
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS E ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

PEDRO HENRIQUE BOF

RECUPERAÇÃO DE RIOS URBANOS: O CASO DO ARROIO DILÚVIO

Porto Alegre

Dezembro de 2014

Pedro Henrique Bof

RECUPERAÇÃO DE RIOS URBANOS: O CASO DO ARROIO DILÚVIO

TRABALHO DE CONCLUSÃO
APRESENTADO AO CURSO DE
ENGENHARIA AMBIENTAL DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO
GRANDE DO SUL COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO
TÍTULO DE ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Orientador: Fernando Dornelles

Porto Alegre

Dezembro 2014

PEDRO HENRIQUE BOF

RECUPERAÇÃO DE RIOS URBANOS: O CASO DO ARROIO DILÚVIO

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul defendido e aprovado em **11/12/2014** pela Comissão avaliadora constituída pelos professores:

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Fernando Dornelles - Orientador

Prof. Dr. Dieter Wartchow - Departamento de Obras Hidráulicas

Eng. Ambiental, Msc.em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Mino Sorribas

Conceito: **A**

Dedico este trabalho a meus pais, Luiz Henrique e Mara, e à minha irmã, Ana, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Luiz Henrique Boff e Mara Abel pelo carinho, apoio e pelas condições que me permitiram chegar até aqui.

À minha irmã, Ana Carolina Bof, pelo apoio e pelo companheirismo, e por ser a melhor irmã que eu poderia pedir.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul por ter me concedido a oportunidade de finalizar o meu curso de graduação e a todos os meus professores durante o curso de Engenharia Ambiental.

Ao Prof. Fernando Dornelles, orientador deste trabalho, pelo suporte, pelos auxílios, correções e incentivos.

Aos meus amigos que, direta ou indiretamente, me ajudaram.

Aos meus colegas de curso pelo companheirismo e coleguismo, e por tornar a experiência da graduação tão satisfatória.

RESUMO

BOF, P. H. Recuperação de Rios Urbanos: O caso do Arroio Dilúvio. 2014. 93 f. Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Este estudo propõe-se a analisar a aplicabilidade de medidas de recuperação de rios urbanos para o caso do Arroio Dilúvio, localizado no município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. Para isso foi realizada uma pesquisa bibliográfica a respeito das palavras chave: Hidrologia urbana, drenagem urbana, gestão integrada, rios urbanos, recuperação, reabilitação, renaturalização, revitalização e restauração. Além disso, foram analisados seis estudos de caso, um localizado no rio Cheonggycheon, em Seul, Coréia do Sul, dois localizados no Estado de Minas Gerais, Brasil, dois nos Estados Unidos e um no Reino Unido, sendo os três primeiros abordados de forma mais aprofundada e os três últimos de forma mais superficial. A partir desses estudos de caso foram realizadas análises das medidas e abordagens utilizadas em cada um deles visando a recuperação dos rios urbanos. Essas medidas foram aplicadas ao contexto do município de Porto Alegre e do Arroio Dilúvio com o intuito de definir quais delas seriam mais ou menos condizentes com a realidade da área de estudo e com as necessidades de recuperação do arroio. Foram realizadas comparações dos casos com o Arroio Dilúvio e da aplicabilidade das medidas. Procurou-se assim, traçar um panorama do caminho que a gestão responsável deve tomar visando atingir o objetivo de melhoria da qualidade da área da forma mais coerente com a situação, e a partir disso definir eixos de atuação e dar sugestões para os futuros projetos de recuperação do arroio.

Palavras-chave: hidrologia urbana, drenagem urbana, gestão integrada, rios urbanos, recuperação, reabilitação, renaturalização, revitalização e restauração

Lista de Abreviações:

APP - Área de Preservação Permanente

CDH - Comitê de Bacia Hidrográfica

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO - Demanda Química de Oxigênio

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

FNE - Faixa Não Edificável

N - Nitrogênio

OD - Oxigênio Dissolvido

P - Fósforo

PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente

PUC-RS - Pontífice Universidade Católica do Rio Grande do Sul

RMBH - Região Metropolitana de Belo Horizonte

SARA - San Antonio River Authority

SES - Sistema de Esgotamento Sanitário

SS - Sólidos Suspensos

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UTR - Unidade de Tratamento de Resíduos

Nota: São utilizados ao longo desse trabalho nomes de rios sul coreanos, que por possuir uma sintaxe diferente da língua portuguesa, muitas vezes unem palavras diferentes em uma só. O termo “cheon”, em coreano, significa “córrego” ou “rio pequeno”, enquanto os termos “cheong” e “gye” tem significados provenientes de um antigo dialeto que mistura elementos do chinês e do coreano, mas que podem ser traduzidos como “cristalino” e “caminho”, respectivamente. Contextualizando, o nome Cheonggyecheon pode ser traduzido como “córrego corrente cristalino”, apesar de permitir outras traduções. Nesse caso, chamar o Cheonggyecheon de “rio Cheonggyecheon” pode ser considerado uma redundância, porém foi padronizado nesse trabalho que Cheonggyecheon seria considerado o nome próprio do rio, assim exigindo o uso do termo “rio” antes da palavra. Regra semelhante se aplicou ao termo “gang”, que em coreano tem o significado de “rio”, no caso de “rio Hangang”.

Lista de Figuras

Figura 1. Relações entre os sistemas de águas urbanas	20
Figura 2. Design conceitual apresentado pela prefeitura de Seul em 2002	41
Figura 3. Visão em corte antes e depois do projeto	42
Figura 4. Zonas do projeto	43
Figura 5. Imagem aérea mostrando os três maiores rios da região	44
Figura 6. Funcionamento da canalização lateral	45
Figura 7. Corte transversal da estrutura	45
Figura 8. Vazões e esquema de captação das fontes subterrâneas e do rio Hangang	46
Figura 9. Área do rio antes e depois da revitalização	47
Figura 10. Mapa da Bacia do rio das Velhas, no Estado de Minas Gerais	49
Figura 11. Mapa do centro da cidade, zona com o canal paralelo	62
Figura 12. Trecho do rio	62
Figura 13. Trecho do rio com restaurante	62
Figura 14. Parque linear no rio Los Angeles	64
Figura 15. Sistema previsto	66
Figura 16. Planta da Situação do Projeto de Retificação do Arroio Dilúvio	68
Figura 17. Perfil Transversal com cota máxima da enchente de 1941.	68
Figura 18. Arroio Dilúvio, percurso original sob a Ponte de Pedra	69
Figura 19. Arroio Dilúvio “balneável”	69
Figura 20. Arroio Dilúvio durante as obras de canalização. Ao fundo, a ponte da Avenida João Pessoa e à esquerda o Palácio da Polícia.	69
Figura 21. Seção transversal do Arroio Dilúvio entre a foz e a Av. Cristiano Fischer... ..	70
Figura 22. Perfil longitudinal esquemático do Arroio Dilúvio	71
Figura 23. Características de uso do solo da bacia.	73
Figura 24. Descargas de esgoto sanitário no sistema pluvial na Bacia do Arroio Dilúvio no Sistema de Esgotamento Sanitário Ponta da Cadeia	75

Figura 25. Estrutura da metodologia..... 77

Lista de Tabelas

Tabela 1. Variação das limitações da área de preservação com a época	30
Tabela 2. Abordagens higienistas e alternativas	39
Tabela 3. Regime de chuvas de Seul, Coréia do Sul	46
Tabela 4. Síntese das medidas dos estudos de caso	59
Tabela 5. Aspectos fisiográficos e técnicos da bacia.....	71
Tabela 6. Características de uso do solo da bacia.....	72
Tabela 7. Regimes de chuva de Porto Alegre e Seul	79
Tabela 8. Compilação da comparação com o Projeto Cheonggycheong.....	84
Tabela 9. Compilação da comparação com o Projeto Manuelzão	84
Tabela 10. Compilação da comparação com o Projeto DRENURBS	84
Tabela 11. Compilação da comparação com os projetos nos rios San Antonio, Los Angeles e Tâmis.....	85

SUMÁRIO

.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVO	15
3. ESCOPO.....	16
4. HIDROLOGIA URBANA	17
5. GESTÃO INTEGRADA DE ÁGUAS URBANAS	18
6. DRENAGEM URBANA.....	21
6.1. URBANIZAÇÃO E DRENAGEM.....	21
6.2. ABORDAGEM HIGIENISTA OU TRADICIONAL	22
6.3. ABORDAGENS SUSTENTÁVEIS OU COMPENSATÓRIAS	23
7. LEGISLAÇÃO APLICADA À DRENAGEM URBANA	26
7.1. CONSTITUIÇÃO FEDERAL	26
7.2. CÓDIGO FLORESTAL E APPS	27
7.3. APPS EM ÁREAS URBANAS	29
8. RIOS URBANOS	31
8.1. NECESSIDADE DA DEFINIÇÃO	31
8.2. REVITALIZAÇÃO, RESTAURAÇÃO, REABILITAÇÃO, RENATURALIZAÇÃO	31
8.3. DEFINIÇÕES ADOTADAS	34
8.4. RIOS E AS CIDADES.....	35
9. ESTUDOS DE CASO	40
9.1. SEUL, CORÉIA DO SUL: RIO CHEONGGYECHEON.....	40
9.1.1. Histórico.....	40
9.1.2. O Projeto	40
9.1.3. Aspectos técnicos	44
9.1.4. Custos.....	47
9.1.5. Resultados	47
9.2. MINAS GERAIS: PROJETO MANUELZÃO, RIO DAS VELHAS.....	48
9.2.1. Histórico.....	48
9.2.2. Estrutura e conceito	49

9.2.3.	Meta 2010 e 2014	51
9.2.4.	Resultados e ações futuras	52
9.3.	BELO HORIZONTE, MINAS GERAIS: PROJETO DRENURBS	53
9.3.1.	Contexto	53
9.3.2.	Histórico	53
9.3.3.	O projeto.....	54
9.4.	ABORDAGENS E DISCUSSÕES	56
9.4.1.	Considerações.....	56
9.4.2.	Projeto Cheonggycheon	56
9.4.3.	Projeto Manuelzão.....	57
9.4.4.	Projeto DRENURBS	58
9.4.5.	Síntese	58
9.5.	OUTROS EXEMPLOS	60
9.5.1.	Rio San Antonio, San Antonio, Texas, EUA	60
9.5.2.	Rio Los Angeles, Los Angeles, Califórnia, EUA	62
9.5.3.	Rio Tâmis, Londres, Reino Unido	64
10.	ÁREA DE ESTUDO: BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO DILÚVIO	67
10.1.	HISTÓRICO	67
10.2.	FISIOGRAFIA E ASPECTOS TÉCNICOS	69
10.3.	USO DO SOLO	71
10.4.	REDE DE ESGOTO.....	74
10.5.	QUALIDADE DA ÁGUA.....	76
11.	METODOLOGIA	77
12.	RESULTADOS E CONCLUSÕES.....	78
12.1.	COMPARAÇÕES	78
12.1.1.	Considerações.....	78
12.1.2.	Projeto Cheonggycheon	78
12.1.3.	Projeto Manuelzão.....	80
12.1.4.	Projeto DRENURBS	81
12.1.5.	Projetos Rio San Antonio, Rio Los Angeles e Rio Tâmis	82
12.2.	TABELAS COMPARATIVAS	83
12.2.1.	Considerações.....	83
12.2.2.	Projeto Cheonggycheon	84
12.2.3.	Projeto Manuelzão.....	84
12.2.4.	Projeto DRENURBS	84

12.2.5. Projetos Rio San Antonio, Rio Los Angeles e Rio Tâmisia	85
12.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
REFERÊNCIAS	88

1. Introdução

Desde o início das civilizações a água tem sido uma questão central e de extrema importância no sustento de comunidades e centros urbanos. A história mostra uma correlação direta entre a estabilidade de um grupo de pessoas, seu desenvolvimento econômico e social e a qualidade e disponibilidade de água. Isso levou muitos autores a definir essas civilizações como civilizações hidráulicas (CAPONERA, 1992). As maiores migrações humanas que levaram a assentamentos que se tornaram as maiores civilizações da antiguidade tinham como destino áreas naturalmente irrigadas e fácil acesso à água. A água esteve sempre intimamente ligada com o desenvolvimento da sociedade nos mais diversos setores: geração de energia, transporte, oferta de água potável, agricultura, dessedentação de animais e recreação (JASPERS, 2002).

É natural que com essa interação profunda desde os primórdios das civilizações, os problemas envolvidos na presença das águas nas cidades também sejam tão antigos quanto as próprias cidades, e as águas urbanas e suas interações com o ser humano são tão remotas quanto os próprios conglomerados urbanos. Apesar da hidrologia urbana ter sido reconhecida efetivamente como uma ciência apenas ao final do século XX, a interação do ser humano com as águas e a forma como ele lida com elas é milenar.

É nesse contexto, isto é, na interação das águas com o ambiente urbano, que se sustenta esse trabalho, focando essencialmente no objeto de estudo dos “rios urbanos”, e que tipo de ações podem ser tomadas para tornar essa relação da sociedade, do ambiente urbano e das águas como a mais benéfica mutuamente possível.

Sob esse tema, surgiu o contexto desse trabalho; focando no Arroio Dilúvio, no município de Porto Alegre, serão discutidas e analisadas possibilidades de recuperação do arroio, procurando reintegrar os recursos hídricos à sociedade e ao ambiente urbano. Existem diversas medidas que podem ser adotadas para realizar esse objetivo, que é o de melhorar o rio sob diferentes aspectos sociais, ambientais, estruturais, ecológicos, urbanísticos, paisagísticos e de qualidade da água. Essas medidas serão analisadas em outros casos de recuperação de rios urbanos, apresentadas e comparadas com o contexto do Arroio Dilúvio.

2. Objetivo

As recentes intenções conjuntas por parte das prefeituras dos municípios de Porto Alegre e Viamão e das universidades UFRGS e PUC-RS em promover a melhoria da qualidade da água e do ambiente urbano do Arroio Dilúvio, através do projeto Programa de Revitalização da Bacia do Arroio Dilúvio (PMPA, PMV, UFRGS, PUCRS, 2012), foram incentivadoras deste trabalho que tem como objetivo principal:

- Revisar casos de recuperações de rios urbanos no Brasil e no mundo e analisar a aplicabilidade das medidas no caso do Arroio Dilúvio.

E objetivos secundários:

- Propor diretrizes para uma abordagem sanitária/ambiental sustentável para possíveis projetos de recuperação do Arroio Dilúvio;
- Propor medidas e eixos de gestão.

3. Escopo

Visando uma estrutura que permita o entendimento do assunto de forma fluída e coerente, esse trabalho está estruturado da seguinte maneira:

Primeiramente serão abordados alguns assuntos relevantes para o entendimento do tema contido nos objetivos, de forma mais geral, apresentando brevemente um histórico e uma definição do conceito de hidrologia urbana e como surgiu, para em seguida focar em um assunto mais específico para esse trabalho, elementos referentes à gestão integrada de águas urbanas. Serão apresentadas as definições e discussões de alguns autores a respeito da importância de uma gestão integrada e multicriterial, e em seguida será focado no assunto de drenagem urbana, abordando as temáticas de urbanização, crescimento das cidades, evolução da filosofia de drenagem e a importância da evolução dessa filosofia.

Em um segundo momento, serão abordados trechos da legislação brasileira referentes à drenagem urbana e gestão de rios urbanos e recursos hídricos, para contextualizar o assunto na realidade desse trabalho. Em seguida serão apresentados os conceitos envolvidos na recuperação de rios urbanos e levantadas as definições de diferentes autores a respeito desses conceitos, bem como a definição dos mesmos para os objetivos desse trabalho. Por fim, uma discussão da relação entre rios urbanos e as cidades, para exemplificar a importância do objetivo desse trabalho.

A partir da apresentação e discussão dos assuntos citados acima, serão apresentados seis estudos de caso envolvendo a recuperação de rios urbanos, dos quais três serão analisados de forma mais completa e comparados entre si, e três de forma mais superficial, selecionando apenas alguns assuntos de maior relevância para esse trabalho.

Depois disso, serão apresentadas informações relevantes a respeito da área de estudo e a metodologia, que consiste em utilizar as informações levantadas nos estudos de caso e realizar uma comparação das medidas adotadas nesses casos no contexto da área de estudo.

Por fim, estas comparações são analisadas e junto com a apresentação dos resultados, e fechando o trabalho com as conclusões do autor a respeito do objetivo proposto.

4. Hidrologia Urbana

LAZARO (1979) define a hidrologia urbana como “*a ciência interdisciplinar da água e sua relação com o homem urbano*”. Apesar dessa interação ser muito antiga, passou a ser objeto de estudo apenas recentemente, em meados de 1960, tendo tido sua evolução indiretamente ligada à popularização dos automóveis, pois houve também o aumento da quantidade de ruas, e conseqüentemente, de áreas impermeabilizadas, o que gerou por sua vez um aumento do escoamento superficial e os problemas relacionados à drenagem urbana. A ciência da hidrologia urbana surgiu como uma necessidade de se lidar com esses problemas (LAZARO, 1979).

A hidrologia urbana é o ramo da hidrologia que estuda a interação da água com as zonas urbanas onde a superfície foi modificada tendo seu balanço hídrico muito alterado em relação à cobertura natural. Isso pode se dar por meio de impermeabilizações, alterações do relevo (aterros e escavações), mudanças de temperatura (ilhas de calor) o que implicam em alterações na magnitude dos fluxos d’água na bacia hidrográfica (DE LIMA, MARTINS, *et al.*, 2010).

Os estudos de hidrologia urbana podem incidir em diferentes áreas, podendo ter foco em aspectos quantitativos ou qualitativos das águas no ambiente urbanizado. Escoamento superficial, qualidade da água, inundações urbanas, drenagem urbana, deslizamentos de solo, picos de vazão e controle de chuvas são alguns dos exemplos dos focos de estudo dessa área.

5. Gestão Integrada de Águas Urbanas

As águas urbanas não se referem apenas aos rios que correm num ambiente urbano e à precipitação na cidade. Incluem também o sistema de abastecimento de água e de esgoto sanitário, gestão das águas pluviais e escoamento superficial, inundações ribeirinhas, gestão de sólidos presentes nos rios urbanos, águas subterrâneas, qualidade da água, aspectos sanitários e de saúde e conservação ambiental dos recursos hídricos (TUCCI, 2007). Com essa interdisciplinaridade de assuntos, é compreensível que, segundo TUCCI (2008b), uma gestão eficiente das águas urbanas só será possível se for feita de forma integrada, pois a ocupação urbana e gestão na sua forma tradicional não procura compreender como solo, água e plantas estão integradas na natureza e são fatores interdependentes. Como por exemplo, a precipitação que não se infiltra no solo por encontrar uma superfície impermeável vai escoar superficialmente, formar ravinamentos naturais, danificar a superfície e gerar acumulação de água com potenciais prejuízos ao ambiente urbano. Já a água precipitada que infiltra no solo, percola até o aquífero e posteriormente aflora nos rios. Neste mesmo processo, o esgoto que não é coletado, que seguirá pelo mesmo caminho contaminando os mananciais urbanos, que posteriormente serão utilizados para abastecimento. Não apenas as águas sob aspectos quantitativos são interdependentes de outros fatores, mas em aspectos qualitativos também, que por sua vez estão ligados a questões de saúde pública e degradação ambiental (TUCCI, 2008b).

Segue abaixo uma discussão sobre algumas interações entre áreas de gestão geradas por uma gerência deficiente e desintegrada:

- Abastecimento urbano:

O abastecimento urbano é intimamente dependente da qualidade da água dos mananciais de abastecimento, estando relacionado com a drenagem de esgoto cloacal e pluvial, que caso não sejam gerenciadas de forma correta virão a contaminar os mananciais de abastecimento gerando maiores custos para os serviços responsáveis pelo abastecimento urbano e com os aterros ou lixões, que se estiverem mal impermeabilizados podem contaminar as águas subterrâneas e superficiais.

- Esgoto sanitário e drenagem urbana:

O sistema de esgoto pluvial e cloacal pode ser unitário ou por separador absoluto. Nos sistemas do tipo unitário, os condutos que levam o esgoto cloacal e pluvial são

os mesmos, com comportamento variável em função da precipitação. É natural que a gestão de esgoto cloacal e pluvial se dê de forma integrada, considerando essas interações. Quando o sistema é do tipo separador, é necessário garantir que não haja ligações de esgoto cloacal na rede pluvial, ou vice-versa, pois isso acarretará na diminuição de eficiência de ambos os sistemas.

- Resíduos sólidos:

A presença de resíduos sólidos nas redes de drenagem pluvial ou cloacal cria grande prejuízo e ineficiência nos sistemas devido à obstrução dos condutos, canais e riachos urbanos. É necessário haver um sistema de limpeza urbana eficiente para impedir a entrada dos resíduos provenientes da superfície urbana nos sistemas de drenagem.

Uma visão integrada de gestão inicia nas primeiras etapas do processo de urbanização, quando são definidos os loteamentos e assentamentos urbanos. Nessa fase deve se garantir a preservação de uma parcela da cobertura natural, ao contrário da forma como comumente se dá essa urbanização, procurando maximizar o uso da área disponível independentemente da rede de drenagem natural. Essa filosofia resulta na impermeabilização total da área gerando os problemas de escoamento já citados anteriormente. Num projeto integrado, deve-se levar em conta a importância das áreas de cobertura natural, criando lotes menores ou garantindo percentuais de área verde dentro dos lotes, garantindo a presença de parques e áreas verdes, e integrando o asfalto a áreas de cobertura permeável, garantindo assim a infiltração da água.

(TUCCI, 2008b)

A Figura 1 ilustra as relações entre os sistemas urbanos que influenciam na gestão das águas urbanas. Com relação ao zoneamento, deve se observar não apenas a manutenção de áreas permeáveis, mas também respeitar as leis de preservação e conservação que visam proteger as áreas mais frágeis, como nascentes e rios que podem vir a estar estarem presentes no ambiente urbano. A limpeza adequada dos resíduos sólidos das vias também é necessária, garantindo a ausência dos mesmos nas redes de drenagem. Quanto às águas fluviais, deve-se garantir a ocupação adequada das áreas de várzea dos rios que passam por inundações naturais independente da impermeabilização do solo e a urbanização adequada, impedindo a redução de áreas permeáveis que venham a causar escoamento excessivo. Além disso, há o problema dos mananciais de abastecimento que podem sofrer

contaminação das mais variadas fontes, não só pela destinação inadequada do esgoto cloacal, mas também do pluvial, visto que os primeiros 10% da vazão total de um evento de chuva carregam cerca de 90% da carga poluente, com cargas de DQO (demanda química de oxigênio) de mais de 400mg/L no início do escoamento e 7mg/L no final, segundo Ide (1984, p. 98) *apud* (PORTZ, 2009). Essa concentração de DQO é equivalente a do esgoto doméstico bruto de concentração fraca (SILVA e MARA, 1979), sendo importante observar, então, que o escoamento pluvial despejado diretamente num manancial de abastecimento também é motivo para preocupação, considerando seu potencial de contaminação, mesmo tendo menor relevância ao ser comparado com esgoto bruto sendo despejado constantemente num manancial de abastecimento.

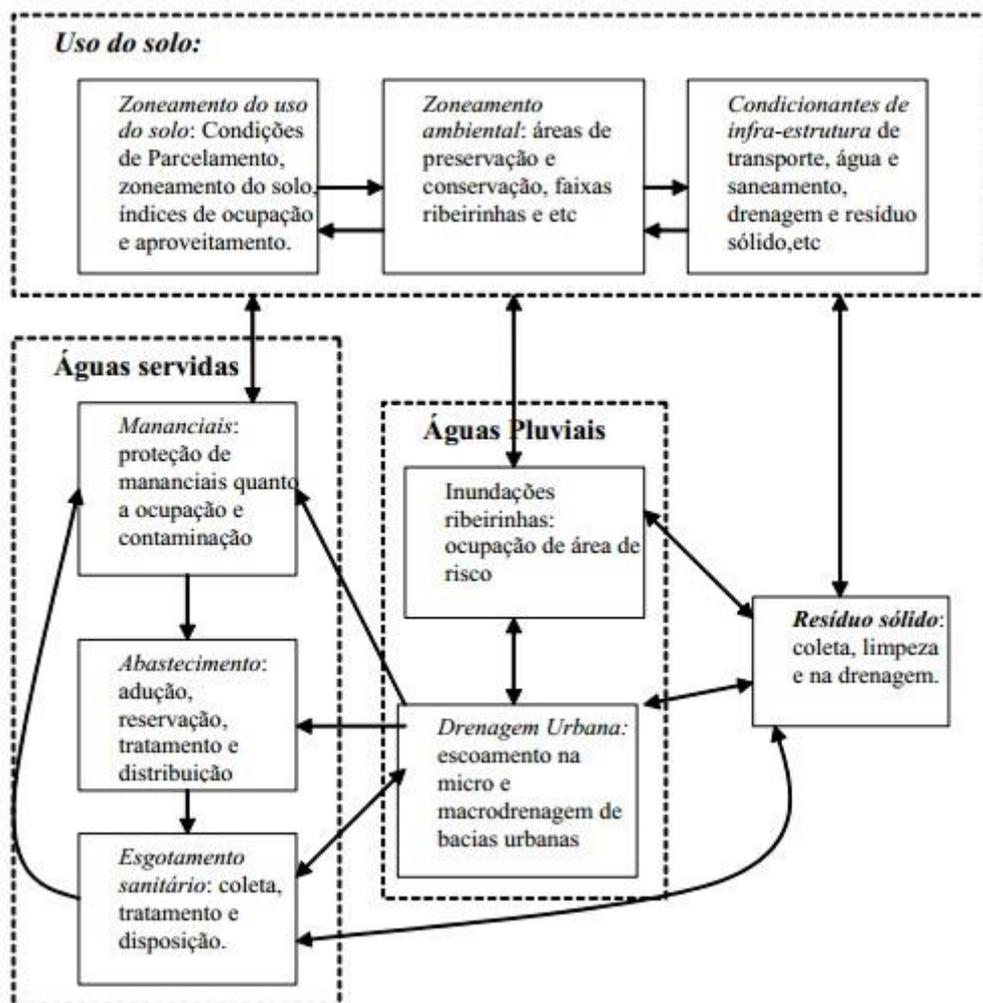


Figura 1. Relações entre os sistemas de águas urbanas (TUCCI, 2007)

6. Drenagem Urbana

6.1. Urbanização e drenagem

Como mencionado antes, os objetivos da drenagem urbana são lidar com as águas envolvidas no ambiente urbano. A tendência de urbanização desenfreada das grandes cidades tem provocado impactos negativos no meio ambiente e para a população, afetando a vida no meio urbano. De uma série de impactos diferentes, no escopo das águas no meio urbano, pode ser citada a redução da qualidade da água e aumento do volume de materiais sólidos sob um âmbito qualitativo, e a falta de preparo para lidar com grandes volumes de água em um curto período de tempo, no âmbito quantitativo (TUCCI e BERTONI, 2003).

As consequências da urbanização para as inundações se dão principalmente pela forma como as cidades se desenvolvem, com projetos inadequados de drenagem urbana que tem como filosofia escoar a água precipitada o mais rápido possível da área projetada, o que aumenta a vazão máxima, frequência e nível de inundação à jusante (TUCCI e BERTONI, 2003).

Segundo DE LIMA, *et al.* (2010), os estudos de hidrologia urbana se dão principalmente no âmbito da análise do escoamento superficial e redução dos efeitos negativos resultantes do movimento da água na superfície do solo. A partir desse objetivo, são realizadas as análises mais criteriosas do escoamento superficial, incluindo determinação do volume escoado e do hidrograma para um dado período de retorno e efeito da precipitação na bacia urbana, informações que constituem os fatores mais decisivos no planejamento de projetos de sistemas de drenagem urbana. O autor destaca a complexidade da entidade bacia hidrográfica, com diversos aspectos fisiográficos variáveis, e chama atenção quanto à caracterização deficiente das áreas de estudo e que erros nas estimativas dos parâmetros podem gerar incoerências grosseiras no dimensionamento e desenvolvimento de projetos.

Essa análise de certa forma contrapõe a ideia de TUCCI (2003) de que os problemas de drenagem urbana são mais ligados à filosofia empregada no planejamento do que efetivamente em dificuldades ou limitações técnicas por parte dos projetistas. Isto é, DE LIMA, *et al.* (2010) chamam bastante atenção às limitações técnicas nas estimativas de parâmetros a serem utilizados no dimensionamento, enquanto TUCCI (2003) dá mais

destaque à abordagem tradicional adotada nos projetos de drenagem como motivo da ineficiência dos projetos.

Existem alguns tipos diferentes de medidas de controle para lidar com as inundações urbanas, do ponto de vista da drenagem.

6.2. Abordagem higienista ou tradicional

Segue a filosofia de evacuar o mais rápido possível a água de montante para jusante. É a técnica usada com mais frequência no Brasil, e TUCCI (2003) atribui à utilização dessa filosofia, na confecção dos planos de drenagem urbana, a maior parte dos problemas atuais nos ambientes urbanizados envolvendo inundações. Essa abordagem normalmente consiste na ampliação da capacidade de escoamento das canalizações conforme elas não suportam mais as vazões pluviais ou na criação de novos condutos. O resultado dessas medidas, quase sempre, é a simples transferência das inundações para jusante, o que apenas transfere o problema para outro bairro ou zona da cidade. Além de ser ineficiente, essa abordagem envolve custos mais altos.

Na maior parte dos países desenvolvidos, o tipo de desenvolvimento urbano que necessitou de obras de canalização se deu depois dos anos 60, e na década de 70 estes mesmos países já haviam reconhecido que esse tipo de política era economicamente insustentável, e passaram a adotar uma abordagem diferente para lidar com as inundações urbanas.

Nos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, até hoje essa abordagem tradicional e insustentável ainda é usada, principalmente devido aos seguintes fatores:

- Falta de conhecimento técnico por parte dos tomadores de decisões, que possuem apenas conhecimento tradicional nas áreas de águas e saneamento, e não dos impactos da drenagem urbana na bacia hidrográfica de maneira integrada;
- Falta de interesse em soluções mais econômicas, obras estruturais de controle de drenagem são mais lucrativas para as prestadoras de serviço do que medidas não-estruturais;
- Entidades de financiamento desatualizadas.

(TUCCI e BERTONI, 2003)

É compreensível que no desenvolvimento das cidades essa tenha sido a medida prioritariamente adotada, pois parece uma resposta adequada a um problema de inundação retirar a água dali o mais rapidamente, o que criou o seguinte princípio que guiou as diretrizes da drenagem urbana em muitos países:

“A melhor drenagem é aquela que escoar a água da chuva o mais rápido possível para jusante.” (TUCCI, 2007)

Esse princípio gerou uma despreocupação com o controle da geração de escoamento na fonte, e cada novo empreendimento ou residência construídos sob esse princípio aumenta a vazão natural em várias ordens de magnitude e a transfere toda para a rede pública numa quantidade maior e num tempo menor do que aconteceria antes. Considerando vários loteamentos próximos, num evento de precipitação há um acúmulo das vazões geradas pela área impermeabilizada de todos esses loteamentos que sobrecarregam a rede pública e superam sua capacidade.

Outra questão a ser abordada é que normalmente obras inadequadas de drenagem urbana causam danos às áreas a jusante da obra e resolvem problemas da área a montante, e o gestor que autorizou pode ser responsabilizado pelos danos causados. Isso exige uma gestão pública competente e integrada para evitar esse tipo de problemas.

6.3. Abordagens sustentáveis ou compensatórias

Com o início da compreensão de que a abordagem citada anteriormente é ineficiente e insustentável, começam a surgir medidas mais modernas e menos custosas de controle de drenagem. Cabe ressaltar aqui que o termo *sustentável*, como definido pelo Relatório Brundtland (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987), é concebido como *“o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”*, logo, transferindo esse termo para o contexto da drenagem urbana, pode se considerar uma abordagem sustentável de drenagem como uma solução que solucione o problema num local sem comprometer outros locais com essa solução, ou ainda, solucionar o problema de inundação à montante, sem transferir o problema para jusante. Considera-se, além disso, que seja uma medida economicamente viável e coerente com o prejuízo financeiro que se planeja evitar com a prevenção das inundações.

Segundo TUCCI (2007), existem alguns princípios básicos para o controle de escoamento pluvial de forma sustentável:

- A bacia hidrográfica deve ser vista como um sistema: A bacia deve ser vista como um todo; as medidas não podem reduzir impactos em uma área em detrimento de outra. Isto é, os impactos devem ser controlados considerando o efeito conjunto da bacia, e não transferidos.
- As medidas de controle no conjunto da bacia: Associação entre medidas estruturais e não-estruturais. Medidas estruturais são mais custosas e não estão no horizonte de possibilidades de muitos municípios menores de orçamento reduzido, por isso se deve estudar a associação entre medidas estruturais e não-estruturais, com políticas de controle, zoneamento, com integração a medidas preventivas e compatíveis com o desenvolvimento urbano.
- Os meios de implantação das soluções: Legislação municipal e estadual, o manual de drenagem e o Plano Diretor de Drenagem urbana são as ferramentas para a gestão correta. A legislação controla e regulamenta as medidas, o manual orienta e o plano dá as diretrizes gerais e o planejamento.
- Planejamento da expansão: É necessário planejamento antecipado para prever a ocupação da bacia, pois uma vez que a mesma estiver ocupada, é muito difícil localizar e responsabilizar os responsáveis por agravar as cheias. O Plano Diretor deve contemplar a ocupação e o planejamento da expansão urbana.
- Critérios sustentáveis: Os usuários não devem ampliar a cheia natural. Seja por um loteamento, a construção de uma ponte, rodovia, aterro ou qualquer tipo de obra urbana. A drenagem deve ser feita primeiramente visando a manutenção de mecanismos naturais de escoamento, como por exemplo, a infiltração.
- Controle permanente: É necessário haver sempre a manutenção constante do controle das inundações, pelas mudanças na legislação, acompanhamento da expansão e da ocupação de novas áreas, controle do regime de chuvas e de vazões dos rios urbanos. Áreas de risco devem ser monitoradas e apenas desapropriadas se houver imediata intervenção do poder público para impedir uma nova invasão, e inclusão da comunidade no planejamento, nos motivos e na execução das medidas de controle.
- Educação: Tanto para os profissionais técnicos, gestores e administradores públicos quanto para as comunidades envolvidas.

- Administração: A manutenção do controle de inundações é um processo localizado dependente do poder público municipal.

O custo de uma solução estrutural para o escoamento pluvial, com bacias de detenção, redes de condutos de drenagem, galerias subterrâneas, casas de bomba (como é o caso de Porto Alegre) e uma rede paralela à rede de drenagem cloacal supera em muito os custos de uma solução sustentável, que promove a infiltração da água da chuva no local em que ela atinge ao solo, evitando a criação de escoamento superficial logo na fonte. É uma abordagem que além de possuir custos inferiores, é mais eficaz, melhora a qualidade do ambiente urbano, evita a necessidade de obras de engenharia para a instalação dos sistemas, reduz os impactos ao meio ambiente e é geralmente mais atraente à população. Considerando que muitos países, com destaque para os países em desenvolvimento, caso do Brasil, já estão em uma situação de grandes impactos resultantes da gestão tradicional com relação ao escoamento pluvial, é necessário desenvolver estratégias para o futuro agregando outras medidas além das já citadas, e controlar os impactos já existentes com ações estruturais corretivas, onde a situação já não permite a utilização da filosofia previamente abordada, e investir em medidas não estruturais nos novos desenvolvimentos evitando gerar novos impactos (TUCCI, 2007).

7. Legislação Aplicada à Drenagem Urbana

7.1. Constituição Federal

A Constituição Federal de 1988 incorporou no seu art. 225 a temática ambiental, utilizando instrumentos que já constavam na Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81), garantindo a todos os brasileiros “*direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações*”¹.

Quanto às águas, a Constituição Federal atribui à União, aos Estados e ao Distrito Federal o domínio da água, de acordo com a localização dos corpos hídricos, pertencendo à União, caso banhem mais de um Estado, sirvam de limite a outros países, ou se estendam por território estrangeiro, e ao próprio Estado ou Distrito Federal, caso se encontrem na sua totalidade dentro do mesmo. Importante destacar que os municípios não são detentores de domínio hídrico, mas devem “*ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes*”², “*legislar sobre assuntos de interesse local*”³ e “*organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local*”⁴. Apesar de não deter domínio sobre as águas urbanas dentro do seu território, o município é responsável pela gestão das mesmas sob uma política de desenvolvimento urbano para garantir o bem-estar do ambiente urbano e da população.

Ainda sob as responsabilidades do município, a Constituição estabelece o plano diretor como “*o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana*”⁵, e determina que “*a propriedade urbana cumpre sua função social quando atende às exigências fundamentais da ordenação da cidade expressas no plano diretor*”⁶. Logo, o município é responsável pela gestão e qualidade do ambiente urbano, incluindo nele as

¹ CF/88, art. 225.

² CF/88, art. 182.

³ CF/88, art. 30, I.

⁴ CF/88, art. 30, V.

⁵ CF/88, art. 182, § 1º

⁶ CF/88, art. 182, § 2º

águas e o planejamento da drenagem urbana, utilizando como ferramenta para esse fim o plano diretor. (Constituição da República Federativa do Brasil, 1988)

7.2. Código Florestal e APPs

As Áreas de Preservação Permanente foram inicialmente definidas pela Lei nº 4.771/65, também conhecida como Código Florestal (BRASIL, 1965), e posteriormente modificadas pela Lei nº 12.651/12, conhecida como Novo Código Florestal (BRASIL, 2012).

A Lei nº 6.938/81, que institui a Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981), determina que as atividades empresariais públicas ou privadas devem ser exercidas em consonância com a PNMA. Sendo os empreendimentos de drenagem urbana uma atividade da administração pública, devem ser consideradas as definições da política na concepção dos planos de drenagem, incluindo, portando, a consideração das Áreas de Preservação Permanente (APP's) (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2012).

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

São definidas como APP's:

“Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;

b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.” (BRASIL, 2012).

As atividades de drenagem urbana causam impactos, negativos e/ou positivos, na situação dos recursos hídricos, e apesar dos municípios não serem detentores do domínio dos recursos hídricos, tem papel fundamental para assegurar “a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais”⁷, princípio da Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). Essas duas questões relacionam as obras de drenagem com as APPs. Os incisos I, II e IV do trecho de lei citado acima são os mais relevantes para essa questão.

Os cursos d’água urbanos em geral possuem menos de 10 metros de largura, o que os enquadraria na alínea “a”, com 30 metros de preservação de faixa marginal a partir da borda da calha, para os lagos urbanos, 30 metros, de acordo com o inciso II, alínea “b”, e 50 metros em torno das nascentes perenes, de acordo com o inciso IV.

7.3. APPs em áreas urbanas

A lei define claramente que as definições de APP são aplicáveis às áreas compreendidas no perímetro urbano definido por lei municipal. Apesar disso, há de se observar o contexto temporal da implantação do imóvel para garantir a legalidade ou a ilegalidade do mesmo, considerando que os limites determinados pelo Novo Código Florestal são vigentes apenas a partir da implantação do mesmo. O Código Florestal original, sancionado pela Lei nº 4.771/65 (BRASIL, 1965) definia a faixa de preservação como sendo de 5m, para rios com menos de 10m de largura. A Lei nº 6.766/79 (BRASIL, 1979), que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano define uma faixa mínima de 15m não edificável (FNE - Faixa Não Edificável) de cada lado de cursos d’água correntes em loteamentos localizados em áreas urbanas, porém, não se refere especificamente a APP’s. Posteriormente a Lei nº 7.511/86 (BRASIL, 1986) altera o Código Florestal, modificando a faixa marginal a ser preservada em rios com menos de 10m de largura para 30m, sendo mantida em 30m pelo Novo Código Florestal, sancionado pela Lei nº 12.651/12 (BRASIL, 2012). Há de se observar também que os requisitos para loteamento especificamente urbanos passaram a vigorar apenas após a Lei nº 6.766/79, nesse caso não especificando APP’s, e que a definição específica de “APP urbana” só se deu com a Lei nº 7.803/89, que incluiu um parágrafo no art. 2º do Código Florestal (Lei nº 4.771/65), que modificou o regime jurídico das APP’s em áreas urbanas:

⁷ Lei nº 9.433/97, 2º, inc III.

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

Pode-se concluir então que as limitações da área de preservação variaram com a época da implantação do imóvel:

Tabela 1. Variação das limitações da área de preservação com a época

Lei	Período	Limitação	Área urbana
4.771/65	1965 a 1979	5m	Não aplicável claramente à área urbana
6.766/79	1979 a 1986	15m	Aplicável à FNE, não define APP
7.511/86	1986 a 1989	30m	Não aplicável claramente à área urbana, porém a Lei nº 6.766/79 está em vigor relativa a FNE, sem definir APP
7.803/89	1989 a 2012	30m	Aplicável claramente à área urbana
12.651/12	2012 em diante	30m	Aplicável claramente à área urbana

Cabe ressaltar que a FNE e a APP são classificações distintas, sendo a primeira restrita à instalação de equipamentos públicos urbanos, de abastecimento de água, serviço de esgoto, energia elétrica, coleta de águas pluviais, rede telefônica e gás canalizado, enquanto a segunda deve ter sua biota natural protegida, salvo em casos excepcionais de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, a ser definido pelo órgão ambiental competente, conforme a Resolução CONAMA nº 369 de 2006 (BRASIL, 2006).

(PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2012)

Apesar da lei, as áreas adjacentes do Arroio Dilúvio não respeitam nem a FNE nem as APP's, e cabe a interpretação de que, por ser um arroio canalizado, ele não se enquadra na legislação vigente.

8. Rios Urbanos

8.1. Necessidade da definição

Não existe um consenso a respeito do significado dos termos envolvidos quando se fala da melhoria de rios urbanos, seja por intervenções estruturais ou não-estruturais, seja visando a melhoria dos aspectos urbanísticos ou paisagísticos, da qualidade da água, morfologia ou aspectos biológicos e ecossistêmicos. Para esse trabalho, decidiu-se fazer uma pesquisa bibliográfica a partir de quatro termos, que foram os que mais apareceram utilizados por diferentes autores: revitalização, restauração, reabilitação e renaturalização. Serão abordadas as diferentes definições desses termos encontradas na literatura.

8.2. Revitalização, restauração, reabilitação, renaturalização

Segue abaixo as definições de POMPEO (2012) a respeito das distinções entre revitalização, restauração, reabilitação e renaturalização:

- Reabilitação: Reestabelecimento de uma ou mais características do corpo hídrico (unidimensional);
- Renaturalização: Reestabelecimento de condições naturais a um curso d'água, sem o compromisso restrito à restauração (ecossistema de referência não é necessário);
- Revitalização: Compromisso com a qualidade da água, de forma a possibilitar a manutenção de um ecossistema saudável. Ação se dá sob três enfoques complementares: restauração, conservação e preservação (ecossistema de referência);
- Restauração: Reestabelecimento de condições físicas, químicas e biológicas ao estado anterior a um distúrbio.

De acordo com o autor, os termos descritos na ordem em que foram apresentados, definem, de certa forma, o grau de retorno do rio a sua condição original: a reabilitação visa recuperar apenas uma característica do corpo hídrico, renaturalização visa restaurar a um estado de condição natural genérico, não necessariamente condizente com o estado em que o rio estava antes da modificação, a revitalização procura garantir aspectos de qualidade e um ecossistema saudável, e restauração é o retorno do rio ao seu estado natural antes da influência antrópica.

A *Ecological Restoration Society apud* (MACEDO, MAGALHÃES JR e CALLISTO, 2011) define restauração como “o processo de alteração intencional de um local para sua forma natural através de processos e intervenções que levem a re-estabilizar a relação de sustentabilidade e saúde entre o natural e o cultural”. Deve-se observar, no entanto, que retornar um curso d’água à sua forma natural ou semi-natural pode ser inviável por diversos motivos, o grau do estado de degradação, o desconhecimento das condições ambientais originais, a impossibilidade de recriar as condições hidrológicas desse estado, restrições financeiras ou de infraestrutura ou o grau de modificação do entorno. Por isso, apesar do conceito de restauração ser definido como o retorno à forma natural, a literatura internacional sugere que o conceito deve ser mais amplo, focado na busca de um equilíbrio socioambiental, sugerindo uma definição mais próxima à definição de POMPÊO (2012) para revitalização ou renaturalização. Os autores destacam, no entanto, a importância da restauração de pequenos cursos d’água, processos que podem viabilizar futuras intervenções em grandes rios mais impactados (MACEDO, MAGALHÃES JR e CALLISTO, 2011).

Os autores FILHO, MARTINS, *et al.* (2009) estabelecem linhas gerais para definir uma revitalização: buscar a morfologia mais natural dos rios, restabelecer a continuidade dos cursos d’água para fauna migratória, arborizar e/ou estabelecer a vegetação espontânea marginal, dentre outras, e afirma que essas medidas devem ser resultado da cooperação mútua de gestores urbanos, engenheiros, sociedade civil e ambientalistas, estrutura de gestão que se assemelha com aquela sugerida por Tucci.

Os mesmos também citam os objetivos da renaturalização de acordo com o Projeto PLANÁGUA SEMADS/GTZ de Cooperação Técnica Brasil – Alemanha:

- Recuperar os rios e córregos de modo a regenerar o mais próximo possível a biota natural, através do manejo regular ou de programas de renaturalização;
- Preservar as águas naturais de inundação e impedir quaisquer usos que inviabilizem tal função;
- Demonstrar as possibilidades de preservar, conservar, renaturalizar o leito dos rios, as zonas marginais e as baixadas inundáveis, com objetivos ambientais, sem colocar em risco as zonas urbanas e vias de transporte, e sem causar desvantagens para a população e para os proprietários das áreas vizinhas.

No estudo de caso sobre a restauração do rio Emscher, na Alemanha, são definidos como objetivos da restauração (HURCK, BECKEREIT e PETRUCK, 2003):

- Coleta e tratamento de efluentes domésticos e industriais;
- Melhoria do ambiente ecológico;
- Prevenção de inundações;
- Integração do rio com a área;
- Provimento de espaço para recreação.

Como pode ser observado, nesse caso, o significado do termo “restauração” tem uma conotação mais específica com o contexto da situação. Por se tratar de um estudo de caso é lógico que a definição do termo se dará de forma coerente com a realidade na qual ele está inserido, o que mostra a importância da contextualização da definição de acordo com a situação para a qual ele é requerido.

O autor RUTHERFORD *et al.* (2000) *apud* (FINDLAY e TAYLOR, 2006) apresenta um resumo das definições associadas com restauração e reabilitação. De acordo com ele, restauração representa o retorno do sistema para um ecossistema natural totalmente recuperado, enquanto reabilitação descreve uma condição na mesma direção da restauração, onde diversos elementos do sistema natural estão recuperados, mas não todos. Um projeto de reabilitação pode recuperar a morfologia e vegetação ciliar, mas não corrigir a magnitude e frequência das inundações, um passo essencial para obter uma restauração completa. O autor finaliza com a definição de remediação, considerada por ele como a mais importante e pragmática solução para a maior parte dos sistemas de rios urbanos, onde é atingido um estágio onde o rio possui um aprimoramento do seu ecossistema, sem necessariamente essa melhora ocorrer na direção do rio original. Apesar desse processo não resultar na restauração total do sistema, ele promove um aumento da qualidade do ecossistema (Fryirs, Brierley, 2000 *apud* FINDLAY e TAYLOR, 2006).

O Projeto Manuelzão, realizado em Minas Gerais (PROJETO MANUELZÃO, 1997-2014), define dois objetivos na renaturalização:

- Recuperar os rios e córregos de modo a regenerar o mais próximo possível a biota natural, através do manejo regular ou de programas de renaturalização;
- Preservar as áreas naturais de inundação e impedir quaisquer usos que inviabilizem tal função.

Quanto à revitalização, afirma-se que é necessário investir em saneamento básico, com instalação de interceptores e ampliação da rede, combate a erosões, plantio de vegetação nas margens dos cursos d'água e remoção de famílias de locais suscetíveis a inundação, bem como a salvaguarda das áreas de inundação natural. Além disso, realizar trabalhos de educação ambiental e conscientização ecológica, pois não adianta revitalizar um rio se a cultura da população ainda for de destruição e descaso com a qualidade das águas.

8.3. Definições adotadas

Considerando os levantamentos das definições de diferentes autores a respeito do significado dos termos reabilitação, renaturalização, revitalização e restauração, pode-se observar que não há consenso na literatura a respeito do significado desses termos. As opiniões dos autores variam entre reestabelecimento da condição natural do rio anterior a influência antropológica, equilíbrio entre qualidade ambiental e urbana, retorno de condições naturais do corpo hídrico, melhoria genérica de qualidade da água, prevenção de inundações, entre outros. Serão adotadas, a partir das definições levantadas, as seguintes:

- Restauração: Esforço de reestabelecer as condições naturais (físicas, químicas e biológicas) do rio ao estado anterior ao da influência humana.

Deve-se observar que a restauração não implica necessariamente o reestabelecimento das condições naturais, até porque, uma vez modificado, isso se torna praticamente impossível, mas sim um esforço nessa direção. Criação de, por exemplo, ciclovias ou área de lazer, não serão consideradas medidas visando a restauração de um rio, pois não implicam um retorno à condição natural.

- Renaturalização: Esforço de estabelecer condições naturais, não necessariamente àquelas originais do corpo hídrico.

Nesse caso, o esforço de recuperação se dá em direção ao de um ecossistema natural, mas não necessariamente aquele existente antes da ocupação humana. Essa definição permite a criação de um ecossistema “artificialmente natural”, isto é, inclusão de espécies de fauna e flora não originais daquela área podem ser considerados esforços em direção à renaturalização. Medidas estruturais, como cachoeiras, comportas, bombas ou deques, não serão considerados esforços de renaturalização.

- Revitalização: Esforço de estabelecer melhorias nas condições urbanas e ambientais, buscando um equilíbrio.

Nesse caso, o esforço de recuperação se dá na direção da busca de um equilíbrio das condições urbanas e ambientais, procurando uma interação saudável entre o corpo hídrico e o ambiente urbano, promovendo o desenvolvimento de flora e fauna ou melhoria da qualidade da água, mas em consonância com característica do ambiente urbano: restaurantes, bares, deques, ciclovias, áreas de lazer, entre outros.

- Reabilitação: Esforço de estabelecer melhorias nas condições urbanas e/ou ambientais.

Qualquer tipo de esforço visando a melhoria do ambiente do rio, seja em direção ao ambiente natural, seja em direção ao ambiente urbano. Não necessariamente implica em medidas visando a melhoria da biota ou qualquer tipo de reestabelecimento a um ecossistema. Um rio artificial, por exemplo, se enquadra nessa definição.

- Recuperação: Um termo geral para incluir todos os anteriores, qualquer tipo de esforço visando melhorias será considerado um esforço de recuperação.

Logo, para esse trabalho, será definido como recuperação qualquer tipo de ação que vise melhorar a qualidade de um rio sob aspectos paisagísticos, urbanísticos, ecossistêmicos ou hidrológicos, tanto qualitativos quanto quantitativos, semelhante à definição de RUTHERFORD *et al.* (2000) de remediação. Ou seja, os quatro termos apresentados anteriormente: revitalização, restauração, renaturalização e reabilitação são todas formas de recuperação de rios urbanos.

8.4. Rios e as cidades

A interação entre o homem e os rios urbanos se dá desde as primeiras civilizações que se assentaram em torno de corpos d'água. Nos últimos 6.000 anos a humanidade vem alterando os cursos d'água com barramentos, obras de engenharia, canalizações, desvios e despejo de poluentes (WADE, *et al.*, 1998) *apud* (MACEDO, MAGALHÃES JR e CALLISTO, 2011).

Em todos os períodos da história a água afetou a criação de cidade e foi afetada pela urbanização. Rios, córregos, riachos e arroios têm uma longa relação com a urbanização desde civilizações antigas. A disponibilidade de água define se as terras podem ser usadas para diversos propósitos, incluindo navegação, irrigação, defesa, pecuária e abastecimento humano, além do desenvolvimento da indústria, posteriormente. O desenvolvimento

sempre esteve muito atrelado à oferta de água no local (GOODMAN, 1984, p.136) *apud* (SIMSEK, 2012).

Durante muito tempo a interação do ser humano com os rios urbanos visava retificar os rios e córregos aumentando sua velocidade de escoamento para direcionar a vazão para jusante o mais rápido possível, a fim de se obter mais espaço para a expansão urbana e sob a filosofia de que quanto mais rápido a água escoasse para jusante menores seriam os efeitos das cheias. Eram feitas, então, obras hidráulicas que visavam diminuir a largura do rio e aumentar sua profundidade e com isso sua capacidade de vazão, o que reduz a frequência de transbordamento das cheias médias, mas não das cheias com menor tempo de retorno. Havia falta de planejamento no que diz respeito ao estudo dos impactos ambientais (FILHO, MARTINS, *et al.*, 2009).

Os autores (FINDLAY e TAYLOR, 2006) definem córrego urbano como um córrego onde uma parte significativa da bacia contribuinte consiste em uma área combinada de telhados, ruas e superfícies pavimentadas que constituem uma área impermeável maior do que 10% da área total. Ainda afirmam que o valor de 10% de superfície impermeável foi adotado porque é aceito que essa proporção de contribuição impermeável resulta na degradação de corpos hídricos (BEACH 2003; LADSON *et al.* 2004) *apud* (FINDLAY e TAYLOR, 2006).

Segundo SIMSEK (2012), os principais problemas relacionados aos rios urbanos nas cidades são: poluição hídrica com origens na indústria, nos resíduos domésticos, na agricultura, no escoamento pluvial e nas inundações. Essa poluição pode ser pontual, como é o caso da poluição causada por indústrias e residências, ou difusa como é o caso da poluição causada por agricultura e escoamento pluvial. Sobre o escoamento pluvial, como já foi dito anteriormente, ele muitas vezes pode ser tão poluente quanto o esgoto doméstico, pois ele conduz aos rios urbanos uma série de poluentes da superfície urbana, como poeira da atmosfera, resíduos de asfalto e do motor dos carros, pó de asfalto, excrementos de pássaros e outros animais e metais (XIAO *et al.*, 2006) *apud* (SIMSEK, 2012). Além disso, há também a questão da mudança de morfologia do rio causada ao canalizar ou retificar seu trecho original, causando mudanças no regime hidrológico, inundações, aumento da velocidade de escoamento que previne a habilidade de conter vida aquática, assoreamento e aumento da concentração de sedimentos.

Outro processo tradicional comumente utilizado é a transformação de rios urbanos em condutos fechados ou canais, o que destrói o sistema natural e estrangula o rio, cria condições susceptíveis a inundações, desobedece à legislação ambiental e compromete a qualidade de vida da população. O processo de canalização fechada do rio quando a cidade necessita de mais espaço para crescer é uma prática relativamente comum, além de utilizar o rio como destino final de esgoto sanitário muitas vezes não tratado. Por não estar visível aos olhos da população, tende-se a não se dar atenção para o problema, mas isso pode gerar graves consequências, uma vez que o acúmulo de gases pode corroer as estruturas em concreto armado e colapsar o conduto, e o acúmulo de sólidos tende a eventualmente obstruir o conduto, outro motivo para causar inundações. Além disso, o lançamento de esgoto *in natura* irá poluir o corpo receptor do conduto, que muitas vezes tende a ser o próprio manancial de abastecimento da população (TUCCI, 2007).

Além da modificação da morfologia dos rios, com canalizações e retificações dos cursos naturais; o que influencia fortemente no regime de cheias e causa prejuízo não só aos próprios rios como a cidade que o contém; há também a utilização dos rios como receptor de grande parte do que é descartado pela sociedade, de resíduos sólidos a esgoto sanitário, muitas vezes sem passar por nenhum processo prévio de tratamento.

Sobre as interações entre sociedade e os rios urbanos, COSTA (2006) descreve alguns dos benefícios que os rios trazem para o ambiente urbano: os rios são importantes corredores biológicos que permitem a presença de fauna e flora no interior das cidades, são espaços livres públicos de grande valor social, propiciando oportunidades de convívio coletivo e lazer que atendem aos mais diversos interesses. Além disso, olhar para as relações entre cidades e rios a partir da bacia hidrográfica permite expandir e entrelaçar suas dimensões culturais e ambientais. Ainda segundo a autora, essa relação entre rios e cidades não tem se dado sem conflitos no Brasil, onde os rios têm suas margens ocupadas irregularmente por habitações informais, suas águas tornam-se receptores de lixo e esgoto sanitário, seus trechos são canalizados resultando em inundações constantes, com “cidades invadindo águas, e águas invadindo cidades” num ciclo que piora a condição de ambas as partes.

Com os avanços na conscientização sobre as consequências dos danos de origem antrópica causados à natureza e da importância da sustentabilidade, se busca uma nova abordagem nas interações entre a cidade e o rio, com novas estratégias dirigidas à recuperação dos rios urbanos. Esse conceito é amplo, pois é evidente que uma vez

modificado e uma vez em área urbanizada, as condições originais do rio não poderão ser atingidas novamente, por isso o conceito de recuperação requer algumas definições (FILHO, MARTINS, *et al.*, 2009), as quais foram abordadas nos capítulos anteriores.

Segundo Luiz Tadeu Medeiros *apud* (FILHO, MARTINS, *et al.*, 2009) “A solução para os rios urbanos, normalmente, é a renaturalização deles, ou seja, fazer com que a biodiversidade passe a acontecer com as matas ciliares, haja um desassoreamento dos rios e haja uma política de ocupação das margens mais consentânea com a natureza, ou seja, que o rio tenha uma possibilidade de águas melhores, águas boas. Isso pela existência de esgotamento sanitário e a retirada da pressão de população nas áreas ribeirinhas”.

O consultor Walter Binder, do Departamento Estadual de Recursos Hídricos da Baviera *apud* (FILHO, MARTINS, *et al.*, 2009), afirma que “O desafio é recuperar os cursos d’água que sofreram modificações profundas sem colocar em risco as zonas urbanas e vias de transporte, e sem causar desvantagem para a população. Para isso, os engenheiros envolvidos devem elaborar um plano que leve em conta as particularidades de cada caso, e que se articule aos demais planos territoriais e programas regionais”.

Já nota-se uma distinção entre as medidas propostas pelos dois autores, o primeiro mais inclinado ao retorno do rio a sua estrutura original (restauração ou renaturalização), e o segundo propõe uma recuperação mais flexível equilibrando as necessidades da população e de infraestrutura com a saúde do rio (revitalização ou reabilitação).

Na Tabela 1, NASCIMENTO, BAPTISTA e VON SPERLING, (1999) comparam os conceitos tradicionais higienistas da drenagem urbana com soluções alternativas e sustentáveis que tem sido abordagens mais valorizadas no século XXI. Os autores criaram essa comparação em referência a questões de drenagem pluvial, mas os mesmos conceitos podem ser aplicados à gestão de rios urbanos:

*Tabela 2. Abordagens higienistas e alternativas
(Problemas de inserção ambiental de bacias de detenção em meio urbano, 1999)*

Higienismo	Soluções Alternativas
Drenagem rápida das águas pluviais	Favorecimento à infiltração, ao armazenamento e ao aumento do tempo de percurso do escoamento
Redes subterrâneas, canalização de cursos d'água naturais	Valorização da presença da água na cidade, busca de menor interferência sobre o sistema natural de drenagem
Associação do sistema de drenagem ao sistema viário	Desenvolvimento de soluções técnicas multifuncionais, combinando o sistema de drenagem com a implantação de áreas verdes, terrenos de esporte, parques lineares, etc.
Sistema de drenagem gravitacional, não controlado, configuração fixa da rede de drenagem	Sistema de drenagem controlado, possibilidade de alteração na configuração da rede de drenagem
Concepção e dimensionamento segundo diferentes níveis de risco de inundação, para atender a objetivos diferenciados	Concepção e dimensionamento segundo diferentes níveis de risco de inundação, para atender a objetivos diferenciados
Não previsão e inoperância face a eventos de tempos de retorno superiores aos de projeto	Avaliação do funcionamento do sistema para eventos de tempos de retorno superiores aos de projeto, gestão do risco de inundação
Ênfase na garantia de condições de saúde pública e de conforto no meio urbano; despreocupação com os impactos da urbanização sobre os meios receptores	Preocupação com a garantia de condições adequadas de saúde pública e conforto no meio urbano e de redução dos impactos da urbanização sobre os meios receptores

Nota-se que as definições de higienismo e de soluções alternativas são semelhantes às já descritas anteriormente como soluções tradicionais e sustentáveis em drenagem urbana, propostas por TUCCI (2007).

9. Estudos de Caso

9.1. Seul, Coréia do Sul: Rio Cheonggyecheon

9.1.1. Histórico

O município de Seul, capital da Coréia do Sul, é um dos mais populosos e povoados do mundo, com uma população de mais de 10 milhões de habitantes e uma densidade populacional de mais de 17 mil pessoas por km². Desde mais de 600 anos atrás, o rio Cheonggyecheon estava correndo na área central de Seul, sempre presente na vida dos moradores. Na década de 60 com a modernização e industrialização da Coréia do Sul, o regime da época conduziu a construção de uma autopista para suprir a demanda de tráfego e cobrir o problema da péssima qualidade da água do rio, devido ao fato do mesmo servir como receptor de esgotos da cidade. Durante cerca de 30 anos (1971-2003) a qualidade da água deteriorou a ponto de se tornar um escoadouro de esgoto correndo sob a avenida, até que a Prefeitura de Seul decidiu trazer o rio de volta à vida com um projeto de restauração.

9.1.2. O Projeto

O projeto transcorreu durante os anos de 2003 a 2005, envolvendo diversos conceitos inovadores no design urbano sustentável; termos como transformar a cidade de uma “cidade cinza” em uma “cidade verde”, o objetivo do projeto era recuperar o valor histórico e natural do rio e contribuir para a criação de uma imagem de uma cidade a favor do meio ambiente, criando um parque linear onde antes se localizava a avenida e o córrego degradado.

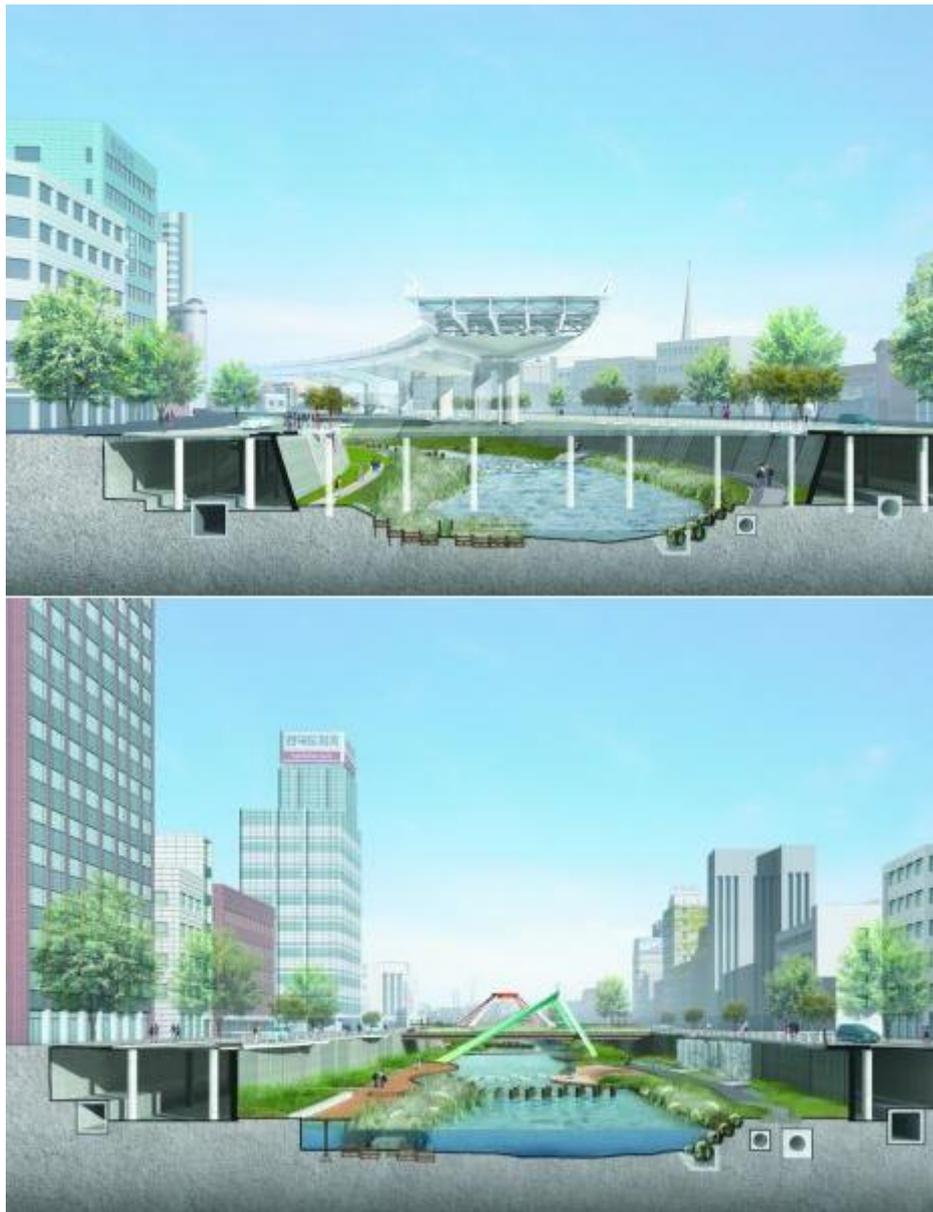
O termo “restauração” foi definido, pela Prefeitura Municipal de Seul, como “*fazer parecer como era antes*”, sendo essa definição baseada mais em aparência e menos em características técnicas ou do sistema interno do rio. Dentro do conceito de restauração, se inseriu além da restauração do próprio córrego, a restauração econômica e a restauração histórica. A questão econômica foi ligada ao desenvolvimento desigual entre as partes norte e sul da cidade, divididas pelo rio, onde a sul se tornou muito mais desenvolvida, e a restauração do desenvolvimento econômico do território ao redor do rio. A questão da herança foi abordada com o objetivo de trazer de volta o valor estético e histórico que o rio representava para cidade, porém com a ressalva de que a restauração econômica possuía

prioridade sobre a restauração histórica, que deveria se adequar ao contexto moderno de Seul no século XXI (RIBADEAU-DUMAS, PEREZ, *et al.*, 2012).



Figura 2. Design conceitual apresentado pela prefeitura de Seul em 2002 (LANDSCAPE ARCHITECTURE FOUNDATION, 2011)

É notável o fato do projeto ter sido implantado em apenas quatro anos, fato que só foi possível porque a tomada de decisão foi feita de forma bastante centralizada, com forte envolvimento da prefeitura e reduzido espaço para a sociedade civil, que inicialmente se opôs à realização do projeto. A figura central na realização do projeto foi o prefeito de Seul na época, que utilizou o projeto de restauração do rio como um dos pilares principais da sua campanha, e cujo sucesso do projeto foi considerado decisivo para sua posterior candidatura e eleição para presidente da Coreia do Sul. Porém, a postura centralizada e impositiva na realização do projeto foi alvo de críticas (RIBADEAU-DUMAS, PEREZ, *et al.*, 2012).



*Figura 3. Visão em corte antes e depois do projeto
(PETRESCU, 2007)*

O projeto exigiu o desmanche de uma avenida elevada que cobria o córrego por 5,8km, e se tornou um símbolo da revitalização e renovação urbana sul coreana. Depois das décadas pós-guerra marcadas pela intensa industrialização e modernização, há agora uma nova ênfase tanto da gestão pública quanto da população num modo de vida mais saudável, sustentável e socialmente responsável. O projeto visava dividir o parque em três zonas:

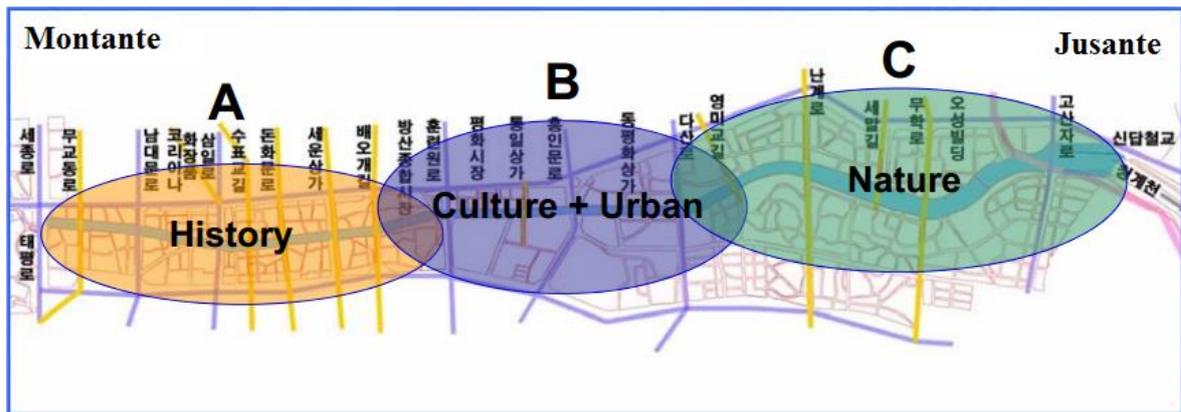


Figura 4. Zonas do projeto
(KWON, 2012)

- Zona histórica (A): Passa pela parte histórica da cidade, as fundações e pilares de antigas estruturas foram mantidas como elementos decorativos, e esse trecho é decorado com temas imperiais e nacionais para enfatizar a importância histórica da região.
- Zona urbana e cultural (B): A zona intermediária possui áreas de recreação, deques, caminhos de pedra para atravessar o córrego, tudo utilizado com materiais ecológicos, com fontes e cachoeiras, áreas adequadas para banho. Como há intensa atividade humana e o córrego é intermitente, há um suplemento de água bombeada caso os níveis tornem-se muito baixos, além de um desvio de outro rio, o Hangang.
- Zona natural (C): O último trecho foi projetado para parecer nativo, com vegetação sem poda invadindo as margens do córrego, que eventualmente entra numa zona de conservação ecológica onde se encontra com o rio Jungraecheon e o Hangang.

(COMMISSION FOR ARCHITECTURE AND THE BUILT ENVIRONMENT, 2011)

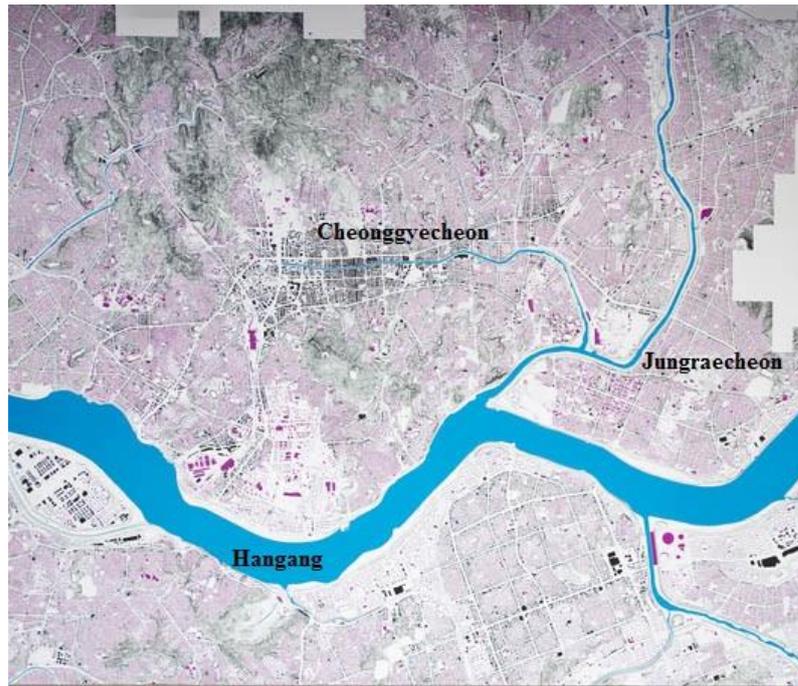


Figura 5. Imagem aérea mostrando os três maiores rios da região (BUSQUETS, 2010)

9.1.3. Aspectos técnicos

O córrego que antes continha o esgoto cloacal e pluvial foi canalizado e água bombeada para a calha principal, que foi projetada para conter uma precipitação de 200 anos de tempo de retorno, equivalente a 118mm/h. Em galerias subterrâneas nas laterais foram criados separadores mistos com uma canalização para esgoto cloacal que serve para pluvial em caso de precipitação.

Nas Figura 6 e Figura 7 é demonstrado o funcionamento da estrutura de drenagem. No item 1 da Figura 6 e na legenda “Esgotamento cloacal” da Figura 7 está representada a canalização cloacal, que possui uma vazão média de esgoto cloacal de 1,95m³/dia. Em caso de eventos de precipitação de até 2mm/h, haverá mistura de esgoto pluvial e cloacal que serão conduzidos por outra canalização, como demonstrado no item 2 da Figura 6 e na legenda “Baixo nível de precipitação” da Figura 7. Para eventos maiores de chuva haverá extravasamento para a galeria, que pode ser visualizada mais adequadamente na galeria representada pela legenda “Alto nível de precipitação” da Figura 7. Em caso de eventos extremos, a água extravasa para a calha principal do rio.

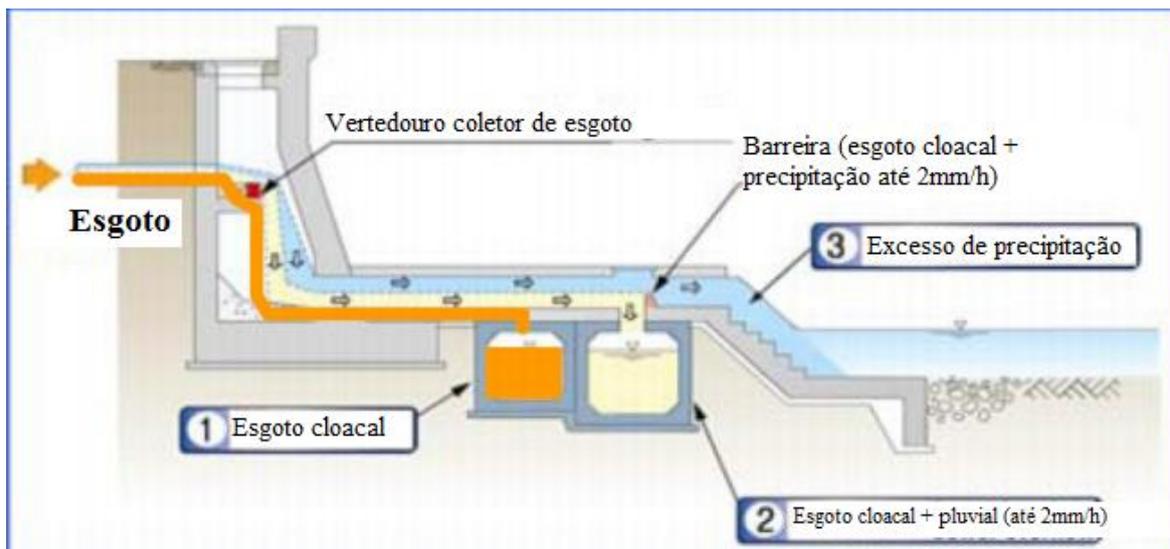


Figura 6. Funcionamento da canalização lateral

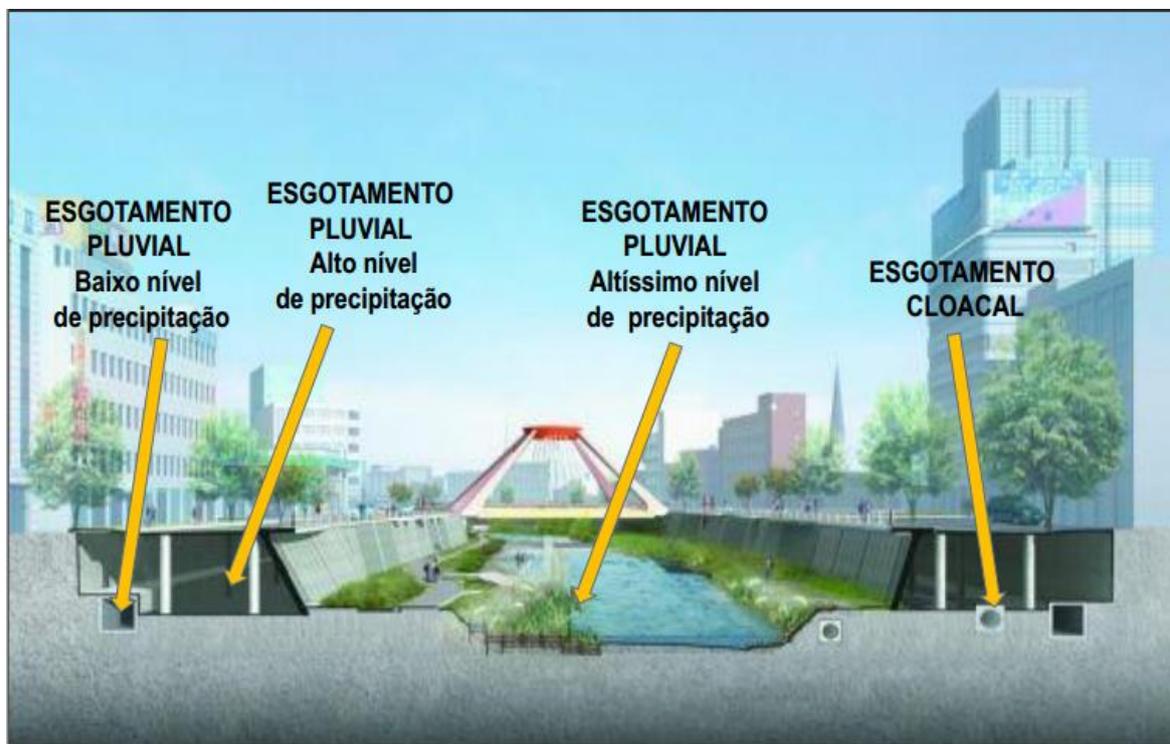


Figura 7. Corte transversal da estrutura

Quanto à manutenção da vazão, para o funcionamento adequado das estruturas de lazer, é necessário manter uma lâmina d'água constante de 40cm. O regime de chuvas de Seul, como mostrado na Tabela 3, é bem concentrado nos meses de Julho e Agosto, com mais da metade de precipitação anual concentrada nesses meses, enquanto os meses de Outubro a Março tem precipitações reduzidas. O rio Cheonggyecheon é um rio intermitente, e apesar de haver meses com precipitação muito intensa, a drenagem pluvial da cidade é redirecionada para as galerias laterais, não atingindo a calha principal do rio a menos que seja um caso extremo de cheia, como foi demonstrado nas figuras anteriores (LEE, 2005).

Tabela 3. Regime de chuvas de Seul, Coréia do Sul
(KOREAN METEOROLOGICAL ADMINISTRATION, 2009)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Precipitação (mm)	20,8	25	47,2	64,5	105,9	133,2	394,7	364,2	169,3	51,8	52,5	21,5	1 450,5

Para garantir a lâmina d'água de 40cm que se julgou necessária, a solução do projeto foi bombear uma vazão constante de água para o córrego. A vazão bombeada é de 120.000m³/dia, ou 1,39m³/s e é proveniente de três origens distintas⁸ (Figura 8):

- O rio Hangang, cuja localização pode ser observada na Figura 5, fornece uma vazão de 71.700m³/dia (0,83m³/s);
- Captações de água subterrânea fornecem uma vazão de 22.000m³/dia (0,25m³/s);
- Água tratada proveniente da Estação de Tratamento de Esgotos Jungang, fornecendo uma vazão de 26.300m³/dia (0,3m³/s).

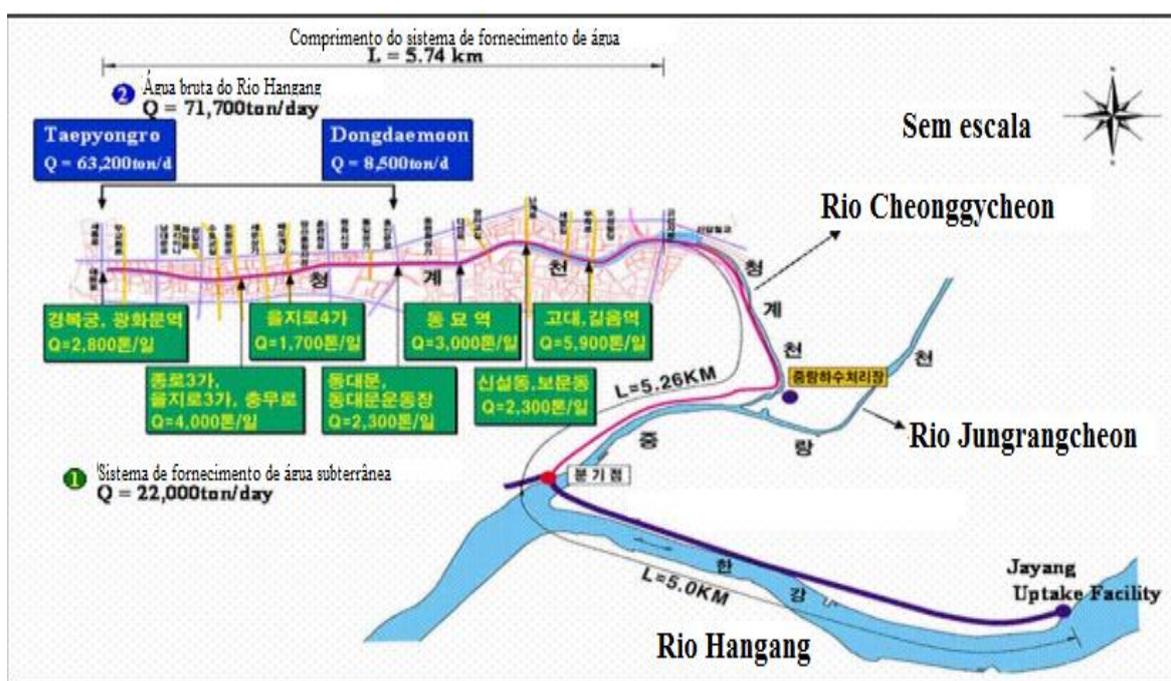


Figura 8. Vazões e esquema de captação das fontes subterrâneas e do rio Hangang
(LEE, 2005)

A velocidade média de escoamento da água na seção principal, para uma lâmina d'água de 40cm de vazão de 1,39m³/s é de 0,25m/s. A água bombeada possui as seguintes características:

- DBO = 3mg/L ou menos
- SS = 25mg/L ou menos

⁸ Foram encontradas informações distintas a respeito do volume de água bombeado e das origens dessa água em diferentes publicações, mas os dados apresentados foram considerados os mais seguros.

- OD = 5mg/L ou menos
- N total = 10mg/L ou menos
- P total = 1mg/L ou menos

(KWON, 2012)

9.1.4. Custos

O custo oficial do projeto foi de US\$ 313 milhões (R\$ 719,9 milhões, conforme cotação aproximada de 2005), porém, a avenida removida estava precisando de reformas estimadas no valor de US\$ 90 milhões. Além disso, há estimativas de que a obra já rendeu US\$ 1,98 bilhões em investimentos na área de entorno do parque.

9.1.5. Resultados

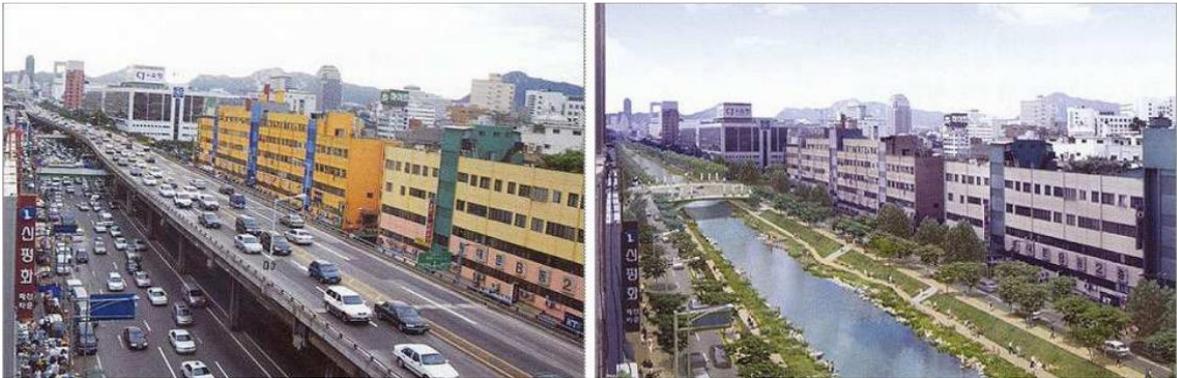


Figura 9. Área do rio antes e depois da revitalização (KWON, 2012)

- Aumento da biodiversidade em 639% entre antes e depois da restauração (62 para 308 espécies de plantas, 4 para 25 espécies de peixes, 6 para 36 espécies de pássaros, 5 para 53 espécies de invertebrados, 15 para 192 espécies de insetos, 2 para 4 espécies de mamíferos e 4 para 8 espécies de anfíbios);
- Diminuição da temperatura média urbana causada pelo fenômeno de ilha do calor de 3,3°C para 5,9°C, causada pela remoção da via expressa;
- Redução em 35% de material particulado no ar, de 74µg/m³ para 48µg/m³;
- Aumentou o uso do transporte coletivo: 15,1% de ônibus e 3,3% de metrô;
- Aumentou o preço das propriedades a menos de 50m do parque em 30 a 50%;
- Aumento da oferta de empregos para envolvidos diretamente projeto e posteriormente indiretamente através do aumento da atividade comercial na área;

- Estimativas apontam para uma média de 64 mil turistas por dia visitando o projeto de restauração dos quais 1.408 são turistas estrangeiros que contribuem para a economia de Seul;

(LANDSCAPE ARCHITECTURE FOUNDATION, 2011)

9.2. Minas Gerais: Projeto Manuelzão, Rio das Velhas

9.2.1. Histórico

O Projeto Manuelzão é uma iniciativa da Universidade Federal de Minas Gerais com o objetivo de promover a revitalização da Bacia do rio das Velhas, em Minas Gerais, visando a melhoria da saúde pública e da qualidade da água do rio.

Localizado na região central do Estado de Minas Gerais, o rio das Velhas é o maior afluente do rio São Francisco, com mais de 700km de extensão e banhando 51 cidades e mais de 4 milhões de habitantes até chegar na sua foz (Figura 10). O projeto foi idealizado em 1997 por um grupo de médicos da faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais que estariam preocupados com o sério problema de degradação que o rio vinha enfrentando devido ao lixo doméstico e industrial, ao lodo e ao excesso de nutrientes decorrentes do fenômeno de urbanização, falta de infraestrutura e danos causados por atividades de agricultura e mineração (DE CASTRO e WOJCIECHOWSKI, 2010). O foco inicial do projeto era lidar com as questões de saúde atacando a origem dos problemas de saúde, e não tratando os pacientes com base nos sintomas; isto é, procurava melhorar a qualidade de vida dos cidadãos por meio da melhoria da qualidade da água do rio.

Então, a partir do foco inicial, se definiu os escopos do projeto partindo da ideia de que a saúde não deve ser apenas uma questão médica, mas sim multicriterial. Foi então definido o objetivo do projeto: lutar por melhorias nas condições ambientais para promover qualidade de vida, rompendo com a prática predominantemente assistencialista.

BACIA DO RIO DAS VELHAS

29.163km² de área
761 km de extensão

51 municípios

- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 01 - Aracai | 35 - Pirapora |
| 02 - Augusto de Lima | 36 - Presidente Juscelino |
| 03 - Baldim | 37 - Presidente Kubitschek |
| 04 - Belo Horizonte | 38 - Prudente de Moraes |
| 05 - Buenópolis | 39 - Raposos |
| 06 - Caete | 40 - Ribeirão das Neves |
| 07 - Capim Branco | 41 - Rio Acima |
| 08 - Conceição do Mato Dentro | 42 - Sabará |
| 09 - Congonhas do Norte | 43 - Santa Luzia |
| 10 - Contagem | 44 - Santana do Pirapama |
| 11 - Cordisburgo | 45 - Santana do Riacho |
| 12 - Confins | 46 - Santo Hipólito |
| 13 - Corinto | 47 - São José da Lapa |
| 14 - Curvelo | 48 - Sete Lagoas |
| 15 - Datas | 49 - Taquaraçu de Minas |
| 16 - Diamantina | 50 - Várzea da Palma |
| 17 - Esmeraldas | 51 - Vespasiano |
| 18 - Funilândia | |
| 19 - Gouveia | |
| 20 - Inimutaba | |
| 21 - Itabirito | |
| 22 - Jaboticatubas | |
| 23 - Jequitibá | |
| 24 - Joaquim Felício | |
| 25 - Lagoa Santa | |
| 26 - Lassance | |
| 27 - Matozinhos | |
| 28 - Monjolos | |
| 29 - Morro da Garça | |
| 30 - Nova Lima | |
| 31 - Nova União | |
| 32 - Ouro Preto | |
| 33 - Paracatuba | |
| 34 - Pedro Leopoldo | |



Figura 10. Mapa da Bacia do rio das Velhas, no Estado de Minas Gerais (PROJETO MANUELZÃO, 1997-2014)

9.2.2. Estrutura e conceito

O Projeto Manuelzão deixa de lado a visão tradicional e remediadora ao tentar promover a melhoria da qualidade de um rio, atuando ao invés disso de forma sistêmica e integrada. A própria bacia do rio das Velhas foi escolhida como foco de atuação para permitir uma ação conjunta, pois se baseia no conceito de que o trabalho de revitalização deve ocorrer na bacia como um todo, e não partir de iniciativas singulares e não integradas dos municípios. Para que a abordagem funcione, é necessária uma organização conjunta dos municípios e parcerias com o governo do Estado de Minas Gerais e empresas da região

(PROJETO MANUELZÃO, 1997-2014). Houveram diversas iniciativas de caráter descentralizador:

- Comitês Manuelzão:

Foram criados comitês chamados Comitês Manuelzão ao longo da bacia, contando com a participação da sociedade civil, representantes do poder público e usuários da água, com o objetivo de discutir e promover atividades nas suas respectivas regiões visando o cumprimento dos objetivos do projeto, sempre podendo contar com a orientação do eixo central de organização do Projeto Manuelzão.

- Núcleo Transdisciplinar e Transinstitucional pela Revitalização da Bacia do rio das Velhas – NuVelhas:

Um núcleo de pesquisas envolvendo professores, estagiários e colaboradores com atividades nas áreas de biomonitoramento, geoprocessamento e recuperação de matas ciliares.

- Revista Manuelzão:

Uma publicação feita a partir de uma parceria com o curso de Comunicação Social da UFMG

- Expedição Manuelzão desce o rio das Velhas:

Realizada em 2003, expedição que percorreu os 804km do rio, da nascente em Ouro Preto até a foz, participando de atividades locais em cada parada com os Núcleos Manuelzão de cada local. A descida resultou na publicação de um livro chamado “Navegando o rio das Velhas das Minas aos Gerais”. Além disso se comprometeu a revitalizar o rio até 2010 numa proposta denominada “Meta 2010: navegar, pescar e nadar no rio das Velhas em sua passagem pela região metropolitana de Belo Horizonte”, posteriormente incorporada ao Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do rio das Velhas pelo governo de MG.

- Festivalhas:

Marcou a inauguração da agenda cultural do projeto em 2005 com a realização de festivais em diversos municípios da bacia, que seriam repetidos a cada dois anos.

- Subcomitês de Bacia Hidrográfica e Núcleos Manuelzão:

Devido ao fato dos Comitês Manuelzão não possuírem jurisdição política nem autoridade na tomada de decisões, o projeto, numa parceria com o Comitê de Bacia Hidrográfica do rio das Velhas, sugeriu a criação de subcomitês para descentralizar o trabalho do CDH-Velhas e ter uma aproximação maior dos moradores das bacias. Os Comitês Manuelzão foram rebatizados de Núcleos Manuelzão e puderam participar de forma mais ativa na gestão da bacia na condição de membros nos subcomitês. Existem atualmente mais de 15 subcomitês CBH-Velhas que permitem a participação dos moradores de forma ativa e integrada no sistema de governança e tomada de decisões, e os Núcleos Manuelzão, que promovem trabalhos com os governos municipais, iniciativa privada e sociedade civil.

(PROJETO MANUELZÃO, 1997-2014)

O projeto trabalha atualmente em cinco eixos: mobilização social, educação, artes e cultura, comunicação e pesquisa, com participações e parcerias para criar ações locais e efetivas buscando o cumprimento dos objetivos do projeto. Com parcerias entre os municípios e a UFMG, além de apoio de especialistas associados e da rede de relacionamentos, foram promovidos programas de educação ambiental e combate à degradação ambiental do rio.

9.2.3. Meta 2010 e 2014

Em 2003 foi criada a Meta 2010 com o objetivo de tornar o trecho mais poluído do rio das Velhas, onde ele cruza o município de Belo Horizonte, apto para “navegar, pescar e nadar”. Foram feitos investimentos políticos, administrativos e financeiros tanto por parte do Estado quanto pelo Projeto Manuelzão, diversas prefeituras e alguns entes da iniciativa privada. Em 2007, foi transformado em Projeto Estruturador do Governo de Minas Gerais, com o principal objetivo de elevar a qualidade da água para Classe II da Resolução CONAMA (BRASIL, 2005), e visa atingir esse objetivo através de implementações de obras de saneamento nas principais sub-bacias da Região Metropolitana de Belo Horizonte (PROJETO MANUELZÃO, 1997-2014), entre elas:

- Implantar ETE's, interceptores e redes coletoras de esgotos;
- Implantar tratamento secundário na ETE Onça
- Implantar Unidade de Tratamento de Resíduos na ETA Bela Fama;
- Incrementar Programa Caça Esgoto;

- Elaborar Programa de Saneamento Ambiental da Bacia do Ribeirão da Mata.

(AGB PEIXE VIVO, 2011)

Ao serem analisados os resultados da meta, no ano de 2010, constatou-se que ela teve 60% de sucesso, e o compromisso foi reafirmado com a criação da Meta 2014; o objetivo de tornar o rio balneável na Região Metropolitana de Belo Horizonte foi reafirmado em 2010 além do retorno dos peixes a essa região do rio, e sendo o objetivo maior a continuação das metas e ações previstas para 2010; isto é, assegurar a volta dos peixes e a melhoria da qualidade da água. Entre alguns desafios propostos para a meta de 2014 estão a elaboração de 42 projetos executivos para as localidades fora da área de concessão da Copasa, a implementação e ampliação da coleta e tratamento de esgoto sanitário e ações de projetos de recuperação ambiental na bacia do rio das Velhas. São monitorados diversos parâmetros físicos, químicos, bacteriológicos, hidrobiológicos e de ecotoxicidade, além do biomonitoramento das espécies de peixes do rio (PROJETO MANUELZÃO, 2010).

9.2.4. Resultados e ações futuras

A Meta 2010 não atingiu todos os objetivos propostos e nem seu objetivo principal de garantir a balneabilidade na RMBH elevando a classificação da água para classe II, porém houveram muitas melhorias, e o projeto considerou que a meta “teve 60% de sucesso” (PROJETO MANUELZÃO, 1997-2014). Entre as melhorias realizadas estão:

- Três novas ETE's concluídas, nove em execução e mais três em projeto;
- UTR Bela Fama em execução;
- Melhorias nos Índices de Atendimento de Esgotos (acima de 60% nos 10 municípios monitorados e de 96% em Belo Horizonte);
- Aumento do esgoto tratado em relação ao coletado de 1,34%, em 1999, para 75%, em 2010;
- Volta da presença de algumas espécies de peixes ameaçadas;

Para a Meta 2014, foram priorizadas:

- Conclusão das nove ETE's em execução;
- Conclusão das redes coletoras e interceptores contratados;
- Ampliação dos Sistema de Esgotos de dois municípios;
- Despoluição da Lagoa da Pampulha

Os gastos são estimados em 2 bilhões de reais até o momento.

(AGB PEIXE VIVO, 2011)

(AGB PEIXE VIVO, 2010)

Atualmente, ainda não é possível nadar no rio das Velhas na RMBH. O ex-governador Antônio Anastasia se reuniu no início de 2014 com secretários e dirigentes dos principais órgãos estaduais e do projeto para definir 30 medidas prioritárias para o ano em que a meta deveria ser cumprida. O projeto vem sofrendo algumas críticas, segundo matéria publicada na Revista Manuelzão (ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO DO PROJETO MANUELZÃO, 2014), que afirma que a Meta 2014, já uma prorrogação da Meta 2010, ainda não seria atingida em 2014, e poderia ter sido caso o governo tivesse cumprido o que prometeu ao longo do projeto.

9.3. Belo Horizonte, Minas Gerais: Projeto DRENURBS

9.3.1. Contexto

Aproveitando o contexto da Bacia Hidrográfica do rio das Velhas e do Estado de Minas Gerais, será abordado outro projeto feito na mesma área, com objetivos distintos; o Programa de Recuperação Ambiental de Belo Horizonte. Será interessante abordar uma mesma realidade socioeconômica da área de estudo sob a ótica de dois projetos distintos, apesar de terem sido realizados na mesma área.

9.3.2. Histórico

O Programa de Recuperação Ambiental de Belo Horizonte foi lançado pela Secretaria Municipal de Política Urbana de Belo Horizonte e faz parte do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Belo Horizonte. O conceito do projeto era reintegrar os cursos d'água à paisagem urbana, deixando de lado a ideia da canalização como solução para a drenagem. Ele se foca principalmente no município de Belo Horizonte, contemplando 47 sub-bacias do rio das Velhas, metade da área do município e contempla 45% da população.

A premissa do projeto é de atacar os problemas sanitários e ambientais com uma abordagem integrada, priorizando tanto a melhoria da qualidade urbanística e paisagística da área quanto de fatores qualitativos e quantitativos da água, através de tratamento dos corpos d'água como elementos da paisagem urbana, envolvimento das comunidades nos

processos de tomada de decisão, ações voltadas à conscientização e educação ambiental e estímulo às atitudes de valorização dos recursos hídricos como indispensáveis à qualidade ambiental.

9.3.3. O projeto

9.3.3.1. Objetivos

- Despoluição de 140km de cursos d'água abrangendo 73 córregos e 47 bacias hidrográficas;
- Redução dos riscos de inundação;
- Controle da produção de sedimentos;
- Integração dos recursos hídricos naturais ao cenário urbano;
- Fortalecimento institucional da Prefeitura de Belo Horizonte.

9.3.3.2. Entes envolvidos

- Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura de Belo Horizonte;
- Sustainable Water Management Improves Tomorrow's Cities Health (SWITCH);
- Superintendência de Desenvolvimento da Capital (SUDECAP);
- Pesquisadores dos Departamentos de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos (EHR) e de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

9.3.3.3. Etapas

O projeto é previsto para ser elaborado em etapas. Até 2012 foi concluída a primeira, com intervenções realizadas em 5 das 47 sub-bacias, e a partir dos seus resultados serão analisadas e consolidadas as premissas adotadas no projeto.

9.3.3.4. Financiamento

O financiamento do projeto veio em parte do município de Belo Horizonte e em parte do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). Estima-se que o investimento feito em 5 das 47 sub-bacias contempladas, realizado até 2012, tenha sido de R\$ 207 milhões.

9.3.3.5. Eixos de atuação:

1. Obras

O eixo de obras, prevê a criação de parques lineares, tratamento de fundo de vale, construção de reservatórios de detenção, implantação de sistema de esgotamento sanitário, adequação do sistema viário e recuperação de nascentes.

2. Socioambiental

O eixo socioambiental envolve os aspectos de gestão do projeto com medidas não estruturais, promovendo a criação de programas de educação ambiental, planos de desapropriação, indenização e realocação de famílias e negócios afetados, planos de controle ambiental de obras, acompanhamento de processos de licenciamento ambiental, planos de comunicação, envolvimento e mobilização social.

Esse eixo se destaca principalmente pelo envolvimento comunitário, com palestras de conscientização, eventos e atividades para garantir que a população frequente as áreas revitalizadas, reuniões com a comunidade para elucidar as questões envolvidas com a desapropriação, indenização e relocação de famílias e negócios afetados e envolvimento da comunidade em geral.

3. Fortalecimento Institucional

Esse eixo corresponde a ações mais voltadas para questões técnicas e especializadas; constitui-se de ações de monitoramento da qualidade da água, monitoramento hidrológico, sistema de alerta contra inundações, atualização e ampliação do SIG de drenagem e proposição de um novo modelo de gestão pública de águas urbanas e capacitação em drenagem.

Um exemplo é a criação de grupos comunitários chamados Núcleos de Alerta de Chuvas (NAC) compostos por grupos comunitários situados nas regiões de risco e tem a responsabilidade de criar um planejamento de ações de prevenção e socorro para eventos de desastres causados por chuvas excessivas e inundações através de criação de rotas de fuga, pontos de apoio, sistemas de alerta e disseminação de informação.

(PROGRAMA SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2012)

9.4. Abordagens e discussões

9.4.1. Considerações

Foi discutida a dinâmica das relações entre rios urbanos, cidade e sociedade, os diferentes significados dos termos envolvidos na recuperação dos rios e apresentados três exemplos de recuperação de rios urbanos.

Serão discutidos os contextos dos casos, das medidas tomadas em cada um, das possíveis consequências, e por fim, três exemplos serão abordados mais superficialmente.

9.4.2. Projeto Cheonggycheon

Primeiramente deve ser considerado o estado em que o rio se encontrava antes da intervenção. Totalmente poluído, canalizado, sob uma avenida de concreto, já se encontrava em estado totalmente diferente do seu estado natural, antes da influência antrópica, e considerando tal grau de degradação torná-lo exatamente como era antes seria praticamente impossível. Nesse caso, a definição de restauração (HURCK, BECKEREIT e PETRUCK, 2003) é a que mais se aproxima desse caso.

Independente das características naturais originais do rio, se buscou a criação de um ambiente aparentemente natural, com qualidade urbanística, enaltecendo características históricas da cidade além de estimular atividade artística, de lazer e a interação do cidadão com o ambiente urbano e a natureza. Como já foi mencionado, o termo “restauração” foi definido de forma a fazer parecer como era antes, apesar das características naturais do rio estarem há muito perdidas.

Como grande parte da vazão do rio era proveniente do esgotamento pluvial da cidade, que possuía canalização mista de esgoto, para manter a qualidade da água em níveis aceitáveis para recreação não se poderia utilizar o fornecimento de vazão do esgoto cloacal e pluvial, e a solução foi criar condutos paralelos para canalizar o esgoto, e a interação entre esgoto e a água do rio só seria dada para eventos extremos de chuva, como foi observado no esquema apresentado na Figura 6. Para garantir o funcionamento adequado da estrutura com o nível mínimo de lâmina d'água foi bombeada vazão retirada de três fontes já mencionadas para garantir uma vazão constante.

Podemos definir as abordagens desse caso em:

1. Intervenção estrutural para remover a avenida e criar o parque;

2. Valorização da área através da presença de elementos históricos e atividades artísticas, culturais e de valorização do ambiente urbano;
3. Reintegração dos recursos hídricos com a paisagem urbana;
4. Canalização do esgoto pluvial e cloacal;
5. Bombeamento de água para manter a vazão constante;
6. Intervenção paisagística.

9.4.3. Projeto Manuelzão

O Projeto Manuelzão visava uma área consideravelmente mais extensa que a do Projeto Cheonggycheon, abrangendo aproximadamente 30.000km² em 700km de rio, e seus objetivos iniciais eram a melhoria das condições sanitárias e de saúde da população e dos municípios do entorno. O conceito era de um projeto estruturador, que visava a integração da gestão das bacias e municípios envolvidos para guiar as iniciativas a serem tomadas na busca do objetivo, que posteriormente foi ampliado e passou a englobar não apenas as questões de saúde, mas também os eixos mobilização social, educação, artes e cultura, comunicação e pesquisa.

As Metas 2010 e 2014 são bons exemplos da implantação de objetivos que incentivam a busca de soluções e melhorias. Ao definir como objetivo: tornar balneável (isto é, classe I) a parte mais poluída e mais urbanizada da bacia; indiretamente se criou uma série de outras metas envolvendo melhorias de qualidade da água a montante e consequentes melhorias a montante da RMBH. E com isso criou a necessidade da implantação de diversas medidas por parte dos entes envolvidos.

As medidas que surgiram sob a orientação centralizada do projeto envolveram construção de ETE's, ampliação de redes de esgoto, instalação de interceptores, elaboração de planos de saneamento, criação de comitês locais e descentralizados, criação de programas de monitoramento, entre outros.

Podemos definir as abordagens desse caso em:

1. Criação de uma estrutura de gestão integrada;
2. Conscientização ambiental da população;
3. Participação social na tomada de decisões;
4. Incentivo a atividades culturais (Festivalhas);
5. Definição de metas de qualidade (Meta 2010 e 2014);

9.4.4. Projeto DRENURBS

O Projeto DRENURBS se focou em uma área menor, dentro da RMBH, e visou a melhoria da qualidade da água nas nascentes do rio das Velhas, localizadas dentro da área de estudo. Se focou no conceito de abandonar a canalização como solução para a drenagem urbana e focar na reintegração dos cursos d'água à paisagem urbana. O projeto DRENURBS se coloca num meio termo entre o Projeto Cheonggyecheon e o Projeto Manuelzão, se considerarmos o primeiro como intervindo majoritariamente nos aspectos paisagísticos, estéticos e estruturais do curso d'água para atingir sua recuperação, enquanto o segundo procurou atacar as causas da má qualidade do curso d'água sem intervir diretamente no mesmo, mas sim no tratamento e canalização do esgoto e na conscientização da população.

O DRENURBS tem ações previstas tanto nas origens dos problemas, através de investimentos nos sistemas de esgotamento sanitário, monitoramento hidrológico, campanhas e atividades de conscientização, entre outros; quanto em intervenções diretas, com construção de reservatórios de retenção, recuperação de nascentes, criação de parques lineares, tratamentos de fundo de vale e adequações do sistema viário.

Podemos definir as abordagens desse caso em:

1. Envolvimento de diversos entes (gestão integrada);
2. Participação social na tomada de decisões (eixo socioambiental);
3. Conscientização ambiental da população (eixo socioambiental);
4. Medidas preventivas de proteção contra desastres (NAC's);
5. Melhorias estruturais em saneamento (ETE's, ampliação de redes);
6. Melhorias estruturais em drenagem (bacias de retenção);
7. Articulação com a área técnica (SIG, monitoramento hidrológico);
8. Intervenção paisagística (parques lineares).

9.4.5. Síntese

Na Tabela 4 é apresentado um resumo dos três estudos de caso realizados. Os custos dos projetos foram os custos até o momento da realização desse trabalho, sendo referentes ao custo total do projeto apenas no caso do Cheonggyecheon, que já está finalizado.

Tabela 4. Síntese das medidas dos estudos de caso

Medida \ Projeto	Cheonggycheon	Manuelzão	DRENURBS
Intervenção estrutural direta no corpo hídrico	X		X
Reintegração dos recursos hídricos com a paisagem urbana	X		X
Intervenção hidráulica na manutenção da vazão	X		
Canalização do esgoto pluvial e cloacal paralelo ao corpo hídrico	X		
Intervenção paisagística	X		X
Ações de conscientização ambiental		X	X
Participação da população		X	X
Tratamento de esgoto		X	X
Ampliação da rede de esgoto		X	X
Gestão integrada		X	X
Atividades culturais	X	X	
Metas de qualidade		X	
Proteção contra desastres			X
Envolvimento da área técnica	X	X	X
Custo estimado	R\$ 719,9 milhões	R\$ 2 bilhões até 2010	R\$ 207 milhões até agora
Área de atuação	0,404km ²	30.000km ²	19,56km ²
Custo por área	1.779R\$/m ²	0,066R\$/m ² ⁹	10,62R\$/m ²
População afetada	6.800	4 milhões	1,11 milhões
Definição	Reabilitação	Renaturalização	Revitalização

⁹ Tanto a população quanto o custo por área estimado para o Projeto Manuelzão são de difícil definição, pois a área abrangida pelo projeto é considerada a área de drenagem das bacias hidrográficas contempladas, e o custo envolvido vêm de diversas fontes de financiamento, desde prefeituras, investidores, o Estado de Minas Gerais e a União, sendo também difícil de se estimar com precisão. Deve-se levar esse fato em consideração ao comparar os valores com os dos outros dois projetos.

Para delimitar a área atingida se utilizou de referências a respeito dos projetos. Para o rio Cheonggycheon, um estudo (LANDSCAPE ARCHITECTURE FOUNDATION, 2011) definiu a área afetada como sendo de 100 acres, incluindo não apenas a área direta da obra, mas também a área afetada, com comércio e trânsito, nas imediações.

O projeto Manuelzão, como já foi mencionado, é um projeto estruturador que define guias de gestão para 51 municípios visando a recuperação do rio das Velhas. Por ser de atuação extensa e por contar com orçamento dos municípios, da iniciativa privada e de financiamentos, torna-se difícil a estimativa do montante gasto nas medidas. Um estudo de caso organizado pela University of British Columbia (DE CASTRO e WOJCIECHOWSKI, 2010) estima um gasto de R\$ 2 bilhões alocados para a integração da Meta 2010 na construção de estações de tratamento de esgoto, instalação de coletores e interceptores de esgoto, na plantação de vegetação ribeirinha, em estudos de navegabilidade de trechos do rio, em educação ambiental, na mobilização e comunicação social e na criação de áreas de conservação, porém, deve-se ressaltar que esse gasto não influenciou todos os 30.000km² de área de atuação do projeto.

O projeto DRENURBS possui uma área total de 168,3km², ou 51% da área do município de Belo Horizonte. Até o momento da realização desse trabalho, 5 das 47 bacias haviam sofrido intervenção, que somam uma área de influência de 19,56km² (PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE).

9.5. Outros exemplos

9.5.1. Rio San Antonio, San Antonio, Texas, EUA

O projeto de revitalização do rio San Antonio foi um investimento de, até então, US\$ 358,3 milhões realizados pela prefeitura de San Antonio pelo condado de Bexar, pela San Antonio River Authority (SARA), pela US Army Corps of Engineers e pela San Antonio River Foundation, com objetivo de realizar controle de inundações, restauração do ecossistema e melhoria de atividades recreativas ao longo de 21km do rio.

Uma característica interessante foi a criação de um canal paralelo ao fluxo principal do curso d'água e a manutenção de um nível d'água de interesse através de um sistema de comportas (PMPA, PMV, UFRGS, PUCRS, 2012), diferente do sistema de bombas utilizado no Projeto Cheonggycheon.

Os objetivos do projeto incluem:

1. Retornar:

- Preservar e enaltecer os recursos históricos da cidade;
- Espalhar o reconhecimento da história única de San Antonio;
- Proteger o investimento da comunidade através da redução de inundações e melhoria do ecossistema;
- Estudar a possibilidade de ampliar a área do Parque Nacional;
- Criar pontos de acesso a área do rio e dos monumentos históricos ao longo dele.

2. Restaurar:

- Restaurar o habitat natural do rio;
- Criar espaços de interação entre esse habitat e o espaço urbano como ciclovias, espaços para pedestre e outras atividades recreativas;
- Manter uma infraestrutura adequada para um ambiente urbano de qualidade;
- Encorajar manutenção ecológica de planície de inundação e promover o seu uso enquanto espaço aberto;

3. Revitalizar:

- Encorajar diversidade econômica e criação de empregos compatíveis com os recursos culturais e naturais de San Antonio;
- Promover uma relação de governo e negócios;
- Criar um ambiente de inovação, produtividade e empreendedorismo;
- Preservar e revitalizar novas moradias;
- Implementar políticas que permitam acesso diversificado às oportunidades de moradia.

(SAN ANTONIO RIVER AUTHORITY, 2011)

(SAN ANTONIO RIVER AUTHORITY, 2014)

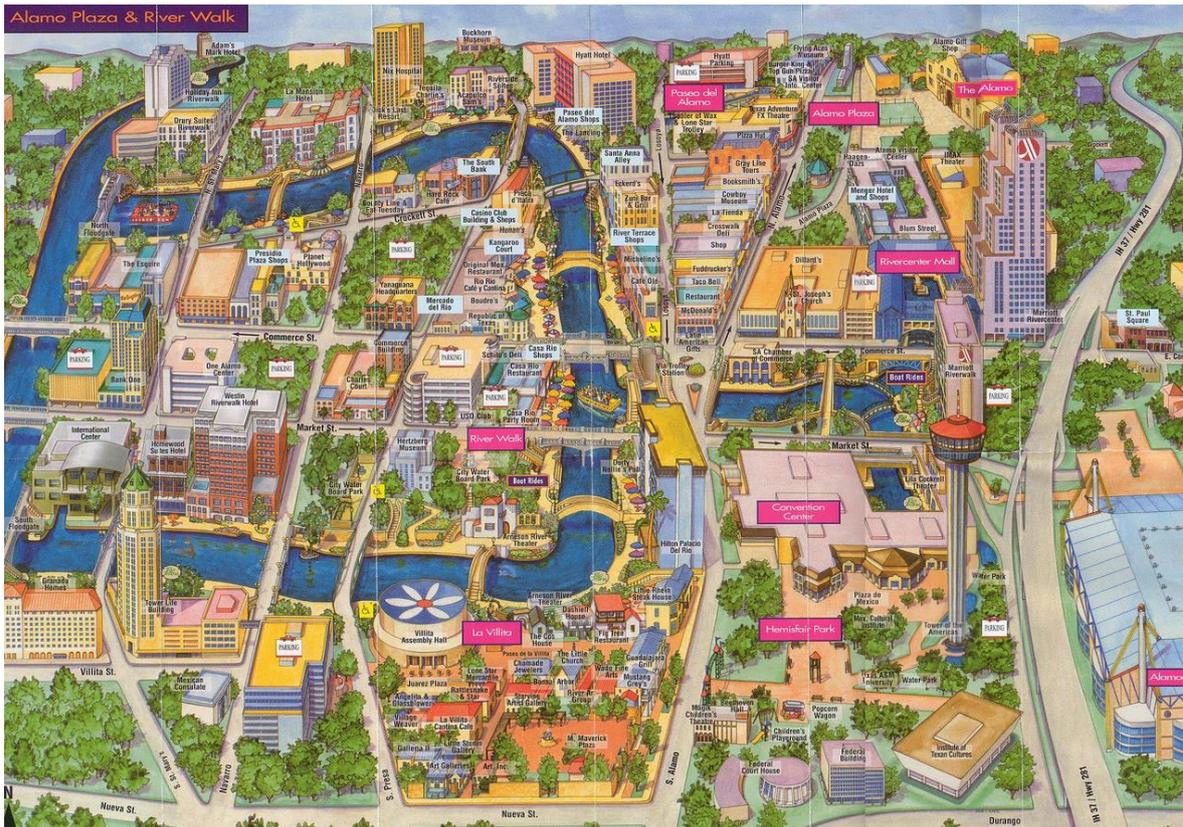


Figura 11. Mapa do centro da cidade, zona com o canal paralelo (SAN ANTONIO RIVERWALK, 2012)



Figura 12. Trecho do rio (SAN ANTONIO RIVERWALK, 2012)



Figura 13. Trecho do rio com restaurante (SAN ANTONIO RIVERWALK, 2012)

9.5.2. Rio Los Angeles, Los Angeles, Califórnia, EUA

O rio Los Angeles flui por 77km através de algumas das mais diversas comunidades da Califórnia, dos quais 51km são dentro da cidade de Los Angeles. Em 2002, num esforço conjunto de diversas entidades, incluindo a prefeitura, líderes da comunidade, organizações ambientais e investidores locais, foi criado um comitê de restauração do rio Los Angeles para servir como órgão centralizador de projetos visando a recuperação do rio.

O comitê definiu como seus objetivos com relação ao rio:

- Estabelecer diretrizes de design urbano voltadas para a sustentabilidade ambiental e desenvolver esforços para a zona do rio voltados para criar oportunidades de desenvolvimento econômico visando promover e melhorar as condições das comunidades do entorno do rio providenciando espaço aberto, moradia, e espaços de comércio como cafés, restaurantes, escolas e lugares para instituições públicas;
- Melhorar a qualidade da água, as características ecológicas e o ambiente do rio;
- Providenciar espaço de uso público no entorno do rio;
- Providenciar espaços recreativos e espaços abertos, ao mesmo tempo incentivando a criação de habitats naturais e o desenvolvimento de vida selvagem;
- Garantir o controle de inundações;
- Criar um sentimento de orgulho e consciência ambiental com relação ao rio Los Angeles.

(LOS ANGELES RIVER REVITALIZATION MASTER PLAN TEAM, 2007)

A prefeitura considerou que os diferentes usos decorrentes da revitalização poderiam criar conflitos e futuros problemas, então criou definições de uso de áreas para evitar atividades conflituosas. As áreas deveriam se enquadrar nas seguintes categorias:

- Recreação em geral;
- Jardins botânicos;
- Espaços comerciais;
- Jardins comunitários;
- Parques de cães e trilhas;
- Áreas equestres;
- Locais de filmagem;
- Mercados com produtos agropecuários;
- Áreas de habitat exclusivos;
- Áreas de pastagem;
- Recreação para pessoas idosas, crianças ou com necessidades especiais;

- Áreas de natação;
- Trilhas com túneis e pontes.

(LA RIVER, 2014)



*Figura 14. Parque linear no rio Los Angeles
(LA RIVER, 2007)*

9.5.3. Rio Tâmis, Londres, Reino Unido

O rio Tâmis, no Reino Unido, é um rio de 346km de extensão que banha algumas das maiores cidades inglesas, passando por Oxford e Londres antes de desaguar no Mar do Norte, no Leste da Inglaterra. Ficou conhecido como “O Grande Fedor” em 1858, quando sessões do Parlamento foram suspensas devido ao excessivo mau cheiro provindo do rio e até próprio príncipe Alberto, marido da Rainha Vitória, havia morrido de febre tifoide devido a uma infecção causada pelo consumo das águas poluídas do rio Tâmis. Desde 1610 as águas já deixaram de ser potáveis, mas a conscientização com a baixa qualidade das águas do rio e alta poluição começou a se dar apenas com o surgimento da relação entre água e condições de saúde, motivada por epidemias de cólera e outras doenças de veiculação hídrica. Os planos para despoluição do rio começaram a ser feitos em 1895, para começar a dar resultados em 1930, a partir de sistemas de captação de esgotos, para, então, lançá-los quilômetros a jusante de onde o rio cruzava a cidade. A explosão demográfica e o crescimento urbano da cidade na metade do século XX, porém, causaram

uma piora da qualidade das águas em 1950, sendo rio considerado “morto” mais uma vez. Durante a década de 1960, começaram a ser construídas as estações de tratamento de esgotos e o rio passou por um intenso processo de despoluição entre décadas de 1960 e 1970, passando de um esgoto a céu aberto para um corpo d’água com fauna própria, fenômeno comprovado pelo reaparecimento do salmão, espécie de peixe muito sensível à poluição (ÉPOCA, 2004).

Desde a década de 1960, com pesados investimentos nas áreas de saneamento e tratamento de esgoto, o rio tem se beneficiado com diversos projetos visando a melhoria da qualidade das suas águas, incluindo a implantação de uma rígida legislação ambiental no que diz respeito ao lançamento de efluentes no rio. Essas medidas tiveram grande impacto na melhoria de qualidade da água, porém, ainda existem problemas com vazão de esgoto e poluentes no rio.

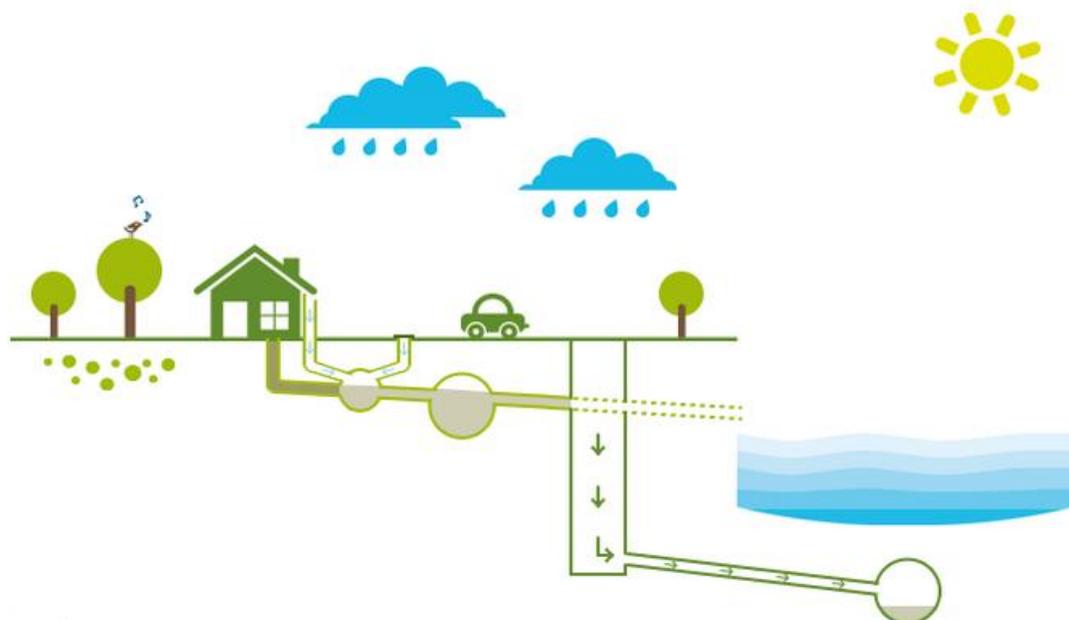
Atualmente, apesar dos investimentos, o rio conta com duas fontes de poluição:

- Sistemas interceptores (ou Combined Sewer Overflows): Sistema que coleta esgoto em condições normais, porém extravasa para o rio a partir de uma determinada vazão, causada pela precipitação; semelhante ao sistema utilizado no Projeto Cheonggycheon.
- Estações de Tratamento de Esgoto superutilizadas: Algumas das ETE’s são antigas e não receberam investimentos para adequar as novas vazões de esgoto decorrentes do crescimento populacional, e por isso é comum extravasamento de esgoto não tratado em eventos de precipitação.

(CLEAN THAMES NOW AND ALWAYS, 2012)

A poluição que ainda atinge o rio decorre de extravasamentos dos sistemas mistos, que misturam escoamento pluvial com esgoto cloacal, solução economicamente mais interessante do que a construção de infraestrutura separada para os dois tipos de esgoto.

A Thames Water Ltd. (THAMES WATER UTILITIES LIMITED, 2001-2014), empresa responsável pelo saneamento na região de Londres, idealizou um projeto que visa construir um túnel interceptor de esgotos de 25km paralelo ao rio Tâmis, através da empresa Thames Tideway Tunnel Ltd. (THAMES TIDEWAY TUNNELS LTD., 2014), que, ao contrário do sistema atual, não extravasará água para o rio em eventos de precipitação. A Figura 15 mostra o funcionamento do sistema.



Atualmente

O interceptor com baixa capacidade enche e extravasa para o rio

Depois

A vazão extravasada será direcionada ao túnel ao invés do rio

Figura 15. Sistema previsto
(THAMES TIDEWAY TUNNELS LTD., 2014)

Além do túnel, o projeto visa à modernização das ETE's para as novas vazões. Essas ações diminuirão o extravasamento de esgoto dos atuais 39.500.000m³/ano para 2.350.000m³/ano, ou seja, uma redução de 94%.

10. Área de Estudo: Bacia Hidrográfica do Arroio

Dilúvio

10.1. Histórico

O Arroio Dilúvio tem suas origens em um riacho que nasce na cidade de Viamão e atravessa o município de Porto Alegre para desaguar no Lago Guaíba. A obra de canalização do arroio se deu pela preocupação da administração municipal em resolver as constantes inundações e consequentes prejuízos que ocorriam nos riachos Riachinho, Azenha, Dilúvio e Cascata, posteriormente apelidados popularmente de Arroio Dilúvio.

Desde o início do século XX surgiram projetos de canalização visando a regularização das cheias do Arroio Dilúvio, pois essa época foi marcada por um sentimento de urgência por parte dos governantes em sanear, higienizar e urbanizar a cidade. A autora PESAVENTO (1992) descreve o sentimento da época:

“Com a instalação da República, em 1889, um governo autoritário, que tem no positivismo de Augusto Comte a matriz inspiradora de sua conduta política e administrativa, formula um programa que visa proporcionar um desenvolvimento econômico global para o Estado, projeto este que implica, face a um Rio Grande predominantemente agropecuário, privilegiar também a dinamização da indústria e a renovação urbana. Este programa desenvolve de forma paulatina, ao longo dos quarenta anos da chamada República Velha (1889 – 1930), e as preocupações com a modernização da cidade seguem também uma evolução gradual, constituindo uma questão recorrente: Porto Alegre se quer burguesa, bela, moderna, higiênica, ordenada e... branca.”

O primeiro projeto de canalização do qual se tem notícias é o Projeto Maciel, de 1914, parte do Plano Geral de Melhoramentos de 1914, que acabou não sendo concebido. Apenas em 1939, com Loureiro da Silva na presidência do município, a primeira obra de retificação e canalização do arroio foi iniciada, como parte do Anteprojeto do Plano Diretor da cidade. Optou-se por desconsiderar o traçado natural do arroio, que naquela época seguia até a atual Avenida João Pessoa e se desviava para a direita, percorrendo um trajeto de 2.900 metros, correndo junto a Rua João Alfredo, passando por trás do prédio do Pão dos Pobres e chegando ao centro para desaguar no Lago Guaíba. O novo traçado previsto é o que se conhece atualmente, considerado mais racional por ter menor extensão

e maior declive, e conseqüentemente maior capacidade de vazão. O projeto visava uma seção de 70m de largura, dos quais 50 se destinavam ao espaço útil em suas margens onde seriam construídos diques para o tráfego de veículos e passeio de pedestres, e os 20 centrais reservados para o leito do arroio (NUNES e SULZBACH CÉ, 2009). A evolução foi dada a passos lentos, com o primeiro trecho canalizado da foz até a Avenida João Pessoa finalizado em 1943, e a continuação até a Avenida Cristiano Fischer perdurou por 31 anos, sendo concluída em 1974. A obra só foi finalizada como se conhece hoje na década de 80, onde foi canalizado o último trecho, até a Av. Antônio de Carvalho (BURIN, 2008).



Figura 16. Planta da Situação do Projeto de Retificação do Arroio Dilúvio.
(NUNES e SULZBACH CÉ, 2009)

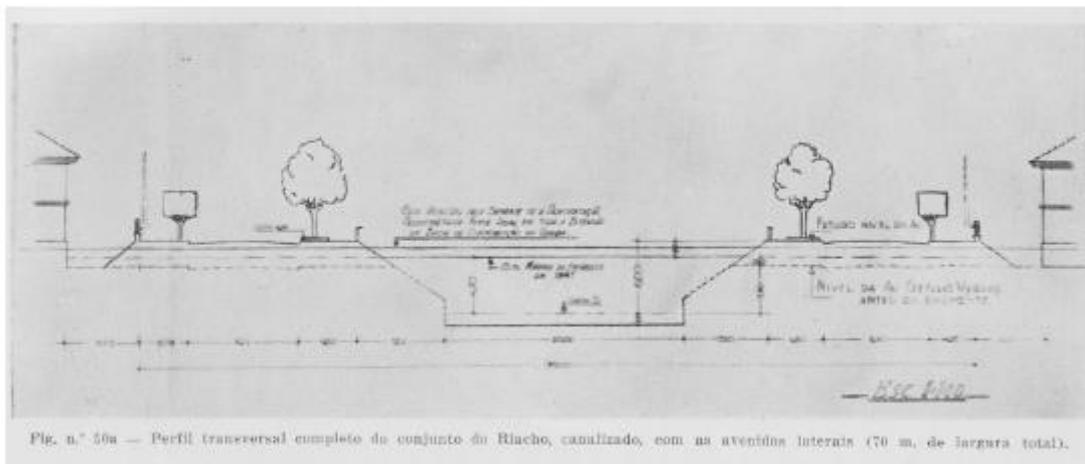


Figura 17. Perfil Transversal com cota máxima da enchente de 1941.
(NUNES e SULZBACH CÉ, 2009)



Figura 18. Arroio Dilúvio, percurso original sob a Ponte de Pedra (PMPA, 2008)

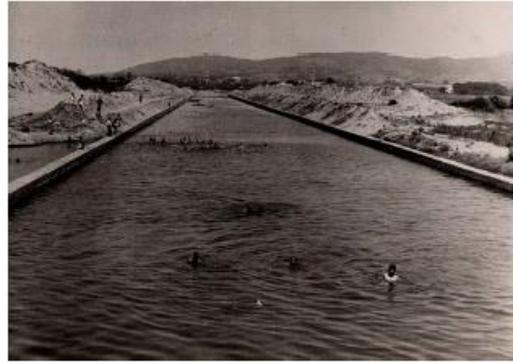


Figura 19. Arroio Dilúvio “balneável” (PMPA, 2008)



Figura 20. Arroio Dilúvio durante as obras de canalização. Ao fundo, a ponte da Avenida João Pessoa e à esquerda o Palácio da Polícia. (PMPA, 2008)

Desde então o arroio tem sofrido por uma forte urbanização da sua área que tem degradado sua qualidade e constantemente a modificado devido à grande quantidade de sedimentos que nele se depositam.

10.2. Fisiografia e aspectos técnicos

A Bacia Hidrográfica do Arroio Dilúvio ocupa uma área total de 76,20km². Tem um relevo caracterizado por uma cadeia de morros que atingem até 300m de altitude, apesar das suas nascentes não ultrapassarem os 100m, e se estende de sentido leste a oeste, com sua cabeceira no município de Viamão e sua foz no Lago Guaíba. Sua área de drenagem compreende uma região onde habitam 443.895 pessoas (DEP, PMPA, 2014), o que constitui o Arroio Dilúvio como o receptor da drenagem pluvial e das águas servidas geradas por essa população (ALVES, 2004).

Seu corpo d’água principal é o Arroio Dilúvio, com aproximadamente 14,09km de extensão desde sua nascente mais distante até a foz, dos quais 9,7km são canalizados

(DEP, PMPA, 2014). O arroio contribui para o Lago Guaíba com uma vazão média de $1\text{m}^3/\text{s}$, incluindo volumes de esgotos cloacais e mesmo antes da urbanização intensiva sempre foi uma bacia com regime hidrológico nitidamente pluvial, com vazões muito baixas em épocas de estiagem comparativamente ao grande aumento de vazão durante episódios pluviosos (PMPA, PMV, UFRGS, PUCRS, 2012). Dados de vazão medidos nos anos de 1979 e 1980 no posto fluviométrico da CPRM, entre a PUC e o bairro Agronomia, onde a bacia possui área de drenagem de 40km^2 , indicaram vazões máximas inferiores a $70\text{m}^3/\text{s}$. Uma análise de vazões máximas indica uma vazão de 2 anos de tempo de retorno deve variar entre $80\text{m}^3/\text{s}$ e $120\text{m}^3/\text{s}$, dependendo da condição de impermeabilização da bacia (CAMPANA, 1995) *apud* (COLLISCHONN, SEMMELMANN e ROCKENBACH, 2001).

No seu trecho canalizado, possui uma forma trapezoidal e revestimento nos taludes e cobertura natural na sua base, que possui 15m de largura no trecho médio e 20m no trecho mais próximo a foz, conforme a seção transversal apresentada na Figura 21:

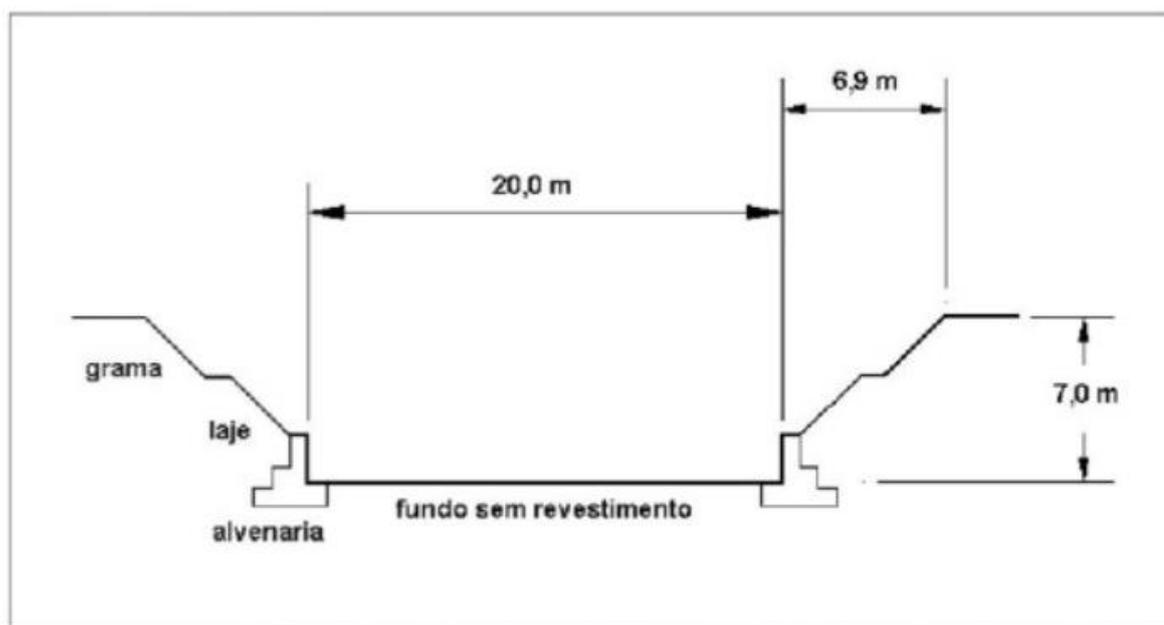


Figura 21. Seção transversal do Arroio Dilúvio entre a foz e a Av. Cristiano Fischer (COLLISCHONN, SEMMELMANN e ROCKENBACH, 2001)

O trecho canalizado possui declividade média de $2,834\text{m}/\text{km}$ (DEP, PMPA, 2014), mas com dois trechos com distintas declividades médias; uma da foz até 3km a montante, com declividade praticamente nula, e outra desse ponto até o início do trecho canalizado, no Bairro Agronomia, com aproximadamente $3,65\text{m}/\text{km}$ (Figura 22). A montante do trecho canalizado o arroio passa por relevo mais acidentado, com declividades de até $10\text{m}/\text{km}$. No trecho intermediário, a alta declividade e a falta de revestimento de fundo geraram uma

alta velocidade de escoamento que resultou em um processo erosivo no fundo não revestido do canal e obrigou a construção de pequenos degraus de 200 em 200 metros junto ao fundo, para limitar a velocidade de escoamento e conter a erosão. No ponto onde há a mudança da declividade de 3,65 para 0 há um acúmulo de sedimentos depositados que tem gerado problemas de inundações devido à obstrução do canal (COLLISCHONN, SEMMELMANN e ROCKENBACH, 2001).

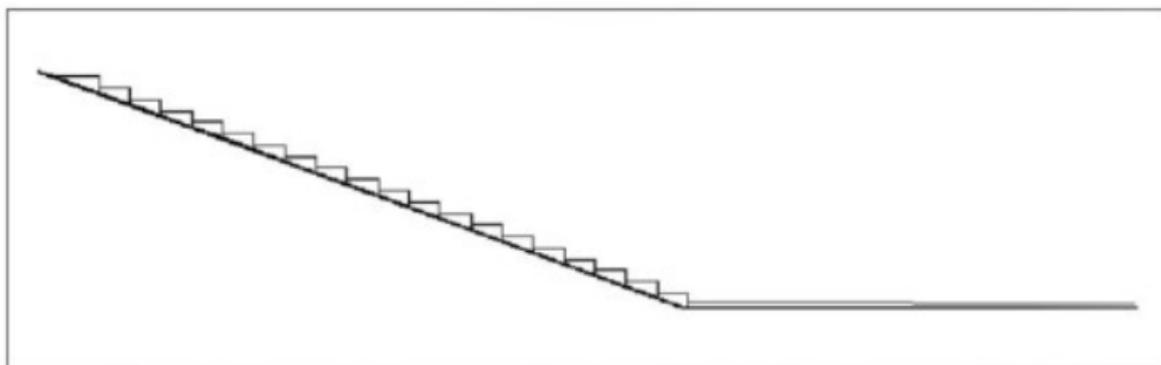


Figura 22. Perfil longitudinal esquemático do Arroio Dilúvio (COLLISCHONN, SEMMELMANN e ROCKENBACH, 2001)

A tabela abaixo resume as características descritas:

Tabela 5. Aspectos fisiográficos e técnicos da bacia (DEP, PMPA, 2014)

Características	Valor	
Área de drenagem (km ²)	76,2	
Comprimento do rio principal (km)	9,71	Trecho canalizado
	4,38	Trecho não canalizado
	14,09	Total
Declividade média	0,00284	
Área total com ocupação urbana	56,33	
População urbana	443.896	

10.3. Uso do solo

A bacia hidrográfica possui remanescentes da cobertura vegetal original na sua porção mais a montante, junto ao morro Santana e ao vale da Agronomia. Há, nesses locais, locais de solo mais raso com predomínio de campo e capoeira, com predominância de gramíneas, principalmente junto aos afluentes menores. Nas áreas de solo mais profundo há presença de formações arbustivas e arbóreas com predominância de espécies nativas e ocorrência de exemplares exóticos, como o eucalipto e pinus. Os tipos de solo da bacia são Neossolos, passando por Cambissolos eutróficos e distróficos e posteriormente Argissolos nas porções

planas mais a jusante. Apresentam materiais de origem granítica, conseqüentemente com potencial de fornecer sedimentos de extensa granulometria, principalmente areia (COLLISCHONN, SEMMELMANN e ROCKENBACH, 2001).

Os três principais tipos de uso do solo na bacia são de área residencial (44,05%), mata nativa (25,4%) e campo (12,29%), na Tabela 6a seguir são apresentadas as características de uso do solo da bacia:

*Tabela 6. Características de uso do solo da bacia
(DEP, PMPA, 2014)*

Tipo de uso do solo	Área	
	ha	%
Afloramento rochoso	16,43	0,22
Água	22,58	0,3
Arbustivo - transição campo	110,67	1,45
Arbustivo - transição mata	114,52	1,5
Bosque	72,5	0,95
Campo	936,67	12,29
Comercial - industrial e serviços rurais	3,59	0,05
Comercial - industrial e serviços urbanos	667,66	8,76
Lavoura perene	1,21	0,02
Lavoura sazonal	9,48	0,12
Mata degradada	36,59	0,48
Mata nativa	1456,14	19,11
Mata nativa com exóticas	479,27	6,29
Residencial – casas	2292,84	30,09
Residencial - edifícios	601,09	7,89
Residencial - edifícios e casas	462,76	6,07
Silvicultura	5,81	0,08
Solo exposto	65,96	0,87
Vias	265,16	3,48
Total	7620,93	100

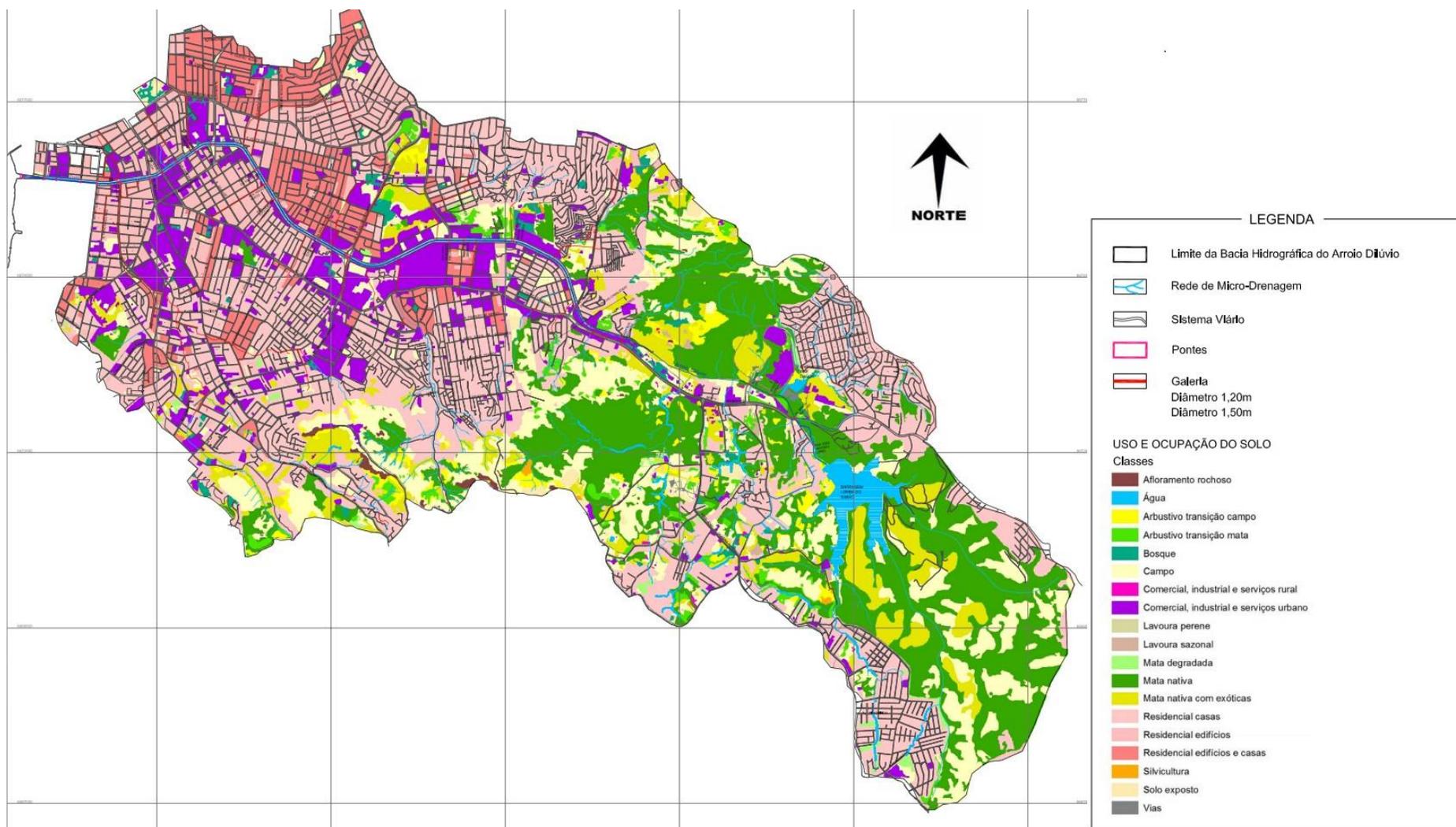


Figura 23. Características de uso do solo da bacia.
(DEP, PMPA, 2014)

10.4. Rede de esgoto

Segundo o Plano Diretor de Esgotos de Porto Alegre (DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS, 2010), na Bacia do Arroio Dilúvio se encontra o percentual mais significativo de redes coletores de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto, formada por coletores-tronco e interceptores nas margens direita e esquerda do Arroio Dilúvio. Apesar do alto percentual de redes coletoras implantadas a qualidade das águas do arroio está comprometida devido à contribuição de esgoto sanitário bruto para o qual o corpo hídrico serve de corpo receptor. Essa contribuição se dá principalmente nos locais de urbanização mais recente onde a coleta não acompanhou o ritmo de urbanização e devido ao fato de muitas residências não efetuarem a ligação do esgoto à rede coletora de esgoto cloacal, por motivos técnicos e/ou culturais, fazendo a conexão, ao invés disso, na rede pluvial, que os conduz diretamente para o arroio.

Foram realizadas iniciativas por parte da Prefeitura de Porto Alegre e do Departamento Municipal de Água e Esgotos em busca da despoluição e melhorias da qualidade da água do Dilúvio. O Programa Esgoto Certo busca, através de corantes e equipamento de filmagem, localizar as ligações irregulares e orientar os usuários na correta ligação (DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS). Porém, essa vistoria deve ser feita de forma manual, em uma residência por vez, e é um processo que demanda tempo. Na Figura 24 são apresentadas as descargas de esgotos irregulares nos arroios, identificadas pelo Programa Esgoto Certo:

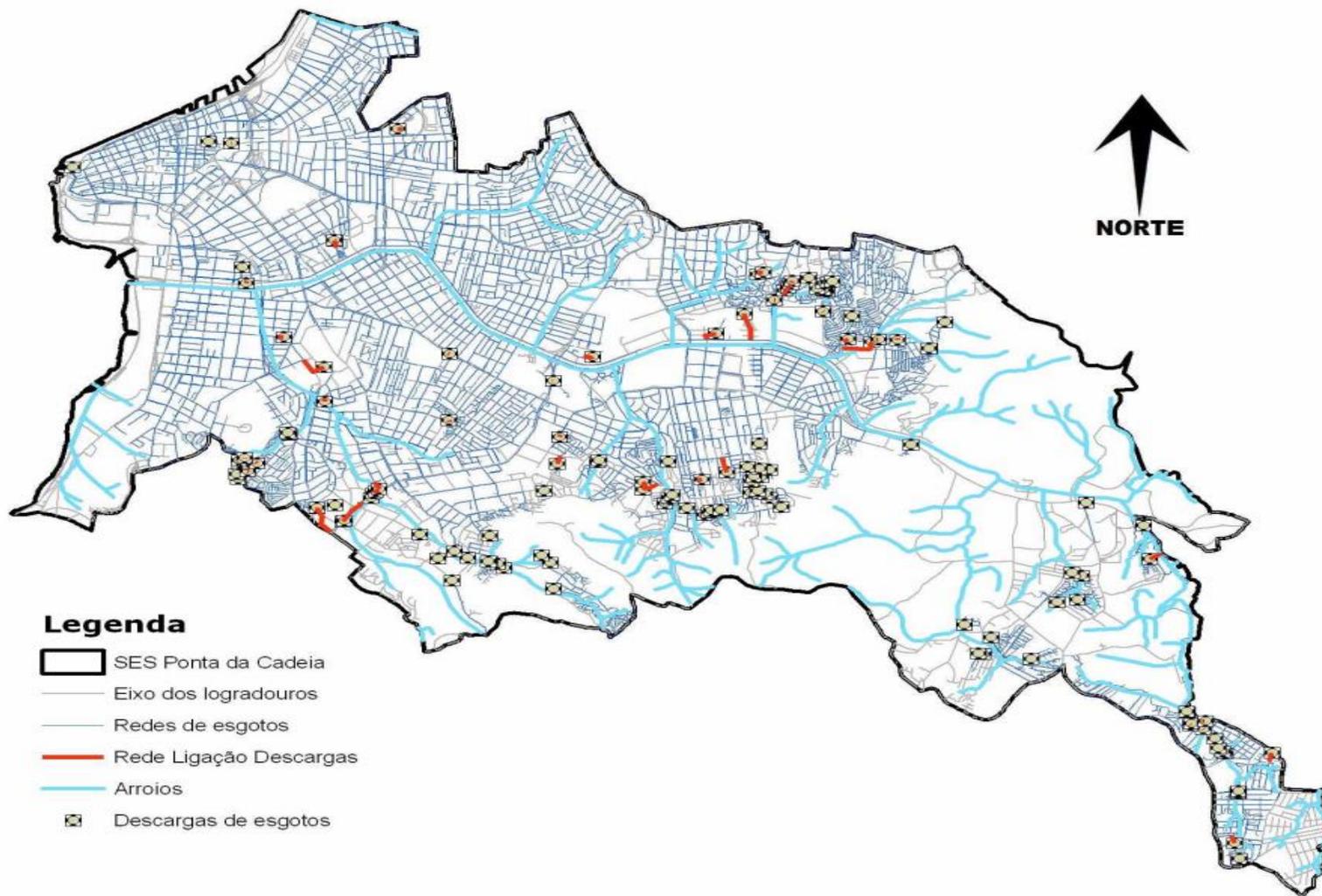


Figura 24. Descargas de esgoto sanitário no sistema pluvial na Bacia do Arroio Dilúvio no Sistema de Esgotamento Sanitário Ponta da Cadeia (DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS, 2010)

Além da localização de ligações clandestinas na rede de drenagem pluvial, estão sendo instalados interceptores de esgoto ao longo do Arroio Dilúvio, para impedir o esgoto bruto de atingir as águas do arroio, e com as obras de coletores-tronco e interceptores na bacia, já se garantiu que 1.066 L/s de esgoto seja tratado na ETE Serraria ao invés de chegar ao Guaíba (WOLFF, 2012).

10.5. Qualidade da Água

A poluição marca as represas e o curso do rio desde as nascentes, que já nascem poluídas devido ao despejo de esgotos provenientes dos aglomerados urbanos nos seus arredores. Anualmente, cerca de 50 mil metros cúbicos de terra e resíduos sólidos são despejados nas águas do arroio, o que por si só já é uma fonte de poluição considerável, mas a maior causa de redução da qualidade das águas do rio, como já foi mencionado, são as ligações irregulares das redes de esgoto cloacal na rede pluvial, que são responsáveis por despejar esgoto doméstico e até hospitalar sem tratamento diretamente no Dilúvio (PMPA, PMV, UFRGS, PUCRS, 2012). Além de resultar na redução da qualidade da água dos mananciais urbanos, isso gera a subutilização da rede cloacal e a sobreutilização da rede pluvial, que acaba recebendo obstruções não planejadas e uma vazão maior do que o previsto no dimensionamento, podendo vir a gerar inundações e com o agravante da água estar contaminada com esgoto doméstico, responsável pela vetorização de doenças de veiculação hídrica.

11. Metodologia

A partir do levantamento bibliográfico realizado sobre as palavras-chave que envolvem o objetivo desse trabalho: drenagem urbana, águas urbanas, rios urbanos, conceitos chave (recuperação, reabilitação, renaturalização, revitalização e restauração), dos estudos de caso, do levantamento das abordagens definidas para cada estudo e das informações apresentadas na apresentação da área de estudo, será feita uma análise da aplicabilidade das medidas visando a recuperação de rios urbanos para o contexto do Arroio Dilúvio, em Porto Alegre.

O levantamento bibliográfico e os estudos e definições dos cinco conceitos chave permitem um entendimento das possíveis direções a serem seguidas ao se ter como objetivo a recuperação de um rio urbano. Os estudos de caso permitiram o conhecimento de diferentes medidas a serem aplicadas, e a área de estudo permitiu um conhecimento da realidade do Arroio Dilúvio. Na Figura 25 é apresentado um fluxograma com a estrutura da metodologia seguida:

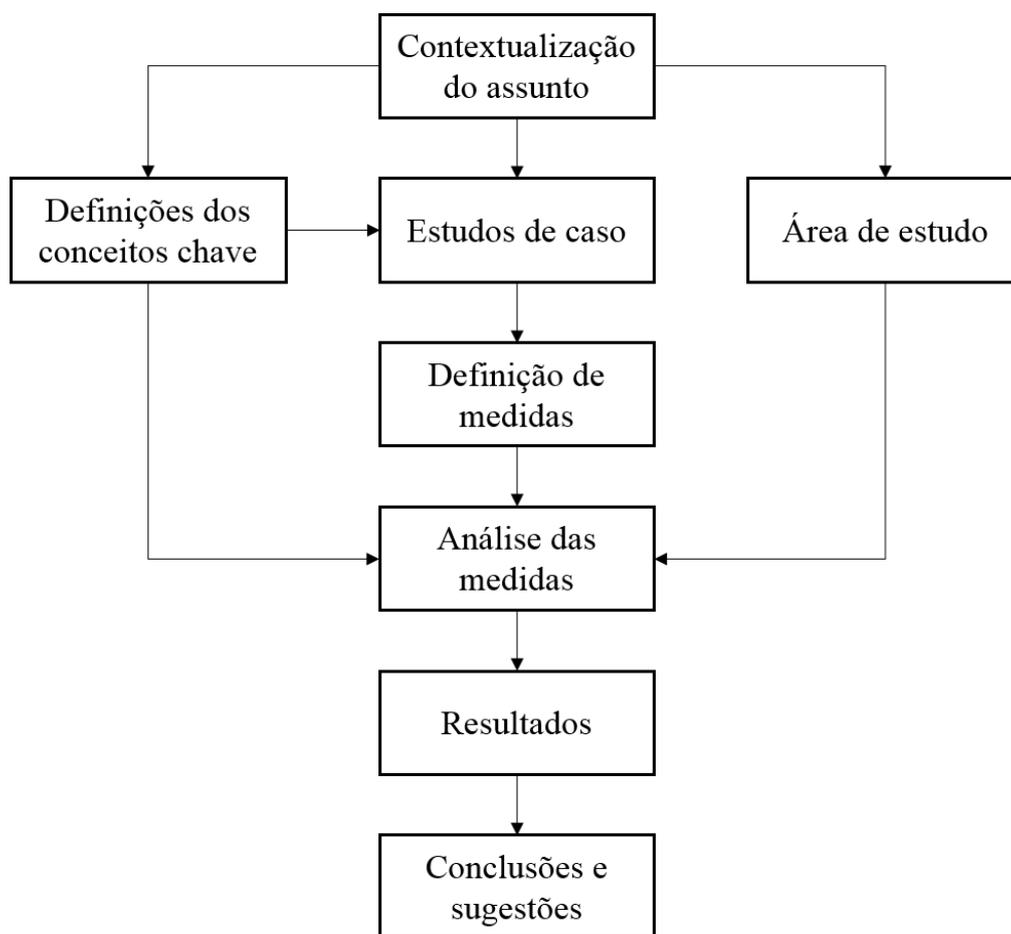


Figura 25. Estrutura da metodologia

12. Resultados e conclusões

12.1. Comparações

12.1.1. Considerações

As análises dos estudos de caso serão comparadas em suas semelhanças e diferenças com o contexto do Arroio Dilúvio, assim como a aplicabilidade das medidas.

12.1.2. Projeto Cheonggycheon

O rio Cheonggycheon e o Arroio Dilúvio têm muitas características em comum: ambos foram relevantes para as fundações das cidades, tiveram importância vital durante o seu desenvolvimento e urbanização, sofreram danos causados por essa urbanização, tiveram sua qualidade de água prejudicada ao longo da história, ao longo de ambos foi construída uma via arterial importante da cidade com grande fluxo de automóveis, ambos serviram durante anos como receptores de esgoto bruto que causou uma redução na qualidade da água e mortandade da biota. O rio Cheonggycheon, porém, se encontrava num estado de degradação ainda mais avançado que o Arroio Dilúvio devido à cobertura do corpo d'água com a avenida elevada.

Assim como Porto Alegre, Seul possui o problema de infraestrutura das redes de esgoto pluviais e cloacais com ligações irregulares; uma grande quantidade de esgoto chegava ao rio Cheonggycheon através da rede pluvial, e o mesmo ocorre no Arroio Dilúvio. Como já foi mencionado, localizar as ligações irregulares é um processo lento e custoso, e para uma solução de curto prazo não deve ser considerado. A solução encontrada para esse problema no rio Cheonggycheon foi a interceptação e canalização de todo o esgoto pluvial e cloacal que atinge o corpo d'água e instalação de uma rede cloacal que extravasa para a rede pluvial em caso de um evento de chuva e onde a conexão com o rio só se dará em um caso de evento extremo, onde haverá mistura com esgoto cloacal. Em casos de precipitação normal, não haverá influência da drenagem pluvial na vazão do corpo d'água, e a solução para a manutenção de vazão foi o bombeamento de água a partir de três outras fontes.

O Arroio Dilúvio enfrenta problema semelhante. Devido a sua baixa vazão média, de cerca de 1,06m³/s (MOREIRA, 2010) na estação fluviométrica da CPRM, localizado na esquina com a rua Cel. Lucas de Oliveira, onde o arroio possui área de drenagem de

57km², canalizar o esgoto pluvial e cloacal que chega ao arroio a partir da drenagem diminuiria ainda mais a vazão, mantendo apenas a vazão das nascentes e dos afluentes sem a contribuição da drenagem pluvial do município, como foi feito em Seul. Utilizar a solução aplicada no rio Cheonggycheon para a manutenção da vazão não é condizente com a realidade socioeconômica da área de estudo e não condiz com os princípios de sustentabilidade já definidos nesse trabalho, nem com os princípios da PNMA, pois se gastaria quantidade considerável de recursos e energia para bombear água tratada para montante do arroio, considerando que a qualidade da água do Lago Guaíba necessita de tratamento antes de estar adequada para contato humano.

Outra questão a ser discutida é a abordagem “do topo para baixo” adotada no Projeto Cheonggycheon, onde o projeto foi realizado sem consulta pública nem participação da sociedade civil. Considera-se que a participação da sociedade é necessária no caso de intervenção no domínio hídrico, pois como já foi mencionado, de acordo com os princípios da Constituição Federal (BRASIL, 1988), o município não é detentor dos recursos hídricos, mas sim seu gestor e deve legislar, organizar e prestar serviços públicos de interesse local para garantir o bem-estar de seus habitantes.

Cabe comparar também os regimes de chuvas de Porto Alegre e Seul, pois diversas das medidas aplicadas no rio Cheonggycheon utilizam a calha principal do rio, exposições de arte, plataformas para passeio, caminhos de pedras sobre a água, tudo isso ao nível d’água. Caso ocorra um evento de chuva extremo, o nível da lâmina d’água subiria e impossibilitaria esse tipo de atividade. Apesar de ambas as cidades possuírem uma precipitação anual semelhante, o regime de chuvas em Seul é bem concentrado nos meses de Maio a Agosto, sendo o resto dos meses consideravelmente seco. Esse fato aliado com o sistema de bombas pode manter a vazão constante durante meses. Tabela 7 apresenta os regimes de chuva das duas cidades e mostra que em Porto Alegre as chuvas são melhores distribuídas ao longo do ano, havendo possibilidade de eventos extremos que elevariam o nível d’água em qualquer momento do ano, impossibilitando esse tipo de atividade ao nível do rio:

*Tabela 7. Regimes de chuva de Porto Alegre e Seul
(KOREAN METEOROLOGICAL ADMINISTRATION, 2009) e (INMETRO, 2012)*

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Seul: P (mm)	20,8	25	47,2	64,5	105,9	133,2	394,7	364,2	169,3	51,8	52,5	21,5	1 450,5
Porto Alegre: P (mm)	105,9	99,2	104,7	77,3	90	138,4	118,5	137,1	142,2	121,3	92,4	93,4	1 320,2

Os principais exemplos a serem seguidos da intervenção realizada no Projeto Cheonggyecheon são mais de cunho cultural do que técnico ou estrutural, com a valorização dos espaços públicos e ambiente urbano, atividades de incentivo aos elementos históricos e atividades artísticas e culturais e reintegração dos recursos hídricos com a paisagem urbana. No eixo estrutural, considera-se o maior exemplo o da eliminação da avenida elevada, visando a quebra do pensamento tradicional de que o fluxo de trânsito deve se dar essencialmente por avenidas arteriais, mas sim pode ser diluído através de vias secundárias paralelas.

12.1.3. Projeto Manuelzão

Como já foi mencionado, o Projeto Manuelzão partiu de uma premissa principalmente de projeto estruturador, fornecendo orientação e gerenciamento para os diversos eixos envolvidos nas tomadas de decisões, auxílio na aquisição de financiamento e definição de metas de qualidade. Incentivou o envolvimento da comunidade acadêmica, prefeituras, sociedade civil e comunidade técnica, com uma abordagem essencialmente “de baixo para cima”, em oposição ao que foi adotado no Projeto Cheonggyecheon.

O rio das Velhas, apesar da extensão territorial mais extensa que o Arroio Dilúvio, com 700km contra aproximadamente 14km, atravessa diversos municípios e sofre com problemas semelhantes por ser utilizado como receptor dos efluentes dos mesmos, situação que é especialmente grave na Região Metropolitana de Belo Horizonte, parte mais poluída e urbanizada da bacia.

Para o caso do Arroio Dilúvio, um projeto com caráter estritamente estruturador, apesar de importante, não seria o suficiente, devido ao fato da própria bacia ser uma área menor, que envolve apenas dois municípios, e não necessita de tantos entes envolvidos e processos burocráticos na tomada de decisão. O envolvimento acadêmico, das universidades UFRGS e PUC-RS, bem como das prefeituras de Porto Alegre e Viamão e órgãos técnicos de água como o DMAE possuem autonomia organizacional e conhecimento técnico suficientes para gerenciar um projeto de recuperação do arroio.

As Metas 2010 e 2014 definidas pelo projeto como forma de alavancar as melhorias necessárias para a recuperação do rio das Velhas são uma boa maneira de definir padrões de qualidade a serem alcançados, bem como conquistar apoio da sociedade, pois a definição do objetivo “tornar o rio das Velhas balneável na região do município de Belo

Horizonte” possui muito mais apelo popular do que “enquadrar os parâmetros de qualidade da água do rio das Velhas na classe II da Resolução CONAMA nº 357”, bem como o incentivo às atividades culturais para aproximar as pessoas do rio.

O Projeto Manuelzão é bastante consoante com o conceito de abordagem sustentável na drenagem urbana, definido por TUCCI (2007), abordado no subcapítulo 236.3 desse trabalho, com bastante enfoque no planejamento, em medidas não estruturais, na gestão integrada, na educação e administração. Embora a definição de Tucci se dê mais especificamente no âmbito da drenagem pluvial, seus princípios também podem ser adequados aos casos de recuperação de rios urbanos.

Os principais exemplos a serem seguidos do Projeto Manuelzão são os de cunho de gestão. Os princípios de gestão integrada já discutidos nesse trabalho são essenciais no contexto social, cultural e econômico brasileiro no século XXI, e foram amplamente abordados na estruturação do Projeto Manuelzão, junto com a conscientização da sociedade e incentivo a valores de educação ambiental.

12.1.4. Projeto DRENURBS

O Projeto DRENURBS teve como principal enfoque a recuperação ambiental das nascentes do rio das Velhas localizado na RMBH e como conceito a reintegração dos cursos d’água à paisagem urbana, deixando de lado a canalização como solução para drenagem, conceito esse que vai de encontro ao que já foi debatido nesse trabalho a respeito das abordagens sustentáveis e visão integrada da bacia hidrográfica e dos rios urbanos.

Nos entes envolvidos há a presença de organizações internacionais, universidades, órgãos públicos e a prefeitura, e atuam tanto nos campos estruturais quanto nos socioambientais. Essa abordagem multicritério é um dos pilares da gestão integrada e da gestão sustentável, pois prevê tanto a adequação estrutural do ambiente urbano, quanto o envolvimento de diversos entes com diferentes capacidades e da sociedade, garantindo que o interesse social esteja assegurado. Ainda possui o eixo de fortalecimento institucional, com a integração da área técnica.

O Projeto DRENURBS encontrou um meio termo entre o uso de técnicas estruturais e não-estruturais, uma das características citadas por TUCCI (2007) como requisito para uma abordagem sustentável: “associação entre medidas estruturais e não-estruturais”. O

importante, nesse caso, é não se calcar completamente na utilização de estruturas como diques, canalizações e bacias de detenção, mas utilizá-las em conjunto com outras medidas, principalmente em casos com orçamento limitado.

Para o caso do Arroio Dilúvio, considerou-se que o Projeto DRENURBS tem muito a oferecer em questão de experiências a serem seguidas. O projeto contemplou todos os quesitos abordados anteriormente nesse trabalho: abordagens estruturais sustentáveis, conhecimento técnico, participação e conscientização da sociedade e gestão integrada.

12.1.5. Projetos Rio San Antonio, Rio Los Angeles e Rio Tâmis

Além dos três estudos de caso que serviram como eixo principal de comparação, também foram analisados outros três em menor profundidade: o rio San Antonio, o rio Los Angeles e o rio Tâmis. Primeiramente deve se ter em mente que os três estudos foram em condições socioeconômicas diferentes da realidade brasileira, e os próprios corpos hídricos que sofreram intervenção também possuíam características hidrológicas diferentes do Arroio Dilúvio, em questão de dimensões e vazão; eram rios maiores tanto em capacidade quanto em extensão, 240km do rio San Antonio, 77km do rio Los Angeles e 346km do rio Tâmis. Ainda que os trechos dos rios que foram recuperados tenham sido menores, isso permite termos uma noção da magnitude dos mesmos.

Dos três projetos analisados, pode-se considerar que os dois primeiros (rios San Antonio e Los Angeles) tiveram enfoques mais na melhoria da qualidade urbana e valorização das áreas adjacentes ao rio, e o terceiro na melhoria de aspectos qualitativos da água. Os casos de San Antonio e Tâmis, serão enquadrados como reabilitação de rios urbanos, pois com exceção da melhoria da qualidade da água não há esforços direcionados a reestabelecer as condições ambientais naturais de pré-urbanização, devido à condição altamente antropizada e urbanizada em que os rios urbanos encontram-se, e o rio Los Angeles como revitalização, pois direciona alguns de seus esforços para o reestabelecimento de fauna e flora natural.

O projeto de San Antonio criou um sistema de canal paralelo possível graças a um sistema de comportas que faz a manutenção do nível da água adequada para as atividades praticadas no local, e esse canal paralelo é utilizado para várias atividades recreativas e comerciais que melhoram a qualidade urbana da área. Assim como a solução encontrada

para o Cheonggyecheon de manutenção do nível d'água, essa também não é viável de ser aplicada ao Arroio Dilúvio, devido à baixa vazão do arroio.

O projeto de Los Angeles priorizou a criação de áreas de uso público, como parques e praças, zonas de desenvolvimento de vida selvagem e habitats naturais, conscientização ambiental. Uma característica marcante foi a criação do sistema de zoneamento para evitar usos conflituosos das áreas do rio, que definiu usos específicos para determinadas áreas. Das medidas adotadas nesse projeto, considera-se que as mais aplicáveis ao Arroio Dilúvio são o incentivo a criação de parque lineares e espaços de uso público e principalmente a conscientização ambiental, que gera uma melhora do espaço urbano do rio.

O rio Tâmissa focou seus esforços e investimentos na despoluição do rio e eliminação do esgoto cloacal que o atinge. Com o projeto do túnel que prevê interceptar quase completamente o esgoto que atinge o rio durante os eventos de extravasamento e nos investimentos nas ETE's, é prevista a redução de 94% do volume de esgoto que atinge o rio Tâmissa. Como já discutido anteriormente na comparação com o Projeto Cheonggyecheon, essa interceptação total do escoamento pluvial e cloacal que atinge o Dilúvio causaria uma redução na vazão, que passaria a ser apenas a vazão das nascentes e dos córregos afluentes do Dilúvio, sem as contribuições de esgoto recebidas ao longo da Av. Ipiranga.

12.2. Tabelas comparativas

12.2.1. Considerações

As informações apresentadas no capítulo 12.1 foram compiladas em tabelas para um melhor entendimento e apresentação das medidas analisadas. Em negrito estão as medidas consideradas mais emblemáticas.

12.2.2. Projeto Cheonggycheon

Tabela 8. Compilação da comparação com o Projeto Cheonggycheon

Medidas aplicáveis	Medidas não aplicáveis
<ul style="list-style-type: none">• Interceptor• Parque linear• Integração dos recursos hídricos e paisagem urbana• Valorização cultural• Intervenção estrutural quebrando pensamentos tradicionais	<ul style="list-style-type: none">• Sistema de bombeamento não é interessante para o contexto do Dilúvio• Abordagem “do topo para baixo” fere princípios da Constituição e PNMA• Uso da calha principal seria conflituoso devido ao regime de chuvas

12.2.3. Projeto Manuelzão

Tabela 9. Compilação da comparação com o Projeto Manuelzão

Medidas aplicáveis	Medidas não aplicáveis
<ul style="list-style-type: none">• Abordagem sustentável• Participação social• Metas de qualidade• Conscientização ambiental• Incentivos culturais	<ul style="list-style-type: none">• Gestão descentralizada• Caráter estritamente estruturador pois a gestão do Dilúvio envolve poucos entes

12.2.4. Projeto DRENURBS

Tabela 10. Compilação da comparação com o Projeto DRENURBS

Medidas aplicáveis	Medidas não aplicáveis
<ul style="list-style-type: none">• Gestão integrada local• Associação entre medidas estruturais e não estruturais• Envolvimento da área técnica• Projeto abordou:<ul style="list-style-type: none">○ Abordagens estruturais sustentáveis○ Participação social○ Gestão integrada○ Participação técnica	

12.2.5. Projetos Rio San Antonio, Rio Los Angeles e Rio Tâmis

Tabela 11. Compilação da comparação com os projetos nos rios San Antonio, Los Angeles e Tâmis

Medidas aplicáveis	Medidas não aplicáveis
<ul style="list-style-type: none">• Integração da sociedade com o rio• Zoneamento• Áreas de uso público• Zonas de desenvolvimento de vida selvagem• Interceptor	<ul style="list-style-type: none">• Abordagens de “cima para baixo”• Sistema de comportas e canal paralelo

12.3. Considerações Finais

O presente trabalho teve como objetivo fazer uma análise de medidas e abordagens utilizadas em casos de recuperação de rios urbanos em diferentes contextos com diferentes objetivos e analisar a aplicabilidade dessas medidas para o contexto do município de Porto Alegre, para a bacia do Arroio Dilúvio.

Os casos estudados têm abordagens que podem servir de exemplo para o caso do Dilúvio, mas dentre todos, o DRENURBS foi considerado o mais completo e adequado ao contexto de Porto Alegre, com o modelo de gestão mais adequado e integração dos diferentes entes do poder público, conhecimento técnico e sociedade civil. O rio Tâmis foi considerado o que atingiu o melhor resultado com relação exclusivamente à despoluição do rio.

Cabe a discussão a respeito da interceptação total do esgoto afluente no Arroio Dilúvio e as consequências da redução de vazão que isso causaria no arroio frente à melhoria de qualidade da água que essa intervenção traria, porém, considerando a dificuldade da localização e regularização das ligações clandestinas, a interceptação é o caminho mais rápido e menos custoso para evitar o lançamento desse esgoto sem tratamento no arroio. A localização de ligações clandestinas e a instalação de interceptores são intervenções de cunho estrutural. Além disso, existe contaminação desde as nascentes, decorrentes da ocupação irregular das áreas no Morro Santana, onde acredita-se que a melhor solução parte da intervenção do poder público na regularização das áreas ocupadas e trabalhos conjuntos de conscientização ambiental, sendo estas intervenções de cunho socioambiental.

Finalmente, como recomendações para futuros projetos que visem a recuperação das águas do Dilúvio e do ambiente urbano proporcionado pela presença do arroio, sugere-se a busca pela definição de **revitalização** adotada nesse trabalho, e num contexto mais específico:

No eixo estrutural:

- Investimento na área de saneamento, ampliação da rede, principalmente nas regiões socioeconomicamente desfavorecidas próximos às nascentes do Dilúvio, e da capacidade de tratamento, por meio da construção de ETE's
- Instalação de interceptores em toda a extensão da Av. Ipiranga, e análise da viabilidade de um interceptor total, nos modelos do que foi realizado no rio Tâmbisa;
- Esforços na localização das ligações clandestinas e principalmente desincentivo através de multas na ligação do esgoto cloacal das residências no esgoto pluvial;
- Analisar a capacidade das vias secundárias paralelas à Avenida Ipiranga de escoar parte do fluxo de trânsito e permitir a utilização de parte da pista como um parque linear, seguindo modelo utilizado em Seul.

No eixo socioambiental:

- Campanhas de educação ambiental sobre as consequências do descarte de resíduos urbanos no arroio e das ligações clandestinas que acabam por deteriorar a qualidade da água de um ambiente urbano;
- Participação da sociedade na tomada de decisões a respeito dos projetos de recuperação;
- Disseminação de informação sobre os benefícios da integração dos rios com o espaço urbano e com a população, divulgação de iniciativas bem sucedidas;
- Incentivo à ocupação de espaços públicos.

No eixo institucional:

- Participação da comunidade acadêmica, através de parcerias com as universidades;
- Convênios com a iniciativa privada;
- Investimento em soluções técnicas para diminuir os custos de tratamento e de expansão da rede;

- Articulação de entes da gestão pública: prefeituras, DMAE, DEP e comitês de bacia.

Referências

AGB PEIXE VIVO. **Apresentação Projeto manuelzão sobre a Meta 2010 e 2014.** Apresentação Projeto manuelzão sobre a Meta 2010 e 2014. Belo Horizonte: [s.n.]. 2010. p. 28.

AGB PEIXE VIVO. **Copasa, apresentação meta 2010 e 2014.** Belo Horizonte: COPASA. 2011. p. 15.

ALVES, C. A. **Estimativa da área impermeável dentro da bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio (Porto Alegre/RS) através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.** Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia - CEPSRM, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO DO PROJETO MANUELZÃO. Revitalização da bacia do Velhas mais uma vez em pauta. **Revista Manuelzão**, Belo Horizonte, Fevereiro 2014. Disponível em: <<http://www.manuelzao.ufmg.br/comunicacao/noticias/revitaliza%C3%A7%C3%A3o-da-bacia-do-velhas-mais-uma-vez-em-pauta>>.

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965.** Código Florestal. Brasília, DF: Diário Oficial da União. 1965.

BRASIL. **Lei Nº 6.766, de 19 de Dezembro de 1979.** Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União. 1979.

BRASIL. **Lei nº 6.938/81.** Política nacional do Meio Ambiente. Brasília/DF: Diário Oficial da União. 1981.

BRASIL. **Lei nº 7.511, de 7 de Julho de 1986.** Altera dispositivos da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal. Brasília, DF: Diário Oficial da União. 1986.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado. 1988.

BRASIL. **Lei nº 9.433/97.** Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília/DF: Diário Oficial da União. 1997.

BRASIL. **Resolução CONAMA N° 357**. Classificação de águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Brasília: Diário Oficial da União. 2005.

BRASIL. **Resolução CONAMA n° 369 de 28 de Março de 2006**. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, de interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente. Brasília, DF: Diário Oficial da União. 2006.

BRASIL. **Lei n° 12.651, de 25 de Maio de 2012**. Novo Código Florestal. Brasília, DF: Diário Oficial da União. 2012.

BURIN, C. W. O Caso da Canalização do Arroio Dilúvio em Porto Alegre: Ambiente Projetado x Ambiente Construído. **Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, UFRGS**, Porto Alegre, 2008.

BUSQUETS, J. **Deconstruction/Construction: Cheonggyecheon River Project**. Harvard University. Cambridge, MA. 2010.

CAPONERA, D. A. Principles of Water Law and Administration: National and International. Rotterdam: Balkema, 1992. p. 11.

CLEAN THAMES NOW AND ALWAYS. Sustainable Solutions for a Clean Thames. **Clean Thames Now and Always**, 2012. Disponível em: <<http://cleanthames.org/>>. Acesso em: Dezembro 2014.

COLLISCHONN, W.; SEMMELMANN, F. R.; ROCKENBACH, C. A. Drenagem Urbana e Sedimentos: O Caso do Arroio Dilúvio. **UFRGS/ABRH**, Porto Alegre, 2001.

COMMISSION FOR ARCHITECTURE AND THE BUILT ENVIRONMENT. Commission for Architecture and the Built Environment. **Cheonggyecheon Restoration Project**, 2011. Disponível em: <<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110118095356/http://www.cabe.org.uk/case-studies/cheonggyecheon-restoration-project>>. Acesso em: 5 Outubro 2014.

COSTA, L. M. S. **Rios e Paisagens Urbanas**. Rio de Janeiro: PROURB, 2006.

DE CASTRO, E.; WOJCIECHOWSKI, M. J. **Inclusão, colaboração e governança urbana**: Projeto Manuelzão, Minas Gerais. Belo Horizonte: The University of British Columbia: Center of Human Settlements, 2010. 87-93 p.

DE LIMA, P. J. et al. **Hidrologia Urbana: Conceitos Básicos**. 1ª. ed. Lisboa: Universidade de Coimbra, v. I, 2010.

DEP, PMPA. **Plano Diretor de Drenagem Urbana: Bacia do Arroio Dilúvio**. Profill, Rhama. Porto Alegre, p. 300. 2014.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS. **Plano Diretor de Esgotos**. Prefeitura Municipal de Porto Alegre/DMAE. Porto Alegre, p. 399. 2010.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS. Prefeitura de Porto Alegre. **Programa Esgoto Certo**. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?reg=3&p_secao=260>. Acesso em: Novembro 2014.

ÉPOCA. Saiba mais sobre a despoluição de rios como Tâmbisa, Reno e Tietê, 2004. Disponível em: <<http://revistaquem.globo.com/Revista/Quem/0,EMI47921-9531,00-SAIBA+MAIS+SOBRE+A+DESPOLUICAO+DE+RIOS+COMO+TAMISA+RENO+E+TIETE.html>>. Acesso em: Dezembro 2014.

FILHO, K. Z. et al. Água em Ambientes Urbanos - Renaturalização de Rios em Ambientes Urbanos. **Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, Novembro 2009.

FINDLAY, S. J.; TAYLOR, M. P. Why Rehabilitate Urban River Systems? **Area**, Sydney, Australia, Março 2006.

HURCK, R.; BECKEREIT, M.; PETRUCK, A. Restoration of the river Emscher, Germany - From an open sewer to an urban water body. **Water World Congress**, Philadelphia, Pennsylvania, 2003.

INMETRO. **Instituto Nacional de Meteorologia**, 2012. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/>>. Acesso em: Novembro 2014.

JASPERS, F. G. W. Institutional Arrangements for Integrated River Basin Management. **Water Policy**, Delft, December 2002. 77-90.

KOREAN METEOROLOGICAL ADMINISTRATION. Korean Meteorological Administration Website, 2009. Disponível em: <<http://www.kma.go.kr/eng/index.jsp>>. Acesso em: Novembro 2014.

KWON, K.-W. **Cheong Gye Cheon Restoration Project**. Seoul Metropolitan Government. Seul. 2012.

LA RIVER. **Los Angeles River Revitalization Master Plan**. Prefeitura de Los Angeles. Los Angeles. 2007.

LA RIVER. Our River, Our Future. **Los Angeles River Revitalization**, 2014. Disponível em: <<http://www.lariver.org/>>. Acesso em: 2014.

LANDSCAPE ARCHITECTURE FOUNDATION. **Cheonggyecheon Stream Restoration Project**. Landscape Performance Series. Seul. 2011.

LAZARO, T. R. **Urban Hidrology: A Multidisciplinary Perspective**. 1st. ed. Ann Arbor, Michigan: Ann Arbor Science Publishers Inc., v. I, 1979.

LEE, Y.-N. Cheonggyecheon Restoration and Urban Development. **Hyundai Engineering and Construction**, Seul, 2005.

LOS ANGELES RIVER REVITALIZATION MASTER PLAN TEAM. Los Angeles River Revitalization Master Plan, 2007. Disponível em: <<http://boe.lacity.org/lariverrmp/index.cfm>>. Acesso em: 2014.

MACEDO, D. R.; MAGALHÃES JR, A. P.; CALLISTO, M. Restauração de Cursos d'Água em Áreas Urbanizadas: Perspectivas para a Realidade Brasileira. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Belo Horizonte, 2011. 127-139.

MOREIRA, L. G. R. A Influência da Precipitação no Transporte de Sólidos em Cursos D'água Urbanos: O Caso do Arroio Dilúvio, Porto Alegre (RS), Brasil. **Instituto de Geociências, UFRGS**, Porto Alegre, 2010.

NASCIMENTO, N. D. O.; BAPTISTA, M. B.; VON SPERLING, E. Problemas de inserção ambiental de bacias de detenção em meio urbano. **20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Belo Horizonte, 1999. 2242-2250.

NUNES, J. S.; SULZBACH CÉ, A. R. Avenida Ipiranga: Processo Evolutivo ao Longo do Século XX. **X Salão de Iniciação Científica PUCRS**, Porto Alegre, 2009. 2121-2126.

PESAVENTO, S. J. **O Espetáculo da Rua**. Porto Alegre: Prefeitura Municipal, 1992.

PETRESCU, J. V. Blog Jorge Espeschit. **Revitalização Urbana: Demolindo Viadutos e Construindo Parques**, 2007. Disponível em: <http://espeschit.blog.uol.com.br/arch2007-05-27_2007-06-02.html>. Acesso em: 5 Novembro 2014.

PMPA. **Museu Joaquim José Felizardo**, 2008. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/smc/default.php?reg=4&p_secao=19>. Acesso em: Novembro 2014.

PMPA, PMV, UFRGS, PUCRS. **Programa de Revitalização da Bacia do Arroio Dilúvio: Marco Conceitual**. Porto Alegre. 2012.

PMPA, PMV, UFRGS, PUCRS. **Programa de Revitalização da Bacia do Arroio Dilúvio: Plano de Ação**. Porto Alegre. 2012.

POMPÊO, C. **Cursos d'água em áreas urbanas**. IX ENAU. Belo Horizonte: ABRH. 2012.

PORTZ, C. S. Sistema de Esgotamento Combinado: Adoção como Fase Inicial para Viabilizar Obras de Saneamento Integrando Questões Sanitárias e Ambientais. **UFRGS**, Porto Alegre, Dezembro 2009.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais de São Paulo**. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. São Paulo, SP, p. 170. 2012. (978-85-66381-01-6).

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. Página da Prefeitura de Belo Horizonte. **Obras e Infraestrutura: DRENURBS**. Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=politicaurbanas&lang=pt_br&pg=5562&tax=16906>. Acesso em: Novembro 2014.

PROGRAMA SOLUÇÕES PARA CIDADES. **Programa DRENURBS: Uma concepção inovadora dos recursos hídricos no meio urbano**. ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. Belo Horizonte. 2012.

PROJETO MANUELZÃO. Projeto Manuelzão. **Projeto Manuelzão**, 1997-2014. Disponível em: <<http://www.manuelzao.ufmg.br/>>. Acesso em: Novembro 2014.

PROJETO MANUELZÃO. Meta 2014. **Revitalização da bacia do Rio das Velhas**, 2010. Disponível em: <<http://meta2014.meioambiente.mg.gov.br/>>. Acesso em: Novembro 2014.

RIBADEAU-DUMAS, H. et al. **The Ambiguities of the Cheonggyecheon Restoration Project**. Urban Fabric and the Green Growth. Seul, p. 29. 2012.

SAN ANTONIO RIVER AUTHORITY. **River South Area Management Plan**. Prefeitura de San Antonio. San Antonio. 2011.

SAN ANTONIO RIVER AUTHORITY. San Antonio River. **San Antonio River Revitalization Project**, 2014. Disponível em: <<http://www.sanantonioriver.org/>>. Acesso em: Novembro 2014.

SAN ANTONIO RIVERWALK. Water, Green, Sunlight Riverwalk Texas, 2012. Disponível em: <http://www.ne.jp/asahi/yume/dreams/main/English_US_SA_RiverWalk.htm>. Acesso em: 2014.

SILVA, S. A.; MARA, D. D. **Tratamento biológico de águas residuárias: lagoas de estabilização**. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1979.

SIMSEK, G. Urban River Rehabilitation as an Integrative Part of Sustainable Urban Water Systems. **48th ISOCARP Congress**, Turkey, 2012.

THAMES TIDEWAY TUNNELS LTD. Creating a cleaner, healthier River Thames. **Thames Tideway Tunnels**, 2014. Disponível em: <<http://www.thamestidewaytunnel.co.uk/>>. Acesso em: Dezembro 2014.

THAMES WATER UTILITIES LIMITED. **Thames Water**, 2001-2014. Disponível em: <<http://www.thameswater.co.uk/>>. Acesso em: Dezembro 2014.

TUCCI, C. E. M. **Inundações Urbanas**. 1ª. ed. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, v. XI, 2007.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, 2008. 97 - 112.

TUCCI, C. E. M. Gestão Integrada de Águas Urbanas. **REGA**, Porto Alegre, vol. 5, n. 2, Dezembro 2008. 71-81.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. 1ª. ed. Porto Alegre: ABRH, v. I, 2003.

WOLFF, M. D. L. Prefeitura de Porto Alegre. **Arroio Dilúvio; investimentos chegam a mais de R\$ 28 milhões**, 2012. Disponível em: <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/portal_pmpa_novo/default.php?p_noticia=154909&ARROIO+DILUVIO:+INVESTIMENTOS+CHEGAM+A+MAIS+DE+R\\$+28+MILHOES](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/portal_pmpa_novo/default.php?p_noticia=154909&ARROIO+DILUVIO:+INVESTIMENTOS+CHEGAM+A+MAIS+DE+R$+28+MILHOES)>. Acesso em: Novembro 2014.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our
Common Future**. Oxford University Press. Oxford, p. 383. 1987. (019282080X).