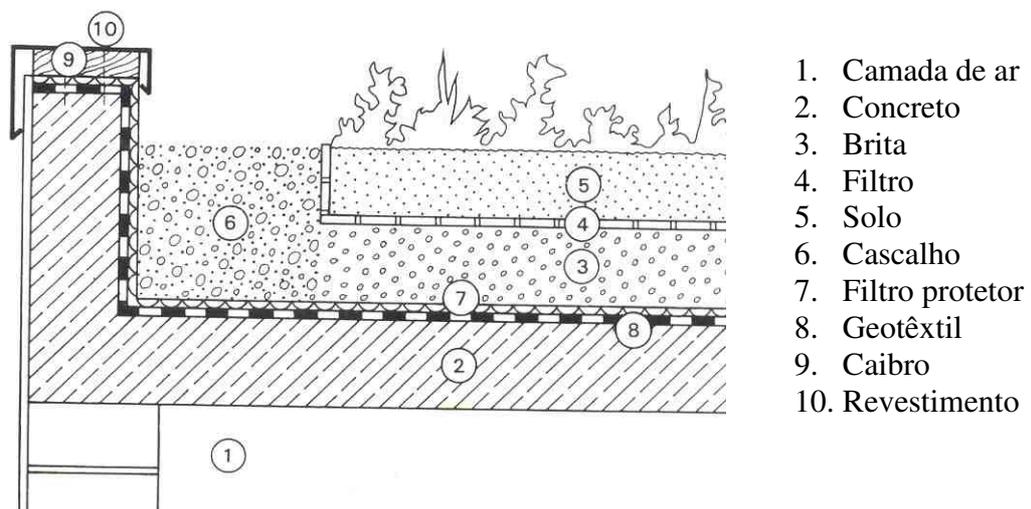


Figura 38 - Telhado do estacionamento do Aeroporto de Kloten - Zürich

Fonte: ZinCo .2004

É evidente que a retenção e o aproveitamento de água de chuva nas áreas urbanas são muito importantes no contexto atual. Além disso, o desafio que se coloca é de conscientizar, articular, flexibilizar e disponibilizar, o quanto antes, todo o arcabouço político, legal e técnico para evitar o colapso dos sistemas de abastecimento. É preciso conter o desperdício e a poluição da preciosa água, o esgotamento de fontes cada vez mais raras, o custo elevado do tratamento da água que torna-se cada vez mais complexo, e controlar a perfuração e utilização de água de poços feitas de forma indiscriminada e com qualidade suspeita, podendo colocar em risco os mananciais considerados estratégicos.

A figura 39 apresenta um esquema técnico de construção de uma cobertura com vegetação.



1. Camada de ar
2. Concreto
3. Brita
4. Filtro
5. Solo
6. Cascalho
7. Filtro protetor
8. Geotêxtil
9. Caibro
10. Revestimento

Figura 39 – Detalhe do telhado para jardinagem

Fonte: Kolb (1999)

CAPITULO 5 – PROPOSTA DE PLANO DE REVITALIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS COM ÊNFASE EM TRECHOS URBANOS

5.1 A Revitalização na Alemanha

O processo de disciplinar a natureza, aprisionando os rios numa calha fixa menor do que a dimensão necessária para escoar todas as suas águas, surge na Alemanha por volta de 1900, quando apareceram as barragens para produção de energia elétrica, as quais bloqueavam a passagem dos seixos, provenientes dos Alpes. Esta retenção dos seixos, a montante das barragens, causou impactos e fez com que os rios erodissem seu leito, em até 8 metros, na Baviera. Quando os seixos protegiam de modo natural a erosão, as profundidades chegaram a 3 metros. Alguns rios no sul da Baviera, devido a morfologia relacionada a existência de seixos, apresentavam uma faixa de movimentação com variação de 4 quilômetros em sua largura, e com as obras de canalização sua faixa ficava restrita por calhas de 60 metros (SERLA/GTZ, 1999).

Também a existência de muitas barragens, prejudicou a biodiversidade e muitas espécies de peixes, por constituírem grandes barreiras.

Na década de 70, surgiu através dos grupos ambientalistas, a ótica de adaptação das obras hidráulicas à natureza, e se inicia um processo de observação dos rios para solucionar os problemas dos impactos.

Atualmente, o exemplo de que a vida saudável dos recursos hídricos vale a pena, vem também da Alemanha, que após combater a degradação dos rios e reduzir gradativamente o consumo da água, através de cobrança pelo uso da água para aplicação em obras de controle de poluição, está introduzindo, desde a década de 80, a revitalização no solo e nos rios das suas bacias hidrográficas, com o fim de garantir a integridade ecológica e melhorar a qualidade da água e da vida da sociedade.

Houve um avanço nos conceitos e nas ações de revitalização dos recursos hídricos nas bacias, no sentido de promover a proteção, preservação e recuperação das condições ecológicas. Cada vez mais eles se preocupam em melhorar as condições ambientais e a conviver com os fenômenos naturais, priorizando as ações de mitigação e proteção de impactos e a previsão de inundações, tanto nas áreas urbanas como nas rurais.

As associações de bacias hidrográficas e prefeituras começaram a implementar os projetos de despoluição. O objetivo inicial foi a despoluição porque não se podia mais conviver com aquela sujeira e odores. Entretanto, descobrindo o retorno de algumas espécies da fauna e flora e o valor estético naqueles mananciais, acabaram por ir mais além e partiram

para a revitalização e valorização dos corpos hídricos.

Discussões técnicas, políticas e populares mostraram o caminho mais saudável para todos e a sustentabilidade da empreitada. Passou-se então à reabilitação das funções hídricas e ecológicas, retirando o concreto das canalizações existentes, demolindo ruínas de antigos galpões e depósitos de produtos industriais, despoluição de áreas marginais contaminadas com passivos ambientais comprometedoras para o caso de inundações, e criando espaços naturais para desenvolvimento de ecossistemas. Criaram remansos e nichos ecológicos para repovoamento da fauna, revigoramento da flora aquática e a valorização da paisagem hídrica.

Os estudos e as experiências na área de revitalização avançaram rapidamente, principalmente, para formar infra-estrutura de retenção e infiltração das águas nas bacias para aproveitamento na recreação, contemplação, educação e, conseqüentemente, valorização urbana e criação de empregos para o setor de turismo, além de mitigação e proteção de inundações.

Para aproveitamento da beleza potencial do rio e da extensa orla, que foi sendo desocupada, gradativamente, privilegiaram-se as características hidrológicas e geográficas próprias ampliando as áreas permeáveis indispensáveis, para o seu equilíbrio hídrico e para as águas das prováveis inundações. Os investimentos na melhoria têm se mostrados compensadores, visto que as águas têm mais condições e espaço para se alojarem e as inundações foram mitigadas.

Embora nas cidades as condições de revitalização sejam mais difíceis, as possibilidades têm sido grandes para oferecer melhoria da qualidade urbana aos cidadãos e aos turistas. Praias naturais urbanas, locais de pesca, relaxamento, contemplação e mesmo esportes são fomentados nestes projetos de revitalização, que propicia o bem estar para todos.

No Estado da Baviera, as cidades de Munique, Kronach e Hof, buscando se inserirem, ainda mais, na rota turística da Alemanha, destacaram como indispensável para valorização urbana e da região, a revitalização dos seus cursos d'água e de suas orlas. Foram pioneiras neste projeto que tem sido copiado por outros estados e motivado outros países. A França, que ainda não tendo projeto de revitalização para o rio Sena em Paris, adaptou um trecho de suas margens, no verão, para a população aproveitar apenas a beleza da paisagem e o frescor do rio, que corta a cidade. A água tem boa qualidade, mas as correntes são fortes e por isso estão sendo aproveitadas para passeios de barco.

As cidades investiram nos projetos hidráulicos para afastamento dos diques e ampliação da área fluvial, na implantação de matas ciliares e melhoria da paisagem, na retenção da água e de sedimentos, criaram habitats para povoamento de espécies nativas e ilhas para pouso de pássaros.

Algumas informações sobre esses projetos foram extraídas do relatório de visitas técnicas a projetos de revitalização na Alemanha (SERLA, 1999) e serão transcritos a seguir.

1. A cidade de Hof, situada no noroeste da Alemanha e é vizinha a cidade de Praga, capital da Tchecoslováquia, representa um exemplo de melhoria da qualidade urbana, através da valorização do rio Saale, que cruza a cidade. Seus efluentes industriais eram lançados no rio e as inundações eram problemas tradicionais. O projeto compreendeu a revitalização de 3400 m de extensão e teve como meta principal o controle de enchentes, para um tempo de recorrência de 100 anos (225m³/s), e construção de coletor de esgoto junto ao rio e estação de tratamento. O município é quem cuida do saneamento.

2. Kronach. - Sua história é semelhante a de muitas cidades brasileiras que possuem áreas contaminadas e problemas de poluição das águas pela indústria, e vivem situações de ocupações nas margens dos seus rios e necessitam reverter tal situação de degradação.

Kronach, no seu projeto de desenvolvimento sustentável, elegeu o incremento do turismo e na sua proposta de planejamento colocou como referência, a revitalização de um trecho do rio Rodach, para aproveitamento e integração à paisagem urbana.

O projeto de revitalização, que cobre uma extensão de 5000 m, criou uma infraestrutura privilegiada para esporte, lazer e educação, tornando a cidade em centro de atenção turística.

Nesse trecho, nas suas margens, localizavam antigas indústrias com passivos ambientais, onde ninguém se aproximava do local e do rio, e os imóveis da cidade ficavam mais desvalorizados.

Com o projeto de recuperação urbana e revitalização do rio, foram retirados e tratados todas as fontes de poluentes. Reformularam o local e abriram o rio para a cidade. As diretrizes gerais para uso desse espaço foram possibilitar a introdução de uma nova vida ao rio e ao antigo território industrial, com a preservação de áreas marginais para as inundações e intensificação da educação sobre recursos hídricos, consolidou o lazer e ativou o turismo.

Ao rio foi dado um tratamento adequado, possibilitando retornar a sua morfologia original, visto que tinha sido modificado para agilizar o transporte de madeiras por balsas.

A região ganhou uma nova feição e a cidade motivou-se para o comércio turístico, transportando turistas em jangadas antigas, tornando um ponto de referência regional. O projeto criou e mantém uma mistura vantajosa para a educação, cultura e lazer. Foram desenvolvidos núcleos de entretenimento educativo, com áreas para exposição e registro históricos (museu), com fotografias da antiga degradação, esculturas e marcos dos níveis das enchentes ocorridas na região. Foram construídos jardins com espécies da flora regional e oficinas para artesanatos com madeiras e reciclagem, construções de praça e espaços públicos

atrativos privilegiados para teatro ao ar livre, pescaria, torneio de jangadas e caiaques e contemplação do rio. E os imóveis são os mais valorizados da região.

3. Munique (figura 40) - A revitalização do trecho médio do rio Isar, na área urbana de Munique, vem ocorrendo, sobretudo para controle de inundações e aproveitamento para recreação, com alargamento da faixa marginal entre os diques, paisagismo e controle de assoreamento, visto que já foi alcançada a qualidade da água. A seguir detalhamos um pouco sobre os trabalhos de revitalização que estão sendo desenvolvidos neste rio e sua bacia hidrográfica.



Figura 40 - Vista do rio Isar com a cidade de Munique

Fonte : BLW- 2000

- A revitalização do rio Isar

O Rio Isar, pertence à bacia hidrográfica do rio Danúbio (Donau) (figura 41), um dos mais extensos rios da Europa, e que apresenta uma bacia hidrográfica que abrange sete países. O Danúbio nasce a mais de 670 m de altitude, na Floresta Negra, localizada entre a Suíça e Alemanha, segue para a Áustria, Eslováquia, Hungria, Romênia, Bulgária até a sua foz, um delta no Mar Negro, na Rússia. Sua extensão é duas vezes o comprimento da França e ao longo de seus 2.900 km e 300 afluentes, numerosos castelos erguem-se. É o rio do encanto e dos amores de opereta e o seu nome evoca um passo de valsa.

O rio Danúbio mostra no decurso da sua história que não lhe deram o lugar que lhe competia, utilizando-o na defensiva, na economia e depois industrialmente, negligenciando-o sob o ponto de vista urbano. Voltaram-lhe as costas, roubaram-lhe o seu espaço vital que cresceram a custa das terras aluviais. Até 1809, ele oferecia paisagem de ilhotas, braços naturais, que serviam de fossos às fortificações ainda intactas, campos de drenagem e terrenos

mecanicamente retirados através de dragagem, pela firma controladora da barragem. Ao longo do rio a jusante foram construídos degraus a fim de reduzir a erosão do fundo porque os seixos que protegem o curso ficam retidos na barragem.

O projeto de revitalização apresentado refere-se ao a um trecho do médio Isar, focalizando prioritariamente a área urbana de Munique,. Ele visa à recuperação de margens para o lazer, incluindo criação de nichos ecológicos, alargamento da área de controle de inundações, através do afastamento de seus diques. A bacia hidrográfica do rio Isar está representada na figura 42.

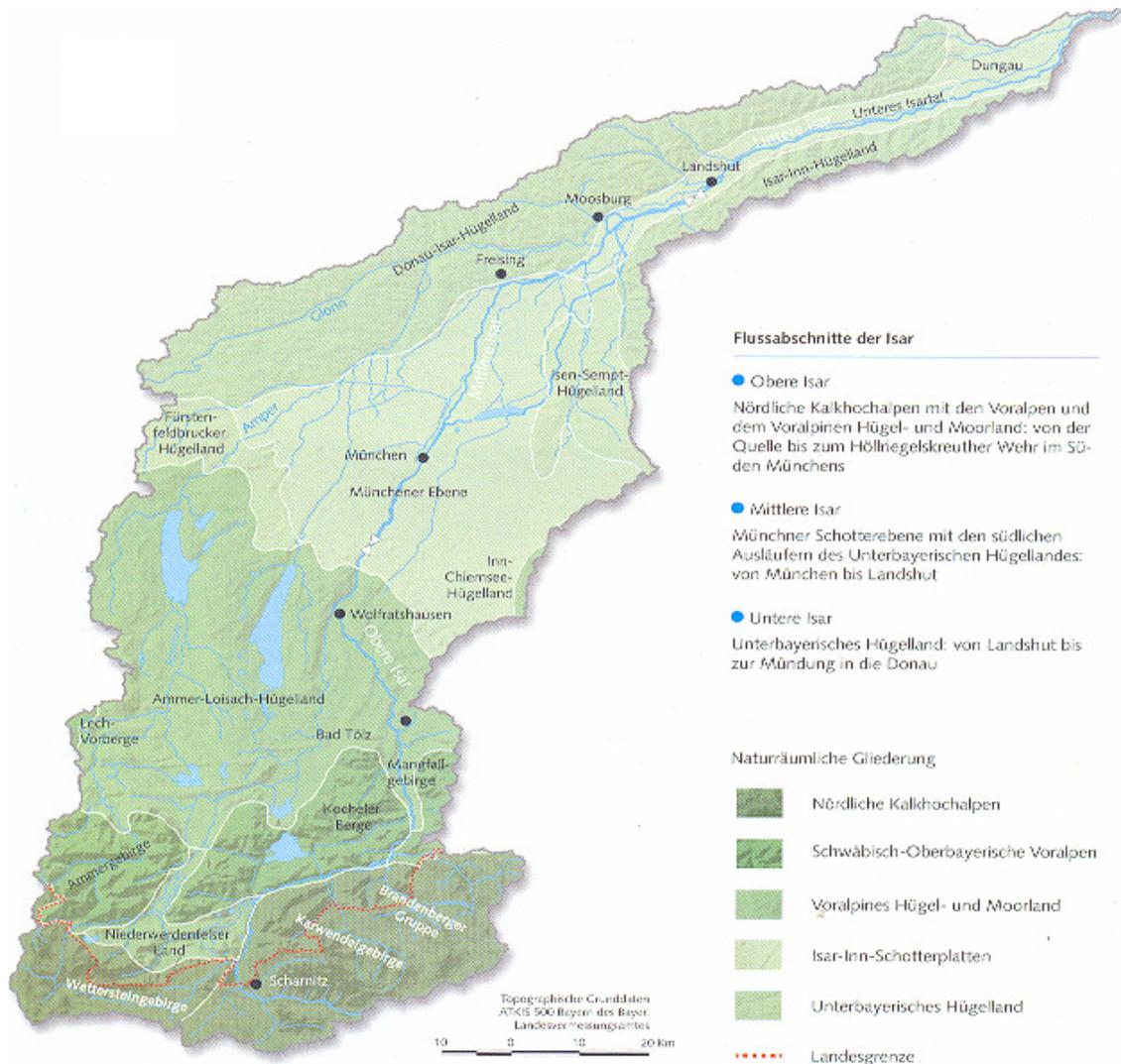


Figura 42 - Bacia do Rio Isar

Fonte: BLW (2000)

Até 150 anos atrás, o rio Isar era um típico rio alpino com pedras, bancos de areia e um leito tranqüilo. Os celtas o chamaram de caudaloso. Para o desenvolvimento da cidade de Munique, na Alemanha, o rio Isar foi muito importante, com suas águas superficiais livres nos

vales e planícies e o aproveitamento múltiplo de sua força hidráulica nos diversos setores. Porém, freqüentemente as cheias inundavam as terras cultivadas de todo o vale.

Com a demanda crescente sobre do rio Isar para navegação, abastecimento, energia, entre outras atividades, foram, a partir da metade do século 1900, realizadas obras para retificar e canalizar em concreto o rio. Foram construídos diques, um leito mais largo (para suportar as cheias), muros marginais, fortificações de defesa militar, e o canal de trabalho para aproveitamento da força hídrica. Entre 1954 e 1959 foi construída a barragem de proteção de enchentes de Munique. Até a pouco tempo o rio Isar atravessava a cidade de Munique num colete de concreto que mais parecia um canal do que um rio.

Partindo da constatação de que havia necessidade de se repensar o manejo da bacia hidrográfica, chegou-se ao entendimento que havia uma oportunidade única para melhorar a proteção contra inundações e libertar o rio do seu leito do concreto. Com cuidado foram sendo remodelados os leitos das vazões médias e altas do rio, preservando-se neste processo elementos preciosos da paisagem e as diversas formas de uso da água (figura 43). Assim, foi surgindo uma paisagem fluvial quase que natural, oferecendo muitas possibilidades para recreação e amplo espaço para animais e plantas.

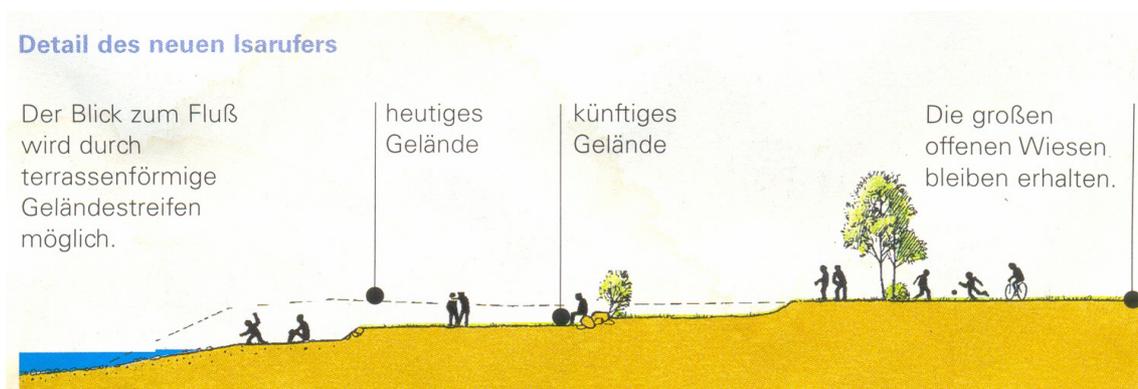


Figura 43 - Detalhe da nova forma do dique e faixa marginal do rio Isar

Fonte: LBW (2000)

A partir de 1986 a cidade de Munique, capital do Estado de Baviera, desenvolveu em cooperação com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Isar (“*Isar-Colloquium*”) diretrizes para o futuro dos espaços urbanos do rio Isar e, assim, o primeiro plano de revitalização do Isar foi criado. Em 1989, estas diretrizes foram pela primeira vez apresentadas aos cidadãos de Munique e encontraram um amplo apoio. A população vê o espaço do rio Isar como símbolo da presença da natureza na cidade e quer ver mais áreas fluviais e suas margens revitalizadas para recreação e lazer.

Em 1995 foi estabelecido o grupo de trabalho do plano do rio Isar. Sob a direção da

Secretaria de Recursos Hídricos de Munique, especialistas dela e das Secretarias de Obras, Planejamento e Meio Ambiente trabalharam juntos para desenvolver e desenhar um novo curso da água e suas margens (Figura 44).

O grupo de trabalho investigou a situação das inundações, a recreação no rio, a flora e a fauna e seus habitats. Com base nos resultados formularam-se os objetivos do desenvolvimento para o espaço do rio Isar e encomendou-se um estudo sobre as opções viáveis. Estes objetivos transformaram-se no título de trabalho do plano: “revitalização do rio Isar para melhoria da segurança contra inundações, considerando-se os usos recreativos no trecho entre o limite sul da cidade e a ponte Cornelius em Munique”.

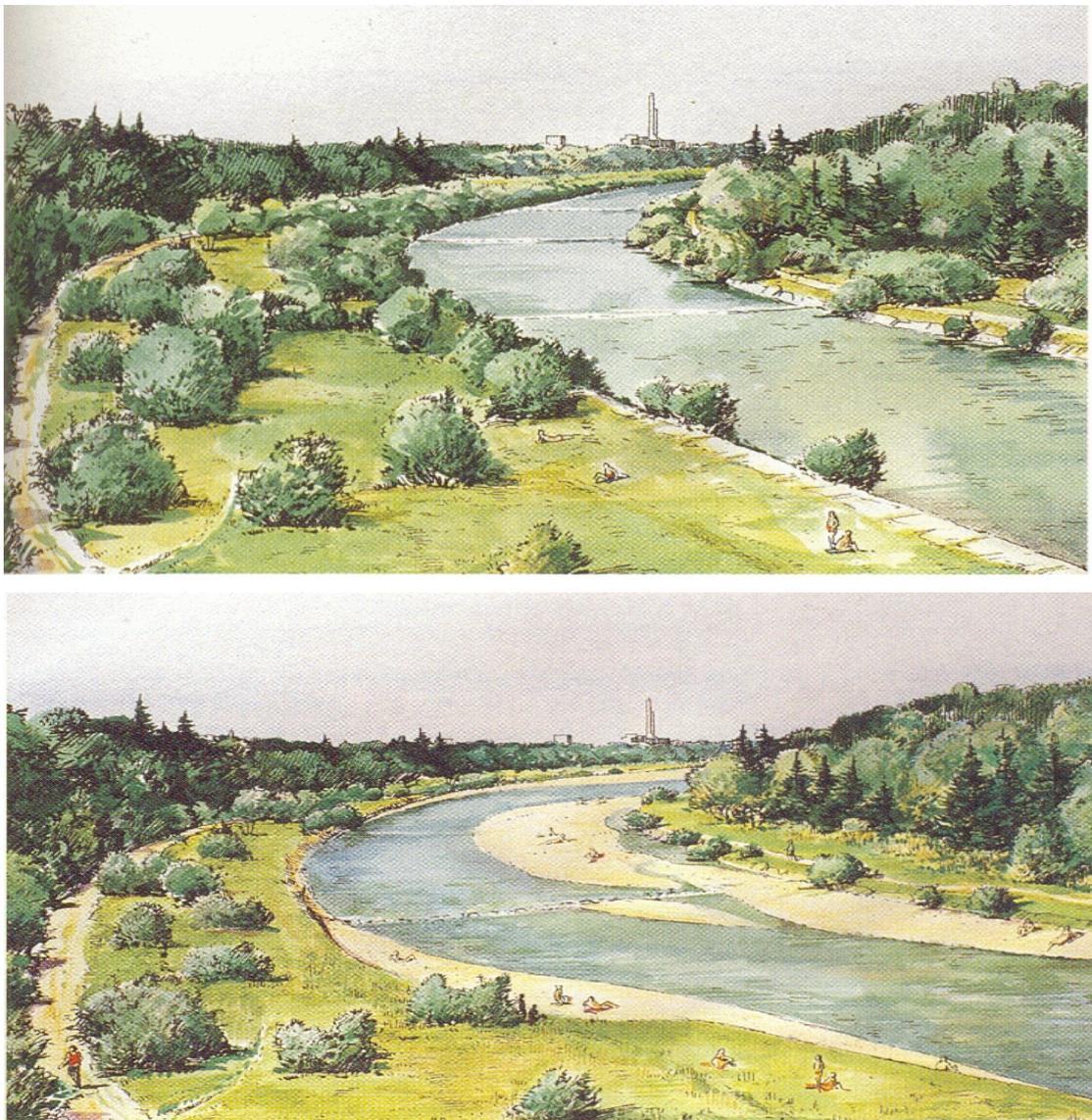


Figura 44 - A forma antiga e nova do rio Isar

Fonte: LBW (2000)

Ao pedalar ou caminhar da ponte “*Grosshesseloher Bruecke*” até o museu “*Deutsches*

Museum” ao longo do rio Isar, se pode observar claramente como a paisagem fluvial muda e a influência do homem sobre o espaço vital do rio Isar fica mais evidente (figura 44).



Figura 45 - O rio Isar no meio da cidade e os balneários

Fonte: BLW (2000)

Ao sul são os morros bem arborizados que dão a impressão geral de natureza intacta. Na aproximação do centro da cidade, são as construções da época da criação da república alemã, as pontes e os muros de contenção que dominam o espaço do rio. O rio Isar escoia num leito com a vazão normal que mais parece um canal entre margens em concreto. O leito para vazões extremas ao lado, com seus amplos prados é muito apreciado pelos residentes. Porém, em termos ecológicos estas áreas possuem pouco valor e têm aparência monótona. Somente no trecho conhecido como “*Flaucher*”, com seus bancos de cascalho e suas diversas calhas ainda é possível vislumbrar o caráter original dum rio selvagem. O estudo do assoreamento e a formação dos bancos com as praias fluviais é realizado e monitorado por estudos com modelo reduzido.

O espaço do rio Isar com seus riachos, prados, matas ciliares e parques é um atrativo como área de recreação para Munique inteira e, especialmente, para as quase 200.000 pessoas que moram nas proximidades do rio Isar. As atividades prediletas são pedalar, caminhar, correr, tomar sol, banhar-se, fazer churrasco e brincar, e no inverno pode-se até passear de esquis (figura 46).



Figura 46 - O rio Isar, suas ilhas e praias. Fonte: BLW (2000)

Em Munique, uma cheia com vazão de até $1.100 \text{ m}^3/\text{s}$ – vazão de referência – pode ser escoada sem causar danos. Para poder proteger melhor a cidade baixa no caso de eventos com vazões maiores, se faz necessária uma distância maior entre o nível máximo do rio e o topo do dique. Isto se consegue, sobretudo, pelo alargamento do leito do rio, e só depois, se ainda necessário, com o aumento dos diques.

O rio Isar, no sul da cidade, da ponte “*Grosshesselohe Bruecke*” até a ponte “*Thalkirchner Bruecke*” pode-se vivenciar o rio, o vale e as áreas úmidas. Quem quiser pode apreciar a natureza, sentir a tranquilidade. O Isar move-se entre sua vegetação, suas matas ciliares, o zoológico e o “*Flaucher*” como uma fita verde em direção ao centro da cidade. Mas mesmo aqui no sul o Isar já se encontra canalizado e engessado. Ele conduz somente uma sobra de água remanescente de $5 \text{ m}^3/\text{s}$, porque ao sul da cidade a maior parte da vazão já está sendo desviada para usos hidráulicos.

O estreito canal de concreto será logo objeto do passado. O rio Isar receberá um leito mais largo, com margens de cascalho e pouca declividade e com ilhas. As margens terão o acesso facilitado. As cheias escoarão melhor, graças ao espaço mais amplo (figuras 47, 48, 49).

A área terá espaço e potencial maior para a preservação de espécies e biomas como as matas ciliares. Escadas facilitarão a migração dos peixes típicos do rio Isar, que ficaram raros.

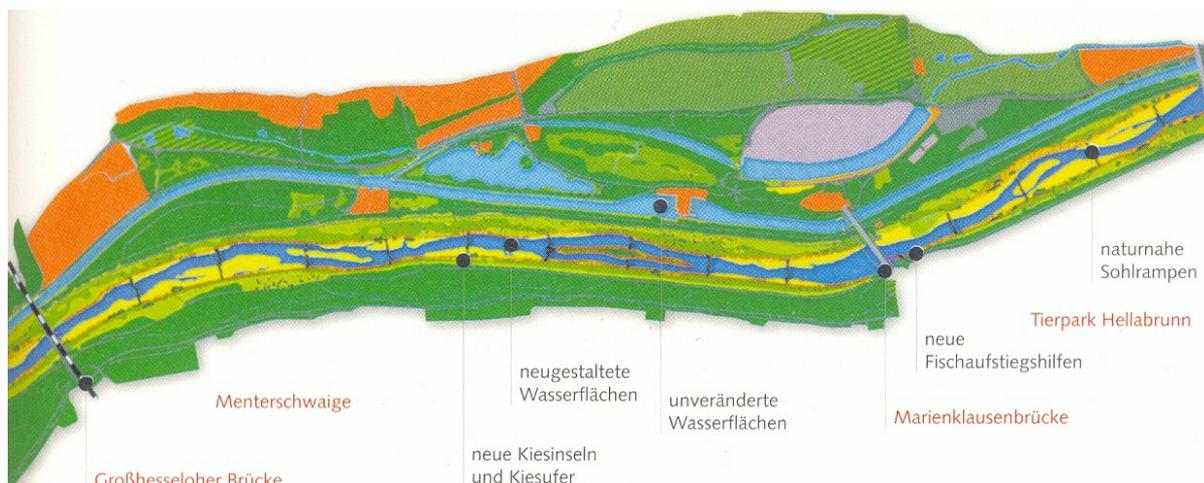


Figura 47 - Croquis do projeto de revitalização do rio Isar. Fonte: BLW (1998)

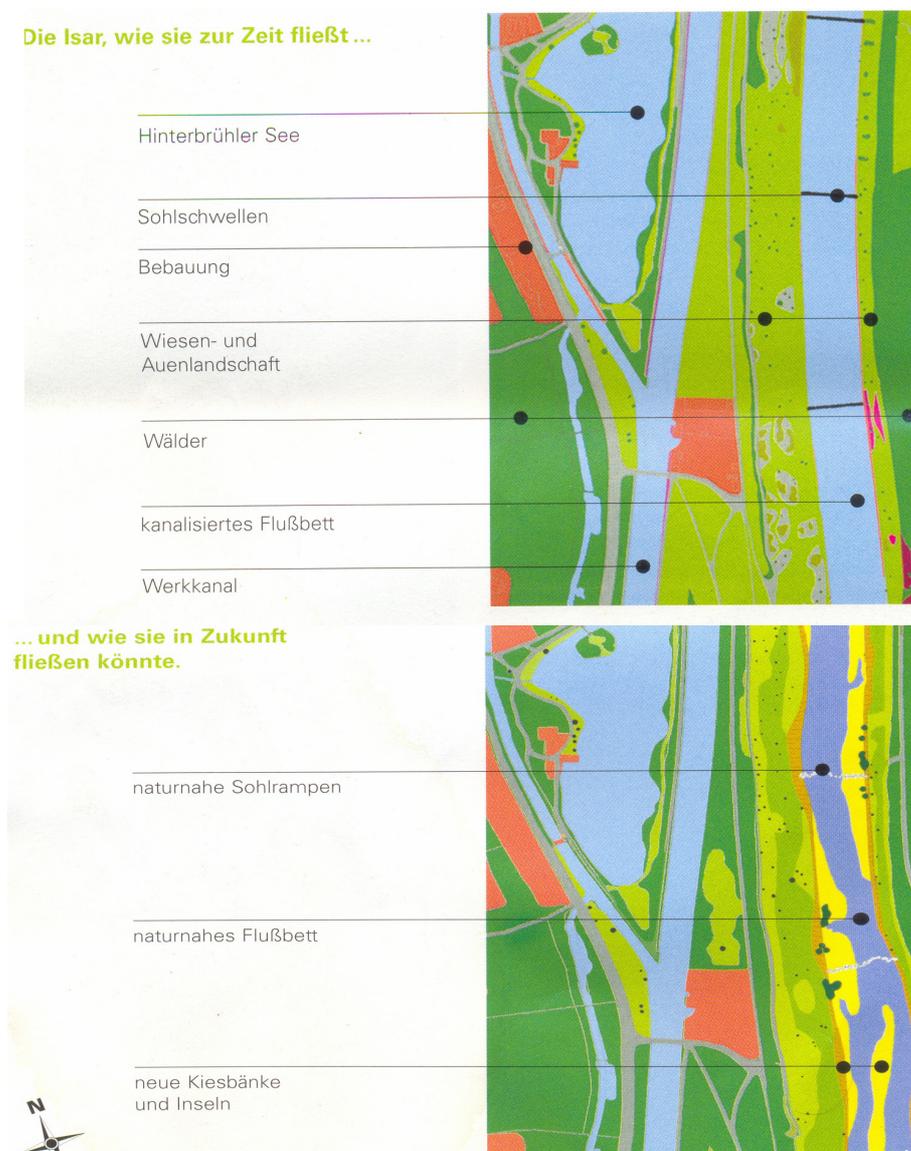


Figura 48 - Croquis comparativos do antes e depois da revitalização do rio Isar (trecho).
Fonte: BLW (1998)

Die Isar, wie sie zur Zeit fließt ...

Sohlschwellen

Wiesen und Auen

kanalisiertes Flußbett



... und wie sie in Zukunft fließen könnte.

neue Kiesbänke und Inseln

naturnahes Flußbett

naturnahe Sohlrampen



Figura 49 - Croquis comparativo de antes e depois da revitalização do rio Isar (trecho) Fonte: BLW (1998)

Por causa do uso hídrico no canal de trabalho, na maior parte do ano o rio Isar só tem uma vazão marginal, em alguns trechos não mais do que $5\text{m}^3/\text{s}$, a metade da vazão do riacho *Auermuehlbach* na região. Desta forma, está em curso um estudo para definir qual deveria a vazão para satisfazer tanto as demandas econômicas quanto as ecológicas. Os resultados serão incorporados ao Plano Isar (figura 50).

Regulierung der Mittleren Isar bei Freising zwischen Flusskilometer 98 und 116

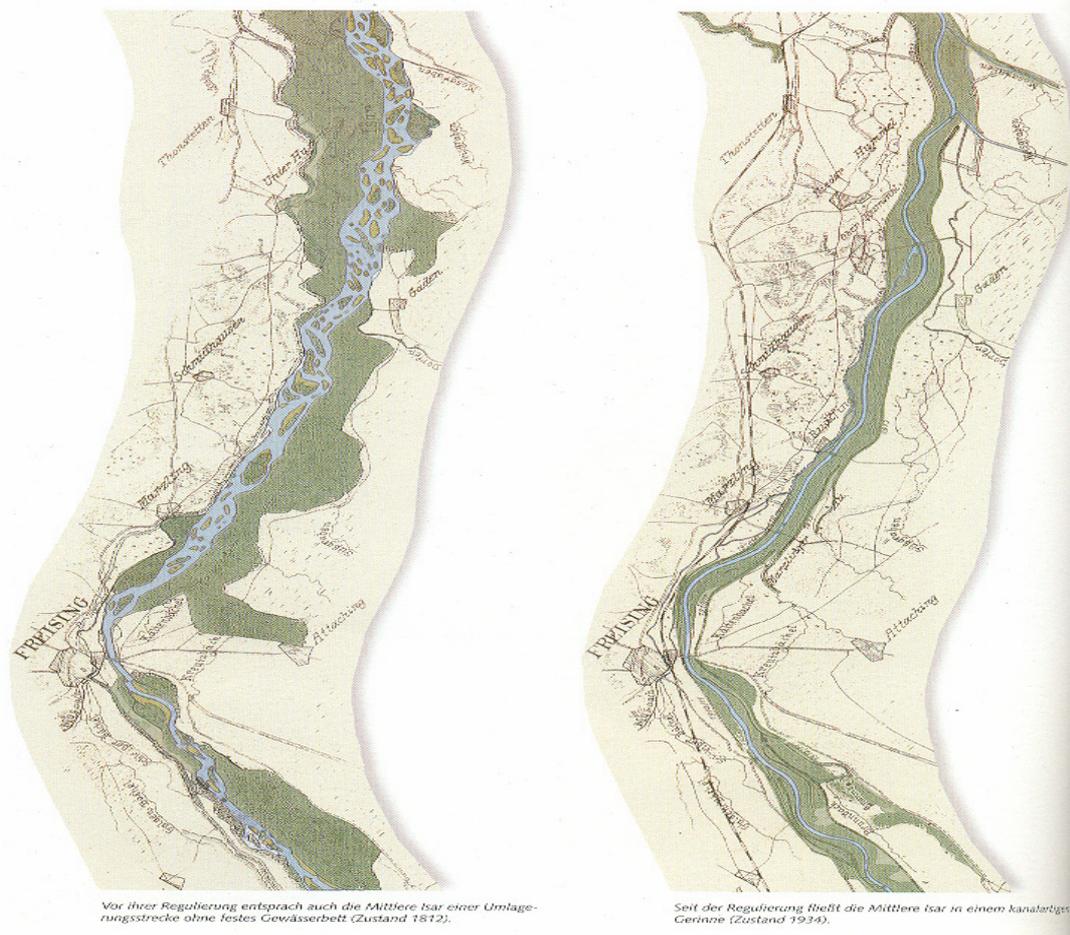


Figura 50 - Estudo no rio Isar em Freising, jusante de Munique. Fonte: BLW (2000)

Após os relatos sobre o a revitalização nos rios alemães, podemos notar que as áreas livres criadas pelos planos de revitalização do rio permitiram a melhoria da qualidade urbana, seja no verão ou no inverno, e são as mesmas áreas reservadas para mitigação das inundações, e que estão sendo buscadas principalmente para a recreação e lazer nas cidades.

Na Alemanha, nas mais de cem inundações ocorridas desde 1989, causaram prejuízos materiais que superaram os 50 bilhões de Euros, e causaram cerca de 700 mortes. A severidade das mais recentes inundações, como em 2002, nos rios Elba e Danúbio, fez com que se enfatizasse neste país, a necessidade de incluir medidas não estruturais para minimizar danos de inundações e enfatizar que a degradação do solo, da água e das florestas nas bacias hidrográficas tem causado desastres ainda maiores.

Discussões com a população e técnicos foram realizadas para prever, prevenir e mitigar estes eventos naturais, que aconteciam com maior raridade e menor intensidade. Como resultado, preparou-se documentos contendo diretrizes específicas e recomendações para proteção e mitigação das inundações. Tais documentos estão sendo utilizados como estratégia básica para toda a União Européia e demais países vizinhos. Em função dessa mobilização,

estão sendo modificadas as legislações de recursos hídricos, planejamento urbano, proteção da natureza e outras correlacionadas.

No Brasil foi possível conhecer melhor a experiência sobre revitalização alemã, através do projeto de cooperação técnica Brasil/Alemanha, que foi implementado pela SEMADS/SERLA no Rio de Janeiro, entre 1996 e 2002. Como resultado, produziu-se duas importantes publicações sobre o assunto, as quais estão disponibilizadas no site www.serla.rj.gov.br. Nesse projeto de cooperação, treinaram-se alguns técnicos, os quais realizaram os trabalhos e visitas técnicas a diversos projetos na Alemanha, dando início à propagação deste tema.

Alguns peritos alemães vieram ao país para prestar assessoramento na área de gestão de recursos hídricos e revitalização de rios. Algumas palestras foram promovidas, bem como a edição de 16 trabalhos, que foram realizados em conjunto com os técnicos brasileiros, versando sobre temas como: Manguezal, Matas Ciliares, Peixes, Qualidade das Águas, Gestão de Recursos Hídricos, dentre outros.

A seguir, a título de exemplo de revitalização de curso d'água, será tratado um caso específico proposto para um trecho de um rio brasileiro, baseando-se, quanto possível, nas técnicas apresentadas anteriormente.

5.2. Proposta de Revitalização do Rio Pirai no Trecho Urbano da Cidade de Barra do Pirai - RJ

5.2.1. Caracterização do Problema

A cidade de Barra do Pirai vive hoje problemas urbanos de inundações, poluição pelo esgotamento sanitário in natura e ausência de áreas naturais adequadas de recreação para oferecer aos cidadãos. Visando aproveitamento para expansão e arranjo urbano enclausurou e degradou o rio, causando impactos tal como as cidades alemãs.

Hoje para agilizar o desenvolvimento sustentável e se inserir no turismo, precisa reverter esta situação, buscando a valorização urbana, através do trato das águas do seu rio e áreas marginais, principalmente.

A cidade com área de aproximadamente 580 Km² e uma população de 88.503 habitantes, vem atraindo visitantes interessados na sua paisagem bucólica e nas suas antigas fazendas de café, hoje transformadas em pousadas.

A estimativa da evolução populacional urbana na sede municipal, segundo o PQA-Plano da bacia do Paraíba do Sul, é :

1977	2000	2005	2010
63.874	65.752	68.613	71.139

Tabela 3 : Estimativa da evolução populacional urbana de Barra do Piraí.

Fonte: PBH-BPS(1994)

A história da ocupação do município foi marcada por processos de degradação, tanto pela ação econômica do extrativismo quanto pela ameaça que a “mata virgem” e seus perigos representavam ao ser humano, notoriamente o branco colonizador.

A região da Bacia Hidrográfica do Rio Piraí não escapou destes processos. Essa região, situada na vertente continental da Serra do Mar, fluiu para o Rio Paraíba do Sul e teve na cultura do café, entre os Séculos XIX e XX, o ápice de sua força econômica, mas significou um elevado custo ambiental, o qual foi deixado como herança para as gerações atuais.

Este vale encontra-se em avançado estágio de degradação decorrente deste processo histórico de ocupação sócio-econômica. As encostas encontram-se desprovidas de vegetação, com forte processo de erosão e conseqüente assoreamento no trecho final do Rio Piraí, além das inundações que ocorrem periodicamente.

Não bastasse a ação degradante da cafeicultura, na metade do Século XX, o Rio Piraí teve seu curso d’água revertido, no trecho entre as cidades de Barra do Piraí e Piraí, com vistas a servir de passagem para as águas transpostas do Rio Paraíba do Sul. Esta intervenção tinha como objetivo, gerar energia elétrica para a cidade do Rio de Janeiro, então Capital Federal. Neste projeto, seu curso natural foi seccionado pela barragem de Santanésia, pouco acima da confluência com o Rio Sacra Família. Com isto, sua calha ficou super dimensionada para vazões mínimas e médias, apesar de continuar havendo problemas de inundação nas grandes cheias.

Com o desvio de parte da vazão do Rio Piraí para geração de energia, há uma vazão remanescente reduzida, fazendo com que a calha fique demasiadamente larga no trecho final do Rio Piraí, provocando uma diminuição da velocidade de escoamento. Isto, associado à baixa declividade, facilita a deposição de grande quantidade de sedimentos oriundos das encostas degradadas ao longo da bacia. Além disso, gera a necessidade, quase que constante, de se manter a dragagem do leito do rio, visando aumentar a seção de escoamento para as grandes cheias que ocorrem, em geral, no verão tropical.

Estas operações de limpeza de calha são bastante onerosas, pois além de serem constantes, exigem a utilização de grandes máquinas, mais caras e mais difíceis de se disponibilizar. Este problema poderá ser minimizado com a construção de bacias de sedimentação, preparadas para serem limpas com máquinas de pequeno porte e com acesso

para caminhões e fará também a minimização dos impactos das inundações.

Além da questão do assoreamento, o lançamento de esgoto “*in natura*” no Rio Pirai, afeta diretamente as suas águas, a qualidade urbana e a vida da população. O regime caudaloso do Rio Sacra Família, principal contribuinte de água para o trecho final do Rio Pirai, permite uma boa depuração da carga orgânica nele lançada desde o Município de Paulo de Frontin até Boca do Mato, já em Barra do Pirai. O mesmo não ocorre com os lançamentos feitos entre a foz do Sacra Família e a foz do Pirai. Daí a necessidade de se implantar infraestrutura de saneamento para coleta e tratamento de esgoto, de forma a não permitir que o esgoto chegue às águas do Pirai.

A poluição por esgoto e o assoreamento do rio Pirai, e ainda, a densa e irregular ocupação das margens geram no rio um aspecto ruim que impede a sua contemplação e uma melhor utilização. Surge na população um sentimento de repulsa, afastando cada vez mais o cidadão do convívio com o Rio Pirai, além da cidade de Barra do Pirai e outras perderem este espaço natural de grande valor cênico, atualmente preconizado como um referencial importante para a melhoria da qualidade de vida urbana, como se pode observar em algumas cidades da Alemanha.

A falta de percepção do grande valor estético e ecológico do rio Pirai, pelos administradores e técnicos das cidades localizadas as suas margens, contribui para a permanência da ocorrência desses impactos sobre o sistema fluvial que leva a desvalorização não apenas dos imóveis fronteiros ao rio, senão de toda a cidade, e conseqüentemente, de toda a bacia hidrográfica.

A reversão dessa situação de degradação é um apelo da sociedade para melhoria da qualidade do meio ambiente urbano de Barra do Pirai e entende-se que deva ser realizada em toda a bacia. No entanto, como proposta de um projeto piloto de revitalização de bacia, pode-se iniciá-la dando maior ênfase na parte urbana, a qual é hoje motivo de preocupação em quase todos os municípios brasileiros.

Nesse contexto, embora com conhecimento de que a proposta de revitalização deva tratar a bacia como um todo e não deixando de considerar as relações multissetoriais, no contexto deste trabalho, deu-se prioridade às ações para a revitalização de um trecho do rio. A proposta é aplicada mais especificamente ao segmento que corta o centro da cidade de Barra do Pirai, entre a agência dos Correios e sua foz, numa extensão de cerca de 1100 m, tal como é feita em algumas experiências alemãs.

Visando equacionar certos problemas da cidade, foram colocadas algumas questões básicas para um plano de revitalização, em trecho do rio, considerando-se a mesma sistemática para planificação de recursos hídricos.

Na verdade, no planejamento geral, as questões devem ser tratadas como ações setoriais múltiplas, de modo a identificar opções as quais não estejam preocupadas apenas com a engenharia e finanças, mas também com as mais modernas e eficientes técnicas de engenharia ambiental. Assim, pode-se contribuir para mitigação dos problemas ambientais existentes nas cidades e no campo e possibilitem a gradativa melhoria das condições de vida da sociedade (MARGULIS, 2002).

5.2.2 Bases conceituais para uma proposta de plano de revitalização no rio Pirai, no trecho urbano de Barra do Pirai

Na publicação número 11 do PLANAGUA (2001a), encontra-se os princípios básicos para instrumentalizar um plano de revitalização de rios e córregos das bacias hidrográficas e pelos quais se pode delinear estratégias para assegurar um bom desempenho das ações implantadas em um corpo hídrico e em toda a bacia hidrográfica.

Na lei 3239/99, tem-se a base para realização de um plano de recursos hídricos em bacias hidrográficas, no qual os planos de revitalização devem observar e ajustar as necessidades, cronograma e o orçamento.

No Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (PBH-BPS.1994), resultante do PQA- Plano de Qualidade da Águas do Paraíba do Sul encontram-se os dados e considerações importantes e indispensáveis para a melhoria de toda a bacia, incluindo a do rio Pirai. Entre as informações e análises estão as do crescimento demográfico, da evolução das atividades produtivas, às relativas as condições naturais e infraestruturais, às demandas das populações e proposições para melhoria das condições do saneamento, como abastecimento de água, lançamento e alternativas de tratamento de efluentes e controle de enchentes, para melhoria da qualidade dos recursos hídricos e da vida da social. O sistema de abastecimento de água e esgoto sanitário são operados e mantidos pela Secretaria Municipal de Água e Esgotos de Barra de Pirai- SMAE

A rede de esgotamento sanitário prevista no Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul- PBH-BPS para a cidade de Barra do Pirai está sinteticamente apresentada nas figuras 51 e 52.

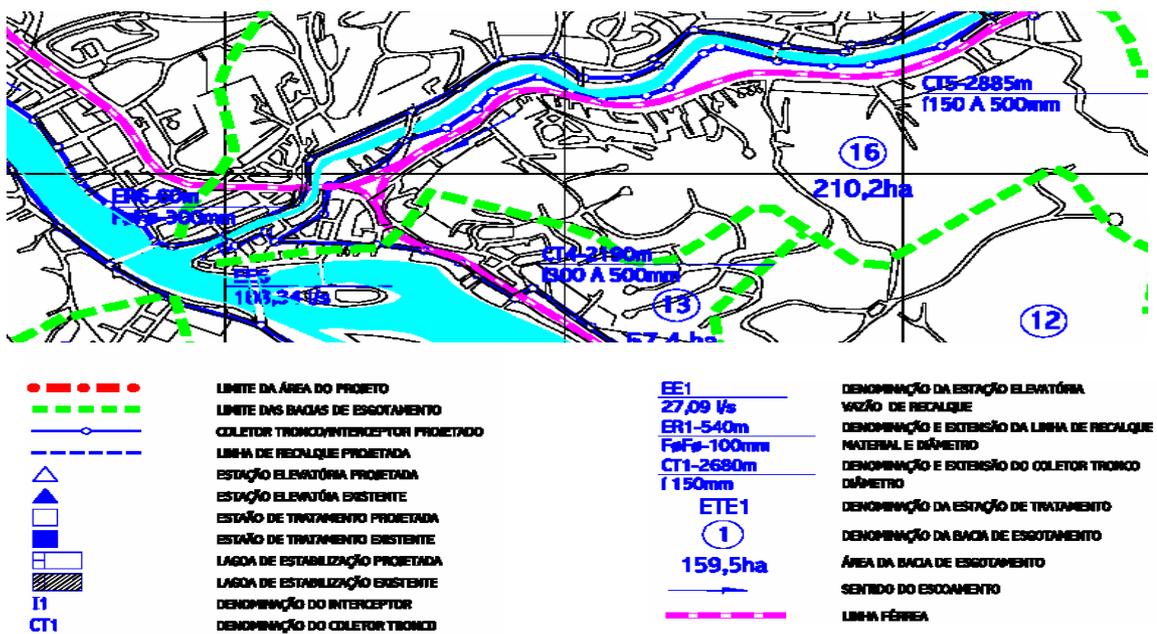


Figura 51 - Foz do Rio Pirai no Rio Paraíba do Sul, na cidade de Barra de Pirai

Fonte : PBH –BPS (1994)

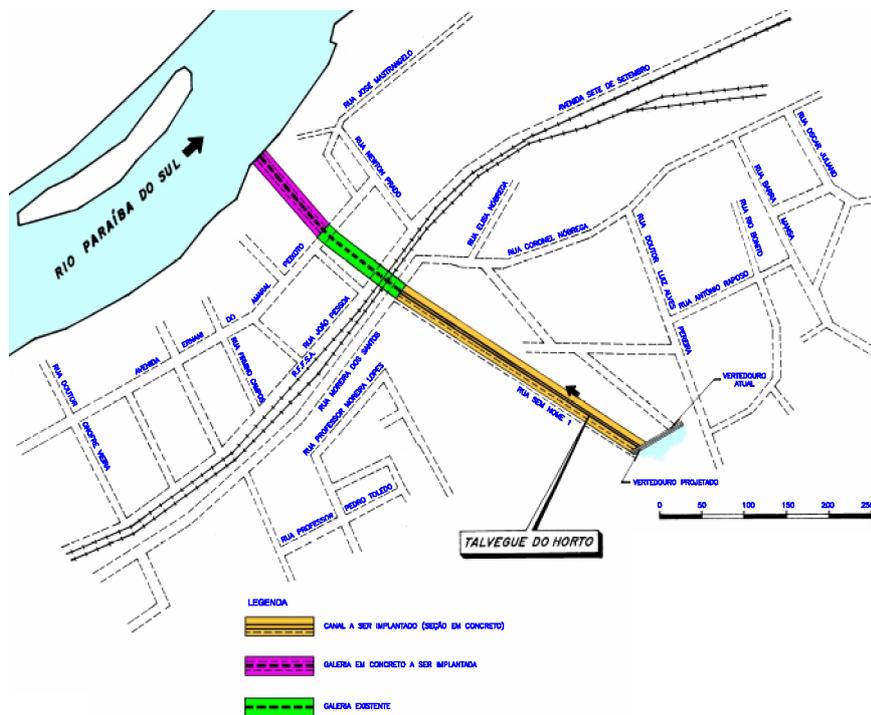


Figura 52 - Projeto de esgotamento sanitário de Barra de Pirai no Rio Pirai

Fonte : PBH –BPS (1994)

Os planos de revitalização, tal como o de recursos hídricos, englobarão a bacia

hidrográfica como um todo e as suas ações, estão sinteticamente apresentados na figura 52.

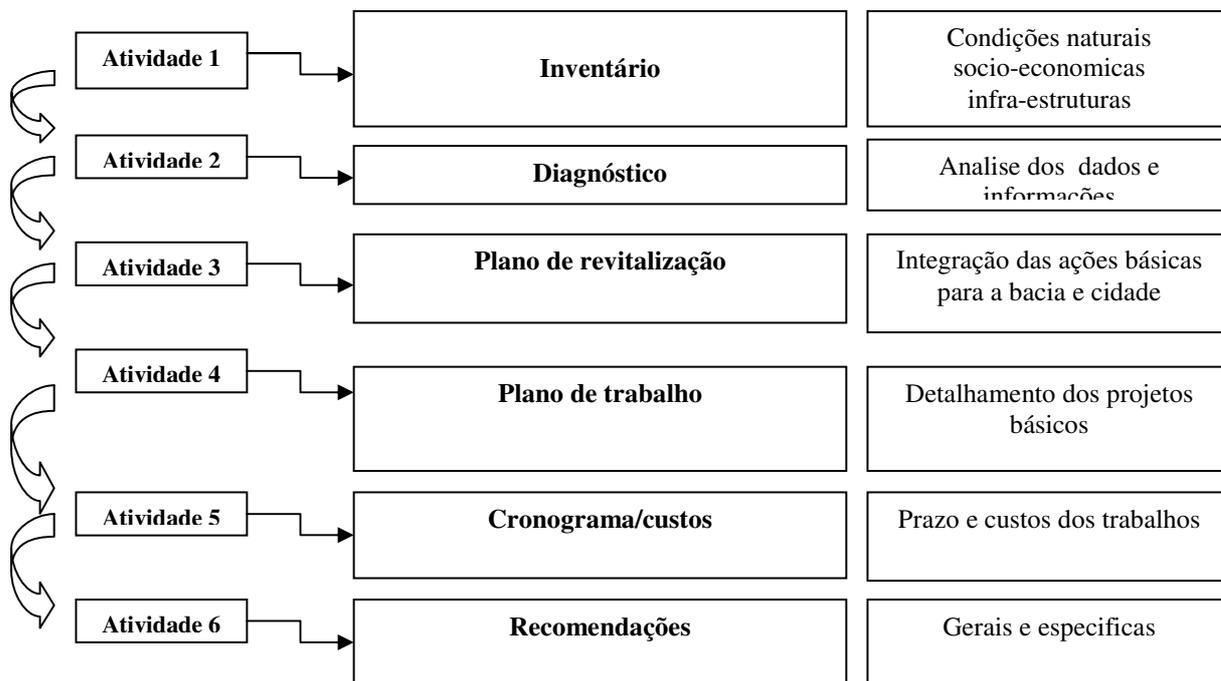


Figura 53 - Atividades dos Planos de Revitalização

O plano de revitalização do rio Piraí deverá tratar dos aspectos relevantes de toda a bacia, porém, deverá dar prioridade às ações de melhoria da qualidade da água do rio Piraí, no trecho situado no centro da cidade. O início da revitalização, neste ponto, pode ser considerada uma estratégia básica para despertar na população o desejo de aproximação do rio, ao poder oferecer, de imediato, após as intervenções, uma melhor qualidade de vida urbana.

O Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul, envolvendo o rio Piraí, é fundamental, pois pode oferecer informações mais aprimoradas, incorporando a visão dos que atuam ou tem interesse nas questões relacionadas aos recursos hídricos.

A construção do plano é um processo dinâmico e sustentado na elaboração dos cenários futuros. O plano de recursos hídricos é um instrumento utilizado para orientar as tomadas de decisão, o que também é válido para do plano de revitalização. As ações prioritárias de um plano de revitalização são as seguintes:

- Melhoria da qualidade de água do rio Piraí, através da construção de galerias coletoras do esgoto doméstico, através de tronco coletor, para destiná-lo a uma estação de tratamento, a ser construída em fase posterior.
- Mitigação do assoreamento, através de uma série de ações estruturais para diminuição

do efeito no trecho final do rio. Inclui a instalação de uma calha menor para escoamento das vazões mínimas com mais velocidade, diminuindo a deposição de sedimentos em sua calha e construção de pequenas lagoas para decantação de sedimentos.

- Mitigação de enchentes, o desassoreamento permitirá voltar o escoamento natural e utilização para passeios nas áreas livres, a serem destinadas às águas das enchentes. O projeto de inundações está sendo desenvolvido pela Light e deverá se ajustar ao projeto de revitalização.
- Paisagismo com implantação de vegetação e equipamentos de conforto urbano, como pequenos bancos e escadas, mesmo rústicas para acesso ao rio. Os pavimentos deverão permitir que as águas de chuva se infiltrem no solo. Os muros laterais de contenção deverão ter tratamento adequado.

Para a retirada do esgoto, propõe-se estudar a construção de dois troncos coletores marginais, um de cada lado do rio, aproveitando a sua declividade, dimensionado para vazão de seca, ou seja, para transportar apenas as águas residuárias e pequenas contribuições laterais de água de chuva. Na ocorrência de chuvas acima da capacidade do coletor, as águas extravasam para a calha principal do rio, fluindo sem dificuldades, com o esgoto diluído pela maior vazão do leito maior do rio.

A questão do assoreamento, de solução mais complexa, consiste no dimensionamento de uma calha para vazões médias, de forma a possibilitar o escoamento das águas com velocidade suficiente para evitar a deposição de sedimentos no leito do rio. Como as encostas contribuintes da bacia encontram-se muito degradadas, o trecho final do Rio Pirai recebe grande quantidade de sólidos, em especial durante as chuvas. Para a retirada destes sedimentos, prevê-se o dimensionamento de uma ou mais bacias de sedimentação, projetadas com acesso para caminhões e de forma a utilizar máquinas de pequeno porte para sua limpeza.

A seguir são apresentados alguns serviços que devem ser considerados no estudo.

1) Topografia - As atividades têm início com o trabalho de topografia, que fará o levantamento do trecho em estudo na escala 1:2000, ou maior, determinando cada ponto de lançamento de esgoto e da água pluvial, bem como a sinuosidade natural da calha principal do Rio Pirai.

2) Hidrologia - Paralelamente à topografia, dar-se-á início aos estudos hidrológicos que determinarão as vazões máximas, mínimas e médias às quais o trecho final do Rio Pirai está sujeito. Estes estudos irão gerar um gráfico de vazões chamado de “curva de permanência”

que possibilitará a determinação das vazões características a serem estudadas para dimensionamento hidráulico do leito menor. Os dados de enchentes deverão ser considerados neste dimensionamento.

3) Hidráulica - Ao final dos estudos hidrológicos, com a topografia já concluída, será elaborado o estudo hidráulico para dimensionamento do canal do leito menor, de forma a possibilitar a maior permanência possível das áreas de lazer em condições de uso pela população. Este estudo também irá definir o dimensionamento das barragens dos dois lagos originalmente previstos.

4) Saneamento - dimensionamento dos canais condutores de efluentes, baseados nos estudos apresentado no PQA.

5) Paisagismo -. baseado no levantamento topográfico e no dimensionamento hidráulico, o projeto paisagismo será elaborado associado ao dimensionamento das áreas de lazer previstas no trecho em estudo, bem como dos equipamentos.

A harmonização entre o trabalho de paisagismo e o estudo hidráulico será essencial para a seleção dos melhores locais para instalação das áreas de lazer, considerando fatores técnicos, sociais e urbanísticos.

Entende-se que as ações aqui planejadas representam a fase inicial de um trabalho multissetorial e não a solução final para os problemas existentes na cidade, pois no caso assoreamento, por exemplo, este se combate com a recuperação das encostas, meio de medidas de proteção com reflorestamentos e ainda, pelo controle do uso do solo urbano e rural, que demandam planejamento integrado, recursos humanos e financeiros, educação ambiental, integração e discussões com as diversas entidades gestoras e com o comitê de bacia.

Quanto à coleta de esgoto pelo tronco marginal, no seu lançamento final deverá ter uma estação de tratamento de esgoto (ETE), que deverá ser executada paralelamente ou numa etapa imediatamente posterior.

Observa-se que apesar de não ser possível obter uma solução completa e ideal, as intervenções previstas poderão devolver o Rio Pirai ao convívio dos cidadãos, que poderão usufruir de áreas de lazer e contemplação, que muito contribuem para melhoria da qualidade de vida da população.

O Plano de trabalho visa, dentre outros, a concepção, dimensionamento e detalhamento dos projetos básicos de infra-estrutura de saneamento, como os troncos coletores, a calha de escoamento assim como as lagoas de assoreamento e paisagismo que contempla os arranjos e equipamentos das áreas de lazer, prevista na implantação no projeto.

Os projetos que vão direcionar as ações e intervenções para a melhoria das condições ambientais do Rio Pirai, no seu trecho urbano no Município de Barra, compreendem obras que deverão mitigar a impermeabilização da canalização de concreto existente, visto que as intervenções serão realizadas de modo a permitir a infiltração da água no solo.

A seguir serão apresentadas algumas situações de degradação ambiental no rio Pirai, no município de Barra do Pirai, conforme as figuras 54 à 60.



Figura 54 - Situação atual com presença de esgoto e assoreamento



Figura 55 - Assoreamento no Rio Pirai



Figura 56 - Assoreamento na ponte do Rio Pirai



Figura 57 - Muros para controle de inundações



Figura 58 - Construções no leito do rio



Figura 59 – Imagem de Enchentes do rio Pirai



Figura 60 - Imagem de Enchentes do rio Pirai

Na figura 61, está representado o local previsto para instalação dos troncos coletores de esgotos da cidade, aproveitando o próprio leito do rio.



Figura 61 - Local indicado para colocação dos troncos coletores

A figura 62 mostra aproximadamente a imagem que se poderia obter com o rio Piráí, caso se implante medidas corretivas, em Barra do Piráí, para se obter água limpa correndo naturalmente e a paisagem natural para ser apreciada por toda a população. Notar a escada a esquerda para acesso ao empreendimento, muros decorativos, passeios limpos e vegetação para interceptar a chuva.



Figura 62 - Proposta de paisagismo para um canal de inundação em área urbana

A vegetação contribuirá também, para amenizar o clima e embelezar a cidade, absorver um pouco de calor. As árvores urbanas devem ser protegidas pelo seu aspecto cultural, estético e pelo porte de suas flores e não somente pelo seu significado ecológico como diz BRANCO(1991)

CAPITULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As ações antrópicas ocorridas nas bacias hidrográficas provocaram a gradativa degradação quali-quantitativa, com agravamento das inundações, a redução das áreas de retenção natural, bem como a diminuição da diversidade e da qualidade de vida das populações urbanas e rurais. Desta forma, poucos cursos d'água ainda conservam seu estado natural e suas matas ciliares, com conseqüências imprevisíveis para as atuais e futuras gerações.

O aumento da frequência das inundações, nos últimos anos, vem atingindo sobretudo países industrializados como a Alemanha, aonde, as últimas catástrofes ocorridas impulsionaram uma série de mudanças, tais como a criação ou modernização das leis, exigência da sociedade para priorização de ações de controle de enchentes e articulação no gerenciamento das águas, planejamento urbano e paisagismo.

Na gestão dos recursos hídricos no Brasil, sempre se privilegiou o abastecimento d'água e a produção de energia hidrelétrica, dentre outros usos importantes, mas ainda pouco se controla o lançamento de efluentes, a poluição agrícola difusa e a descaracterização dos cursos d'água.

A paisagem natural continua a ser pouco valorizada, embora muito significativa para usos, tais como a recreação e o lazer. A percepção sobre o que deve ser valorizado em determinado ambiente depende muito da sensibilidade e dos valores culturais adquiridos pela sociedade em cada região, sendo o conjunto paisagístico e ecológico um deles, os quais foram modificados no tempo, como ocorrido em vários países, que estão empenhados na preservação e recuperação para o desenvolvimento sustentável.

No caso brasileiro ainda existe certo atraso na implantação do gerenciamento de nossos recursos naturais, em particular, da água. Assim, verificam-se muitos usos conflitantes que disputam este imprescindível bem. Uma maneira de minimizar tais conflitos e disciplinar os diversos usos da água, é a aplicação da outorga de direito de uso, por órgãos responsáveis legalmente constituídos em função da dominialidade, objetivando assegurar o controle da captação de água, lançamento de efluentes e implantação de obras hidráulicas. Ao permitir ou não determinados usos, o outorgante deveria considerar, além da vazão mínima de referência para determinado corpo hídrico, também o valor intrínseco da paisagem.

A administração pública permitiu, (e continua a permitir), uma concepção inadequada do sistema de drenagem de nossas cidades, por meio da construção de canais de concreto, que encurtam, escondem e afastam os rios dos cidadãos, utilizando-se de retificações e galerias fechadas.

Embora o Brasil tenha o reconhecimento nacional e internacional da sua imensa disponibilidade hídrica e grande biodiversidade, muitos desconhecem a importância dos recursos hídricos como rios, riachos, regatos e córregos, cachoeiras e lagos, arroios e ribeirões. A grande maioria destes não recebe da população e das autoridades o devido cuidado para mantê-los limpos, mantendo o estigma dos “valões”, servindo para dispersar o esgoto, descarregar o lixo e desvalorizar as cidades. Este foi o caso discutido para o rio Pirai, no município de Barra do Pirai e que se repete na maioria das cidades brasileiras.

No Estado do Rio de Janeiro, no campo da gestão da água houve avanços, sobretudo no que diz respeito aos aspectos legais e institucionais. A implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos apesar de ter evoluído, inclusive com maior envolvimento de diversos segmentos da sociedade, ainda necessita aprimorar-se para o seu êxito, de forma a restituir a integridade ecológica dos mananciais, uma responsabilidade do Estado e dever de todos.

Dentre os problemas na administração das bacias, em particular aos relacionados às obras hidráulicas (barramentos, abastecimento, controle de enchentes, etc.), constata-se que elas foram implantadas sem levar em consideração os princípios ecológicos e, conseqüentemente, geraram diversos impactos, tais como mudanças no regime fluvial e na paisagem, alterações do processo sedimentológico, e incremento das cheias.

Os leitos dos rios foram indiscriminadamente dragados, as margens erodidas, retirados os bancos de areia naturais e o substrato de lodo, modificando-se, também, o fluxo dos rios, o que possibilita escoamentos rápidos com danos à flora e fauna. Com isso, os sedimentos arrastados não permitem o repovoamento com espécies aquáticas, dificultando a revitalização.

O crescimento da densidade populacional atinge não só as grandes metrópoles, mas também aquelas cidades que, apesar de menores, exercem o papel de pólos regionais. O processo de ocupação desordenada do espaço urbano ocorre, principalmente, pela omissão do poder público ao não demarcar as áreas de proteção dos cursos d'água, nascentes ou das planícies inundáveis, bem como as áreas vulneráveis das encostas, ocasionando sérios prejuízos financeiros, risco a segurança e saúde humana, bem como danos materiais e ambientais.

A elevada taxa de ocupação do solo pelos assentamentos humanos vem aumentando a impermeabilização dos solos urbanos, a qual impossibilita a infiltração das águas pluviais, ocasiona a redução da retenção natural no solo e aumenta a velocidade do escoamento superficial, sendo as águas transferidas de forma mais rápida para as partes mais baixas, com maior risco de inundações a jusante.

Quanto ao processo de revitalização de bacia hidrográfica, este busca resgatar as funções hídricas e ecológicas dos córregos, rios e lagoas, bem como dos solos e florestas, a

fim de valorizar e restaurar os cenários naturais, conciliando os diversos usos humanos com a preservação ambiental. Nas épocas quentes, por exemplo, os rios, córregos e suas margens arborizadas podem se tornar agradáveis espaços naturais para o equilíbrio térmico.

Desta forma, o tema revitalização é da maior relevância na atualidade, principalmente se considerarmos o avançado processo de degradação dos rios, com o agravamento de cheias em áreas urbanas e rurais. Além disso, a sociedade está mais atenta e, através de suas representações vem reivindicando a reversão do quadro atual de desequilíbrio ambiental .

O avanço da revitalização de bacias não passa somente pelo seu reconhecimento e de sua inserção na legislação pertinente a recursos hídricos, o qual depende da implementação da gestão dos mesmos e da efetivação dos planos de gerenciamento de bacias hidrográficas, tanto no âmbito federal, quanto no estadual.

As estratégias para implantar os planos de bacias podem ser sintetizadas a seguir.

1. Capacitar pessoal em todos os níveis para introdução de técnicas adequadas e assegurar a participação da sociedade.

2. Desenvolver programas de conscientização e de educação ambiental, em todos os níveis, sobre a importância da água e do seu manejo.

3. Formação de técnicos e gerentes de recursos hídricos com acesso às informações multissetoriais e aos elementos necessários para tomada de decisão.

4. Desenvolver banco de dados e pesquisas de novas tecnologias.

5. Mobilizar esforços técnicos e articulações políticas em nível federal, estadual e municipal para mudanças e integração das leis das águas com o desenvolvimento regional, uso do solo, urbanismo, controle de enchentes e meio ambiente.

6. Promover mecanismos para desenvolver e consolidar um aparato jurídico-normativo, incluindo os procedimentos técnicos e administrativos para respaldar as modificações das leis municipais de uso do solo.

7. Realizar planejamento eficiente para o aproveitamento racional (minimizando desperdícios), a otimização do uso e o manejo ecologicamente correto.

A fim de estabelecer qualquer plano de revitalização de rios, é indispensável: implantar o saneamento ambiental com coleta, tratamento e disposição adequada dos efluentes sanitários domésticos e industriais e o gerenciamento adequado do lixo; reduzir a poluição e buscar **a qualidade das águas**. Este é o ponto de partida para qualquer plano de revitalização, pois a poluição não existe em rios revitalizados; respeitar o **espaço do leito natural e a sinuosidade** original do curso d'água é fundamental, isto é, espaço de retenção e liberdade dos rios; as faixas marginais e demais áreas de proteção devem permanecer livres de

construções e, evidentemente, as águas dos rios sem os seus cinturões de concreto; devem ser evitadas a pavimentação das áreas livres, a qual impede as infiltrações e agrava as inundações.

Nas áreas urbanas são menores as condições de liberdade para os rios, porque os terrenos para proteção marginal, em geral, já estão muito ocupados. Contudo, é sempre possível minimizar o problema, por meio de desapropriação de imóveis, mesmo considerando seu custo elevado. Uma outra estratégia, hoje aplicada na Alemanha, é a criação de mecanismos de desocupação gradativa, não se renovando as licenças dos imóveis localizados em áreas prioritárias para revitalização, fazendo com que sejam impedidos de fazer melhorias, benfeitorias, até que os imóveis sejam aos poucos desocupados ou demolidos.

Assim, gradativamente, são conquistadas áreas passíveis para revitalização do manancial, as quais ao serem inseridas em plano diretor vão sendo revitalizadas e integradas ao meio que faz com que espaços marginais ganhem vitalidade, surjam praias fluviais e praças públicas, assim como pequenos recantos para contemplação.

A **vegetação ciliar** nas margens de rios e nas encostas, constituem também elementos importantes para manutenção da qualidade e da quantidade da água. As matas ripárias, como também assim conhecidas, formam corredores ecológicos juntos aos rios para a fixação da flora e fauna, propiciando a manutenção dos ecossistemas aquáticos e a proteção das margens contra erosão.

O quadro formado entre o espelho d'água e a vegetação possibilita melhorar a estética urbana e formar ilhas adaptadas. No entanto, muitas vezes não é possível implementar esta combinação de modo contínuo, pela impossibilidade de remoção de algumas estruturas.

Um dos fatores mais importantes deste processo, diz respeito à **educação ambiental**, por tornar mais compreensível a natureza e seus fenômenos e, com isso, propiciar uma relação respeitosa com o meio ambiente. As regras, as normas e os valores entre os homens e a natureza são, ou deveriam ser, indissociáveis e fazem parte do processo educativo, tornando os cidadãos mais conscientes e pró-ativos.

Para superar a resistência de algumas comunidades que se opõem aos projetos de revitalização, devido a possíveis remoções que se façam necessárias, o órgão gestor deverá conceber um Plano Integrado de Revitalização e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas, alicerçado em amplo programa de educação ambiental, conforme as recomendações a seguir.

- Realizar cursos de capacitação em gestão de recursos hídricos para professores, agentes de saúde, membros de organizações não governamentais e usuários mais diretos dos recursos naturais, tais como: pequenos produtores rurais e pescadores, abordando temas sobre gestão dos recursos hídricos, direito ambiental, monitoramento e gestão integrada e

participativa;

- Capacitar agentes ambientais, educadores, coordenadores e supervisores, como elementos multiplicadores para difundir as políticas de gestão e monitoramento dos recursos hídricos, florestais, paisagísticos, etc., através de cursos sobre as especificidade ecológicas, formas sustentáveis de uso das potencialidades ambientais da região.
- Promover cursos que abordem aspectos ecológicos, sanitários, agronômicos, geoambientais, de forma integrada, destinados às populações que moram próximas a açudes, rios e lagoas, bem como aos pescadores, trabalhadores rurais, extrativistas, criadores, pecuaristas, mineradores, irrigantes e outras categorias pertinentes, com vistas à gestão de recursos hídricos.
- Capacitar agentes de turismo, trabalhadores de hotéis e pousadas, guias, motoristas e servidores vinculados ao setor de turismo focalizando os impactos da atividade no ambiente e na cultura local, bem como pessoal que trabalha na área da limpeza pública, focalizando aspectos como: lixo e saúde, lixo e conservação de recursos hídricos, lixo e qualidade de vida;

E ainda:

Regulamentar e implementar o Programa de Revitalização de Recursos Hídricos (PROHIDRO) conforme a Lei Estadual Nº. 3239/1999, instrumento de gestão sustentável dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas, no Estado do Rio de Janeiro.

Identificar nas bacias hidrográficas as áreas dos mananciais de grande e médio interesse de proteção paisagística e estabelecer programas de conservação e ou revitalização.

Fomentar a implantação de ações prioritárias de revitalização nas áreas urbanas com despoluição dos rios, paisagismo e valoração das cidades.

Criar espaços públicos urbanos integrando a paisagem da orla à dos rios e lagoas , formando balneários para aproveitamento pela sociedade e melhoria da qualidade urbana.

Desenvolver mecanismos de proteção da paisagem hídrica e disciplinamento de usos da água através de procedimentos técnicos e administrativos para outorga de direito de uso dos recursos hídricos, considerando como referencia a valoração dos cenários de interesse natural para a gestão sustentável dos recursos hídricos.

Capacitar e desenvolver recursos humanos para entendimento e implementação dos instrumentos da Política, delegando responsabilidades no manejo dos recursos hídricos ao nível adequado, como desenvolvimento científico tecnológico, fiscalização entre outros.

Incentivar o aproveitamento da água de chuva urbana para redução da inundação e incremento das vazões subterrâneas.

Instituir mecanismos de controle de inundações, delimitando áreas de risco, respeitando

as probabilidades de recorrência de 20 anos, 50 anos e 100 anos, principalmente em áreas urbanas.

Instituir legislação para a proteção da paisagem hídrica natural com objetivo de tratamento e aproveitamento integrado dos recursos naturais, considerando o potencial de beleza, a biodiversidade, a capacidade de regeneração do ambiente e o efetivo bem estar proporcionado ao homem.

Fiscalizar áreas de proteção como nascentes, faixas marginais e encostas, consideradas críticas para a segurança e qualidade dos recursos hídricos.

Fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico para apoio as tomadas de decisão em recursos hídricos.

Elaborar projetos básicos dos coletores do esgotamento sanitário da cidade de Barra do Piraí no trecho urbano do Rio Piraí e projeto paisagístico da área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGENDA 21, capítulo 18, Rio de Janeiro, ONU,1992
- AGUA DE CHUVA, disponível em [http:// www.agua-de-chuva.com](http://www.agua-de-chuva.com), acesso em 15 de janeiro de 2005
- BANCO MUNDIAL, A Gestão da Qualidade da Água: Inserção de Temas Ambientais na Agenda do Setor Hídrico, Brasil, 2002
- BANCO MUNDIAL, WWF, A Água, as Florestas e as Cidades, Brasil, 1998
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, *Heft 21 – Gundzüge Der Gewässerpflege Fliessgewässer*, München, Alemanha, 1997
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT-BLW, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ, Flusslandschaft Isar, Muenchen, Alemanha, 2000
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN, Fluesse, Auen, Täler, Muenchen, Alemanha,1997
- BENEVIDES, V.S. et Al, Gerenciamento de Recursos Hídricos, Uma abordagem para o Mercosul.In Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos ,10 e Simposio Brasileiro de Recursos Hídricos do Cine Sul, 1. Anais(1) 11-20, Gramado, Associação Brasileiro de Recursos Hídricos, 1993
- BINDER, W., WAGNER, J., *Rückbau von Fliessgewässern*, Bonn, Alemanha, 1984.
- BLOOM, A.L.. *Superfície da Terra*. São Paulo: Edgard Blucher,1988
- BRANCO,S.M., A Ecologia das Cidades, Editora Moderna,S. Paulo, 1991
- BRASIL, Decreto - Lei 24.643, que instituiu o Código das Águas do Brasil, em 10 de julho de 1934.
- BRASIL, Lei N° 9433, dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos, Brasília, 1997.
- BRASIL, Lei N° 9.984, que cria a Agência Nacional de Águas, 2000.
- CESP.Centrais Elétricas de São Paulo, *Recomposição de Matas Nativas*, São Paulo, 1992
- CETESB, Companhia Estadual de Meio Ambiente; GTZ, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, *Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas*, São Paulo: CETESB/GTZ, 1999
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia Fluvial. S. Paulo: Edgar Blücher. 1981.
- _____.Modelagem de Sistemas ambientais, S. Paulo: Edgar Blücher. 2002
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE –CONAMA Resolução número1 de 1986.

- CUNHA, S. B., Impactos das Obras de Engenharia Sobre o Ambiente Biofísico da Bacia do São João, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, dissertação de Doutoramento em Geografia Física, Rio de Janeiro, 1995
- DREISEITL, H., *Oásis no Deserto de Pedras*, Revista Humboldt 84, página 50 e 51, Goethe Institut Inter Naciones, Alemanha, 2002.
- ESTADO DO RIO DE JANEIRO, Lei Nº 3239, de 2 de Agosto de 1999. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 4 de agosto de 1999.
- _____. Lei Nº 4247, de 16 de dezembro de 2003. Institui a cobrança pelo uso da água no Estado do Rio de Janeiro. Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, 17 dezembro de 2003, Rio de Janeiro.
- EVEBW, EIDGENOESSISCHES VERKEHRS- UND ENERGIE WIRTSSCHAFTS DEPARTEMENT, BUNDESAMT FÜR WASSERWITSCHAFT- Hochwasserschutz im Fließgewässern, Bern, Schweizer, 1982
- FREIRE, P., *Educação como Prática de Liberdade*, Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 1997
- _____, *Educação e Mudança*, Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 1997.
- GARRIDO, R.J.S., *Comentários sobre os Aspectos Institucionais do Setor de Recursos Hídricos*, Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 1999.
- GEIGER, W.F., DREISEITL, H., *Neue Wege für das Regenwasser*, Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten, Oldenbourg, Deutschland, 1995
- GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Projetos Especiais, Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas, SERLA, *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul*, Documento de Projeto, BRA/96/017, Janeiro de 1994
- GUTBERLET, JUTTA, *Cubatão: Desenvolvimento, exclusão social e degradação ambiental*, Título Original: *Industrieproduktion und Umweltzerstörung im Wirtschaftsraum Cubatão/São Paulo (Brasilien)*, Tradução de Kay-Uwe Gutberlet. S. Paulo: Editora Universidade de S. Paulo, Fapesp, 1996
- HOLANDA, A. B. de, *Novo Dicionário da Língua Portuguesa*, Rio de Janeiro, Ed. Nova Fronteira, 1975
- HOUAISS, A., *Pequeno Dicionário Enciclopédico KOOGAN LAROUSSE – Larousse do Brasil*, Rio de Janeiro, 1984
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE, *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 1998 – 2003*, 2003

- ICPR, Internacional Commission for the Protection of the Rhine, *The Rhine: a River and its Relations*, Koblenz, Deutschland, 1998
- INFANTI JR., N., NILTO F. F., *Geologia de Engenharia*, São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.
- KOLB, Walter. *The Rainwater Tecnology Handbbok*. Publisher Wilo-Brain, Dortmund, Deutschland, 2001.
- KOLB, Walter; SCHWARZ, T, Dach – begrünung intensive und extensive, Verlag Eugen Ulmer,1999.
- LAWA, Länderarbeitsge Meinschaft Wasser, *Sustainable Water Protection in the 21th Century*, Heidelberg, Alemanha, 1997
- LIEBMANN,H., *Terra - Planeta Habitável*, Rio de Janeiro, Biblioteca do Exército, 1979
- MAIA, Manual de Avaliação de Impactos Ambientais, Curitiba: SUREHMA/GTZ, 1992
- MORAND, P, Os Grandes Rios, Seleções Readers Digest, Lisboa, 1974
- MORENO JUNIOR, Í., A Gestão de Recursos Hídricos no Estado do Rio de Janeiro, in I Seminário Latino Americano de Políticas Publicas, Anais 2004, Brasília
- MOTA, S., *Preservação de Recursos Hídricos*, Rio de Janeiro: ABES, 1988
- NAIMAN, J.R. et al The Fresh Water Imperative: a Research Agenda.Washington,1995, in TUNDISI,J. G. Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez, S. Carlos:Editora Rima 2003
- NOAL, F. O. B., LIMA,V.H., Educação Ambiental e Cidadania- Cenários Brasileiros., S. Cruz do Sul, RS, EDUNISC, 2003
- ODUM, E. P., *Ecologia*, Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1983
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS- ONU, Relatório Nosso Futuro Comum, 1991
- OTTONI, Adacto Benedicto, Tecnologia do Manejo Hídrico em Bacias Hidrográficas visando sua Valorização Sanitária e Ambiental, Tese de Doutorado - Escola Nacional de Saúde Pública – Rio de Janeiro. ENSP/FIOCRUZ/MINISTERIO DA SAÚDE, 1996
- PATT, H., JURGING, P., KRAUS, W., *Naturnaher Wasserbau*, Springer - Verlag, Berlin, Alemanha, 1998
- PFAFSTETTER,Otto, *Deflúvio Superficial*. Brasília: DNOS/MINTER, 1976
- PLANÁGUA, *Rios e Córregos: Preservar/Renaturalizar*.Rio de Janeiro SEMADS/SERLA/GTZ, 2000
- _____. *Revitalização de Rios e Córregos: Orientação Técnica*. Rio de Janeiro, SEMADS/SERLA/GTZ, , 2001a
- _____. *Enchentes no Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, SEMADS/SERLA/GTZ, Brasil, 2001b

- _____. *Manguezais*. Rio de Janeiro SEMADS/SERLA/GTZ, 2001c
- _____. *Restauração da Mata Ciliar*. Rio de Janeiro, SEMADS/SERLA/GTZ, 2001d
- _____. Linhas Básicas para Controle de Cheias (*Leitlinien fuer einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz Hochwasser – Ursachen und Konsequenzen*, LAWA), Rio de Janeiro, 2002
- PINHEL, A.S., Modelagem Probabilística de Mortalidades em Deslizamentos de Encostas, Dissertação de Mestrado na Universidade do Estado d Rio de Janeiro, Nova Friburgo, 2003
- PRANDINI, F. L.; GUIDINI, G.; BOTTURA, J. A. et al. Atuação da cobertura vegetal na estabilidade de encostas: uma resenha crítica. In. Congresso Brasileiro de Florestas Tropicais, 2, 1976, Mossoró. Anais ... Mossoró. 22 p.
- REBOUÇAS, A. C. et al. Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação, 2^a edição, S. Paulo, 2002
- REVISTA RIO – ÁGUAS, Fundação Rio-Águas, Rio de Janeiro, 1999, out. /nov., 4 p.
- RICKLEFS, R.E.. *A Economia da Natureza*, Rio de Janeiro, Editora Guanabara/Koogan, 2003.
- RIO DE JANEIRO, Lei N° 3239 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, Rio de Janeiro, 1999.
- RIVER RESTORATION CENTRE, Manual of River Restoration Techniques, 1995 disponível em <http://www.therrc.co.uk/manual.php> .
- ROHDE, G. M., *Estudos de Impacto Ambiental*, Boletim Técnico, N° 4, Porto Alegre: CIENTEC, 1989.
- SARAIVA, M.G.A.N. O Rio Como Paisagem- Corredores Fluviais do Quadro do Ordenamento do Território, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, Portugal, 1999.
- SCHOKLITSCH. ^a, *Tratado de Arquitetura Hidráulica*, Barcelona Editorial Gustavo Gili, S. A., Espanha, Tomo II, 1961.
- SERLA/GTZ, Relatório da Visita Técnica em Obras de Revitalização de Rios na Baviera, Rio de Janeiro, Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas- SERLA e Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit - GTZ, 1999
- SERRA, R., Climate and Complexity in Architecture Proceedings of the Sixth International - PLEA Conference, Pergamon Press, Inglaterra 1988.
- SETTI, A.A. A Necessidade do Uso Sustentável dos Recursos Hídricos. Brasília, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis, 1996
- SHEN, Hsieh Wen, *Modeling of Rivers*, Colorado State University, EUA, 1977

- SILVA, Elmo Rodrigues da, *O Curso da Água na História: Simbologia, Moralidade e a Gestão de Recursos Hídricos*, Tese de Doutorado - Escola Nacional de Saúde Pública – Rio de Janeiro, ENSP/FIOCRUZ/MINISTERIO DA SAÚDE, 1998.
- SPERLING, M. von, *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade de Minas Gerais; 1996.
- THE OPEN UNIVERSITY, *Os recursos Físicos da Terra* . Campinas: Editora UNICAMP, 2000
- TOMAZ, P. *Aproveitamento da Água de Chuva*, Editora Navegar, 2003.
- TUCCI, Carlos E. M. (org). **Hidrologia**. Ciência e Aplicação. Porto Alegre, Ed. Universidade. 2001.
- TUNDISI, J.G., *Água no Século XXI, enfrentando a escassez*, S. Carlos, SP: Editora Rima, 2003
- TURNER, B.L. et al. The earth as transformed by human action: global and regional changes in the biosphere over the past 300 years. Cambridge University, in TUNDISI, J. G. *Água no Século XXI, enfrentando a escassez*, S. Carlos, SP: Editora Rima, 2003
- UN/ECE, Flood Prevention, Protection and Mitigation, Nações Unidas e Comunidade Econômica Européia, Berlin, Alemanha, 2004:
- UNESCO, <http://www.unesco.org/uy/phi/libros/agua%20docente/docente2/docente2b.htm>, dezembro de 2003.
- WILLIAMS, P. A. River Engineering Vs. River Restoration, 2001, disponível em <http://www.pwa-ltd.com/> acessado em 10 dezembro de 2004
- WINTER, E.G., *A água, o Solo e a Planta*, São Paulo: EDUSP, 1976
- ZANCANARO, Lourenço, A ética de Responsabilidade com o Futuro. *In: Educação Ambiental e Cidadania: Cenários Brasileiros*. Florianópolis: EDUNISC, 2003
- ZINCO INTERNATIONAL , Ajardinamento de Coberturas, publicação 6/98 ?????
3P Tecnick., Informativo, <http://www.agua-de-chuva.com.>, em dezembro de 2004.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)