

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG  
Instituto de Ciências Biológicas  
Programa de Pós Graduação de Especialização em Gerenciamento de Recursos  
Hídricos

Carolina Cramer Almeida Marques Moura

***EFICIÊNCIA DAS AVENIDAS SANITÁRIAS: ESTUDO DE CASO DO CÓRREGO  
CACHOEIRINHA EM BELO HORIZONTE/MG***

Belo Horizonte  
2018

Carolina Cramer Almeida Marques Moura

***EFICIÊNCIA DAS AVENIDAS SANITÁRIAS: ESTUDO DE CASO DO CÓRREGO  
CACHOEIRINHA EM BELO HORIZONTE/MG***

Monografia apresentada ao Curso de Pós Graduação de Especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Orientador: Francisco Antônio Rodrigues  
Barbosa

Coorientador: Ewerton Ferreira Cruz

Belo Horizonte  
2018

Carolina Cramer Almeida Marques Moura

***EFICIÊNCIA DAS AVENIDAS SANITÁRIAS: ESTUDO DE CASO DO CÓRREGO  
CACHOEIRINHA EM BELO HORIZONTE/MG***

Monografia apresentada ao Curso de Pós Graduação de Especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gerenciamento de Recursos Hídricos.

---

**Francisco Antônio Rodrigues Barbosa (Orientador) – UFMG**

---

**Ewerton Ferreira Cruz (Coorientador) – PUC Minas**

---

**Marcus Vinícius Polignano (Banca Examinadora) – UFMG**

Belo Horizonte, 27 de julho de 2018.

À Deus, meu marido Túlio e aos meus pais, pelo cuidado e amor.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por sempre cuidar de mim com perfeição.

Ao meu marido Túlio por dividir os meus sonhos e sonhar junto comigo. Pelo cuidado diário e amor constante.

Aos meus pais, Evandro & Arilza, por sempre acreditarem no meu potencial e permanecerem ao meu lado em todos os momentos, com amor e disposição para estar junto pro que vier.

Ao meu irmão Caio e minha cunhada Bárbara, sempre, pela preocupação e cuidado comigo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Francisco Barbosa e ao coorientador Me. Ewerton Cruz pela orientação e aprendizado. Ao Prof. Marcus Polignano, membro titular da banca, que contribuiu valiosamente para o enriquecimento do meu trabalho.

Aos meus colegas de classe, pelo auxílio mútuo, principalmente a Suellen Sobrinho, por fazer parte de algo muito maior: amizade verdadeira.

Aos amigos sempre presentes e disponíveis para me ouvir: Livia Maria e Rafael Rocha.

Por fim, ao Programa de Especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, e a todos que, de alguma forma, fazem parte dessa vitória.

O coração do homem pode fazer planos, mas a resposta certa dos lábios vem do SENHOR. (Provérbios 16:1)

## RESUMO

A indisposição da expansão urbana no uso e ocupação do solo, causa de forma coercitiva um mau planejamento do território quando a sociedade se instala em determinada área. Um dos principais focos de sobrevivência sempre foi a disponibilidade hídrica, nos quais interagem diretamente com os seres humanos. Essa interação intrínseca é também o motivo de grandes desastres urbanos: as inundações. De um lado temos o ciclo natural das águas, e do outro, a inserção da urbanização de forma abrupta. Os corpos hídricos que percorrem as cidades foram sendo modificados ao longo dos anos até, uma grande extensão deles, serem cobertos por pavimentações, chamados atualmente de “avenidas sanitárias”.

O presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade das avenidas sanitárias do sistema de macrodrenagem urbana com ênfase no sistema do Córrego Cachoeirinha no município de Belo Horizonte/MG. A metodologia proposta aborda de forma qualitativa processos decisórios relativos a intervenções em cursos de água urbanos com o uso de técnicas compensatórias de drenagem urbana e um método comparativo com o estudo de caso do Rio Cheonggyecheon da cidade de Seul, capital da Coreia do Sul.

Como principal conclusão sugere-se uma análise mais aprofundada da eficiência de cada avenida sanitária já instalada para propor sua reintegração ao espaço urbanístico. Por fim, os rios urbanos podem ser classificados como agentes de melhoria da qualidade de vida. Não havendo viabilidade plausível na construção de avenidas sanitárias que justifique a cobertura de rios para a mobilidade de trânsito e, muito menos para se esconder rios de esgotos inóspitos. A conjectura de revitalizações em rios urbanos (re)insere o curso d'água como elemento respeitável na dinâmica da cidade.

Palavras-chave: Avenidas sanitárias. Eficiência. Revitalização.

## ABSTRACT

The unwillingness of urban expansion in land use and occupation, coercively causes bad planning of the territory when society establishes itself in a given area. One of the main focuses of survival has always been water availability, in which they interact directly with humans. This intrinsic interaction is also the reason for major urban disasters: floods. On one side we have the natural cycle of water, and on the other, the insertion of urbanization in an abrupt way. The water bodies that run through the cities have been modified over the years until, a great extension of them, they are covered by pavements, now called "sanitary avenues".

The present work has the objective of analyzing the feasibility of sanitary avenues of the urban macro drain system with emphasis on the Cachoeirinha Stream system located in Belo Horizonte/MG. The proposed methodology qualitatively approaches decision-making processes for interventions in urban watercourses with the use of urban drainage compensatory techniques and a comparative method with the case study of the Cheonggyecheon River in the city of Seoul, the capital of South Korea.

As main conclusions it is suggested a more in-depth analysis of the efficiency of each sanitary avenue already installed to propose its reintegration into the urban space. Finally, urban rivers can be classified as agents for improving the quality of life. There is no plausible feasibility in the construction of sanitary avenues that justify the coverage of rivers for traffic mobility, let alone to hide rivers from inhospitable sewers. The conjecture of revitalizations in urban rivers (re) inserts the watercourse as a respectable element in the dynamics of the city.

Keywords: Sanitary avenues. Efficiency. Revitalization.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01: Diagrama esquemático mostrando a distinção entre restauração, reabilitação e remediação.....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 02: Ilustração conceitual dos diferentes fatores que combinados afetam a tomada de decisão em relação à reabilitação dos córregos urbanos.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 03: Esquema dos diferentes tipos de técnicas compensatórias.....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 04: Bacia de detenção da Lagoa Seca no bairro Belvedere/Belo Horizonte.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 05: A foto da direita é a vista a montante; a foto da esquerda é a entrada do escoamento lateral no sistema de trincheiras, ambas em 06/01/2012.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 06: Implantação de telhado verde no Banco do Brasil – Belo Horizonte .....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 07: Fluxograma do contexto histórico do Plano Diretor de BH.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 08: Fluxograma sintético da metodologia proposta.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 09: Indicadores para avaliação do nível de degradação de cursos de água de acordo com as dimensões fluvial e ambiental.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 10: Indicadores para análise do diagnóstico do meio urbano.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 11: Localização da Sub-Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha no município de Belo Horizonte.....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 12: Imagem de satélite da área de estudo com a subdivisão do Córrego Cachoeirinha em trechos homogêneos e a estação limnimétrica.....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 13: Sistema de macrodrenagem da área de estudo do Córrego Cachoeirinha, trecho fechado.....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 14: Sistema de macrodrenagem da área de estudo do Córrego Cachoeirinha, trecho aberto.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 15: Bacia/sub-bacias do Córrego Cachoeirinha.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 16: Ficha de diagnóstico do Trecho Fechado.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 17: Ficha de diagnóstico do Trecho Aberto.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 18: Quadro resumo com o resultado do diagnóstico das condições ambientais e fluviais dos dois trechos do Córrego Cachoeirinha dentro da área de estudo.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 19. Zoneamento do uso e ocupação do solo de Belo Horizonte, aplicado a Sub-bacia do Córrego Cachoeirinha.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 20: Ficha de diagnóstico referente a ambos os trechos da bacia.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 21: Foto comparativa com as três fases do projeto: antes, durante e depois...52</b>	<b>52</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01: Resumo dos Quantitativos de Macrodrenagem de Belo Horizonte.....</b>	<b>26</b>
<b>Tabela 02: Temas de análise e itens de interesse para avaliação das áreas marginais ao curso de água.....</b>	<b>36</b>

## LISTA DE SIGLAS

BH: Bacia Hidrográfica

BH: Belo Horizonte

CCNC: Comissão Construtora da Nova Capital

COMDEC: Coordenadoria Municipal de Defesa Civil

COMUSA: Conselho Municipal de Saneamento

PBH: Prefeitura de Belo Horizonte

PDDU: Plano Diretor de Drenagem Urbana

PMGIRS: Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PMS: Plano Municipal de Saneamento

SIG: Sistema de Informações Geográficas

SUDECAP: Superintendência de Desenvolvimento da Capital

SUPLAN: Subsecretaria de Planejamento Urbano

## Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 OBJETIVO GERAL .....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
3 REVISÃO DA LITERATURA .....	15
3.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA DRENAGEM URBANA .....	15
3.2 AVENIDAS SANITÁRIAS OU RIOS COBERTOS?.....	16
3.3 TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS EM DRENAGEM URBANA.....	20
3.4 POLÍTICAS DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS URBANOS EM BELO HORIZONTE .....	25
3.4.1 Plano Diretor de Belo Horizonte .....	26
3.4.2 Plano Diretor de Drenagem Urbana de Belo Horizonte (PDDU-BH) .....	27
3.4.3 Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte (PMS-BH) .....	30
3.4.4 Programa de Recuperação Ambiental de Belo Horizonte (DRENURBS).....	31
3.4.5 Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PMGIRS-BH).....	32
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
5.1 ESTUDO DE CASO DO CÓRREGO CACHOEIRINHA EM BELO HORIZONTE/MG...37	
5.2 O CASO DO RIO CHEONGGYECHEON - SEUL / CORÉIA DO SUL .....	51
5.3 O CÓRREGO CACHOEIRINHA E O RIO CHEONGGYECHEON: UM ESTUDO COMPARATIVO.....	53
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	55
REFERÊNCIAS .....	57
APÊNDICES // ANEXOS.....	61

## 1 INTRODUÇÃO

Nada mais natural uma civilização se instalar próximo a cursos d'água, afinal de contas, além da substância química H<sub>2</sub>O (líquida) ser indispensável ao bom funcionamento do corpo humano, a viabilização do deslocamento deste recurso natural para irrigação, dessedentação de animais e outros recursos necessários, se tornaria uma logística difícil caso essa distância fosse grande. Entretanto, a influência mútua do homem com o curso de água mostrou-se ambígua. De um lado o homem usufrui de um recurso natural, do outro, a natureza continua seu movimento cíclico, principalmente o deslocamento de águas na superfície durante a precipitação, conhecido como drenagem.

O histórico dessa profunda interação entre o homem e os cursos d'água concomitante com a expansão urbana não ordenada, acarretaram consequências alarmantes no processo de urbanização. Sobretudo os riscos associados aos fenômenos hidrológicos que têm sido estudados em larga escala por todo o mundo, principalmente com relação às inundações. A resposta humana face a esses riscos têm resultado em modificações nos traçados dos rios e até mesmo sua canalização ou cobertura.

O presente trabalho expõe um estudo da eficiência das chamadas “avenidas sanitárias”, avenidas que cobrem completamente os rios, do município de Belo Horizonte/MG, analisando o uso e ocupação do solo, o contexto dos sistemas de drenagem e a viabilidade hidráulica das infraestruturas em operação. A avaliação dos diversos aspectos intervenientes é realizada por meio de uma abordagem qualitativa.

Para a aplicação e validação da metodologia de análise proposta, foi realizado um estudo de caso do diagnóstico do meio fluvial e urbano do Córrego Cachoeirinha em Belo Horizonte/MG. E posteriormente foi utilizado um método comparativo com o Rio Cheonggyecheon da cidade de Seul, capital da Coreia do Sul.

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos, sendo esta Introdução o primeiro deles. O Capítulo 2 apresenta as justificativas e o contexto da pesquisa, com um histórico dos sistemas de drenagem urbana, os processos atuais de concepção dos sistemas de drenagem urbana e os objetivos do trabalho.

Os aspectos conceituais relativos ao contexto histórico da drenagem urbana, a distinção entre as concepções sobre rios urbanos e avenidas sanitárias, a análise de algumas técnicas compensatórias em drenagem urbana e as principais políticas da gestão dos

recursos hídricos urbanos em Belo Horizonte, são apresentados no Capítulo 3. O Capítulo 4 apresenta os materiais e métodos adotados para a validação da proposta do estudo de caso do Córrego Cachoeirinha. Sendo enfatizados os objetivos da intervenção, o diagnóstico das condições fluviais e ambientais, a concepção e a análise de viabilidade de alternativas.

O Capítulo 5 contempla os resultados, o estudo de caso em Belo Horizonte com todas as etapas descritas nos métodos e o estudo do rio na Coréia do Sul. Ainda apresenta as discussões dos principais temas levantados ao longo dos capítulos e disserta sobre a metodologia comparativa entre os cursos d'água supracitados.

Nas considerações finais são descritas as sugestões para trabalhos futuros que encontram-se no Capítulo 6. Por fim, são listadas as referências bibliográficas utilizadas para o desenvolvimento da pesquisa bem como os anexos empregados na metodologia.

## **2 OBJETIVOS**

### ***2.1 OBJETIVO GERAL***

O objetivo geral deste estudo é analisar a eficiência das avenidas sanitárias do sistema de macrodrenagem urbana com ênfase no sistema do Córrego Cachoeirinha no município de Belo Horizonte/MG.

### ***2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS***

Os objetivos específicos que permitiram a consecução do objetivo geral:

- A. Contextualizar a utilização das Avenidas Sanitárias apontando as vantagens e desvantagens;
- B. Propor a utilização de técnicas compensatórias de drenagem urbana;
- C. Caracterizar o sistema de macrodrenagem do Córrego Cachoeirinha;
- D. Comparar a avenida sanitária do Córrego Cachoeirinha com o sistema do Rio Cheonggyecheon em Seul/Coréia do Sul;
- E. Sugerir modificações no sistema atual da avenida sanitária.

### **3 REVISÃO DA LITERATURA**

O presente capítulo expõe a fundamentação teórica balizadora da pesquisa, bem como o contexto histórico da drenagem urbana, as políticas da gestão dos recursos hídricos em Belo Horizonte, as técnicas compensatórias em drenagem urbana e discute sobre avenidas sanitárias e/ou rios cobertos no Brasil e no mundo.

#### ***3.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA DRENAGEM URBANA***

A evolução histórica do desenvolvimento das águas urbanas de acordo com Tucci (2012) pode ser dividida em quatro fases distintas, sendo elas: Pré-Higienista, Higienista, Corretiva e Desenvolvimento Sustentável. A primeira fase é a denominada Pré-Higienista a qual perdurou até o início do século XX e, foi marcada por doenças de veiculação hídrica e inundações devido às condições sanitárias dos efluentes que contaminavam os mananciais de abastecimento.

A segunda é a Higienista, a qual ocorreu antes de 1970 e que teve uma preocupação maior com o transporte do esgoto e a canalização do escoamento, fazendo com que houvesse a diminuição de doenças, embora ainda ocorrendo inundações e contaminações hídricas. É importante destacar que foi na fase do Higienismo, em que o sistema de drenagem de Belo Horizonte foi inspirado onde o foco era conter os recursos hídricos que ameaçavam a saúde pública (FEAM, 2006).

Entre 1970 e 1990 ocorreu a fase Corretiva na qual se deu início ao desenvolvimento de técnicas de tratamento de esgotos mais adequadas, bem como maior preocupação no amortecimento do escoamento. Apesar de uma evolução considerável se comparada com a fase anterior a respeito da recuperação aparente dos rios, ainda havia um aceleração dos impactos ambientais.

Por fim, no início da década de 1990 ocorreu a fase intitulada de Desenvolvimento Sustentável, quando houve a continuidade dos avanços no tratamento dos esgotos, redução das inundações, maior conservação ambiental e melhoria na qualidade de vida.

Apesar de haver uma evolução histórica bem demarcada, é importante destacar que há cidades brasileiras em diferentes fases na atualidade, o que corrobora para uma deficiência expressiva no esgotamento sanitário. Essa estagnação na evolução impacta diretamente o meio ambiente natural por meio das contaminações, também no meio urbano principalmente

pela falta do amortecimento das inundações, e na saúde pública, pela carência no controle de doenças de veiculação hídrica.

Na evolução histórica de Belo Horizonte, de acordo com HOYUELA JAYO *et al.* (2015), os planos e mapas da Comissão Construtora da Nova Capital (CCNC) envolviam um mapa histórico e um plano para o futuro. Apenas em 1916 o engenheiro Saturnino de Brito lançou suas ideias que visavam o sanitarismo.

A base dos mapas foi o Arraial, de 1895, intitulado “Planta Topográfica e Cadastral da área destinada a Cidade de Minas”, constituído de rios, paisagens, lotes e os locais do antigo Curral Del Rey. A hidrografia local era composta de 82 nascentes, cinco lagoas, dois rios principais, muitos afluentes e diversas áreas húmidas. Já o “Plano da Cidade”, intitulado de “Planta Geral da Cidade de Minas” de Aarão Reis, que buscou ideologias de linearidade, geometrização, comodidade, dentre outros aspectos de projetistas. Estes estavam conectados com o viés urbanístico de cidades como Paris ou Viena. Nesse zoneamento foi aplicado concepções de progresso, civilização e sociedade (HOYUELA JAYO *et al.*, 2015).

Adiante, o Plano de Saturnino de Brito entre 1905 e 1909, destacou critérios sanitários com a criação de avenidas que seguiam o trajeto dos rios. HOYUELA JAYO *et al.* (2015) destaca:

Na sua obra “Notes sur le trace sanitaire des villes”, publicada em Paris em 1916, ele demonstra como o traçado geométrico das cidades, principalmente aqueles que não levam em consideração a hidrografia e a topografia da região, causam enormes problemas, sobretudo ao esgotamento sanitário e à saúde dos rios da urbe. Ao citar os problemas de Belo Horizonte, Saturnino apresenta a planta alternativa, que começou a desenvolver durante sua estadia em Santos, com avenidas sanitárias nos fundos dos vales, acompanhando o traçado natural dos córregos que, por sua vez, não receberiam o esgoto in natura produzido pela cidade. Mesmo sendo uma crítica realizada a posteriori, a planta de Saturnino demonstra que os rios de Belo Horizonte poderiam ter outro destino. Integrados à vida urbana, por meio das avenidas sanitárias, eles não seriam um mero anexo da paisagem e contribuiriam ainda com a salubridade e a qualidade de vida. (HOYUELA JAYO *et al.*, 2015, p. 24)

### **3.2 AVENIDAS SANITÁRIAS OU RIOS COBERTOS?**

Embora ainda não haja consenso na denominação e conceito das avenidas sanitárias, deve-se ressaltar que popularmente os rios cobertos e as avenidas sanitárias são os mesmos: rios cobertos por pavimentação em áreas urbanas. Todavia, deve-se observar que existem

algumas diferenças entre os seus conceitos. É sobre esse assunto que é destinada essa seção.

Antes de se conceituar rios cobertos, é necessário entender o conceito de rio e suas classificações. Segundo Tundisi *et al.* (2008) os rios são ecossistemas aquáticos e se diferem dos sistemas lênticos e bentônicos. Os lênticos são assim classificados por apresentarem correntes com constantes movimentos horizontais, e por possuir influência mútua com sua bacia hidrográfica. Os bentônicos constituem a fauna de invertebrados e os peixes a fauna de vertebrados de um rio. Com relação aos processos de transporte, a geomorfologia fluvial constitui os diversos modelos da drenagem de acordo com suas variáveis: altitude, longitude, latitude, declividade e tipo de solo, estabelecendo diferentes velocidades de correntes e distintas formas de transporte de matéria particulada e dissolvida.

Tundisi *et al.* (2008) chamam atenção sobre as características do perfil longitudinal e a classificação da rede de drenagem de rios. A diferença entre córregos, riachos e pequenos rios se dá pelo seu tamanho e, em uma bacia hidrográfica são categorizados de acordo com seu número de ordem. Em relação às características de composição química da água dos rios encontram-se matéria orgânica e inorgânica dissolvidas, íons e nutrientes dissolvidos, gases e metais traço. Não obstante têm-se ainda a presença de elementos provenientes das atividades humanas prejudiciais à fauna e flora.

A biota aquática dos rios depende de fatores físicos importantes como a velocidade da corrente, o fluxo na água, tipo e qualidade do substrato, temperatura, e a concentração de oxigênio dissolvido que está associada com a distribuição, fisiologia e sobrevivência da fauna e flora lótic. As atividades antrópicas provocam, também, alterações na zonação de rios como o desmatamento, usos do solo, erosão, construção de barragens e a canalização. Com enfoque na canalização, ela afeta ainda a migração de espécies, pulsos de inundação, estabilidade hidrológica, diversidade biológica, remoção da mata ripária, alteração dos sedimentos, dentre diversos outros impactos antrópicos (Tundisi *et al.*, 2008).

No século XVI houve o primeiro registro na China da canalização do Rio Amarelo, mas na Europa esta prática só iniciou-se no século XIX como produto da revolução industrial. A demanda de ordem territorial por parte da população aumenta a impermeabilização do solo, de modo que a precipitação que outrora infiltrava, passa a escoar superficialmente aumentando a vazão de pico do canal. Não obstante, a execução de obras para cobrir os cursos d'águas maximizam os problemas vivenciados (ALENCAR, 2017).

Rio coberto é basicamente um conjunto de modificações antrópicas no leito e no trajeto do curso d'água, sendo que a canalização pode ser a cobertura total ou parcial da calha do rio. Levando em consideração a conurbação ao longo dos séculos, a canalização alcançou grandes proporções em meio urbano, afetando diretamente o conceito explicitado anteriormente sobre rios. A canalização e retificação dos rios urbanos se baseiam na diminuição da área ocupada pelo curso d'água e do assoreamento, no aumento da velocidade de escoamento e da calha, e funcionam como despejo de esgotos.

A canalização tem como as principais consequências a diminuição da permeabilidade, atenuação ou ausência da interação entre paisagem natural e o meio urbano e, subloca o problema das inundações para áreas a jusante. Realizar uma obra desse porte é muito oneroso, no entanto poderia ser mais tangível efetivar a preservação de uma mata ciliar ou impedir o depósito de resíduos no rio.

Portanto o conceito utilizado neste estudo será “avenidas sanitárias” e não “rios cobertos”, por apresentarem características distintas das classificações propostas para rios, e por serem utilizadas majoritariamente como vias de mobilidade urbana e por transportarem, em sua maioria, resíduos e esgotos em seu percurso urbano.

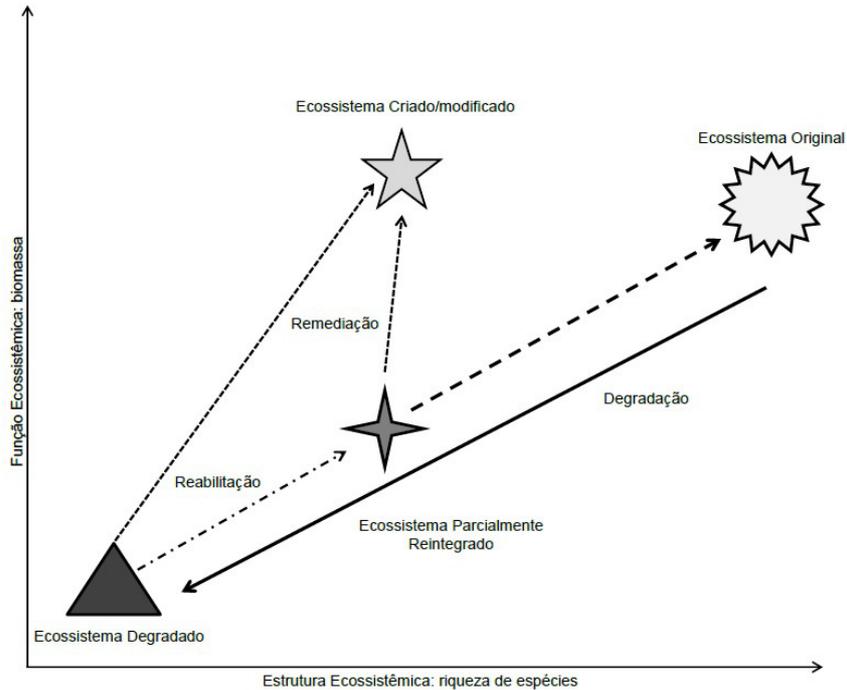
Para ponderar o conceito de avenidas sanitárias amplamente utilizado nos dias de hoje, é necessário compreender que é uma retificação e canalização do corpo d'água por parte do poder público a fim de, principalmente, melhorar a mobilidade urbana. Segundo Macedo *et al.* (2011) em uma pesquisa em relação à preferência do indivíduo na implementação de avenida sanitária ou não, pesquisa essa realizada com a população próxima do Córrego Baleares em Belo Horizonte/MG, pôde-se perceber que há uma preferência irrefutável pelas avenidas sanitárias. Esse fenômeno ocorre, pois a tradicional cultura brasileira ainda associa a valorização das avenidas sanitárias à canalização de cursos d'água nos meios urbanos, por enxergarem como um aspecto positivo de mobilidade e de evitar que o mau cheiro se dissipe.

O manejo das águas pode ocorrer em função do ecossistema e de suas estruturas. As intervenções são classificadas por reabilitação, revitalização/remediação ou restauração, tendo como produto um ecossistema degradado, modificado ou original.

De acordo com Findlay & Taylor (2006) foram definidos os termos de restauração, reabilitação e remediação como mostrado na figura 01. Embora a **reabilitação** tenha como objetivo restabelecer o ecossistema original, nem todos os elementos do sistema biofísicos

são retomados, podendo resultar em um ecossistema modificado/criado. A **restauração** delinea o retorno de um sistema a um ecossistema totalmente recuperado. Já a **revitalização/remediação**, considerada a mais importante solução para rios urbanos pelos autores, o rio é gerenciado para se desenvolver ao longo de diferentes vetores de melhoria do ecossistema.

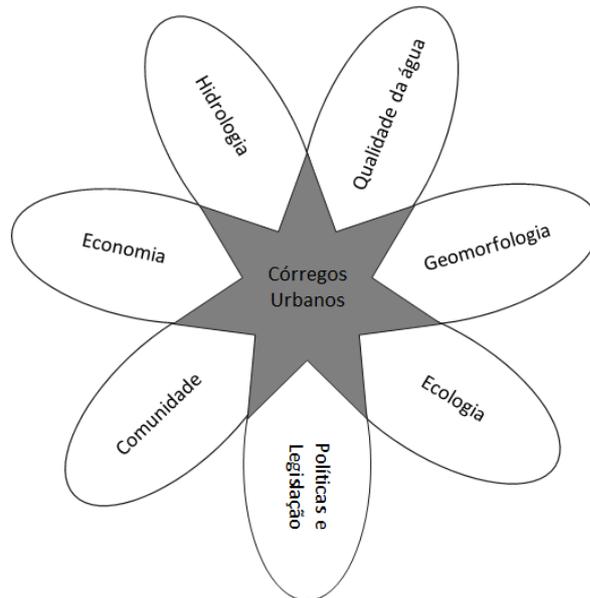
Figura 01: Diagrama esquemático mostrando a distinção entre restauração, reabilitação e remediação



Fonte: adaptado de FINDLAY e TAYLOR, 2006.

Na abrangência dos diferentes fatores que afetam um córrego urbano, Findlay & Taylor (2006) definem-se três áreas principais: integridade física do rio (hidrologia, geomorfologia, qualidade da água e ecologia), aspectos sociais (comunidade, políticas e legislações) e aspectos econômicos, mostrados na figura 02.

Figura 02: Ilustração conceitual dos diferentes fatores que combinados afetam a tomada de decisão em relação à reabilitação dos córregos urbanos



Fonte: adaptado de FINDLAY e TAYLOR, 2006.

Uma nova abordagem para os sistemas de drenagem urbana, visando princípios sustentáveis, tem surgido e se consolidado no Brasil e no mundo. Além dos aspectos ambientais, sociais, políticos, sanitários e paisagísticos, deve-se considerar as tecnologias alternativas chamadas de “técnicas compensatórias de drenagem urbana”.

### ***3.3 TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS EM DRENAGEM URBANA***

As técnicas compensatórias em drenagem urbana segundo Baptista *et al.* (2011), são baseadas principalmente na infiltração e/ou na retenção das águas precipitadas, propiciando a redução das vazões de pico por meio do rearranjo da sua distribuição temporal. Consequentemente, também podem contribuir para a diminuição do volume escoado e da probabilidade de inundações.

Os múltiplos usos das técnicas compensatórias permitem se integrar tanto ao meio ambiente quanto ao urbano, alcançando de pequenas à grandes escalas dos sistemas de drenagem. No entanto, no Brasil essas tecnologias ainda são pouco difundidas, salvo as bacias de amortecimento de cheias que já são empregadas em várias cidades brasileiras (BAPTISTA, NASCIMENTO e BARRAUD, 2011).

A principal diferença entre as técnicas compensatórias está relacionada ao seu aspecto estrutural ou não estrutural. A figura 03 mostra esquematicamente os tipos de técnicas compensatórias e suas classificações.

Figura 03: Esquema dos diferentes tipos de técnicas compensatórias

<b>Técnicas compensatórias não-estruturais</b>	Legislação		
	Racionalização do uso do solo urbano Educação ambiental Tratamento de fundo de vale		
<b>Técnicas compensatórias estruturais</b>	Bacias	Detenção e Retenção	
		Infiltração	
	Obras lineares	Detenção/Retenção e Infiltração	
		Trincheiras	
Valas e Valetas			
Obras pontuais	Pavimentos	Revestimentos permeáveis	
		Pavimentos reservatório	
	Poços de infiltração		
	Telhados		
	Técnicas adaptadas à parcela		

Fonte: Adaptado de Baptista, Nascimento e Barraud (2011, p. 47).

As técnicas compensatórias estruturais articulam a respeito de construções de infraestruturas para retenção e/ou infiltração das águas de chuva. As não-estruturais se relacionam à sensibilidade da população para os problemas causados pelas enchentes e inundações. Como por exemplo, a legislação sobre uso e ocupação do solo através de programas de educação ambiental e outros métodos que não abrangem a construção de novas estruturas (BAPTISTA, NASCIMENTO e BARRAUD, 2011).

Para a concepção do uso de técnicas compensatórias em sistemas de drenagem é de suma importância se ter bem definido dois conceitos distintos: a escolha adequada da técnica potencialmente utilizada no projeto e, a avaliação e seleção das diferentes alternativas associadas entre si para integrarem todo o sistema (BAPTISTA, NASCIMENTO e BARRAUD, 2011).

A análise das viabilidades técnicas é tratada dentro de critérios embasados nos principais aspectos físicos, urbanísticos e de infraestrutura, sanitários e ambientais e socioeconômicos frente aos requisitos e implicações pertinentes para uma dada situação. Os aspectos físicos são definidos por: topografia do local, nível das águas subterrâneas, existência do exutório

permanente, estabilidade do subsolo, aporte permanente de água e, capacidade de infiltração do solo. Já em relação aos aspectos urbanísticos e de infraestrutura, pode-se citar: disponibilidade do espaço, redes existentes, inclinação e forma dos telhados. Os aspectos sanitários e ambientais são pautados no risco de poluição, risco sanitário e riscos de águas carregadas com material fino. E por fim, os aspectos socioeconômicos são oriundos de eventuais custos e manutenções que devem ser levados em consideração após as soluções técnicas definidas (BAPTISTA, NASCIMENTO e BARRAUD, 2011).

Na Cartilha de Drenagem da FEAM (2006) são demonstrados escopos de espaços para amortecimentos de cheias como praça de esportes ou campo de futebol abaixo do nível das ruas com drenos pluviais e de infiltração para servir como reservatório nas cheias. Também é mostrado exemplos de pavimentos permeáveis em estacionamentos e reservatórios em parques.

Algumas técnicas compensatórias são amplamente utilizadas, podendo ser destacadas as técnicas para bacias, para obras lineares e para obras pontuais. A seguir serão exemplificados alguns dos modelos de cada uma dessas técnicas utilizadas no município de Belo Horizonte.

#### ❖ ***Técnica compensatória estrutural de Bacias de Detenção***

Segundo Baptista *et al* (2011),

as bacias de detenção são estruturas de acumulação temporária e/ou de infiltração de águas pluviais utilizadas para atender o amortecimento de cheias, a eventual redução de volumes de escoamento superficial (para bacia de infiltração) e, reduzir a poluição difusa de origem pluvial em contexto urbano. (Baptista *et al*, 2011, p. 135)

Na figura 04, uma imagem da bacia de detenção da Lagoa Seca no bairro Belvedere que faz parte da Bacia do Córrego do Cercadinho, pertencente à Macrobacia do Arrudas. Seu principal objetivo foi solucionar os problemas de extravasamento em áreas de subsolo de prédios situadas em vias laterais da bacia. Essa obra beneficiou cerca de quatro mil habitantes e atingindo uma área da bacia de 1.211,70 hectares (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2009).

Figura 04: Bacia de detenção da Lagoa Seca no bairro Belvedere/Belo Horizonte (2009)



Fonte: Arquivo da PBH

#### ❖ ***Técnica compensatória estrutural de Obras Lineares de Trincheiras de Infiltração***

De acordo com Baptista *et al.* (2011) as técnicas lineares apresentam uma dimensão longitudinal significativa em comparação com sua largura e profundidade, geralmente associadas com o sistema viário.

[...] As trincheiras são implantadas junto a superfície ou a pequena profundidade, com a finalidade de recolher as águas pluviais de afluência perpendicular ao seu comprimento, favorecendo a infiltração e/ou o armazenamento temporário [...] podendo ser utilizadas em canteiros centrais e passeios [...] estacionamentos, jardins [...] (Baptista *et al.*, 2011, p. 205).

Na figura 05, a implantação de um projeto experimental de uma trincheira de infiltração próxima ao Parque Lagoa do Nado em BH, entre as ruas Dr. Mário Magalhães e Dominica, visando melhorar o escoamento superficial e reter a carga de sedimentos que assoreava as nascentes dentro do parque.

Em maio de 2010 já havia sido construída uma trincheira de infiltração com um subdimensionamento da área de drenagem de suporte. Em novembro de 2011 foi construída uma trincheira complementar, porém ocorreram problemas de projeto, não suportando nem as baixas precipitações. Tal projeto foi implementado ao lado da via e sem restrições de vazão de entrada numa sequência de quatro trincheiras por causa das árvores existentes.

Figura 05: A foto da direita é a vista a montante; a foto da esquerda é a entrada do escoamento lateral no sistema de trincheiras, ambas em 06/01/2012



Fonte: Arquivo PBH, PMS 2012-2015.

#### ❖ ***Técnica compensatória estrutural de Obras Pontuais de Telhados***

Conforme Baptista *et al.* (2011) as construções aumentam a impermeabilização do solo, portanto a ideia de armazenar de forma provisória as águas pluviais e posteriormente direcioná-las a uma rede ou exutório, auxilia no amortecimento das inundações.

Na figura 06 é ilustrada a técnica de um dos tipos de telhados, o telhado verde, sendo implantado em um edifício do Banco do Brasil em BH. Enfatizando a necessidade do uso de técnicas localizadas onde há falta de espaço disponível, principalmente em centros urbanos.

Figura 06: Implantação de telhado verde no Banco do Brasil – Belo Horizonte



Fonte: Rocha (2011).

### ***3.4 POLÍTICAS DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS URBANOS EM BELO HORIZONTE***

Em maior parte dos bairros de Belo Horizonte, os córregos e ribeirões possuíam no passado o leito e curso natural e estavam localizados próximos de residências tendo, portanto, usos e funções diversificadas, como por exemplo, o uso para recreação e pesca, também como função paisagística. Segundo Borsagli (2016), obras sanitárias realizadas pelo município de BH para cobertura dos cursos d'água tiveram início na década de 20, mas a maioria foi tampado entre os anos de 1963 a 1978 interrompendo as suas funções iniciais.

De acordo com o PMS-BH (2016-2019), Belo Horizonte apresenta um total de 671,5 km em rios e córregos, sendo 207,9 km canalizados e 113,6 km não canalizados conforme a tabela 01. Ou seja, pelo menos 31% da extensão total dos cursos d'águas em Belo Horizonte são atualmente canalizados.

Tabela 01: Resumo dos Quantitativos de Macrodrenagem de Belo Horizonte

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>L (km)</b>
<b>Não canalizado</b>	113,6
<b>Canalizado (aberto + fechado)</b>	207,9
<b>Hidrografia não cadastrada</b>	350,0
<b>TOTAL</b>	<b>671,5</b>

Fonte: Adaptada do PDDBH, 2012.

Os fundamentos que norteiam o município de Belo Horizonte – Minas Gerais – no âmbito da política urbana se encontram no Plano Diretor de Belo Horizonte da Lei nº 7.165/96, que está em vigor desde seu ano subsequente. O PDBH é um instrumento básico para o planejamento e gestão do município, já passado por duas revisões (2000 e 2010) e, atualmente está sofrendo um novo processo de revisão que ajustará o seu conteúdo com a legislação de parcelamento, ocupação e uso do solo em apenas uma única lei. O Projeto de Lei do Novo Plano Diretor (PL 1.749/15) atesta sobre uma maior eficiência no ordenamento territorial com foco no meio ambiente, mobilidade urbana, desenvolvimento econômico e melhora na qualidade de vida dos cidadãos (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2018).

A seguir são descritas as políticas da gestão de recursos hídricos urbanos em Belo Horizonte. Com ênfase nos planos: Plano Diretor de Belo Horizonte (PDBH), Plano de Drenagem Urbana de Belo Horizonte (PDDU-BH), Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte (PMS-BH), Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PMGIRS-BH) e o Programa de Recuperação Ambiental de Belo Horizonte (DRENURBS).

### **3.4.1 Plano Diretor de Belo Horizonte**

No Plano Diretor de Belo Horizonte de 1996 foi elaborado os planos regionais do município que são divididos em nove regionais sob a coordenação da SUPLAN (Subsecretaria de Planejamento Urbano), sendo elas: Barreiro, Centro-Sul, Leste, Nordeste, Noroeste, Norte, Oeste, Pampulha, e Venda Nova. E para cada uma destas regiões administrativas há um Plano Diretor correspondente que visa o planejamento e gestão local (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2018).

Figura 07: Fluxograma do contexto histórico do Plano Diretor de BH



Fonte: Adaptado da PBH, 2018.

Ainda em trâmite desde 2015, conforme a figura 07, o Projeto de Lei do Novo Plano Diretor (PL 1.749/15) aprova o plano diretor do município de Belo Horizonte e apresenta providências importantes relacionadas à política urbana, desenvolvimento, sustentabilidade, uso e ocupação do solo, mobilidade, saneamento e drenagem.

Além do Plano Diretor Municipal, o município de Belo Horizonte dispõe de outras políticas públicas para a gestão dos recursos hídricos, abordadas conseqüente.

### 3.4.2 Plano Diretor de Drenagem Urbana de Belo Horizonte (PDDU-BH)

Além do Plano Diretor, a Prefeitura de Belo Horizonte possui outro instrumento legal relacionado aos recursos hídricos: o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Belo Horizonte (PDDU-BH). Os principais objetivos do PDDUBH se baseiam em estudos preliminares, cadastro das redes de micro e macrodrenagem, implementação do SIG-SUDECAP, caracterização das sub-bacias elementares e, diagnóstico estrutural da rede de macrodrenagem (PDDUBH, 2002). Deve-se ainda ressaltar que o PDDU-BH foi dividido em duas etapas distintas.

A Primeira Etapa do PDDUBH foi elaborada pela Magna Engenharia LTDA no final do ano de 2000 e início do ano 2001, constando o desenvolvimento de sete volumes que compõem o

produto desta Primeira Etapa e, o conhecimento real do sistema de drenagem. Sendo eles: Volume I: Análise Integrada do Sistema de Drenagem de Belo Horizonte (Anexos); Volume II: Caracterização das Bacias Elementares (Anexos); Volume III: Cadastro de Macrodrenagem; Volume IV: Caracterização Estrutural da Rede de Macrodrenagem (Tomo I – Caracterização Estrutural e Plano de Ação; Tomo II – Diagnóstico Estrutural da Bacia do Ribeirão Arrudas; Tomo III – Diagnóstico Estrutural da Bacia do Ribeirão da Onça); Volume V: Cadastro de Microdrenagem; Volume VI: Sistema de Informações Geográficas da SUDECAP; Volume VII: Plano da Qualidade (PDDUBH, 2002).

A Segunda Etapa do PDDUBH iniciou-se em 2007 dedicada às propostas de intervenção, controle e gestão do sistema de drenagem. Tendo como premissas o monitoramento da qualidade das águas, o programa de monitoramento hidrológico e alerta contra inundações nas bacias dos ribeirões Arrudas e Onça. Em 2008 foi concluída a modelagem matemática, hidrológica e hidráulica do sistema de macrodrenagem nas bacias supracitadas e houve a criação da Carta de Inundação de Belo Horizonte. Já no ano de 2010 foi concluído um novo Modelo de Gestão Integrada das Águas Urbanas e, uma expansão do SIG-Drenagem (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO DE BELO HORIZONTE, 2012-2015).

Conforme o Volume I do PDDUBH, os principais fundamentos que permeiam o PDDU-BH são: interdependência setorial; não ampliação da cheia natural; não transferência de impactos entre bacias; conhecimento do funcionamento real do sistema; compatibilidade do planejamento das expansões e dos adensamentos urbanos com as diretrizes de drenagem; adoção de medidas estruturais e não-estruturais visando o controle da drenagem urbana; valorização das águas naturais; estabelecimento do processo de gestão; participação comunitária; formação técnica profissional e; atribuição de ônus financeiro aos responsáveis pela ampliação dos escoamentos na cidade.

O PDDU-BH também visa o monitoramento hidrológico e o alerta contra inundações. O início do monitoramento de alerta se deu em setembro de 2011 nos quais foram pré-determinados cada nível de alerta das estações fluviométricas conforme a porcentagem atingida pela altura da água. Foi decidido então que o alerta amarelo seria dado quando a vazão atingir 50% da altura do canal fechado ou da restrição, no canal aberto; o alerta laranja com 80% da altura do canal fechado ou da restrição, no canal aberto e; o alerta vermelho com extravasamento do curso d'água (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO DE BELO HORIZONTE, 2016-2019).

Houve ainda a criação e manutenção do software BDH (Banco de Dados Hidrológicos) pela SUDECAP que possibilitou uma visualização geográfica de todas as 42 estações (pluviométricas, climatológicas, limnimétricas e as redes provisórias para calibração) instaladas, permitindo um acompanhamento em tempo real atualizados a cada 10 minutos. A Comdec (Coordenadoria Municipal de Defesa Civil) é responsável pela emissão dos alertas contra inundações e permite analisar os efeitos de uma precipitação sobre um curso de água, sendo subsidiados pelo BDH (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO DE BELO HORIZONTE, 2012-2015).

Na implementação do sistema de SIG de Drenagem coexistem 98 bacias elementares no município que precisam ser cadastradas e monitoradas segundo suas áreas susceptíveis a inundação. Com o advento das tecnologias foi possível a criação do SIG-Drenagem BH (Sistema de Informações Geográficas da PBH) para gerenciar o Sistema de Drenagem Municipal, permitindo uma maior integração de todos os dados entre os órgãos responsáveis pela infraestrutura do Município. Seus objetivos específicos se definem em novos cadastros das redes de macro e microdrenagem, a criação do SIG-Drenagem BH Web para acesso via *intranet* dos gestores e técnicos da PBH, uma ferramenta eficiente de gestão da drenagem urbana e, uma metodologia de atualização de dados através dos aplicativos *desktop* (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO DE BELO HORIZONTE, 2016-2019).

As informações contidas no SIG-Drenagem BH disponíveis para a consulta de usuários são: levantamento cadastral da macro e microdrenagem, a hidrografia não cadastrada, fotos de campo da drenagem, bacias hidrográficas, elementares e sub-bacias, fichas cadastrais das seções, seções dos canais em leito natural, manchas e cartas de inundação, declividades, sondagem e diagrama de canais, dentre outras camadas para consulta. A interface do sistema desenvolvido com tecnologia Java e que acessa o banco de dados *Oracle spatial*, contém os mapas da *ArcGIS Server* da *ESRI* e possui dois componentes para acesso aos dados: o SIG-Drenagem BH *desktop* e o SIG-Drenagem BH *web*. (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO DE BELO HORIZONTE, 2016-2019).

O maior desafio é a atualização frequente dos cadastros, visando a intensa capacitação da equipe técnica e, a dificuldade de se ter acesso a áreas particulares que ainda não consta cadastro no SIG-Drenagem, podendo ocorrer um colapso de redes no interior de um quarteirão (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO DE BELO HORIZONTE, 2016-2019).

Já a criação das Cartas de Inundações em 2009 para a identificação de áreas potencialmente suscetíveis a inundações, compõe-se num instrumento de macroplanejamento do município sem a definição de cotas altimétricas. Devido ao uso e ocupação do solo, bem como os sistemas de drenagem, sofrerem alterações frequentemente, é possível notar que a geometria das manchas de inundações na Carta de Inundações de 2009 é dinâmica. Destaca-se que as inundações fazem parte de um processo natural, e não é possível executar obras que eliminem os riscos decorrentes das inundações (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO DE BELO HORIZONTE, 2016-2019).

As perspectivas de desenvolvimento futuro do PDDU-BH são amplas, levando em consideração todas as premissas estabelecidas para gestão das águas urbanas no Município. Sendo que suas principais ações são: gestão e efetivação do sistema de drenagem urbano, informações em tempo real, novas ferramentas do sistema de alertas, calibração de modelos, manutenção e suporte do SIG-Drenagem, monitoramento hidrológico, e do sistema de alerta. (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO DE BELO HORIZONTE, 2016-2019).

### **3.4.3 Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte (PMS-BH)**

O PMS-BH teve sua gênese através da aprovação da Lei 8.260 de dezembro de 2001 que estabelecia a Política Municipal de Saneamento. O PMS do quadriênio 2016-2019 foi publicado em novembro de 2016, dividido em dois volumes: o Volume I apresenta as fundamentações teóricas, diagnósticos e metodologias, já o Volume II contém as ilustrações gráficas do PMS (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO DE BELO HORIZONTE, 2016-2019).

O PMS consistiu em definir os indicadores e critérios de priorização, sendo um processo dinâmico e participativo de planejamento e monitoramento das ações de saneamento em BH. O órgão responsável pela aprovação e fiscalização desse plano é o COMUSA (Conselho Municipal de Saneamento). O plano aborda o diagnóstico detalhado do sistema de abastecimento de água dos oito sistemas produtores que abastecem BH e trabalham integrados entre si. Também abrangendo o PMGIRS (Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos) no diagnóstico do sistema de esgotamento sanitário com ênfase no monitoramento de corpos receptores, na manutenção preventiva em redes e interceptores, Programa Caça-Esgoto e PRECEND (Programa de Recebimento e Controle de Efluentes Não Domésticos). Além disso, analisa a limpeza urbana desde a caracterização dos resíduos, destinação, coleta, até os serviços de limpeza de córregos, vias, logradouros e

outros complementares (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO DE BELO HORIZONTE, 2016-2019).

No PMS 2016-2019 foram instituídas metas para a ampliação da cobertura pelos serviços de esgotamento sanitário e drenagem urbana. Deve-se ressaltar que, apesar de serem planos e políticas distintas, há certa integração entre os mesmos. Para elucidar a afirmativa têm-se como exemplo o embasamento do sistema de drenagem urbana no PDDU-BH e, no controle de vetores na Zoonose - doenças naturalmente transmissíveis entre animais e seres humanos - descritas desde 1943. Portanto, todos os planos que tangem um município devem se manter integrados para atingir os seus objetivos de forma factível. (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO DE BELO HORIZONTE, 2016-2019).

#### **3.4.4 Programa de Recuperação Ambiental de Belo Horizonte (DRENURBS)**

O DRENURBS originou-se do PDDU-BH através de princípios adequados para preservar a condição natural dos leitos de escoamento dos cursos d'água. Apesar do melhor cenário ser retomar o estado original dos cursos, o DRENURBS destaca a impossibilidade dessa retomada, porém recomenda práticas de renaturalização para a inserção dos cursos de água na paisagem das cidades (COMUSA PBH, 2010).

É importante destacar que houve a adesão do DRENURBS pelo programa Soluções para Cidades, o qual tem como fundamento apoiar os municípios no desenvolvimento das áreas de Saneamento, Mobilidade, Habitação e Espaços Públicos. Dentro desse contexto, os principais objetivos delimitados por esses dois programas são: despoluir 140 quilômetros de cursos d'água, diminuir os riscos de inundações, controlar a produção de sedimentos, integrar os recursos hídricos naturais a urbanização, fortalecer institucionalmente a Prefeitura de Belo Horizonte (SOLUÇÕES PARA CIDADES, ca. 2012).

Por causa da adesão do DRENURBS no programa Soluções para Cidades, foram escolhidas 47 dentre as 98 bacias hidrográficas do município em que os seus cursos d'água principais estão em condições naturais e estão inseridos em áreas de adensamento populacional. Assim, em julho de 2004 a PBH assinou com o BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento) um empréstimo para financiar intervenções em cinco das quarenta e sete bacias apontadas. Os principais componentes financiados do projeto são embasados na engenharia e administração, obras, gestão urbana, ambiental e social (COMUSA PBH, 2010). Na primeira etapa do programa já foram concluídas intervenções em quatro das cinco bacias até 2012, possibilitando estender as diretrizes para as bacias restantes nas próximas

etapas do DRENURBS (SOLUÇÕES PARA CIDADES, ca. 2012).

Uma das intervenções que foi abordada no projeto foi a criação de parques lineares que tiveram como objetivos o atendimento a interesses voltados para planejamentos de recuperação ambiental ao longo de cursos d'água; espaços recreacionais; corredores naturais de espécies; rotas cênicas ou históricas, ao longo de estradas, rodovias, rios e lagos; redes de parques; dentre outras opções que acabam criando infraestruturas verdes alternativas para a conservação ambiental (SOLUÇÕES PARA CIDADES, ca.2012).

#### **3.4.5 Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PMGIRS-BH)**

O PMGIRS-BH é um instrumento de planejamento estratégico que visa uma cidade sustentável e limpa para os cidadãos. O PMGIRS-BH teve início em outubro de 2014 coordenado pela SLU (Superintendência de Limpeza Urbana) baseando-se na PNRS (Lei 12.305 de 2010, Política Nacional dos Resíduos Sólidos). As diretrizes e estratégias do plano permeiam grandes lacunas e desafios nos quais são propostas metas e ações para tentar sanar as deficiências no manejo de cada resíduo (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2018).

Algumas áreas temáticas do PMGIRS-BH a serem desenvolvidas para o alcance das estratégias propostas podem ser citadas, como por exemplo: educação ambiental, mobilização social, comunicação, mecanismos de controle, integração, sustentabilidade financeira e ambiental, modernização, são algumas das áreas temáticas a serem desenvolvidas para o alcance das estratégias propostas. Não obstante, o sistema de drenagem urbana está diretamente ligado ao PMGIRS com serviços relacionados à limpeza de dispositivos de drenagem pluvial, minimizando por exemplo, o entupimento de tubulações de redes de esgoto (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2018).

A importância da PMGIRS nos sistemas de drenagem urbana baseia-se na necessidade de diminuir a quantidade de resíduos dispostos de forma inadequada no meio ambiente com o intuito de evitar o entupimento dos sistemas de drenagem. A obstrução dos canais de drenagem pode ocasionar e/ou intensificar os eventos de enchentes e inundações. Ainda deve-se ressaltar que os resíduos podem contaminar os recursos hídricos bem como contribuir para a proliferação de pragas e doenças de veiculação hídrica. A disposição final adequada dos resíduos contribui para a diminuição substancial das inundações e dos gastos públicos.

#### 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos de pesquisa de acordo com Fantinato (2015) são classificados dentro de cinco áreas de estudo: abordagens da pesquisa, procedimentos técnicos, fonte de informação, técnicas de coleta de dados e técnicas de análise dos dados. A abordagem de pesquisa inclui gênero, objetivo, abordagem e natureza.

Para o presente estudo o gênero adotado é a teórica, pois visa à reconstrução de conceitos para aperfeiçoar os fundamentos teóricos, criando apenas um possível cenário de intervenção, mas não a intervenção em si. O objetivo é considerado descritivo por já se conhecer o assunto, mas se quer descrever fatos da realidade. A abordagem é mista (quali-quantitativa), pois apresentam dados não métricos, com características subjetivas e, expõe a quantificação de alguns dados no estudo de caso. E a sua natureza é de cume aplicada, porquanto se destina a solução de problemas reais e específicos.

A segunda área destacada por Fantinato (2015) é a de procedimentos técnicos nos quais o enfoque deste estudo é a pesquisa bibliográfica e a pesquisa de estudo de caso. A primeira aborda o levantamento da revisão na literatura para permitir conhecer a base do assunto, com o objetivo de aprofundar no problema vigente (2015 *apud* FONSECA, 2002, p. 32). Já o segundo enfatiza o estudo do Córrego Cachoeirinha/ Belo Horizonte, procurando descobrir os aspectos e características no qual se pretende abordar de maneira interpretativa sem que haja intervenções (2015 *apud* FONSECA, 2002, p. 33).

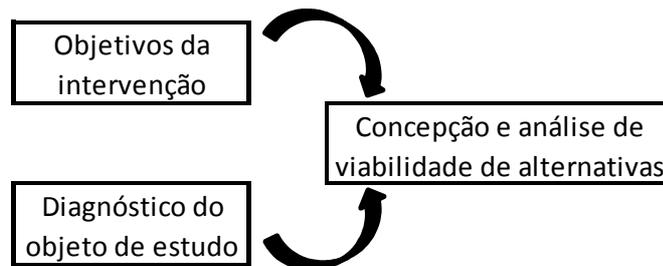
A fonte da informação advém de pesquisas bibliográficas, bem como de trabalho de campo com a utilização de câmera fotográfica. As técnicas ou instrumentos de coletas de dados se basearam na observação. E as técnicas de análise de dados são de análise do conteúdo e utilização de *check-list* para dados quantitativos.

Para o estudo de caso e o evento do Rio Cheonggyecheon da cidade de Seul, capital da Coréia do Sul, também foi utilizado o método comparativo segundo Fachin (2001) com o intuito de analisar os fatos de acordo com as semelhanças e diferenças dos casos. Permitindo uma visão geral e fragmentada dos elementos comuns para a averiguação de caráter indireto.

Na primeira parte desta pesquisa foi realizado um estudo de caso do Córrego Cachoeirinha com o emprego da metodologia de orientação de processos decisórios relativos a intervenções em cursos de água urbanos segundo Cardoso (2012). As etapas desse

processo que será utilizado para caracterizar a situação atual do córrego Cachoeirinha, consistem na determinação dos objetivos de intervenção, diagnóstico e concepção, conforme figura 08. Tendo como embasamento o nível de degradação do sistema fluvial e as condições urbanas da sua área de inserção.

Figura 08: Fluxograma sintético da metodologia proposta



Fonte: Adaptado de Cardoso (2012).

#### ❖ **Etapa Objetivos da Intervenção**

Nesta etapa são definidas as premissas para alcançar as possíveis intervenções para a revitalização do curso d'água. A partir do diagnóstico do córrego, aspectos fluviais e ambientais, e do meio circundante, condições da bacia e áreas marginais, é possível analisar uma viabilidade integradora entre a avenida sanitária e o meio ambiente.

A concepção de alternativas leva em consideração apenas uma análise qualitativa das técnicas compensatórias de drenagem. Propondo a infraestrutura e criação de áreas de recreação, visando à redução das ocorrências de inundações e consecutivos danos sociais.

#### ❖ **Etapa Diagnóstico do Objeto de Estudo**

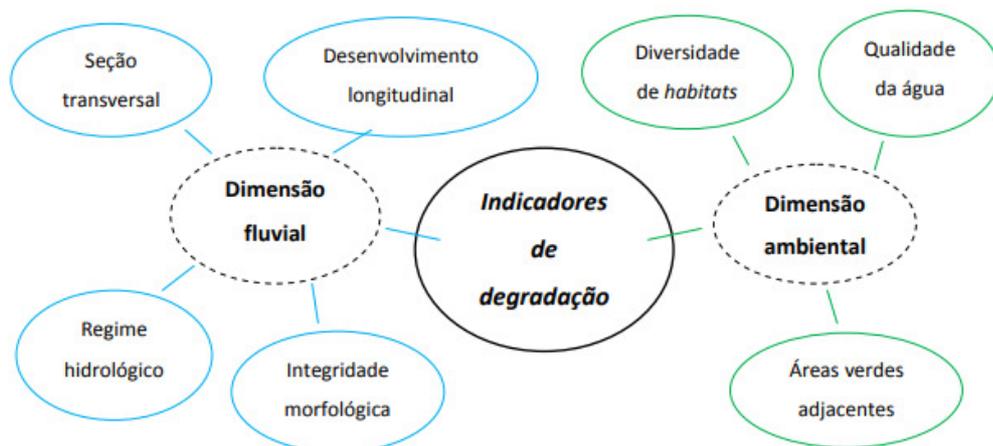
Esta etapa consiste no diagnóstico das condições fluviais e ambientais do Córrego Cachoeirinha. Abrangendo a delimitação da área da bacia/sub-bacia, identificação da rede de drenagem, divisão do curso d'água em dois trechos homogêneos e o diagnóstico de cada trecho.

A delimitação da bacia/sub-bacia consente na visão holística no qual o córrego está inserido. E a identificação da rede de drenagem foi obtida através de dados da SUDECAP do PDDUBH de macrodrenagem de Belo Horizonte.

A divisão da área de estudo em dois trechos homogêneos ocorreu devido a dimensões aproximadas e principalmente por causa da mudança significativa das características das seções do canal do córrego. Não obstante, o revestimento do canal e as condições de uso e ocupação do solo também se enquadraram como avaliadoras.

O diagnóstico dos trechos em relação aos aspectos fluviais e ambientais foi realizado por meio de observação da área de estudo de acordo com a ficha do Anexo 1 do método adotado por Cardoso (2012). E através da avaliação de indicadores referentes ao nível de degradação ambiental e fluvial conforme Anexo 2 e 3 também de acordo com o modelo de Cardoso (2012). Abaixo, na figura 09, uma ilustração esquemática dos indicadores envolvidos nas análises.

Figura 09: Indicadores para avaliação do nível de degradação de cursos de água de acordo com as dimensões fluvial e ambiental



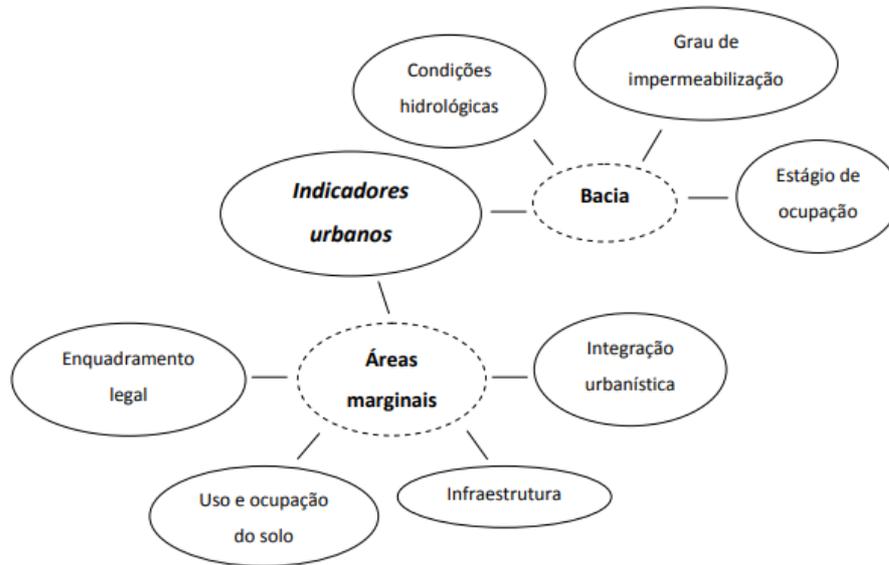
Fonte: Cardoso, 2012.

O enquadramento de cada indicador pressupõe a relação entre eles, relevando um procedimento de dimensões consideradas fáceis de estruturar um raciocínio que orienta a análise.

Conforme o Anexo 3, a identificação da condição atual de cada indicador varia em uma escala de degradação composta de cinco níveis: ausente, baixa, média, alta e muito alta. A escala considera o possível caminho de evolução/degradação dos aspectos fluviais e ambientais analisados, partindo de uma condição genérica de referência natural até um estado de significativa modificação do quesito considerado.

Na etapa de diagnóstico do meio urbano foram contempladas duas linhas de análise. A primeira tem como premissa os aspectos relacionados ao uso e ocupação do solo da bacia. E a segunda linha se baseia nas áreas marginais do córrego, conforme a figura 10 abaixo.

Figura 10: Indicadores para análise do diagnóstico do meio urbano



Fonte: Cardoso, 2012.

Bem como o diagnóstico das condições fluviais e ambientais do curso de água, a ficha no Anexo 4 tem como função avaliar os aspectos urbanísticos de maior relevância a serem levantados em campo e em outras fontes de consulta.

Para os indicadores urbanos de áreas marginais foram considerados os temas conforme tabela 02 abaixo.

Tabela 02: Temas de análise e itens de interesse para avaliação das áreas marginais ao curso de água

Tema de Análise	Itens de Interesse
<b>Enquadramento Legal</b>	Legislação, planos e programas
	Situação fundiária
<b>Uso e Ocupação de Solo</b>	Nível de ocupação/antropização do entorno
	Uso do solo
	Áreas de risco
<b>Infraestrutura Urbana</b>	Sistemas de articulação e transporte
	Redes de saneamento, telefonia, gás, etc
<b>Integração Urbanística</b>	Interação entre o curso de água e sua área de entorno
	Relação entre o curso de água e a população

Fonte: adaptado de Cardoso, 2012.

O cenário de intervenção construído a partir das informações supracitadas permite a constituição de uma imagem clara e realista da área para a qual deverão ser idealizadas alternativas de viabilidade de avenidas sanitárias integradas ao meio ambiente.

#### ❖ **Etapa Concepção e Análise de Viabilidade de Alternativas**

Após a determinação dos objetivos e a fundamentação do cenário de intervenção, a concepção de alternativas será o cruzamento dos dados abordados. Será considerada de forma qualitativa a elaboração de propostas que atendem os aspectos urbanísticos, ambientais e sociais apenas concernentes a técnicas compensatórias de drenagem urbana.

Em relação às viabilidades econômicas, urbanísticas e tecnológicas não serão abordados neste estudo. Bem como os custos sociais e de implantação, manutenção e operação, que são concernentes em outras fontes de estudo. Assim a proposta consistirá em avaliar a viabilidade de alternativas mediante metodologia comparativa qualitativamente com outro estudo de caso.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

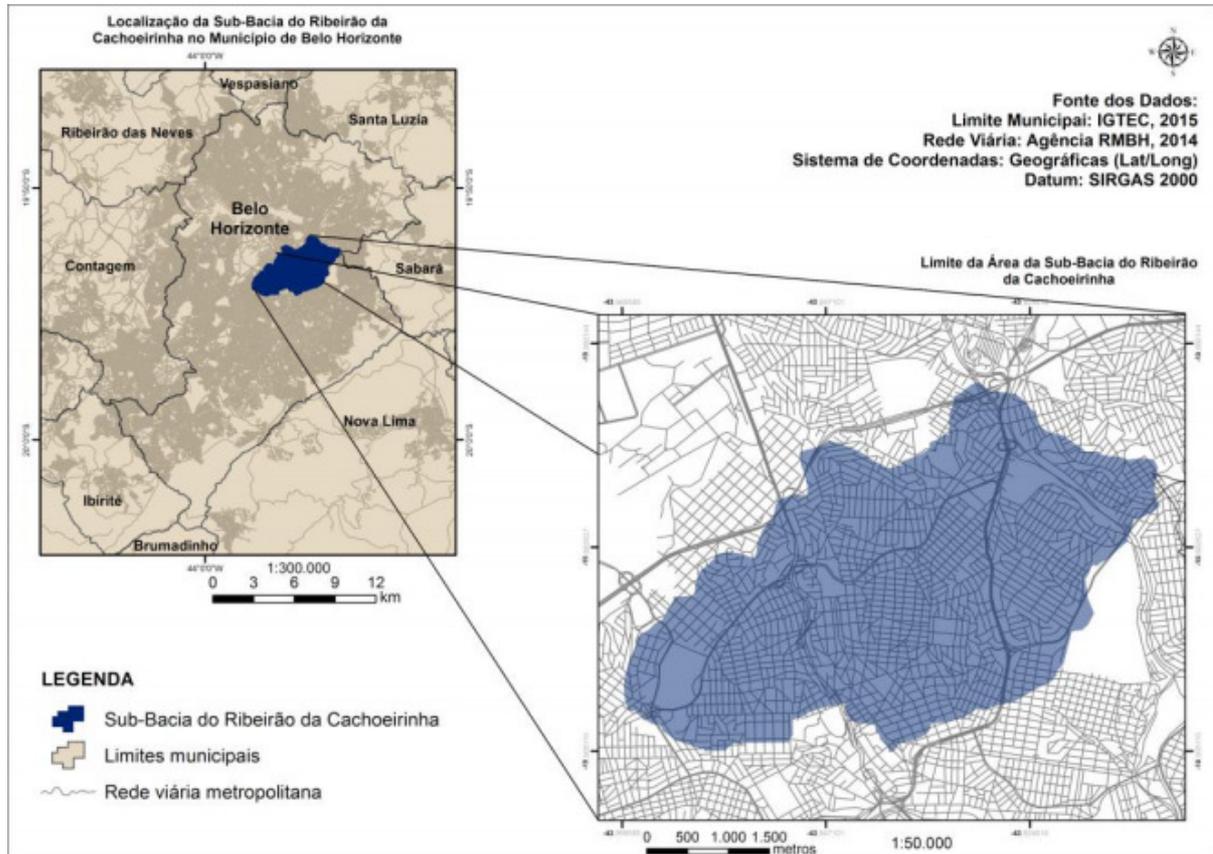
Como parte dos resultados, a bacia do Córrego Cachoeirinha, na cidade de Belo Horizonte, serviu como estudo de caso para aplicação da metodologia proposta por Cardoso (2012). E para o método comparativo foi utilizado o evento do Rio Cheonggyecheon da cidade de Seul, capital da Coreia do Sul.

### ***5.1 ESTUDO DE CASO DO CÓRREGO CACHOEIRINHA EM BELO HORIZONTE/MG***

#### ❖ **Descrição Geral do Córrego Cachoeirinha**

De acordo com a metodologia apresentada no capítulo 4, foi aplicada a um estudo de caso no Córrego Cachoeirinha. O córrego está inserido na Bacia do Onça localizado na Avenida Bernardo Vasconcelos, no qual foi canalizado no ano de 1972, entre os bairros Cachoeirinha, Santa Cruz e Ipiranga na região Nordeste de Belo Horizonte/MG conforme figura 11.

Figura 11: Localização da Sub-Bacia Hidrográfica do Córrego Cachoeirinha no município de Belo Horizonte



Fonte: Ladislau *et al*, 2017.

Segundo a PBH (2017) a bacia do córrego possui uma área de 15,79 km<sup>2</sup> onde, estão implantadas duas estações de monitoramento hidrológico que fazem parte do Sistema de Monitoramento Hidrológico e do Alerta Contra Inundações de BH (citado no capítulo 3). Uma estação fluviométrica (sigla: 13F) e uma pluviométrica (sigla: 14P) instalada no Pátio da SUDECAP no bairro Cachoeirinha.

Segundo o Estado de Minas (2018) o Ministério das Cidades permitiu estudos de viabilidade técnica e o detalhamento de projetos de drenagem e saneamento básico em três cursos d'água da capital mineira. Dentre esses cursos d'água têm-se o Córrego Cachoeirinha, no qual serão necessárias obras de grande complexidade.

A estação pluviométrica do Córrego Cachoeirinha está localizada no Pátio de Manutenção da Sudecap na Rua José Sebastião Dalher, 1340, Bairro Caiçara/ Regional Noroeste. Enquanto a estação linimétrica está na Avenida Bernardo Vasconcelos, próximo à Rua Pio XI, Bairro Ipiranga/ Regional Nordeste. O trecho delimitado no presente estudo contém apenas a Estação Linimétrica conforme figura 12.

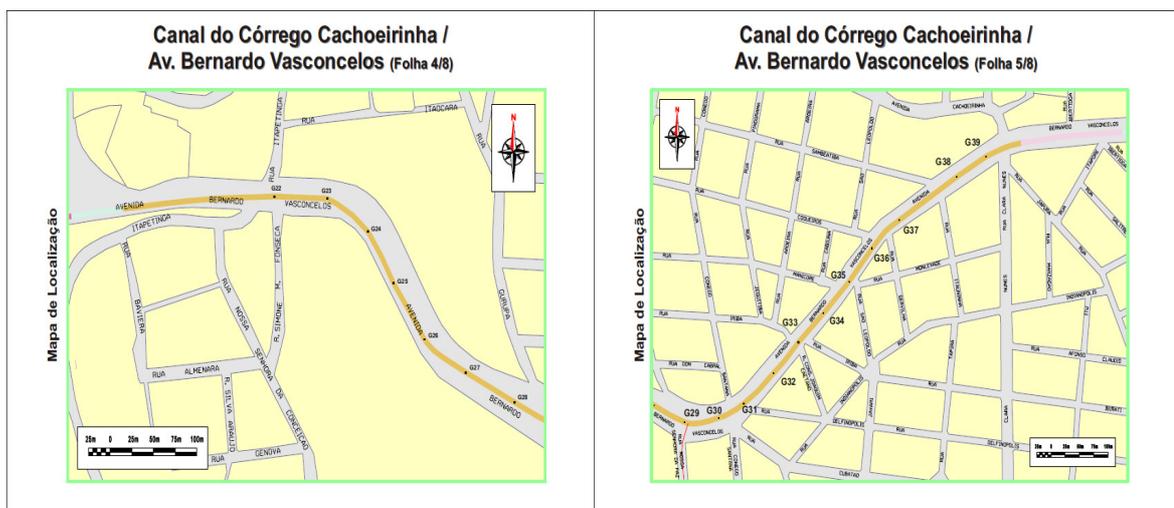
Figura 12: Imagem de satélite da área de estudo com a subdivisão do Córrego Cachoeirinha em trechos homogêneos e a estação limnimétrica



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2018.

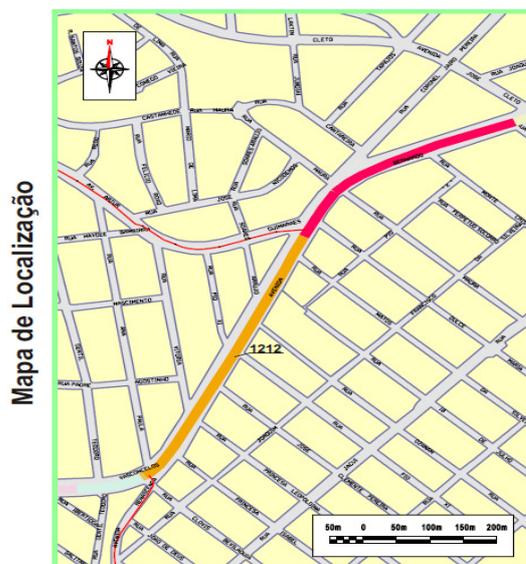
O sistema de macrodrenagem do córrego será subdividido em dois trechos homogêneos, no primeiro será usada a nomenclatura de “Trecho Fechado” no qual o canal está completamente revestido com a seção fechada. E o segundo trecho o canal está revestido, porém com a seção aberta, nomeando-o de “Trecho Aberto”, ambos mostrados na Figura 12. A rede de macrodrenagem da bacia do córrego Cachoeirinha está representada nas figuras 13 e 14 com os trechos relativos à área de estudo.

Figura 13: Sistema de macrodrenagem da área de estudo do Córrego Cachoeirinha, trecho fechado



Fonte: PDDU-BH, 2002.

Figura 14: Sistema de macrodrenagem da área de estudo do Córrego Cachoeirinha, trecho aberto



Fonte: PDDU-BH, 2002.

A escolha desses trechos perfaz a necessidade da (re)integração do córrego com o meio urbano através de uma análise quali-quantitativa dos aspectos concernentes ao uso e ocupação do solo de formas distintas. Ademais sugere uma real possibilidade de reabertura de parte do seu trecho.

#### ❖ **Determinação dos objetivos da intervenção**

A proposta de intervenção no Córrego Cachoeirinha na região Nordeste de Belo Horizonte tem dois objetivos principais. O primeiro objetivo é a integração do córrego com as áreas de entorno através de espaços de lazer para a sociedade. Por si só, a presença da água já representa real significado para a conscientização de cada comunidade em preservar os cursos d'água, além de melhorar o paisagismo local.

O segundo objetivo ressalta o amortecimento das inundações das avenidas sanitárias por meio de técnicas compensatórias de drenagem urbana. Não necessariamente, a utilização de obras hidráulicas irá resolver as questões hidrológicas, abrindo novos caminhos para outras medidas que abrangem métodos eficientes, sustentáveis e integrados ao meio urbanístico.

A concepção das pessoas em relação ao meio ambiente pode ser reversível com a própria mudança do meio. Comunidades que outrora apresentassem topofobia – aversão à paisagem – devido aos maus odores, falta de estética dentre outros, poderiam vir a ser





Aspectos fluviais e ambientais				
<b>Condições Hidrológicas</b>				
Período em que o levantamento foi realizado <input checked="" type="checkbox"/> seco <input type="checkbox"/> chuvoso				
Chuva nas últimas 24 horas <input checked="" type="checkbox"/> nenhuma <input type="checkbox"/> fraca <input type="checkbox"/> forte <input type="checkbox"/> constante <input type="checkbox"/> intermitente				
Regime de escoamento quando do levantamento de campo <input type="checkbox"/> torrencial <input checked="" type="checkbox"/> fluvial				
<b>Frequência de inundações com danos</b>				
inexistente <input type="checkbox"/>	raras ou pouco frequentes <input type="checkbox"/>	ocasionais – entre 2 e 10 anos <input type="checkbox"/>	frequentes – 1 vez ao ano <input type="checkbox"/>	Muito frequentes – mais de 1 vez ao ano <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Dimensões</b>				
Extensão: ~1,55Km		Largura média: 3,00m	Profundidade média: 6,0 < Pcanal < 7,0	
Declividade: <input checked="" type="checkbox"/> baixa <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> alta		Perfil longitudinal:		Desnível:
<b>Tipo de Vale</b>				
encaixado <input checked="" type="checkbox"/>	semi-encaixado <input checked="" type="checkbox"/>		vale aberto <input type="checkbox"/>	
	planície simétrica <input type="checkbox"/>	Planície assimétrica <input type="checkbox"/>	planície simétrica <input type="checkbox"/>	planície assimétrica <input type="checkbox"/>
<b>Sinuosidade</b>				
<input type="checkbox"/> natural <input type="checkbox"/> pouco alterada <input type="checkbox"/> medianamente alterada <input checked="" type="checkbox"/> muito alterada/retificada				
		(X)		
<b>Seção</b>				
<b>Revestimento</b>				
seção não revestida		seção revestida		
natural <input type="checkbox"/>	alterada <input type="checkbox"/>	uma margem <input type="checkbox"/>	ambas margens <input type="checkbox"/>	leito e margens <input type="checkbox"/>
				seção fechada <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Substrato do leito e cobertura das margens</b>				
<input type="checkbox"/> silto-argiloso <input type="checkbox"/> silto-arenoso <input type="checkbox"/> areia <input type="checkbox"/> seixo/pedregulho <input type="checkbox"/> rocha <input type="checkbox"/> grama <input type="checkbox"/> vegetação <input type="checkbox"/> geotêxtil <input type="checkbox"/> enrocamento de pedra lançada/arrumada <input type="checkbox"/> enrocamento de pedra argamassada <input type="checkbox"/> cribwall <input type="checkbox"/> gabião saco/manta <input type="checkbox"/> gabião caixa <input checked="" type="checkbox"/> concreto <input type="checkbox"/> outro .....				
<b>Integridade morfológica</b> <input checked="" type="checkbox"/> estável <input type="checkbox"/> instável				
alargamento/ <input checked="" type="checkbox"/> aprofundamento	solapamento <input type="checkbox"/>	deslizamento <input type="checkbox"/>	assoreamento <input type="checkbox"/>	erosão <input type="checkbox"/>

<b>Alterações na calha</b>				
nenhuma ( )	bermas ( ) 	reforço/contenção ( ) 	barragem ( ) 	outra (X) Concretada
<b>Vegetação marginal</b> (m.e.: margem esquerda m.d.: margem direita)				
densa 	contínua 	esparsa 	rasteira 	inexistente 
( ) m.e. ( ) m.d.	( ) m.e. ( ) m.d.	( ) m.e. ( ) m.d.	(X) m.e. (X) m.d.	( ) m.e. ( ) m.d.
<b>Diversidade de habitats no canal</b>				
( ) nenhuma (X) baixa ( ) média ( ) alta				
<b>Aspectos de qualidade da água</b>				
( ) sem alterações visíveis ( ) presença de esgotos – lançamentos visíveis (x) presença de esgotos – lançamentos não visíveis (x) presença de resíduos sólidos ( ) presença de material em suspensão				

Fonte: adaptado de Cardoso (2012)

A ficha de diagnóstico do trecho fechado mostrada acima apresenta os aspectos gerais, fluviais e ambientais na extensão de aproximadamente 1,55 km do Córrego Cachoeirinha. Sendo demonstradas suas condições hidrológicas, dimensões, tipo de seção, vegetação nas margens, diversidade de *habitats* no canal e aspectos de qualidade da água.

Figura 17: Ficha de diagnóstico do Trecho Aberto

<b>INFORMAÇÕES SOBRE O CURSO DE ÁGUA</b>	
<b>Aspectos Gerais</b>	
<b>Nome:</b> Córrego Cachoeirinha <b>Trecho:</b> Aberto <b>Data:</b> 15/06/2018 <b>Responsável:</b> Carolina Cramer	
<b>Identificação do Trecho:</b>	
<b>Aspectos fluviais e ambientais</b>	
<b>Condições Hidrológicas</b>	
<b>Período em que o levantamento foi realizado</b> (X) seco ( ) chuvoso	
<b>Chuva nas últimas 24 horas</b> (X) nenhuma ( ) fraca ( ) forte ( ) constante ( ) intermitente	
<b>Regime de escoamento quando do levantamento de campo</b> ( ) torrencial (X) fluvial	
<b>Frequência de inundações com danos</b>	

inexistente ( )	raras ou pouco frequentes ( )	ocasionais – entre 2 e 10 anos ( )	frequentes – 1 vez ao ano ( )	Muito frequentes – mais de 1 vez ao ano ( X )
<b>Dimensões</b>				
<b>Extensão:</b> ~1,1Km		<b>Largura média:</b> 3,0m		<b>Profundidade média:</b> 6,0<Pcanal<7,0
<b>Declividade:</b> ( X ) baixa ( ) média ( ) alta			<b>Perfil longitudinal:</b>	<b>Desnível:</b>
<b>Tipo de Vale</b>				
encaixado ( X )	semi-encaixado ( )		vale aberto ( )	
	planície simétrica ( x ) 	Planície assimétrica ( ) 	planície simétrica ( ) 	planície assimétrica ( ) 
<b>Sinuosidade</b>				
( ) natural ( ) pouco alterada ( ) medianamente alterada ( X ) muito alterada/retificada				
<b>Seção</b>				
<b>Revestimento</b>				
seção não revestida		seção revestida		
natural ( )	alterada ( )	uma margem ( ) 	ambas margens ( ) 	leito e margens ( X ) 
		seção fechada ( ) 		
<b>Substrato do leito e cobertura das margens</b>				
( ) silto-argiloso ( ) silto-arenoso ( ) areia ( ) seixo/pedregulho ( ) rocha ( ) grama ( ) vegetação ( ) geotêxtil ( ) enrocamento de pedra lançada/arrumada ( ) enrocamento de pedra argamassada ( ) cribwall ( ) gabião saco/manta ( ) gabião caixa ( X ) concreto ( ) outro .....				
<b>Integridade morfológica</b> ( X ) estável ( ) instável				
alargamento/ ( X ) aprofundamento 	solapamento ( ) 	deslizamento ( ) 	assoreamento ( ) 	erosão ( ) 
<b>Alterações na calha</b>				
nenhuma ( )	bermas ( ) 	reforço/contenção ( ) 	barragem ( ) 	outra ( X ) Concretada
<b>Vegetação marginal</b> (m.e.: margem esquerda m.d.: margem direita)				
densa 	contínua 	esparsa 	rasteira 	inexistente 
( ) m.e. ( ) m.d.	( ) m.e. ( ) m.d.	( ) m.e. ( ) m.d.	( ) m.e. ( ) m.d.	( X ) m.e. ( X ) m.d.
<b>Diversidade de habitats no canal</b>				
( ) nenhuma ( X ) baixa ( ) média ( ) alta				
<b>Aspectos de qualidade da água</b>				
( ) sem alterações visíveis ( X ) presença de esgotos – lançamentos visíveis ( X ) presença de esgotos – lançamentos não visíveis ( X ) presença de resíduos sólidos ( X ) presença de material em suspensão				

Fonte: adaptado de Cardoso (2012).

A ficha de diagnóstico do trecho aberto supracitada também apresenta os aspectos gerais, fluviais e ambientais na extensão de aproximadamente 1,1 km do Córrego Cachoeirinha. Assim, também demonstrando suas condições hidrológicas, dimensões, tipo de seção, vegetação nas margens, diversidade de *habitats* no canal e aspectos de qualidade da água.

O diagnóstico dos trechos relativos às condições fluviais e ambientais avaliados foi concretizado por meio do preenchimento das fichas de diagnóstico mostradas acima (figuras 16 e 17) concernentes ao meio físico, constantes no capítulo de metodologia, sendo sua análise resumida apresentada na figura 18.

Figura 18: Quadro resumo com o resultado do diagnóstico das condições ambientais e fluviais dos dois trechos do Córrego Cachoeirinha dentro da área de estudo

TRECHO FECHADO						
Dimensão	Indicador	Degradação em relação à condição natural				
		Ausente	Baixa	Média	Alta	Muito alta
Fluvial	Desenvolvim. longitudinal				X	
	Seção transversal					X
	Integridade morfológica		X			
	Regime hidrológico			X		
Ambiental	Diversidade de <i>habitats</i>					X
	Áreas verdes marginais					X
	Qualidade da água					X

TRECHO ABERTO						
Dimensão	Indicador	Degradação em relação à condição natural				
		Ausente	Baixa	Média	Alta	Muito alta
Fluvial	Desenvolvim. longitudinal				X	
	Seção transversal				X	
	Integridade morfológica		X			
	Regime hidrológico					X
Ambiental	Diversidade de <i>habitats</i>				X	
	Áreas verdes marginais					X
	Qualidade da água					X

Fonte: adaptado de Cardoso, 2012.

No trecho fechado o indicador de “desenvolvimento longitudinal” foi classificado como “alta”, pois há alterações consideráveis na largura e sinuosidade, com reflexos nos demais itens de análise. Já a “seção transversal” foi classificada como “muito alta” degradação, pois é uma seção fechada. Por outro lado a “integridade morfológica” possui “baixa” degradação em relação a condição natural devido às margens serem estáveis com mínima evidência de

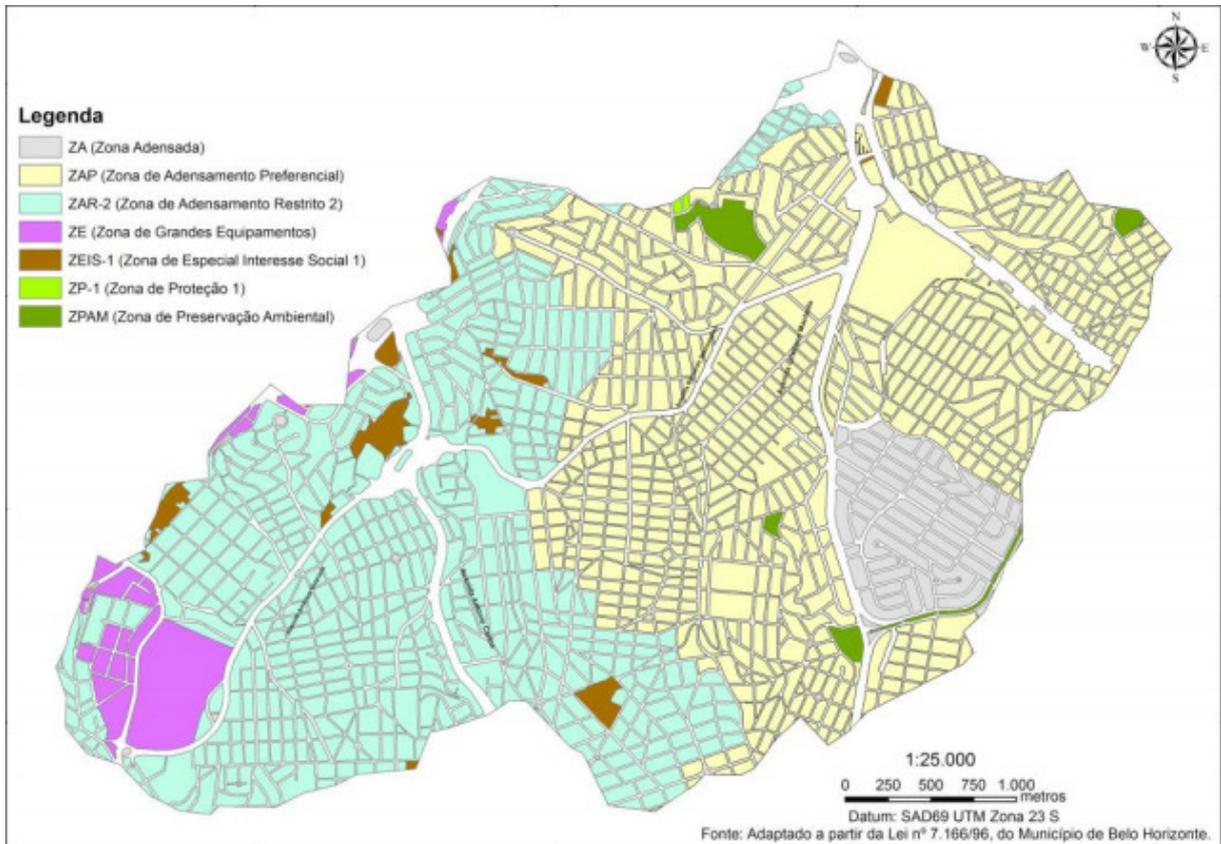
focos de erosão e de pontos de solapamento e/ou deslizamentos. O “regime hidrológico” foi classificado como “médio” porque o nível de risco de inundações ocorre com danos moderado. Nos indicadores ambientais, a “diversidade de *habitats*” foi categorizada como “muito alta”, pois apresenta significativas alterações com eventual ausência de *habitats*. As “áreas verdes marginais” foi inserida na categoria de “muito alta” degradação por existirem alterações significativas quanto à presença de vegetação e espécies. E o indicador da “qualidade da água” é considerado como “muito alta” degradação por possuir significativa presença de esgotos e/ou resíduos sólidos.

No trecho aberto foi notada uma diferença em apenas três dos indicadores citados para o trecho fechado. O indicador de “seção transversal” foi classificado “alta” degradação, pois a forma e conectividade estão significativamente alteradas com calha parcial ou totalmente revestida. Já o “regime hidrológico” foi categorizado como “muito alta” degradação porque há um grande nível de risco de inundações com danos significativos. E, por fim, o indicador de “diversidade de *habitats*” é classificado como “alta” degradação em relação à condição natural por possuir consideráveis alterações nas condições naturais.

#### ❖ **Diagnóstico do meio urbano**

A sub-bacia hidrográfica do Córrego Cachoeirinha, localizada na regional Noroeste do município de Belo Horizonte, apresenta condições de uso e ocupação do solo com as seguintes classificações: ZA (Zona Adensada), ZAP (Zona de Adensamento Preferencial), ZAR-2 (Zona de Adensamento Restrito-2), ZE (Zona de Grandes Equipamentos), ZEIS-1 (Zona de Especial Interesse Social-1), ZP-1 (Zona de Proteção-1), ZPAM (Zona de Preservação Ambiental). Os trechos selecionados apresentam majoritariamente ZAP e uma pequena parte de ZAR-2 conforme a figura 19.

Figura 19. Zoneamento do uso e ocupação do solo de Belo Horizonte, aplicado a Sub-bacia do Córrego Cachoeirinha



Fonte: Elaborado por Ladislau *et al*, 2017, adaptado a partir da Lei nº 7166/96.

De acordo com a PBH (2018), a categoria ZAP a jusante da sub-bacia, representada pela cor bege no mapa, apresentam áreas favoráveis à acessibilidade, topografia e disponibilidade a infraestruturas. Essa categorização gera uma contradição em relação ao uso e ocupação do solo, pois na região mais a jusante ocorrem os grandes índices de inundações. E a zona azul-claro mais à montante, representada pela ZAR-2, abrange áreas que se encontram em condições precárias de infraestrutura e/ou topográficas ou de articulação viária.

Além das áreas de zoneamento enquadradas legalmente na Lei nº7.166/96 que estabelece normas e condições para parcelamento, ou seja, sobre o uso e ocupação do solo urbano em Belo Horizonte, outras variáveis urbanísticas serão analisadas na ficha de diagnóstico mostrada a seguir (figura 20).

Figura 20: Ficha de diagnóstico referente a ambos os trechos da bacia

<b>INFORMAÇÕES SOBRE A BACIA E ÁREAS MARGINAIS AO CURSO DE ÁGUA</b>		
<b>Condições gerais da bacia – TRECHO FECHADO E ABERTO</b>		
<b>Mapa de uso e ocupação do solo da área de estudo:</b>		
<b>Estágio de ocupação</b>		
<input type="checkbox"/> área não ocupada <input type="checkbox"/> área de expansão urbana <input checked="" type="checkbox"/> área de adensamento <input type="checkbox"/> área consolidada		
<b>Grau de impermeabilização</b>		
<input type="checkbox"/> até 10% <input type="checkbox"/> entre 11 e 25% <input type="checkbox"/> entre 26 e 59% <input checked="" type="checkbox"/> acima de 60%		
<b>Condições hidrológicas</b>		
Tipo de solo: latossolo vermelho Pluviosidade média: 1.500mm		
<b>Condições das áreas marginais</b>		
<b>Enquadramento legal</b>		
<b>Legislação, planos e programas</b>		
Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo do Município de Belo Horizonte – Lei 7.166/96 DN COPAM 95/2006, Lei Federal 4.771/65 – Código Florestal		
<b>Situação fundiária</b>		
m.e.: área privada                      m.d.: área privada		
<b>Ocupação/uso do solo marginal</b>		
<b>Nível de ocupação/antropização</b>		
inexistente ( )	parcial ( )	total ( X )
<b>Uso do solo</b>		
m.e.: Avenida Bernardo Vasconcelos, totalmente ocupada m.d.: Avenida Bernardo Vasconcelos, totalmente ocupada		
<b>Áreas de risco</b>		
m.e.: existente para inundações                      m.d.: existente para inundações		
<b>Infraestrutura urbana</b>		
<b>Sistemas de circulação/transporte</b>		
<input checked="" type="checkbox"/> m.e.: via local <input checked="" type="checkbox"/> m.d.: via local <input checked="" type="checkbox"/> travessia: faixa de pedestre, rotatória <input checked="" type="checkbox"/> outro: pista de caminhada		

<b>Redes</b>
( ) m.e.:                      ( ) m.d.:                      ( ) não observadas
<b>Integração urbanística</b>
<b>Curso de água integrado à paisagem?</b>
( ) sim                      ( X ) não                      ( ) parcialmente
<b>Informações adicionais</b>
<b>Observações:</b> Início do trecho a montante é de seção fechada, enquanto o trecho mais a jusante são canalizados com seção aberta.
<b>Fotos:</b> Vistas do canteiro central das margens esquerda e direita do córrego na Avenida Bernardo Vasconcelos. E placas indicativas da PBH.


Fonte: adaptado de Cardoso (2012)

A ficha diagnóstica referente ao trecho aberto e ao trecho fechado apresenta as condições gerais da bacia e de suas áreas marginais. Bem como informações adicionais com fotos do local.

Do ponto de vista do aspecto relacionado a inundações, entre o período de 2011 a 2016, a PBH (2018) registrou 4 alertas de extravasamento do Córrego Cachoeirinha, 3 alertas laranja (80% da altura do canal fechado ou da restrição, no canal aberto) 23 ocorrências de alerta amarelo (50% da altura do canal fechado ou da restrição, no canal aberto) conforme tabela no Apêndice 1.

## ❖ **Concepção e Análises de Viabilidade de Alternativas**

Para analisar os aspectos urbanísticos, ambientais e sociais relativos às técnicas compensatórias de drenagem urbana foi necessário verificar as áreas ao entorno do córrego estudado. A Av. Bernardo Vasconcelos interliga duas das principais avenidas de Belo Horizonte: Av. Antônio Carlos e Av. Cristiano Machado.

No trecho fechado, o canteiro central possui uma pista de caminhada por todo o percurso, com a presença de gramíneas, árvores, jardins, academia comunitária e estruturas de recreação para crianças. A Avenida Bernardo Vasconcelos possui basicamente duas faixas de veículos mais o acostamento em ambas as margens do córrego.

No trecho aberto não há nenhum tipo de tentativa de integração do rio com a avenida. Apesar de estar a céu aberto, a calha é totalmente concretada e não há continuação da pista de caminhada e, muito menos, a presença de jardins ou gramíneas. As margens seguem o mesmo padrão de faixa de veículos, no entanto a paisagem é ofuscada pelo esgoto a céu aberto. As inundações que ocorrem nesse trecho podem chegar a uma distância considerável sobre o trecho fechado. Corroborando o fato de que ter grandes obras hidráulicas neste local não necessariamente sanaria a eficiência da infraestrutura nos eventos de cheia, mas sim a transferência do problema para jusante.

Apesar de a seção fechada permitir um contato simbólico com a natureza, os canteiros centrais com larguras consideravelmente largos poderiam ter estruturas alternativas como obras lineares ou pontuais discutidas no capítulo 3, ou até mesmo ser avaliado uma possível “descanalização” de partes do trecho. Lembrando que debaixo de todo concreto tinha um rio, então, além da descoberta do mesmo, através dos planos municipais, dever-se-ia revitalizar suas águas. É um processo em cadeia: melhora-se o aspecto urbanístico, o ambiental e o social conseqüentemente. Esse fato promoveria uma melhoria na qualidade de vida da comunidade e até mesmo, valorando imóveis nas adjacências.

Na seção aberta pode-se avaliar a viabilidade da integração do rio à paisagem sem haver nenhum tipo de desocupação social ao redor. Um exemplo dessa medida seria a criação da continuação da pista de caminhada em meio a áreas com vegetações adequadas. E, não obstante, deve-se reavaliar a infraestrutura atual conjuntamente a sua eficiência hidráulica.

Outra alternativa a se aferir é a supressão de uma das faixas da via de circulação, para a implantação de projetos que contemplem áreas permeáveis e zonas de amortecimento de

cheias. São diversas as alternativas de integração paisagística, revitalização de rios, diminuição das perdas por inundações, mas todas devem ser legalmente viáveis, em conformidades com as políticas e leis vigentes, no município de BH.

## **5.2 O CASO DO RIO CHEONGGYECHEON - SEUL / CORÉIA DO SUL**

O II Seminário Internacional de Revitalização de Rios idealizado pelo Projeto Manuelzão da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) em parceria com o governo do Estado de Minas Gerais, foi realizado em 2010 na cidade de Belo Horizonte. Soo Hong Noh da *School of Environmental Engineering Yonsei University* apresentou o estudo de caso do Rio Cheonggyecheon da cidade de Seul, capital da Coréia do Sul no qual estava envolvido desde 1991. Seul é uma capital populosa, com cerca de 10 milhões de habitantes, nas quais possuem problemas comuns a tantas outras metrópoles do mundo, em especial, problemas ambientais, de mobilidade urbana, poluição e degradação ambiental (MACHADO *et al.*, 2010).

O Rio Cheonggyecheon é o principal rio da cidade e foi coberto por avenidas há cerca de 20 anos, perdendo suas características naturais. E em 1991, Soo teve uma primeira conversa com um professor de história da Universidade de Yonsei sobre restaurar o rio, e três semanas depois estava pesquisando sobre dados da condição de dejetos do rio. Apesar dos aspectos sociais, ambientais, culturais, históricos e legais, em 1998 Soo conseguiu ajuda de um influente escritor da Coréia e, em setembro de 2000 foi fundado um grupo de pesquisa em torno do projeto do rio. Em 2002, às vésperas das eleições para prefeito de Seul, um dos candidatos teve como principal tema a restauração do rio, que foi um dos motivos que o levou a vitória da eleição (MACHADO *et al.*, 2010).

Sublimemente Soo Hong fez uma comparação entre as similaridades de Seul e Belo Horizonte, enfatizando o envolvimento de professores universitários e não do governo, ainda ressaltou que, por meio do Projeto Manuelzão, bons resultados serão alcançados. O pesquisador abordou quatro objetivos principais da restauração de rios: o primeiro deles foi restaurar a herança histórica e cultural do centro da capital Seul; o segundo foi trazer de volta o ecossistema ao coração da cidade; o terceiro foi iniciar um desenvolvimento equilibrado e, por fim, o quarto objetivo foi a fase no qual se derrubou as armações de concreto, foi criada uma estação de suprimento de água, um plano de tratamento dos esgotos, vias e pontes adicionais, e projetos de paisagismo e iluminação. Tudo em aproximadamente quatro anos conforme a figura 21 (MACHADO *et al.*, 2010).

O traço cultural é tão forte que às vezes parece que tais povos ou situações nunca mudarão sua mentalidade. Soo compartilha que no início do projeto foram feitos estudos de viabilidade para convencer a população. Soo declara “A melhor educação não está na sala de aula, você tem que sair e sentir a água o máximo possível”. Posteriormente o prefeito tornou-se presidente (MACHADO *et al.*, 2010).

Apesar do Rio Cheonggyecheon ser artificial, ele readquiriu aspectos concernentes ao ecossistema aquático já discutido no capítulo 3. Contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população de Seul.

Figura 21: Foto comparativa com as três fases do projeto: antes, durante e depois



Fonte: <http://www.viveraviagem.com.br/cheonggyecheon/>.

Segundo Salgado (2014) os dados registrados após a execução das obras são muito satisfatórios se transformando em um parque urbano linear de cerca de 5,8 km de extensão. A obra excedeu em apenas 8% do estimado inicialmente, resultando em um custo de 380 milhões de dólares. Foram consideradas cheias de 200 anos de período de retorno. Toda essa melhoria paisagística resultou na construção de 22 pontes, flora diversificada nas margens, centro comunitário, priorização de pedestres, artes públicas e um ampliação de 4 para 25 espécies de peixes e de 6 para 36 espécies de aves, aumentando portanto a riqueza e a biodiversidade de espécies local e regionalmente. Além disto, a transformação na capital significou melhorias ambientais, pois houve uma redução de 38% das emissões

de poluentes e, na área entorno do rio houve também uma redução de aproximadamente 3,6°C na temperatura. Toda essa remodelagem contribuiu diretamente para um aumento da qualidade de vida e um fomento ao turismo local.

O caso de toda essa operação no Rio Cheonggyecheon comprova que um bom planejamento, existindo verbas, disposição política e mobilização social, podem se alcançar soluções inovadoras para promover o melhoramento urbanístico e ambiental.

### ***5.3 O CÓRREGO CACHOEIRINHA E O RIO CHEONGGYECHEON: UM ESTUDO COMPARATIVO***

É inquestionável uma relação do estudo de caso do Rio Cheonggyecheon da cidade de Seul com o Córrego Cachoeirinha em Belo Horizonte. Cidades completamente distantes no globo terrestre, com políticas, clima, hidrografia, cultura, dentre diversos outros aspectos muito distintos. Com a finalidade de analisar os fatos de acordo com as semelhanças e diferenças dos casos é necessário permitir uma visão geral e fragmentada dos elementos comuns.

A desordem do crescimento populacional em torno dos cursos d'água foi comum em ambas às cidades, bem como as dificuldades ambientais, de mobilidade urbana, excesso de poluição e degradação ambiental. Outro aspecto comum de fundamental importância é o fato da maioria da população, coreana (antes das obras de revitalização) ou belo horizontina, ter uma conscientização ambiental aquém do necessário para quebrar paradigmas hidrológicos instaurados há tanto tempo.

Rescindir paradigmas ambientais é um grande desafio em todas as esferas. Soo aborda a visão de integração da água no cotidiano das pessoas e, a partir disso, outras tomadas de decisões em relação aos cursos d'água seriam mais fáceis de serem concebidos e aceitos pela sociedade. Assim a educação ambiental aconteceria de forma gradual, porém mais incisiva devido a uma nova inserção socioambiental.

A proposta efetivada na Coréia do Sul para revitalização de trechos específicos de cursos d'água foi plantada na mente de professores anos antes da execução do projeto. E no município de Belo Horizonte já são discutidas amplamente sobre essas questões relativas à revitalização em vários fragmentos de bacias hidrográficas urbanas. Sendo imprescindíveis modelos de sucesso como o Rio Cheonggyecheon para se comparar e idealizar mudanças tangíveis em BH.

Analisando de outra perspectiva, mesmo que atualmente não haja verbas ou vontade política para a revitalização de avenidas sanitárias em Belo Horizonte, foi discutido no capítulo 3 o uso de técnicas compensatórias de drenagem urbana. Nas quais podem ser amplamente utilizadas para diminuir inundações eminentes.

É importante ressaltar que já existe a aplicação de diversas dessas técnicas compensatórias em BH, no entanto tais intervenções poderiam ser mais incisivas e ponderadas próximas às áreas de inundações, estacionamentos com pavimentação impermeável, bem como a criação de parques e áreas em geral com maior permeabilidade hídrica. A adoção de técnicas pontuais para estabelecimentos que não possuem área disponível, como os telhados verdes, poderiam ter uma força maior de atuação, inclusive em novos empreendimentos.

Os espaços destinados para o amortecimento de cheias poderiam ser áreas de recreação nos períodos de seca, como quadras e academias comunitárias. Até mesmo as residências particulares que possuem área permeável poderiam atuar de forma pontual, como por exemplo, através do redirecionamento das águas pluviais de suas calhas para esses locais permeáveis. É um conjunto de ações, públicas e privadas, em prol da qualidade de vida da sociedade.

Não obstante, não é possível discorrer sobre aspectos ambientais sem ao menos citar a educação ambiental da população. A cultura de um povo muitas vezes define o cenário que eles estão inseridos. A evolução do pensamento ambiental é morosa e pouco prioritária em países subdesenvolvidos como é o caso do Brasil. Mas já se é visto programas, planos, leis e projetos voltados exclusivamente para a (re)integração da natureza como um todo no meio urbano.

Em Belo Horizonte, as políticas de gestão dos recursos hídricos são pautadas no Plano Diretor de 1996, PDDU, PMS, PMGIRS e Drenurbs. Além disso, existem várias outras propostas de cunho ambiental que indiretamente estão interligados para pensar, propor e agir através de ações menos nocivas ao meio como um todo, dentre as quais o Projeto Manuelzão é um exemplo de conscientização da população, com foco na bacia do Rio das Velhas, bacia onde está inserido o município de Belo Horizonte. A fragmentação em cada plano reforça que a integração, o diálogo e a influência mútua são essenciais para que se obtenha uma visão holística do meio urbano coeso ao meio ambiente.

Por fim, os rios urbanos podem ser categorizados como promotores de melhoria da qualidade de vida. Não há viabilidade plausível na construção de avenidas sanitárias que justifique a cobertura de rios para a mobilidade de trânsito e, tampouco para se esconder rios de esgotos inóspitos. A conjectura de revitalizações em rios urbanos (re)insere o curso d'água como elemento respeitável na dinâmica da cidade.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As intervenções antrópicas na bacia hidrográfica em áreas urbanas apresentam como consequência imediata, alterações nos parâmetros que caracterizam o regime de escoamento de um curso de água, causando efeitos danosos a sociedade, como é o caso das inundações. A visão integradora em uma tomada de decisão nos quais estão inseridas variáveis paisagísticas, urbanas, ambientais, sociais, políticas dentre outras, que demandam uma análise criteriosa fundamental na orientação das metodologias decisórias, se tornam difíceis para a escolha de alternativas viáveis.

A proposta feita por este trabalho, portanto, procurou contextualizar a utilização das Avenidas Sanitárias utilizando como exemplo uma caracterização do sistema de macrodrenagem do Córrego Cachoeirinha. Foram abordadas também algumas das políticas urbanas que permeiam as tomadas decisões hidrológicas na esfera municipal, bem como possíveis alternativas compensatórias de drenagem urbana que podem ser aplicadas para a minimização das inundações. Além disso, foi realizada uma metodologia de comparação da avenida sanitária do Córrego Cachoeirinha com o sistema do Rio Cheonggyecheon em Seul/Coréia do Sul, no qual ocorre uma relação intrínseca e totalmente possível de se alcançar os objetivos similares.

Canalizar e cobrir os rios e córregos em meio urbano é uma forma de adequar os mesmos ao crescimento exacerbado das cidades. Essas soluções de macrodrenagem são uma das alternativas para aumentar a viabilidade da malha viária e minimizar os efeitos dos esgotos. Não obstante, esses sistemas são executados principalmente para reduzir os problemas das enchentes, todavia, o seu efeito é contrário ao pretendido.

Os problemas das enchentes, muitas vezes, são transferidos para jusante, e o fato de se ter mais vias de tráfego, não necessariamente desafogam a malha viária, mas escondem os esgotos ilegais, e até mesmo distanciam as pessoas de sentirem prazer com a natureza. Devido às limitações urbanas, nos conceitos de revitalização e reintegração deve haver uma flexibilização em seus usos. Os rios, juntamente com as cidades, corroboram a importância

de valorar a vida, mesmo em meio a tanto caos de uma metrópole. No entanto, as modificações antrópicas nos cursos d'água apontam danos causados à sociedade, ou seja, a população sofre com um problema que a própria sociedade criou.

Os cursos d'água em áreas urbanas devem ser preservados, pois são elementos extraordinários para cidades e para a qualidade de vida da população. Portanto recomenda-se uma análise mais aprofundada de cada avenida sanitária já instalada para propor sua reintegração ao espaço urbanístico. Mostrando claramente a falta de eficiência deste modelo em centro urbano, nos quais a utilização de obras denominadas avenidas sanitárias não deve ser reproduzida.

Por fim, como sugestão para trabalhos futuros, poderia ser utilizada uma modelagem paisagística e hidrológica que esboçasse a implementação de técnicas compensatórias de drenagem urbana próxima às avenidas sanitárias com vistas ao amortecimento das cheias. Poderia também ser desenvolvido um projeto que estime quali-quantitativamente a revitalização de uma das principais avenidas sanitárias de Belo Horizonte: o *Boulevard Arrudas*, o qual sofre problemas parecidos com o Córrego Cachoeirinha, todavia, ainda mais expressivos.

## REFERÊNCIAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. **Programa DRENURBS: Uma concepção inovadora dos recursos hídricos no meio urbano Belo Horizonte – MG.** Soluções para Cidades, (ca.2012). São Paulo, SP. Cartilha.

ALENCAR, J.C. **Potencial de corpos d'água em bacias hidrográficas urbanizadas para renaturalização, revitalização e recuperação. Um estudo da bacia do Jaguaré.** Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2017.

BAPTISTA, Márcio; NASCIMENTO, Nilo; BARRAUD, Sylvie. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana.** 2 ed. Porto Alegre: ABRH, 2011.

BELO HORIZONTE. **Lei 7.166 de 27 de agosto de 1996.** Estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no Município. Belo Horizonte: DOM, 1996.

BELO HORIZONTE. **Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte - 2016/2019: Atualização 2016.** Belo Horizonte: PBH, 2018. Disponível em: <<http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/contents.do?evento=conteudo&chPlc=199034>>. Acesso em: 22 abr. 2018

BELO HORIZONTE. **Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte – 2012/2015.** Disponível em: <[https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/2018/documentos/anexo\\_2012.pdf](https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/2018/documentos/anexo_2012.pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2018.

BORSAGLI, Alessandro. **Rios Invisíveis da Metrópole mineira.** Belo Horizonte: Ed. Do Autor, 2016. 430p.

CÂMARA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. **Projeto de Lei 1749/2015.** Disponível em: <<https://www.cmbh.mg.gov.br/atividade-legislativa/pesquisar-proposicoes/projeto-de-lei/1749/2015>>. Acesso em: 25 mai. 2018.

CARDOSO, A. S. **Proposta de metodologia para orientação de processos decisórios relativos a intervenções em cursos de água em áreas urbanas.** 2012. 354 f. Tese

(Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

DISARO, Alexandre. **O renascimento do Cheonggyecheon**. 2015. 1 fotografia, color. Disponível em: <<http://www.viveraviagem.com.br/cheonggyecheon/>>. Acesso em: 02 de jun. de 2018.

ESTADO DE MINAS. **Ministro das Cidades autoriza estudos de projetos para conter enchentes em BH**. 2018. Disponível em: <[https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2018/01/16/interna\\_gerais,931377/ministro-das-cidades-autoriza-estudos-de-projetos-para-conter-enchente.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2018/01/16/interna_gerais,931377/ministro-das-cidades-autoriza-estudos-de-projetos-para-conter-enchente.shtml)>. Acesso em: 02 de jun. de 2018.

FACHIN, Odília. **Fundamentos de metodologia**. São Paulo: saraiva. 2001.

FANTINATO, Marcelo. **Método de Pesquisa**. PPgSI – EACH – USP, 2015. Disponível em: <<http://each.uspnet.usp.br/sarajane/wp-content/uploads/2015/09/M%C3%A9todos-de-Pesquisa.pdf>>. Acesso em: 27 mai. 2018.

FINDLAY, Sophia J.; TAYLOR, Mark P. **Why rehabilitate urban river systems?**. Department of Physical Geography, Mcquarie University, NSW 2109, Australian, 2006.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Orientações básicas para drenagem urbana**. Belo Horizonte: FEAM, 32p., 2006. Cartilha.

HOYUELA JAYO, José Antonio; BORSAGLI, Alessandro; MESQUITA, Yuri. **PAISAGEM, MEMORIA E UTOPIA durante o processo de construção da Nova Capital de Minas**. 4º Seminário Ibero-americano. Arquitetura e Documentação. Belo Horizonte, 25-27 nov. 2015. 33 p.

LADISLAU, Felipe Fernandes; PENA, Lucas Luiz Senhorine. **Crítica ao zoneamento de uso e ocupação do solo como um instrumento de gestão na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha – Belo Horizonte/Minas Gerais**. XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada: Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento. Instituto de Geociências – UNICAMP. Campinas, São Paulo. 2017.

MACEDO, Diego Rodrigues; JUNIOR, Antonio Pereira Magalhães. **Percepção social no programa de restauração de cursos d'água urbanos em Belo Horizonte**. UFMG. Soc. nat. (Online) vol.23 no.1. Uberlândia, 2011.

MACHADO, Thomáz Gonzaga da Matta de *et al.* **II Seminário Internacional sobre Revitalização de Rios no mundo: América, Europa e Ásia**. Belo Horizonte: Instituto Guaicuy, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. **Bacia de detenção da Lagoa Seca (Belvedere)**. Disponível em: <<http://www.pbh.gov.br/comunicacao/pdfs/lagoaseca.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. **Comusa**. Anexo.104p., 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. **Plano Diretor**. PBH, 2018. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/politica-urbana/planejamento-urbano/plano-diretor>>. Acesso em: 23 mai. 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. **Plano Diretor de Drenagem de Belo Horizonte: Atlas dos Diagramas dos Canais Revestidos do Sistema de Macrodrenagem. Bacia do Onça**. PBH, jan. 2002.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte (PMGIRS-BH)**. Disponível em: <[https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/slu/2018/documentos/versao\\_final\\_pmgirs-bh\\_mma.pdf](https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/slu/2018/documentos/versao_final_pmgirs-bh_mma.pdf)>. Acesso em: 25 de mai. 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. **Planos Diretores Regionais: Planejar uma BH melhor para todos**. 28p., 2018. Cartilha.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. **Zoneamento e Parâmetros Urbanísticos**. <Disponível em: <[http://portalpbh-hm.pbh.gov.br/pbh/ecp/files.do?evento=download&urlArqPlc=Texto\\_Base\\_Zoneamento\\_Parametros\\_Urbanisticos.pdf](http://portalpbh-hm.pbh.gov.br/pbh/ecp/files.do?evento=download&urlArqPlc=Texto_Base_Zoneamento_Parametros_Urbanisticos.pdf)> Acesso em: 27 mai. 2018.

ROCHA, S. **Telhado Verde no Banco do Brasil - Belo Horizonte**. Instituto Cidade Jardim, 2011. Disponível em: <<https://institutocidadejardim.wordpress.com/2011/06/22/telhadoverde-no-banco-do-brasil-belo-horizonte/>>. Acesso em: 27 mai. 2018.

SALGADO, Licia Domeneck. **Rios urbanos: uma abordagem sistêmica considerando saneamento e revitalização**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Programa de Engenharia Urbana, Rio de Janeiro, 96 f., 2014.

SOLUÇÕES PARA CIDADES. **Saneamento, Iniciativas Inspiradoras**. Disponível em: <<http://solucoesparacidades.com.br/>>. Acesso em: 25 de mai. 2018.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão da drenagem urbana**. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48). 50p. ISSN: 2179-5495.

TUNDISI J. G. e TUNDISI T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 632p., 2008.

## APÊNDICES // ANEXOS

### Anexo 1: Ficha de Diagnóstico “Informações para o curso de água”

INFORMAÇÕES SOBRE O CURSO DE ÁGUA					
<b>Aspectos gerais</b>					
Nome:	Trecho: Data: Responsável:				
Identificação do trecho na bacia:					
<b>Aspectos físicos, funcionais e ambientais</b>					
<b>Condições hidrológicas</b>					
Período em que o levantamento foi realizado <input type="checkbox"/> seco <input type="checkbox"/> chuvoso					
Chuva nas últimas 24 horas <input type="checkbox"/> nenhuma <input type="checkbox"/> fraca <input type="checkbox"/> forte <input type="checkbox"/> constante <input type="checkbox"/> intermitente					
Regime de escoamento quando do levantamento de campo <input type="checkbox"/> torrencial <input type="checkbox"/> fluvial					
<b>Freqüência de inundações com danos</b>					
inexistente <input type="checkbox"/>	raras ou pouco frequentes <input type="checkbox"/>	ocasionais – entre 2 e 10 anos <input type="checkbox"/>	frequentes – 1 vez ao ano <input type="checkbox"/>	Muito frequentes – mais de 1 vez ao ano <input type="checkbox"/>	
<b>Dimensões</b>					
Extensão:	Largura média: Profundidade média:				
Declividade: <input type="checkbox"/> baixa <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> alta	Perfil longitudinal: Desnível:				
<b>Tipo de vale</b>					
encaixado <input type="checkbox"/>	semi-encaixado <input type="checkbox"/>	vale aberto <input type="checkbox"/>			
	planície simétrica <input type="checkbox"/>	planície assimétrica <input type="checkbox"/>	planície simétrica <input type="checkbox"/>	planície assimétrica <input type="checkbox"/>	
<b>Sinuosidade</b>					
<input type="checkbox"/> natural <input type="checkbox"/> pouco alterada <input type="checkbox"/> medianamente alterada <input type="checkbox"/> muito alterada/retificada					
<b>Seção</b>					
<b>Revestimento</b>					
seção não revestida	seção revestida				
natural <input type="checkbox"/>	alterada <input type="checkbox"/>				
<b>Substrato do leito e cobertura das margens</b>					
<input type="checkbox"/> silto-argiloso <input type="checkbox"/> silto-arenoso <input type="checkbox"/> areia <input type="checkbox"/> seixo/pedregulho <input type="checkbox"/> rocha <input type="checkbox"/> grama <input type="checkbox"/> vegetação <input type="checkbox"/> geotêxtil <input type="checkbox"/> enrocamento de pedra lançada/arrumada <input type="checkbox"/> enrocamento de pedra argamassada <input type="checkbox"/> cribwall <input type="checkbox"/> gabião saco/manta <input type="checkbox"/> gabião caixa <input type="checkbox"/> concreto <input type="checkbox"/> outro .....					
<b>Integridade morfológica</b> <input type="checkbox"/> estável <input type="checkbox"/> instável					
alargamento/ <input type="checkbox"/>	solapamento <input type="checkbox"/>	deslizamento <input type="checkbox"/>	assoreamento <input type="checkbox"/>	erosão <input type="checkbox"/>	
aprofundamento					
<b>Alterações na calha</b>					
nenhuma <input type="checkbox"/>	bermas <input type="checkbox"/>	reforço/contenção <input type="checkbox"/>	barragem <input type="checkbox"/>	outra <input type="checkbox"/>	
<b>Vegetação marginal</b> (m.e.: margem esquerda m.d.: margem direita)					
densa	contínua	esparsa	rasteira	inexistente	
<input type="checkbox"/> m.e. <input type="checkbox"/> m.d.	<input type="checkbox"/> m.e. <input type="checkbox"/> m.d.	<input type="checkbox"/> m.e. <input type="checkbox"/> m.d.	<input type="checkbox"/> m.e. <input type="checkbox"/> m.d.	<input type="checkbox"/> m.e. <input type="checkbox"/> m.d.	
<b>Diversidade de habitats no canal</b>					
<input type="checkbox"/> nenhuma <input type="checkbox"/> baixa <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> alta					
<b>Aspectos de qualidade da água</b>					
<input type="checkbox"/> sem alterações visíveis <input type="checkbox"/> presença de esgotos – lançamentos visíveis <input type="checkbox"/> presença de esgotos – lançamentos não visíveis <input type="checkbox"/> presença de resíduos sólidos <input type="checkbox"/> presença de material em suspensão					
<b>Informações adicionais</b>					
Croquis:					
Observações:					
Fotos:					

Anexo 2: Quadro resumo para representação dos resultados da avaliação dos indicadores de degradação fluvial e ambiental de cursos dos dois trechos do Córrego Cachoeirinha dentro da área de estudo.

TRECHO FECHADO						
Dimensão	Indicador	Degradação em relação à condição natural				
		Ausente	Baixa	Média	Alta	Muito alta
Fluvial	Desenvolvim. longitudinal					
	Seção transversal					
	Integridade morfológica					
	Regime hidrológico					
Ambiental	Diversidade de <i>habitats</i>					
	Áreas verdes marginais					
	Qualidade da água					

TRECHO ABERTO						
Dimensão	Indicador	Degradação em relação à condição natural				
		Ausente	Baixa	Média	Alta	Muito alta
Fluvial	Desenvolvim. longitudinal					
	Seção transversal					
	Integridade morfológica					
	Regime hidrológico					
Ambiental	Diversidade de <i>habitats</i>					
	Áreas verdes marginais					
	Qualidade da água					

## Anexo 3: Cenários de alteração dos indicadores em relação à condição natural.

Degradação em relação à condição natural	Desenvolvimento longitudinal
Ausente	Traçado em planta, declividade e continuidade próximos à condição natural, de acordo com o tipo de vale/curso de água
Baixa	Alterações pouco significativas, associadas a intervenções antrópicas na calha e/ou à busca natural do próprio curso de água por uma condição de equilíbrio
Média	Alterações moderadas, especialmente associadas a intervenções antrópicas na calha e/ou à ocupação das áreas marginais, resultando em restrição de largura e impactos associados
Alta	Alterações consideráveis na largura e sinuosidade, com reflexos nos demais itens de análise
Muito alta	Alterações significativas no desenvolvimento longitudinal, como estreitamento da largura da seção, retificação e interrupção da continuidade

Degradação em relação à condição natural	Seção transversal
Ausente	Seção próxima à condição natural
Baixa	Alterações pouco significativas na seção do curso de água, essencialmente associadas à sua busca natural por uma condição de equilíbrio compatível com as mudanças ocorridas na bacia
Média	Forma e conectividade moderadamente alteradas; calha com revestimento natural ou parcialmente revestida
Alta	Forma e conectividade significativamente alteradas; calha parcial ou totalmente revestida
Muito alta	Seção fechada

Degradação em relação à condição natural	Integridade morfológica
Ausente	Margens estáveis
Baixa	Margens estáveis com mínima evidência de focos de erosão e de pontos de solapamento e/ou deslizamentos
Média	Margens parcialmente instáveis, com focos isolados de erosão e áreas restritas de solapamento e/ou deslizamentos
Alta	Margens instáveis, com extensos focos de erosão e/ou áreas de solapamento e deslizamentos
Muito alta	Margens instáveis em toda a extensão do trecho em estudo

Degradação em relação à condição natural	Regime hidrológico/capacidade hidráulica
Ausente	Nível de risco de inundações com danos ausente
Baixa	Nível de risco de inundações com danos reduzido
Média	Nível de risco de inundações com danos moderado
Alta	Nível de risco de inundações com danos considerável
Muito alta	Nível de risco de inundações com danos significativo

Degradação em relação à condição natural	Diversidade de habitats
Ausente	Compatível com a tipologia do curso de água
Baixa	Pequenas alterações nas condições naturais do curso de água propícias à criação/reprodução de espécies (desenvolvimento longitudinal, forma e revestimento da seção, condições de fluxo de água, etc)
Média	Moderadas alterações nas condições anteriormente mencionadas
Alta	Consideráveis alterações nas condições anteriormente mencionadas
Muito alta	Significativas alterações nas condições anteriormente mencionadas, com eventual ausência de habitats

Degradação em relação à condição natural	Áreas verdes adjacentes
Ausente	Presença de vegetação e espécies próxima à condição natural
Baixa	Alterações pouco significativas quanto à presença de vegetação e espécies
Média	Alterações moderadas quanto à presença de vegetação e espécies
Alta	Alterações consideráveis quanto à presença de vegetação e espécies
Muito alta	Alterações significativas quanto à presença de vegetação e espécies

Degradação em relação à condição natural	Qualidade da água
Ausente	Ausência de esgotos e/ou resíduos sólidos
Baixa	Pequena presença de esgotos e/ou resíduos sólidos
Média	Moderada presença de esgotos e/ou resíduos sólidos
Alta	Considerável presença de esgotos e/ou resíduos sólidos
Muito alta	Significativa presença de esgotos e/ou resíduos sólidos

Anexo 4: Ficha para diagnóstico das condições urbanísticas da bacia e áreas marginais ao curso de água.

INFORMAÇÕES SOBRE A BACIA E ÁREAS MARGINAIS AO CURSO DE ÁGUA		
<b>Condições gerais da bacia</b>		
Mapas/imagens/fotografias das condições de uso e ocupação do solo (existente/previsto em lei):		
<b>Estágio de ocupação</b>		
<input type="checkbox"/> área não ocupada <input type="checkbox"/> área de expansão urbana <input type="checkbox"/> área de adensamento <input type="checkbox"/> área consolidada		
<b>Grau de impermeabilização</b>		
<input type="checkbox"/> até 10% <input type="checkbox"/> entre 11 e 25% <input type="checkbox"/> entre 26 e 59% <input type="checkbox"/> acima de 60%		
<b>Condições hidrológicas</b>		
Tipo de solo:	Pluviosidade média:	
<b>Condições das áreas marginais</b>		
<b>Enquadramento legal</b>		
<b>Legislação, planos e programas</b>		
- nos âmbitos urbano e ambiental		
<b>Situação fundiária</b>		
m.e.:	m.d.:	
- área pública, particular		
<b>Ocupação/uso do solo marginal</b>		
<b>Nível de ocupação/antropização</b>		
inexistente ( <input type="checkbox"/> )	parcial ( <input type="checkbox"/> )	total ( <input type="checkbox"/> )
<b>Uso do solo</b>		
m.e.:	m.d.:	
- residencial, comercial, misto, industrial, lazer, assentamento precário, outro		
<b>Áreas de risco</b>		
m.e.:	m.d.:	
- inundações, escorregamento, solapamento		
<b>Infraestrutura urbana</b>		
<b>Sistemas de circulação/transporte</b>		
m.e.:	m.d.:	( <input type="checkbox"/> ) travessia:    ( <input type="checkbox"/> ) inexistente
- viário (via local, coletora, arterial, regional), ferroviário (metrô, trem), ciclovia, trilha, ponte, passarela, etc		
<b>Redes</b>		
m.e.:	m.d.:	( <input type="checkbox"/> ) não observadas
- redes de água, esgoto, drenagem, energia, gás, telefonia, outra		
<b>Integração urbanística</b>		
<b>Curso de água integrado à paisagem?</b>		
<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> parcialmente		
<b>Informações adicionais</b>		
<b>Croquis:</b>		
<b>Observações:</b>		
<b>Fotos:</b>		

Apêndice 1: Seção de Monitoramento Hidrológico do Córrego Cachoeirinha entre os períodos de 2011 a 2016 de acordo com o PMS (2016-2019).

		Bacia do Onça - CÓRREGO CACHOEIRINHA			
Ano	Meses	Estação 14P Cachoeirinha	Estação 13F Cachoeirinha		
		Vermelho (Extravasou)	Amarelo (50% Seção)	Laranja (80% Seção)	Vermelho (Extravasou)
<u>2011</u>	Outubro				
	Novembro				
	Dezembro		4 Ocorrências		1 Ocorrência
<u>2012</u>	Janeiro		2 Ocorrências		
	Fevereiro				
	Março		2 Ocorrências		
	Outubro				
	Novembro				1 Ocorrência
<u>2013</u>	Dezembro			1 Ocorrência	
	Janeiro		1 Ocorrência		
	Fevereiro				
	Março				
	Abril				
	Outubro				
	Novembro				
<u>2014</u>	Dezembro		3 Ocorrências	1 Ocorrência	
	Janeiro				
	Fevereiro		1 Ocorrência		
	Março				
	Abril	1 Ocorrência			1 Ocorrência
<u>2015</u>	Outubro	Sistema inoperante por questões administrativas			
	Novembro				
	Dezembro				
	Janeiro				
	Fevereiro				
	Março		1 Ocorrência		
	Abril				
	Setembro			1 Ocorrência	
	Outubro				
	Novembro		1 Ocorrência		
Dezembro		1 Ocorrência			
<u>2016</u>	Janeiro		2 Ocorrências		
	Fevereiro		3 Ocorrências		
	Março		1 Ocorrência		