

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Daniel Felipe Rührwiem

**DESENVOLVIMENTO DE VÍDEO EDUCACIONAL COMO
INSTRUMENTO DE MEDIDA MITIGADORA NA
DRENAGEM URBANA: APLICAÇÃO NA BACIA DA VILA
SANTA ISABEL VIAMÃO-RS**

Porto Alegre
julho 2013

DANIEL FELIPE RÜHRWIEM

**DESENVOLVIMENTO DE VÍDEO EDUCACIONAL COMO
INSTRUMENTO DE MEDIDA MITIGADORA NA
DRENAGEM URBANA: APLICAÇÃO NA BACIA DA VILA
SANTA ISABEL VIAMÃO-RS**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Carlos André Bulhões Mendes
Coorientador: André Soares Grassi

Porto Alegre
julho 2013

DANIEL FELIPE RÜHRWIEM

**DESENVOLVIMENTO DE VÍDEO EDUCACIONAL COMO
INSTRUMENTO DE MEDIDA MITIGADORA NA
DRENAGEM URBANA: APLICAÇÃO NA BACIA DA VILA
SANTA ISABEL VIAMÃO-RS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, julho de 2013

Prof. Carlos André Bulhões Mendes
Dr. pela University of Bristol
Orientador

André Soares Grassi
Me. pela Pontifícia Universidade Católica
do Rio Grande do Sul
Coorientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Alexandre Beluco (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal
do Rio Grande do Sul

André Soares Grassi (UFRGS)
Me. pela Pontifícia Universidade Católica
do Rio Grande do Sul

Olavo Correa Pedrollo (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal
do Rio Grande do Sul

Carlos André Bulhões Mendes (UFRGS)
Dr. pela University of Bristol

Dedico este trabalho aos meus pais, Giseldo e Lilian,
que sempre me guiaram e puderam entender a minha
ausência, especialmente durante o período do meu
Curso de Graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Carlos André orientador, pelas contribuições e ajuda no desenvolvimento do trabalho.

Agradeço ao coorientador André Grassi, pelas inúmeras sugestões e instrução para a criação do vídeo.

Agradeço à Profa. Carin, pela ajuda e as dicas durante o desenvolvimento do trabalho de conclusão.

Agradeço à Anelise Hüffner, pelas dicas e sugestões.

Agradeço à UFRGS, pelo ambiente de aprendizado, pela educação de qualidade e pelas oportunidades oferecidas.

Por último agradeço aos meus pais, pelo norte, pelo exemplo de vida dado, algo que se eu conseguir ser um décimo enquanto viver, serei uma ótima pessoa.

Mais anda quem tem bom vento,
que quem muito rema.

Prov érbio brasileiro

RESUMO

Este trabalho primeiramente destaca a importância da conscientização das pessoas para os impactos da chuva. Depois apresenta uma descrição do ciclo hidrológico, indicando a relevância da água e a disponibilidade desta para o uso humano. Após são descritos os principais conceitos de hidrologia assim como uma breve explicação de como estes afetam o funcionamento do ciclo hidrológico. Então são analisados os impactos da chuva, destacando como a urbanização os acentua, estes resultam em efeitos na qualidade e quantidade da água. Tendo estas informações, são classificadas as medidas mitigadoras em estruturais e não estruturais, mostrando quais são utilizadas atualmente, uma a uma, destacando vantagens, desvantagens, modo de utilização e precauções que devem ser tomadas. Conhecendo-se as medidas, explica-se a importância da educação ambiental e da Tecnologia da Informação e Comunicação nos tempos atuais, mostrando o que são e apresentando exemplos de objetos educacionais. Depois disso, foi feita uma análise da bacia hidrográfica da vila Santa Isabel, seu processo de formação, seus problemas, apresentando então um exemplo prático do que deve ser feito e o que frequentemente acontece hoje. Então apresenta-se a metodologia do trabalho, a estimativa de impactos hidrológicos da bacia da vila Santa Isabel, a caracterização de medidas mitigadoras, o plano educacional, quais os objetivos, como foi feito o planejamento e o que foi utilizado em sua produção. A conclusão do trabalho reforça o papel do planejamento e da educação ambiental, mostra as dificuldades e vantagens da utilização da Tecnologia da Informação e Comunicação na Engenharia, assim como sugere algumas soluções que poderiam ajudar a mitigar os efeitos da urbanização.

Palavras-chave: Educação Ambiental. Ciclo Hidrológico. Impactos da Chuva. Medidas Mitigadoras.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama das etapas do trabalho	14
Figura 2 – Ciclo hidrológico	17
Figura 3 – Hidrograma de área urbanizada	27
Figura 4 – Trincheira drenante	30
Figura 5 – Vala de infiltração típica	31
Figura 6 – Poço de infiltração modelo	32
Figura 7 – Telhado armazenador	33
Figura 8 – Instalação típica de um microrreservatório	34
Figura 9 – Pavimento permeável modelo	35
Figura 10 – Mapa da vila Santa Isabel	43
Figura 11 – Vista da bacia hidrográfica da vila Santa Isabel	44
Figura 12 – Surgimento da classe média da vila Santa Isabel	45
Figura 13 – Comparação das vazões de pré-urbanização	46
Figura 14 – Cenário típico na vila Santa Isabel	47
Figura 15 – Córrego entre residências	47
Figura 16 – Diagrama do desenvolvimento metodológico	48
Figura 17 – Córrego na vila Santa Isabel	50
Figura 18 – Córrego com barragem	51
Figura 19 – Terreno desocupado	51
Figura 20 – Implantação de bacia de retenção	52
Figura 21 – Calçada na vila Santa Isabel	53
Figura 22 – Calçada com pavimento permeável	53
Figura 23 – Sistema de esgotamento separado	54
Figura 24 – Sistema de busca <i>Creative Commons</i>	57
Figura 25 – Roteiro para produção do vídeo	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	12
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	12
2.2 OBJETIVOS	12
2.2.1 Objetivo Principal	12
2.2.2 Objetivo Secundário	12
2.3 DELIMITAÇÕES	12
2.4 DELINEAMENTO	13
3 O CICLO HIDROLÓGICO	16
3.1 ÁGUA DISPONÍVEL	17
3.2 FATORES QUE AFETAM O CICLO HIDROLÓGICO	18
3.2.1 Energia solar	18
3.2.2 Vento	18
3.2.3 Temperatura	18
3.3 A PRECIPITAÇÃO	19
3.3.1 Tempo de Retorno	19
3.3.2 Escoamentos	19
3.3.2.1 Vazão de Pico	20
3.3.2.2 Coeficiente de Escoamento	20
3.3.2.3 Infiltração	20
3.3.2.4 Precipitação Efetiva	20
3.3.2.5 Tempo de Concentração	21
3.3.2.6 Hidrograma	21
3.3.2.7 Modelos hidrológicos	21
3.3.2.8 IPHS1	22
3.3.2.9 Evapotranspiração	23
4 IMPACTOS DA CHUVA	24
4.1 A URBANIZAÇÃO	24
4.2 A QUALIDADE	26
4.3 A QUANTIDADE	27
5 MEDIDAS MITIGADORAS	28
5.1 MEDIDAS ESTRUTURAIIS	28
5.1.1 Trincheiras Drenantes	30

5.1.2 Valas ou Valetas de Armazenamento ou Infiltração	31
5.1.3 Poços de Infiltração	31
5.1.4 Telhados Armazenadores	32
5.1.5 Reservatórios Individuais ou Microrreservatórios	33
5.1.6 Pavimentos Permeáveis	34
5.2 MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS	35
6 OBJETOS EDUCACIONAIS	39
6.1 EDUCAÇÃO AMBIENTAL	39
6.2 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO	40
7 ESTUDO DO CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA VILA SANTA ISABEL .	43
7.1 PROCESSO DE OCUPAÇÃO	44
7.2 HIDROGRAMA	45
7.3 RESULTADOS	46
8 DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO	48
8.1 ESTIMATIVA DE IMPACTOS HIDROLÓGICOS EM BACIAS URBANAS	49
8.2 CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS	50
8.2.1 Reservatórios de Detenção	50
8.2.2 Pavimento Permeável	52
8.2.3 Sistema Separado de Esgotamento	54
8.3 PLANEJAMENTO DO VÍDEO	54
8.3.1 Argumento	55
8.3.2 Fontes de Material	56
8.3.3 Roteiro	57
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

Os impactos da chuva no meio urbano se dividem quanto a duas principais características: a qualidade e a quantidade da água (WANIELISTA, c1978, tradução nossa). A qualidade, visto que o manejo da água de modo desordenado e sem a devida preocupação com o meio ambiente urbano resulta na poluição dos corpos de água. A quantidade, porque a crescente urbanização leva a um aumento na impermeabilização do solo, a diminuição da infiltração da água e consequente maior volume de escoamento superficial (PINTO, 2011).

A água presente na Terra é encontrada em diversas formas. Entre estas, mais de 97% é localizada em oceanos, e portanto, consiste na água salgada, que é imprópria para o consumo humano. Dos 3% restantes, a água doce disponível, 90% são de difícil acesso, pois encontram-se nas calotas polares, sobrando apenas uma pequena quantidade que, se não poluída ou se tratada adequadamente pode ser utilizada para o consumo humano. Durante a precipitação a água coleta as impurezas do ar, e durante o escoamento em solos urbanos carrega detritos, sedimentos e outras impurezas encontradas durante o seu percurso até atingir um corpo de água (WANIELISTA, c1978, tradução nossa). Isso se torna relevante quando se toma em conta que o abastecimento de água potável da população urbana é um fator de extrema importância para a manutenção dos centros urbanos.

As medidas mitigadoras consistem em infraestrutura e planejamento adequado às necessidades da urbanização, conciliando fatores econômicos e qualidade de vida para um crescimento sólido em um médio e longo prazo. Conforme Machado et al. (2009), com o apoio dos membros da comunidade é possível mitigar os prejuízos e impactos. Pinto (2011) também ressalta este assunto. Indicando que para isto é necessário que exista maior compreensão das pessoas com relação ao assunto. O apoio da comunidade como agente fiscalizador e aplicador das técnicas para a mitigação dos impactos das chuvas, tem então um papel relevante na drenagem urbana. Visto a importância das pessoas no processo de mitigação dos efeitos das chuvas, o trabalho desenvolvido é com o objetivo de conscientizar e sensibilizar a população sobre os impactos das chuvas e as técnicas mitigadoras existentes.

A educação ambiental muitas vezes passa despercebida, mas é uma medida mitigadora não estrutural necessária, por exemplo, na resolução dos impactos da chuva. Esta pode ser vista como uma condicionante do projeto de implantação das medidas estruturais e não estruturais. O projeto, a implantação, e a manutenção destas, dependem da vontade das pessoas moradoras das áreas em que existe o risco. Ainda mais quando adotadas técnicas compensatórias, que devem ser instaladas na fonte, ou seja, no local de risco. Isto acontece porque a decisão inicial e a final não dependem só do profissional e da pesquisa técnica, mas também dos administradores e dos residentes, ou seja, é necessário o apoio e a conscientização das pessoas. Trata-se de entender que esta atenção, a longo prazo, torna-se uma grande economia de recursos.

Após essa introdução, são apresentadas nas diretrizes, a hipótese de pesquisa, os objetivos a serem cumpridos, as delimitações do trabalho, assim como uma explicação sobre as suas etapas. O capítulo 3, Ciclo Hidrológico, apresenta a importância da água para o uso humano e sua atual escassez, esclarece ferramentas usadas para representar precipitações e também conceitos hidrológicos e como estes são usados para indicar alterações no ciclo. O capítulo 4, Impactos da Chuva, mostra como acontecem os impactos, quais as características essenciais da água no meio ambiente, como estas são afetadas pelos impactos, e porque em meios urbanos estes impactos são mais acentuados. O capítulo 5, Medidas Mitigadoras, classifica e descreve as medidas mais utilizadas atualmente, suas diferenças, locais para utilização, vantagens, desvantagens e apresenta ilustrações de cada uma para melhor compreensão. O capítulo 6, Objetos Educacionais, mostra a importância da educação ambiental, objetivo do trabalho, introduz o assunto Tecnologia da Informação e Comunicação, dando exemplos e mostrando vantagens e dificuldades na sua utilização. O capítulo 7, Estudo do Caso da Bacia Hidrológica da Vila Santa Isabel, faz uma breve análise da bacia, sua história, seus problemas, causas e também serve como fonte de material para a produção do vídeo educacional. O capítulo 8, Desenvolvimento Metodológico, resume a utilização do IPHS1, caracteriza possíveis medidas mitigadoras que podem ser implantadas na bacia, e apresenta como foi desenvolvido o vídeo educacional. O capítulo 9, Considerações Finais, termina o trabalho, fazendo uma breve análise da situação atual dos problemas da urbanização, das possíveis medidas mitigadoras utilizadas, dos resultados da educação ambiental e das dificuldades ao aplicar as Tecnologias da Informação e Comunicação.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

Para a elaboração deste trabalho foram adotadas as seguintes diretrizes.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é frente à necessidade de conscientização da população quanto aos problemas de drenagem urbana e suas soluções, e analisando o efeito da urbanização nas bacias hidrográficas como a da vila Santa Isabel, como melhor comunicar à população sobre os impactos ambientais e descrever a utilização das medidas mitigadoras, assim como conceitos básicos de Engenharia para disponibilização na internet?

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal do trabalho é a criação de um vídeo educacional, com o intuito de disponibilizar conceitos básicos sobre os efeitos da urbanização em bacias hidrográficas e mostrando a utilização de diferentes medidas mitigadoras para então reduzir os problemas na drenagem urbana.

2.2.2 Objetivo secundário

Os objetivos secundários são:

- a) descrição de problemas e causas na drenagem urbana;
- b) classificação e caracterização das possíveis medidas mitigadoras.

2.3 DELIMITAÇÕES

O foco do trabalho é nos problemas na drenagem urbana em eventos de precipitação, dando ênfase na urbanização como principal causa.

2.4 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas no diagrama da figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

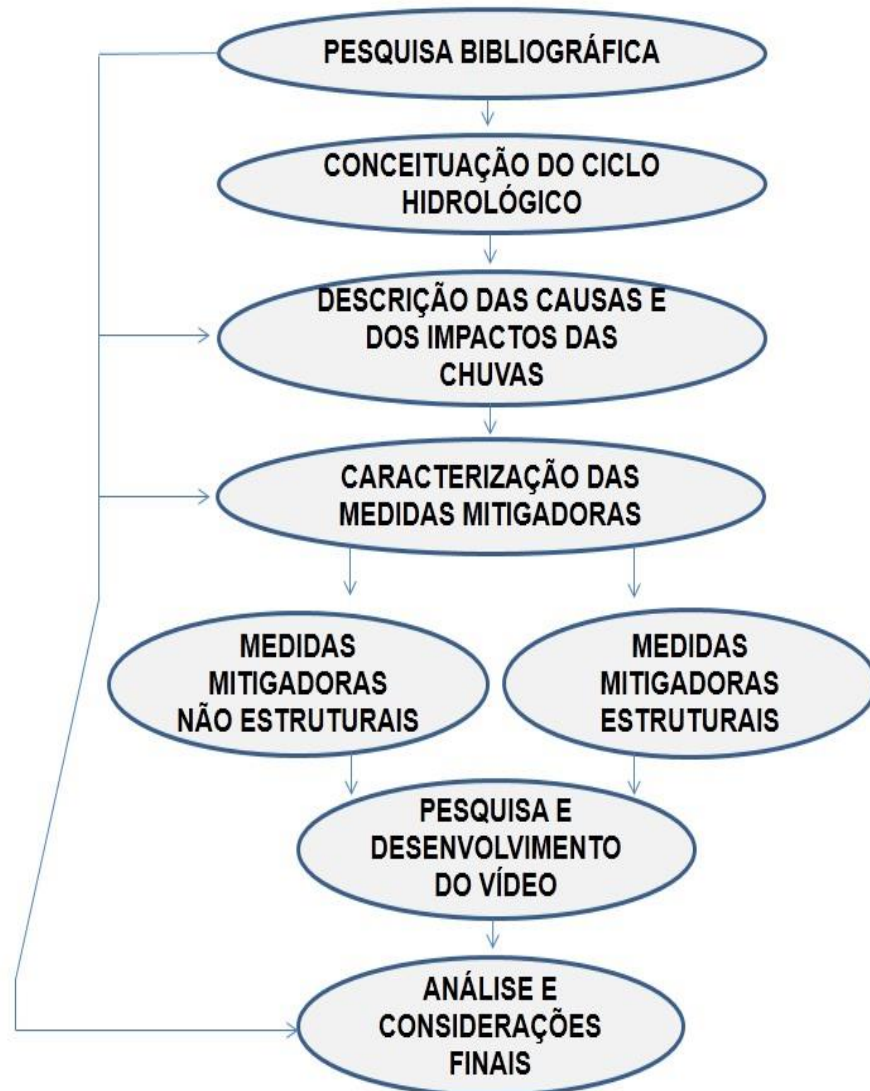
- a) pesquisa bibliográfica;
- b) conceituação do ciclo hidrológico;
- c) descrição da causa e dos impactos das chuvas;
- e) caracterização das medidas mitigadoras;
- f) desenvolvimento do vídeo;
- e) análise e considerações finais.

O delineamento começa com a pesquisa bibliográfica que objetivou desenvolver e aprimorar o embasamento teórico necessário para apresentar o vídeo. Esta parte se desenvolveu principalmente no início do trabalho, mas permaneceu durante toda sua elaboração, envolvendo a descrição da causa e dos impactos das chuvas, e a caracterização das medidas mitigadoras até a análise e considerações finais.

A conceituação do ciclo hidrológico consiste em explorar a parte teórica base para o assunto, apresentar as principais características que influenciam o ciclo, como são classificadas as precipitações, os escoamentos e como os hidrogramas e os modelos hidrológicos podem servir de ferramenta para testemunhar a gravidade dos impactos causados. Estes conceitos são essenciais para entender os fenômenos hidrológicos assim como o funcionamento das medidas mitigadoras.

A descrição dos impactos das chuvas é uma pesquisa através da bibliografia da área, jornais e revistas a fim de descrever o que acontece depois de uma precipitação, como é realizado e quais as dificuldades encontradas no escoamento da água na superfície. A identificação das causas dos impactos refere-se ao meio urbano, o porquê destes impactos acontecerem mais acentuadamente em áreas urbanizadas e como isto acontece.

Figura 1 – Diagrama das etapas do trabalho



(fonte: elaborado pelo autor)

A caracterização das medidas mitigadoras consiste em basicamente dois tipos. O primeiro são as estruturais, estas compreendem técnicas de Engenharia que podem, por exemplo, através da instalação de condutos, aumentar a velocidade da água escoada superficialmente, buscando a liberação da água presente na superfície do local. Outra técnica possível é a implantação de sistemas que garantem maior permeabilidade ao solo, e deste modo, permitem maior infiltração de água. O objetivo é então, diminuir o volume de água presente na superfície e, conseqüentemente, reduzir os impactos. O segundo tipo são as medidas mitigadoras não estruturais, das quais fazem parte soluções como leis ambientais, que procuram estabelecer limites e recomendações para as instalações em determinada região, ou também a previsão e alerta de inundações que acabam por reduzir o impacto na população local em caso de eventos

de precipitação de grande intensidade. As medidas não estruturais, são então, sistemas que indiretamente reduzem o impacto da chuva sobre a comunidade. Neste trabalho é dada ênfase na educação ambiental, que é uma medida mitigadora não estrutural.

O desenvolvimento do vídeo começa a partir da pesquisa bibliográfica inicial, esta procura absorver os melhores elementos para serem apresentados em forma de vídeo educacional, que será utilizado como uma ferramenta não estrutural no combate aos impactos da chuva. O objetivo do vídeo é realizar uma análise dos impactos ambientais, e oferecer possíveis soluções para o local, que, se fossem implantadas, iriam, minimizar os impactos ambientais causados pela chuva. Com este estudo de caso e as explicações do vídeo, espera-se causar uma maior compreensão e sensibilização das pessoas em relação ao assunto.

3 O CICLO HIDROLÓGICO

Para compreender os impactos da chuva e fazer as devidas análises quanto ao manejo da água, é essencial entender o ciclo hidrológico. Conforme Wanielista (1978, p. 1, tradução nossa) muito bem explica:

O manejo da água da chuva é uma disciplina cujas aplicações práticas são evidentes em diversas atividades, como por exemplo, drenagem industrial, gestão da água proveniente de florestas, escoamento urbano, gestão de nível de lagos, suprimento de água e investigações meteorológicas. Sem dúvida, as aplicações do manejo da água da chuva são muitas, com tantas definições nesta área, assim como aplicações. O conteúdo pode ser encontrado em disciplinas educacionais da hidrologia, hidráulica e engenharia ambiental. Um corpo interdisciplinar de conhecimento é necessário para o planejamento, projeto e gestão do transporte da água superficial e sistema de armazenamento incluindo interações com a água no solo. Isto inclui tanto aspectos de qualidade como de quantidade de todas as águas e depende de um básico entendimento do ciclo hidrológico. Portanto, o ciclo deve ser considerado como material introdutório.

O ciclo hidrológico acontece devido à energia do sol atuante na água presente no solo, com esta energia a água evapora, e devido às forças gravitacionais, mais tarde volta para o solo através de precipitações. O que acontece é uma série de eventos hidrológicos que podem ser organizados resumidamente da seguinte forma (ESTADOS UNIDOS, 2013):

- a) evaporação, a energia solar incidente na superfície terrestre causa um aumento na temperatura da água, e consequente evaporação em forma de ar quente úmido;
- b) condensação, o ar quente sobe e ao atingir uma altitude elevada a temperatura diminui e a água presente no ar se condensa;
- c) precipitação, a água em forma líquida precipita-se ou, o encontro de uma massa de ar quente e uma massa de ar frio, causa uma precipitação;
- d) uma parcela da água precipitada infiltra-se no solo e o restante passa a formar o escoamento superficial.

O ciclo hidrológico é representado pela figura 2.

Figura 2 – Ciclo hidrológico



(fonte: ESTADOS UNIDOS, 2013)

3.1 ÁGUA DISPONÍVEL

Como já introduzido anteriormente, cerca de 97% da água encontrada na Terra, é localizada em oceanos e portanto se encontra em uma solução salgada, esta, atualmente é de inviável utilização visto que representa um custo muito elevado para o tratamento. Da água restante e de fácil acesso, o seu uso para abastecimento e consumo das pessoas é apenas possível após o devido tratamento ser realizado (WANIELISTA, c1978, tradução nossa).

Levando em conta a crescente urbanização, e considerando-se que o abastecimento da água acontece principalmente em regiões próximas de centros urbanos, pode-se concluir que, a água potável disponível para o tratamento e posterior fornecimento para a população dos centros urbanos é extremamente escassa. Isto acontece principalmente por duas razões: a primeira é que os centros urbanos necessitam de um volume maior de água tratada para o abastecimento; a segunda é que a água localizada nestas regiões está mais sujeita a enchentes e contaminações e, portanto, geralmente se encontra mais poluída (BRITO, 2006).

3.2 FATORES QUE AFETAM O CICLO HIDROLÓGICO

Existe uma série de fatores que afetam o ciclo hidrológico, entre as principais pode-se citar: energia solar, vento e temperatura. Para estes é dada uma breve explicação.

3.2.1 Energia Solar

A energia solar determina o clima das regiões e inicia o ciclo hidrológico. A energia solar aquece as superfícies, e estas, por sua vez, aquecem a atmosfera. Com o aumento da temperatura, a água encontrada nas plantas é transpirada enquanto a água presente nos corpos de água é evaporada (WANIELISTA, c1978, tradução nossa).

3.2.2 Vento

O movimento do vento é importante para determinar a perda de água. Quanto maior a intensidade do vento, maior a perda de água, além de que, é devido ao movimento das massas de ar que se formam os eventos de precipitação. Os ventos são expressados em função de sua direção, velocidade e frequência. O aquecimento das massas de ar causa a modificação das pressões, e estas causam os ventos (WANIELISTA, c1978, tradução nossa).

3.2.3 Temperatura

A temperatura é uma variável que influencia diretamente a evaporação e a transpiração, sendo assim, quanto maior a temperatura, maior a quantidade de água evaporada pelos corpos de água e transpirada pelas plantas e outros organismos, deste modo afetando diretamente a forma da precipitação. As temperaturas são medidas em graus Celsius e variam conforme diversos fatores, entre os mais relevantes, pode-se citar a hora do dia, a estação, a localização e a altitude. Em situações normais, a temperatura diminui 0,7 °C a cada acréscimo de 100m na altitude (WANIELISTA, c1978, tradução nossa).

No caso de ambientes urbanos, Tucci (1997) explica que as superfícies impermeáveis, como o concreto e o asfalto, absorvem mais energia solar, produzindo zonas com maior temperatura, aquecendo o ar e aumentando o movimento de ar ascendente, podendo aumentar a quantidade de precipitações na região, assim acentuando ainda mais o problema das enchentes urbanas.

3.3 A PRECIPITAÇÃO

A precipitação da água apresenta conceitos que devem ser considerados. O tempo de retorno é usado para indicar a frequência de ocorrência de uma determinada precipitação. O escoamento pode ser classificado de acordo com o local de incidência e caracterizado por fatores que facilitam a sua análise.

3.3.1 Tempo de Retorno

Devido à grande quantidade de variáveis quando se analisa as precipitações e o ciclo hidrológico, não é possível determinar com muita precisão cenários futuros, por isso quando se fala em previsão, considera-se uma determinada probabilidade de sucesso. São então muitas vezes utilizados modelos estatísticos, em que a chance de ocorrência é considerada e o conceito de probabilidade é apresentado. A precisão do resultado é proporcional ao histórico de dados utilizado, sendo assim, quanto maior o histórico utilizado, maior a precisão dos resultados (ENOMOTO, 2004).

O tempo de retorno é utilizado para representar essa probabilidade, ele representa o intervalo de tempo médio em que um evento, neste caso a precipitação, vai ser atingido ou excedido. O tempo de retorno no caso de precipitações é dado em anos, ou seja, quando se fala em tempo de retorno de 50 anos, se refere a um evento que acontece em média uma vez a cada 50 anos (WANIELISTA, c1978, tradução nossa).

3.3.2 Escoamentos

A chuva é precipitada e, ao encontrar o solo, uma parcela da água infiltra e passa a formar o escoamento subterrâneo, outra é retida pela vegetação, o restante encontra resistência do solo e forma o escoamento superficial. O escoamento superficial, quando em grande quantidade, aparece na forma de enchente. Além da quantidade de água precipitada, existem uma série de fatores que influenciam o escoamento superficial, por exemplo, o coeficiente de escoamento pode ser usado para apresentar a relação entre o escoamento superficial e o subterrâneo, o tempo de concentração varia com o tamanho e a inclinação da bacia. Quando se realiza a análise de um escoamento, verifica-se, além dos itens já mencionados, a vazão de pico, a infiltração, a precipitação efetiva e o tempo de concentração. Estas características determinam a gravidade

do impacto da chuva. Para melhor análise destes, são criados hidrogramas e modelos hidrológicos.

3.3.2.1 Vazão de pico

A vazão é a principal grandeza que caracteriza um escoamento. A vazão de pico, também chamada de vazão de cheia, é a maior vazão de uma determinada precipitação. No caso da implementação de medidas mitigadoras dos impactos da chuva, considera-se a pior situação possível, ou seja, a vazão de pico dos eventos de precipitação (WANIELISTA, c1978, tradução nossa).

3.3.2.2 Coeficiente de escoamento

O coeficiente de escoamento, também chamado de coeficiente *run off*, é a razão entre o escoamento superficial e o escoamento subterrâneo. O mesmo muda conforme o solo em questão, mais precisamente devido à permeabilidade do solo (WANIELISTA, c1978, tradução nossa).

3.3.2.3 Infiltração

Tucci (1997) descreve a infiltração como sendo a transferência da água presente na superfície para o interior do solo. A capacidade de infiltração pode ser descrita então como a facilidade da água infiltrar, dependendo principalmente das características do solo e do nível de saturação em que se encontra. Nas técnicas modernas de drenagem urbana, chamadas de técnicas compensatórias, um dos principais objetivos é o aumento da infiltração no solo.

3.3.2.4 Precipitação efetiva

A precipitação efetiva, em drenagem urbana, é a parcela da precipitação que provoca o escoamento superficial, ou seja, é a precipitação menos a água que é interceptada pela vegetação ou que infiltra no solo. No caso de uma precipitação em um solo seco, inicialmente o solo apresenta maior capacidade de infiltração e retenção, mas ao absorver a água da chuva ele se torna saturado, reduzindo assim sua permeabilidade. Neste caso, se a precipitação se mantiver com a mesma intensidade, a precipitação efetiva vai se tornar maior (OLIVEIRA et al., 2008).

3.3.2.5 Tempo de concentração

O tempo de concentração é o tempo que leva para todas as partes da bacia hidrográfica terem contribuído com o escoamento superficial, ou seja, é o tempo que a parcela da precipitação mais distante da bacia hidrográfica leva para escoar superficialmente e atingir a foz da bacia. O tempo de concentração é amplamente utilizado, pois no momento em que toda a área da bacia contribuir com o escoamento, se a precipitação se mantiver homogênea e com a mesma intensidade, tem-se o máximo escoamento superficial (WANIELISTA, c1978, tradução nossa).

3.3.2.6 Hidrograma

O hidrograma é uma representação gráfica que mostra o fluxo de água com relação ao tempo para uma determinada bacia hidrográfica. Este varia principalmente conforme as seguintes características da bacia (WANIELISTA, c1978, tradução nossa):

- a) área;
- b) forma;
- c) padrão de drenagem;
- d) uso da terra;
- e) relevos;
- f) coeficiente de infiltração.

Geralmente para construir um hidrograma é necessário saber o tempo de concentração da bacia. Chuvas de mesma intensidade costumam gerar hidrogramas similares, enquanto que chuvas de maior intensidade apresentam hidrogramas mais acentuados (WANIELISTA, c1978, tradução nossa).

3.3.2.7 Modelos hidrológicos

Os modelos hidrológicos são ferramentas que, através da inserção de dados históricos e características da bacia hidrográfica, podem ser usados para prever o comportamento da mesma. Apesar da sua utilização, os modelos perdem a precisão quando se quer o resultado de bacias e precipitações diferentes, sendo assim devem ser usados modelos diferentes para bacias com características diferentes. Por esse motivo, associado ao desenvolvimento de tecnologias que permitem o cálculo com extrema facilidade, hoje existem cada vez mais modelos que podem

ser utilizados (ENOMOTO, 2004). Bellinaso (2002) reafirma esta ideia quando menciona que os modelos hidrológicos têm sua confiabilidade limitada e por isso são realizadas medidas de campo em bacias hidrográficas das quais são necessários dados mais confiáveis. De acordo com Enomoto (2004), nas últimas décadas esses modelos têm sido classificados em dois tipos:

- a) desenvolvidos para grandes bacias, estes buscam aproveitar o histórico de dados, e com estes gerar a distribuição dos parâmetros;
- b) de pequenas bacias, estes procuram representar os processos hidrológicos distribuídos na área.

A determinação do comportamento de uma bacia hidrográfica depende de um grande número de variáveis que nem sempre podem ser medidas. É comum obter limitações na obtenção de dados, pela falta destes ou também pela má qualidade na medição. Por este motivo, muitas vezes o responsável por utilizar os modelos hidrológicos deve, através de artifícios matemáticos e considerando o histórico da bacia hidrográfica, estimar os dados que não estão corretos ou extrapolar dados que sejam necessários. Enomoto (2004) descreve as limitações dos modelos hidrológicos na qualidade e na quantidade dos dados de entrada. Lou (2010) complementa a ideia comentando que as características físicas da bacia apresentam uma variabilidade muito grande, por isso uma única medida dos parâmetros muitas vezes não é o bastante para se obter uma boa estimativa.

3.3.2.8 IPHS1

O IPHS1 é um programa computacional desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Sua utilização possibilita a obtenção de hidrogramas de projeto. Os dados necessários para utilizar o programa consistem na precipitação e nas características físicas da bacia hidrológica, assim como os parâmetros de modelos chuva-vazão. O programa realiza a simulação para diferentes cenários em bacias e rios, através de modelos matemáticos presentes na literatura atual, permitindo, também, a combinação destes modelos e a comparação dos resultados (MARINS, 2004).

Durante a sua utilização para a simulação de bacias é possível subdividir a bacia conforme a disponibilidade de dados e características da bacia, assim obtendo hidrogramas mais precisos. A seguir é determinada a chuva efetiva. E então é realizada a separação do escoamento em superficial e subterrâneo (MARINS, 2004).

Para a simulação de rios é possível calcular o escoamento em rios e em reservatórios, assim como a derivação das vazões (MARINS, 2004). O funcionamento do IPHS1 é comprovado em vários trabalhos publicados, entre estes, podemos citar o de Marins (2004) e o de Souza et al. (2008).

3.3.2.9 Evapotranspiração

A evapotranspiração é muitas vezes usada como dado de entrada em modelos hidrológicos. A evapotranspiração consiste no retorno de toda a água que vai da superfície até a atmosfera, ou seja, na evaporação da água presente no solo e na superfície somada com a transpiração das plantas. A evaporação é quando a água em qualquer local, com excesso das plantas, é liberada na forma de vapor. Quando as plantas liberam a água em forma de vapor, isto é chamado de transpiração. Geralmente obtêm-se dados da evapotranspiração através de dispositivos chamados de lisímetros, estas medidas tendem a ser caras e difíceis de serem realizadas, a medição é executada através de uma balança que consegue medir a evapotranspiração, isto acontece devido variação do peso do solo e/ou plantas com o tempo. No caso do dimensionamento de um reservatório, é necessário, principalmente, a evaporação da água do local. Para cálculos que envolvem agricultura, ou áreas com vegetação, é necessário a evapotranspiração (WANIELISTA, c1978, tradução nossa).

4 IMPACTOS DA CHUVA

Os impactos da chuva resumem-se na qualidade e na quantidade inadequada da água. Estes impactos são acentuados em ambientes urbanos devido à capacidade reduzida de infiltração do solo, sendo este o principal fator que produz o aumento do volume do escoamento superficial (LOU, 2010). Hoje não é preciso olhar longe para achar notórias inundações causando prejuízo em centros urbanos. Porém, é fácil esquecer as enchentes que acontecem com menor frequência, que resultam em prejuízos muito maiores. Tucci (1997) cita algumas destas, em especial a de 1880, em Blumenau, e 1941 em Porto Alegre. São nestas vezes que se questiona a necessidade de proteção contra inundações.

4.1 A URBANIZAÇÃO

A urbanização causa uma maior impermeabilização do solo. Na questão da urbanização, Pinto (2011, p. 1) descreve bem a situação:

O desenvolvimento dos centros urbanos no Brasil e em grande parte do mundo se deu, na grande maioria das vezes, de maneira desordenada e sem a preocupação com o meio ambiente urbano. A falta de planejamento aliada à urbanização descontrolada, usualmente pressionada por aspectos econômicos como a falta de moradias, o êxodo rural e a industrialização, resultou em altas taxas de impermeabilização do solo e, conseqüentemente na ausência de espaços urbanos, como parques e jardins, que propiciam a infiltração da água no solo e a recarga dos lençóis freáticos. Principalmente nas grandes metrópoles, em decorrência dos elevados índices de impermeabilização do solo e da ocupação das várzeas, a ocorrência de inundações se dá com maior frequência, na medida em que os tempos de pico dos hidrogramas diminuíram e as vazões, por outro lado, aumentaram.

Enomoto (2004) confirma esta ideia, afirmando que na área rural o escoamento acontece de forma mais lenta visto que parte da precipitação é retida pela vegetação e uma parcela infiltra-se no solo, o que resta forma o escoamento superficial, produzindo um hidrograma bem distribuído e com vazões de pico menos acentuadas, nos centros urbanos, por sua vez, isto deixa de ser possível visto que o solo mais impermeabilizado reduz a infiltração da água e provoca uma maior velocidade no escoamento superficial.

Enomoto (2004) também realiza uma análise da ocupação da Região Metropolitana de Curitiba, caracterizando-a como desordenada. O mesmo acontece na vila Santa Isabel, local analisado no capítulo 7, o que acontece é um ciclo em que a ocupação em locais irregulares gera pressões para a criação de infra-estrutura, essa infra-estrutura por sua vez causa uma maior ocupação da área irregular, assim criando regiões com baixa qualidade de ocupação, geralmente ocupada pela população de baixa renda.

Assim como o planejamento tardio, no Brasil se enfrenta o problema da falta de informações com relação aos impactos ambientais relativos à chuva. Nos últimos anos, com projetos como o PAC Saneamento e o Programa Senado Verde, a situação brasileira, apesar de ainda precária, está evoluindo.

Tucci (1997) exemplifica alguns dos impactos devidos à falta de planejamento urbano, tais como:

- a) a má localização de pontes e taludes de estradas que obstruem a seção do escoamento superficial no evento de enchentes;
- b) a erosão do solo e consequente assoreamento dos rios, assim reduzindo a seção do escoamento;
- c) a diminuição da capacidade de escoamento de rios, canais e condutos devido a deposição de lixo;
- d) obras de drenagem como canais revestidos que apenas transferem a enchente para a jusante, lidando com o problema de forma ineficiente.

Lou (2010) comenta que, com a urbanização muitas vezes acontece a retirada da vegetação próxima aos cursos de água, a ocupação nestes lugares muitas vezes se dá em residências de baixa renda, isto além de causar a redução no amortecimento das cheias, acaba aumentando o depósito de lixo e sedimentos nas encostas e nos rios, diminuindo a capacidade de escoamento superficial e agravando ainda mais a situação das enchentes. Segundo Tucci (1997), são impactos diretos da urbanização:

- a) o aumento das vazões de pico devido a utilização de esgotos pluviais que aumentam a velocidade de escoamento e não resolvem o problema efetivamente, sem permitir a infiltração da água;
- b) o aumento da população, e consequente aumento de lixo produzido;
- c) a diminuição da qualidade da água, visto que durante o escoamento superficial a água escoada carrega o material sólido, sedimentos e outros detritos encontrados

no solo urbano, além do aumento das ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial.

Segundo Brito (2006), com a passagem da água pelo solo impermeabilizado ou através de condutos e canais, a água passa a ser escoada mais rapidamente, causando assim uma resposta da bacia hidrográfica mais acentuada, o que resulta em uma vazão de pico maior no escoamento superficial em solos urbanos. Segundo Bellinaso (2002), o aumento de sedimentos acontece de forma natural, mas quando se trata de centros urbanos, o crescimento populacional provoca um aumento na produção de sedimentos e também uma maior demanda de água, sendo assim é necessário um melhor planejamento dos recursos hídricos.

4.2 A QUALIDADE

Wanielista (c1978, tradução nossa) afirma que em solos urbanos a água escoada superficialmente vai carregar os sedimentos, detritos e outras impurezas encontradas até os corpos de água. Brito (2006) e Bellinaso (2002) confirmam esta ideia, quando comentam que os sedimentos e poluentes presentes na superfície, em eventos de precipitação, são carregados pelo escoamento para as redes de drenagem e conduzidos até os corpos de água, assim causando uma diminuição na qualidade da água. Os efeitos da poluição na água provocam uma reação em cadeia, iniciando pela aparência turva da água, a deposição dos sedimentos causa a diminuição da capacidade de escoamento, a proliferação de bactérias decompositoras de sedimento causa o consumo do oxigênio presente na água, o consumo do oxigênio por sua vez, causa a morte dos outros organismos aeróbicos presentes na água.

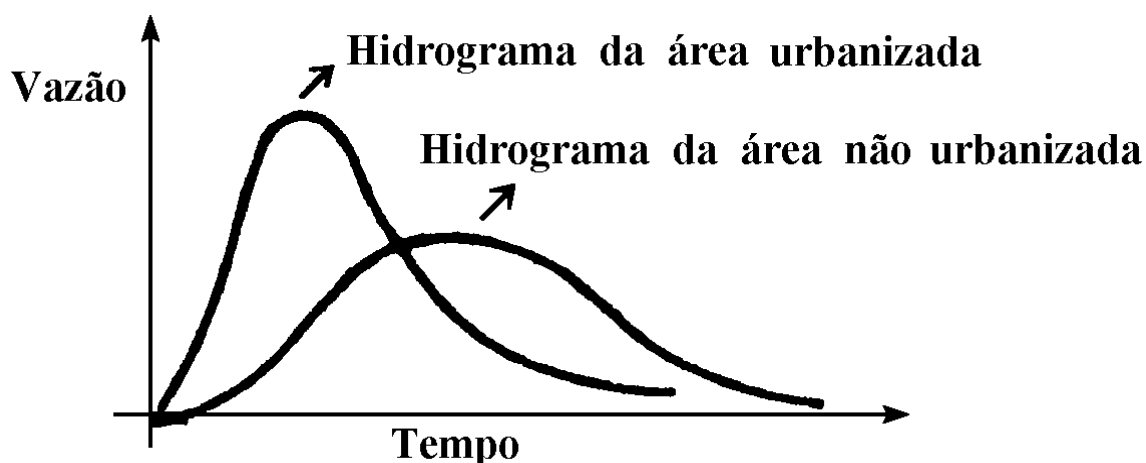
A poluição de aquíferos também é um fator preocupante. Segundo Tucci (1997), os aterros sanitários e as fossas sépticas instaladas em locais onde o solo é permeável, são uma das principais fontes de poluição. Através do ciclo natural de precipitação e infiltração, a água precipitada acaba contaminando o lençol freático.

A degradação da água se torna um aspecto relevante, quando são avaliados os custos envolvidos com o tratamento da água para o abastecimento da população, principalmente por estes impactos acontecerem mais acentuadamente próximos aos centros urbanos, justamente onde é necessário fornecer um volume maior de água tratada (BELLINASO, 2002).

4.3 A QUANTIDADE

Assim como já mencionado no capítulo anterior, segundo Tucci (1997), em bacias urbanas, as principais causas das enchentes são a impermeabilização do solo e a passagem de água por condutos e canais que acabam por aumentar a vazão de pico da área urbanizada. Esta ideia é representada pela figura 3.

Figura 3 – Hidrograma de área urbanizada



(fonte: TUCCI, 1995, p. 17)

Pinto (2011) concorda, explicando que em bacias urbanas, a impermeabilização causa uma maior velocidade no escoamento superficial, esta aceleração causa vazões de pico mais rápidas e acentuadas. Por isso a medida com que os centros urbanos se desenvolvem, o tempo de retorno das inundações diminui e estas acontecem em uma área maior. Lou (2010) reforça esta ideia quando indica que, na retirada da vegetação do solo, este geralmente sofre uma maior impermeabilização, conseqüentemente acontece a redução tanto da capacidade de infiltração, quanto na retenção da água pela vegetação, isto acaba alterando o balanço hídrico do solo, aumentando a velocidade do volume escoado superficialmente, antecipando e tornando mais acentuada a vazão de pico.

5 MEDIDAS MITIGADORAS

De acordo com Pinto (2011), o meio técnico e acadêmico têm o desafio de realizar a pesquisa e o desenvolvimento de novos métodos e medidas, que consigam minimizar de maneira mais efetiva os efeitos causados pelas precipitações em áreas impermeabilizadas. As medidas mitigadoras podem ser divididas em medidas estruturais e não estruturais. Apesar das soluções não estruturais obviamente apresentarem um custo menor, observam Tucci (1995) e Enomoto (2004), a drenagem urbana eficiente requer um equilíbrio entre os dois tipos.

Conforme citação de Pinto (2011, p. 11-12):

Hoje um dos grandes desafios na gestão da drenagem urbana é a mitigação dos impactos causados pela impermeabilização do solo urbano. É fato, que o principal fator que altera a magnitude do escoamento superficial direto gerado em uma bacia hidrográfica é decorrente da urbanização resultante da cidade legal, da cidade ilegal e da cidade informal. O meio técnico e acadêmico vêm se esforçando no desenvolvimento de pesquisas para a descoberta de medidas que possam de alguma maneira mitigar os efeitos causados pelo Homem no tocante à impermeabilização do solo. Outro fator determinante é a ocupação das várzeas, que ocorre, por vezes, em função da ausência de fiscalização, mas que afeta sobremaneira a bacia hidrográfica e a população de seu entorno, quando da ocorrência de chuvas intensas.

Nos itens a seguir, são classificadas e exemplificadas as medidas mitigadoras em estruturais e não estruturais.

5.1 MEDIDAS ESTRUTURAIS

As medidas mitigadoras estruturais constituem-se em obras de Engenharia implementadas na bacia, também chamadas de medidas extensivas, ou no rio, também chamadas de medidas intensivas. Estas medidas atuam a fim de minimizar o risco e a gravidade das inundações durante os eventos de precipitação (TUCCI, 1997). Pinto (2011) classifica e descreve as medidas de controle de acordo com a utilização e a função na bacia hidrográfica:

- a) na fonte: também chamadas de técnicas compensatórias. São dispositivos que atuam diretamente na área atingida pela precipitação, geralmente ocupam uma pequena área e permitem uma maior infiltração e armazenamento do local;
- b) centralizado: são em geral grandes obras de Engenharia que se baseiam no armazenamento da água de curto prazo (bacias de detenção) ou de longo prazo

(bacias de retenção), estas têm o objetivo de aumentar o tempo de concentração da água na bacia e assim causar uma vazão de pico menor.

Os sistemas de drenagem clássicos apresentavam como princípio a transferência das águas através de canais e condutos para jusante o mais rápido possível, o que por sua vez causava novas inundações a jusante e a necessidade de novos sistemas de drenagem. Assim, causando, além de uma maior frequência nas inundações, um ciclo ineficiente. Os sistemas de drenagem conhecidos como alternativos ou compensatórios, por sua vez, tem o princípio de reter e infiltrar a água, causando assim um menor escoamento superficial e a diminuição da frequência em que ocorrem as enchentes (BRITO, 2006).

Tucci (1995) afirma que se deve ter uma visão mais ampla dos impactos da chuva, esclarecendo que, apesar de as medidas de controle centralizado serem necessárias, os efeitos causados pelas precipitações devem ser tratados na área atingida e não mais transferidos às regiões a jusante. Segundo Pinto (2011), esta ideia de tratar os impactos na fonte produtora, acaba produzindo o conceito, que no Brasil é denominado de “Impacto Zero”, que retrata a situação ideal dos impactos, ou seja, toda a água precipitada é infiltrada no local atingido, sendo assim acontece a completa eliminação dos impactos causados pela urbanização e o retorno das vazões originais da bacia hidrográfica.

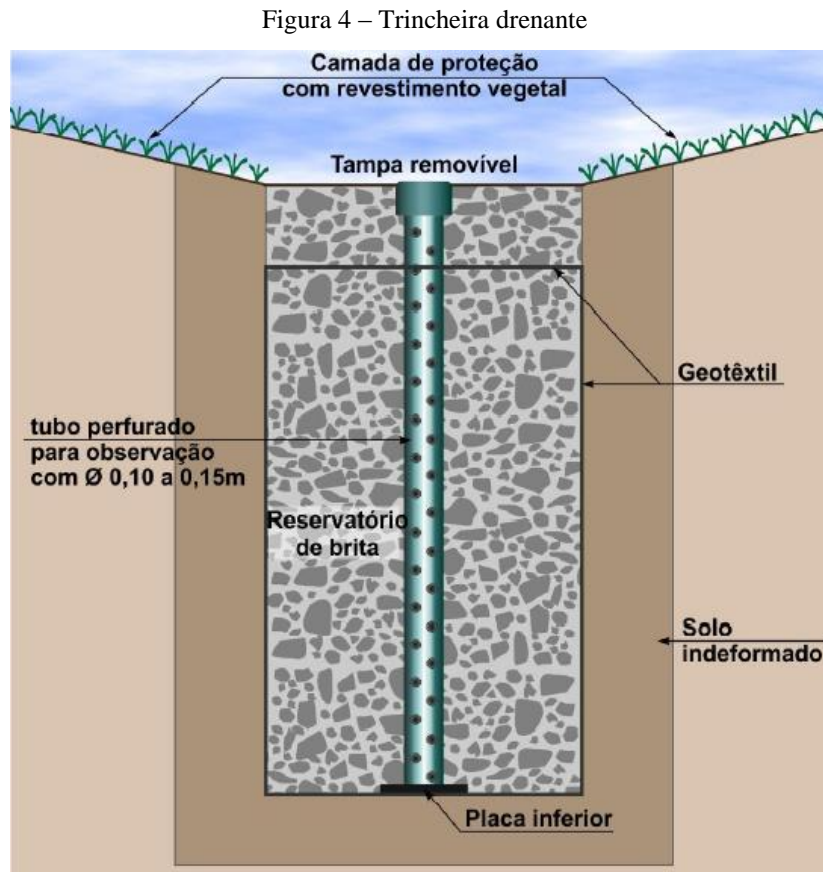
De acordo com Brito (2006) e Pinto (2011), é possível citar as principais medidas mitigadoras na fonte, detalhadas nos próximos itens, como sendo:

- a) trincheiras drenantes;
- b) valas ou valetas de armazenamento ou infiltração;
- c) poços de infiltração;
- d) telhados armazenadores;
- e) reservatórios individuais ou microrreservatórios;
- f) pavimentos permeáveis.

5.1.1 Trincheiras drenantes

Segundo Pinto (2011), as trincheiras drenantes consistem em longas valetas, preenchidas com material granular, normalmente brita, envoltas por manta geotêxtil de forma a manter o espaço entre a brita e o solo e evitar a mistura. As trincheiras drenantes possuem como principal

objetivo a infiltração da água no solo. Segundo Brito (2006), não são muito profundas, usualmente não ultrapassando um metro, geralmente ao longo de rodovias, calçadas ou estacionamentos. Pinto (2011), por outro lado, comenta que as profundidades podem variar entre 0,9 e 3,7m e que, no topo da trincheira, deve ser implantada uma camada vegetal a fim de evitar a contaminação do solo. A figura 4 representa um modelo de trincheira drenante.



(fonte: ROESNER et al.¹, 1988 apud PINTO, 2011, p. 16)

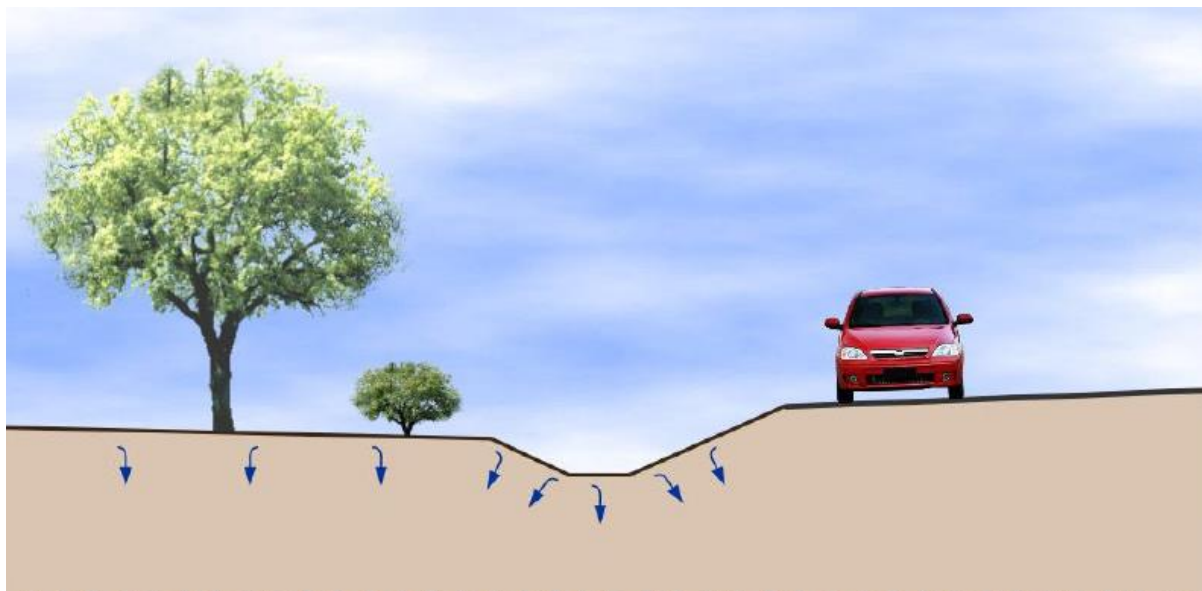
5.1.2 Valas ou Valetas de Armazenamento ou Infiltração

As valas de infiltração são revestidas de vegetação e desenvolvidas utilizando a menor declividade possível, para assim diminuir a velocidade de escoamento superficial e permitir a infiltração da água no solo. Além de diminuir as vazões de pico e aumentar os tempos de concentração, são eficientes na redução de poluentes do solo (PINTO, 2011). As valetas são valas de pequena profundidade. A água precipitada nas proximidades é escoada para o interior

¹ ROESNER, L. A.; URBONAS, B.; SONNEN, M. B. **Design of urban runoff quality controls**. Missouri: American Society of Civil Engineers, 1988.

da vala e entã é infiltrada ou escoada superficialmente (BRITO, 2006). Lou (2010) exemplifica locais para a implantaçãõ como sendo junto a estacionamentos e paralela a ruas. A figura 5 mostra uma vala de infiltraçãõ típica.

Figura 5 – Vala de infiltraçãõ típica



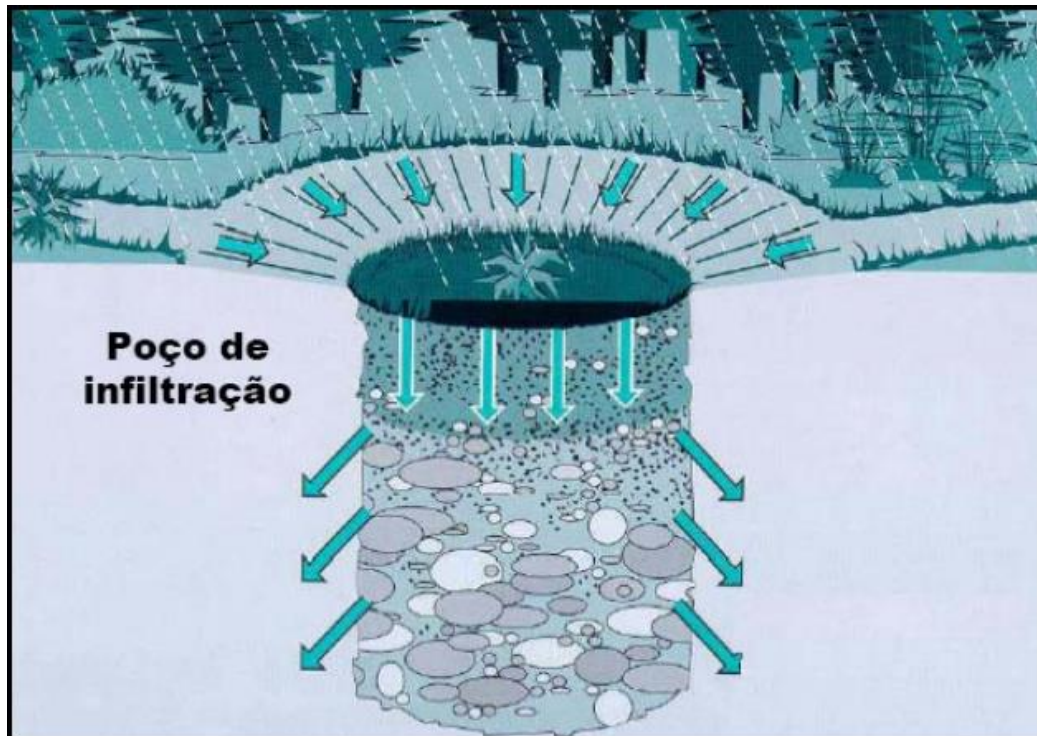
(fonte: URBONAS; STAHRÉ², 1993 apud PINTO, 2011, p. 20)

5.1.3 Poços de infiltraçãõ

Os poços de infiltraçãõ, diferentemente das trincheiras que sãõ instaladas de forma linear, sãõ instalados de forma pontual e vertical, podem ou nãõ serem preenchidos com material poroso e sãõ muito utilizados em casos nos quais a camada superficial do solo apresenta baixa permeabilidade. Servem como uma estrutura de armazenamento e infiltraçãõ apesar de também poderem ser usados como uma forma de alimentar a vegetaçãõ prõxima e o lençol freático (BRITO, 2006). Também por esta razãõ, um dos cuidados que deve se tomar é com a sua localizaçãõ. Pinto (2011) afirma que o lençol freático deve estar localizado a pelo menos 1,2m abaixo do fundo do poço para assim garantir maior infiltraçãõ e reduzir a contaminaçãõ do lençol freático pela água infiltrada. A figura 6 apresenta um exemplo de poço de infiltraçãõ.

² URBONAS, B.; STAHRÉ, P. **Stormwater**: best management practices and detention for water quality, drainage, and CSO management. New Jersey: PTR Prentice-Hall, 1993.

Figura 6 – Poço de infiltração modelo



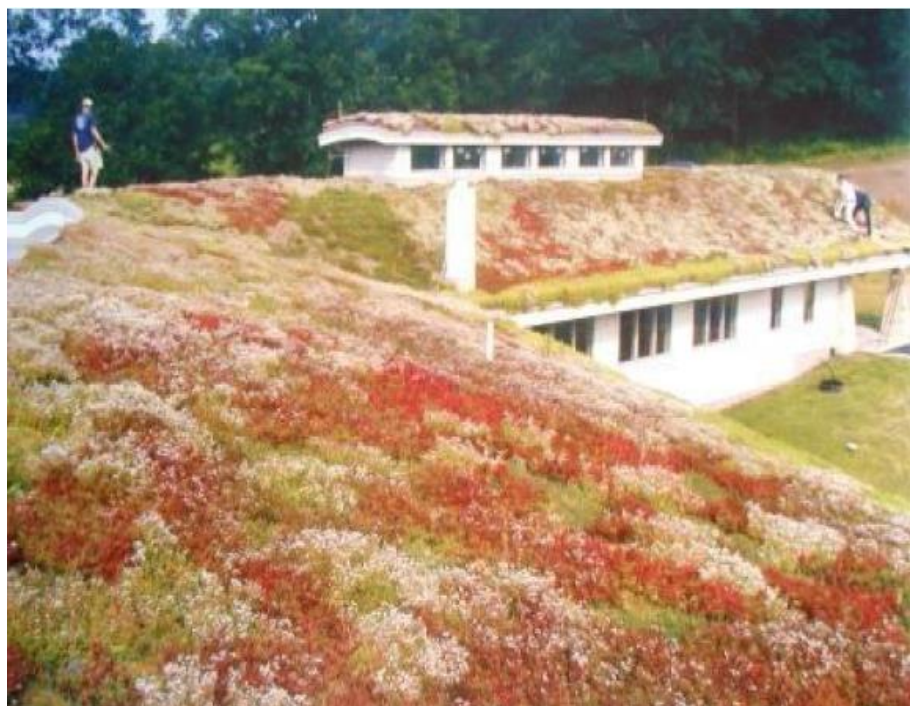
(fonte: BAPTISTA³, 2006 apud BRITO, 2006, p. 18)

5.1.4 Telhados armazenadores

Com a utilização de telhados armazenadores, também chamados de telhados verdes quando apresentam uma grande porção de vegetação (BEATRICE, 2011), é possível desenvolver as construções prediais de modo a minimizar o escoamento superficial. Os telhados armazenadores servem como um reservatório temporário da água precipitada e podem regular a vazão máxima liberada a jusante, assim permitindo um hidrograma de escoamento superficial melhor distribuído e uma vazão de pico menor (BRITO, 2006). A utilização deste material pode ter um custo significativo na implantação em telhados existentes, visto que deve ser considerada a carga adicional causada pela água no dimensionamento estrutural do telhado (PINTO, 2011). A figura 7 apresenta um exemplo de telhado armazenador.

³ BAPTISTA, M. B. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2006.

Figura 7 – Telhado armazenador



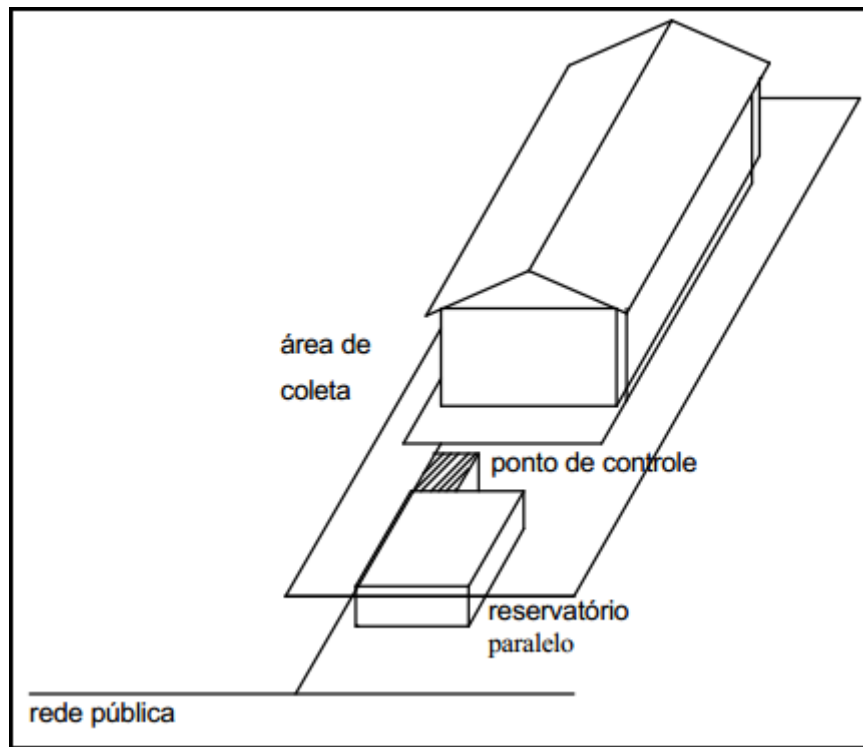
(fonte: PLEDGE⁴, 2005 apud BEATRICE, 2011, p. 31)

5.1.5 Reservatórios individuais ou microrreservatórios

Os reservatórios individuais, também chamados de microrreservatórios, atuam no sentido de permitir o retardo do tempo de concentração, permitindo uma melhor distribuição, também chamada de amortecimento, no hidrograma de saída e uma menor vazão de pico. São estruturas simples, em forma de caixa, podendo ser executados em diversos tipos de materiais, entre os mais utilizados estão o concreto, a alvenaria e o PVC. Geralmente tem um dispositivo de saída que permite uma vazão limite pré-estabelecida. Normalmente são instalados enterrados, mas também podem ser instalados acima do solo (AGRA, 2001). Na figura 8, encontra-se um exemplo de instalação de microrreservatório.

⁴ PLEDGE, E. **Green roofs: ecological design and construction**. Philadelphia: Shiffler, 2005.

Figura 8 – Instalação típica de um microrreservatório



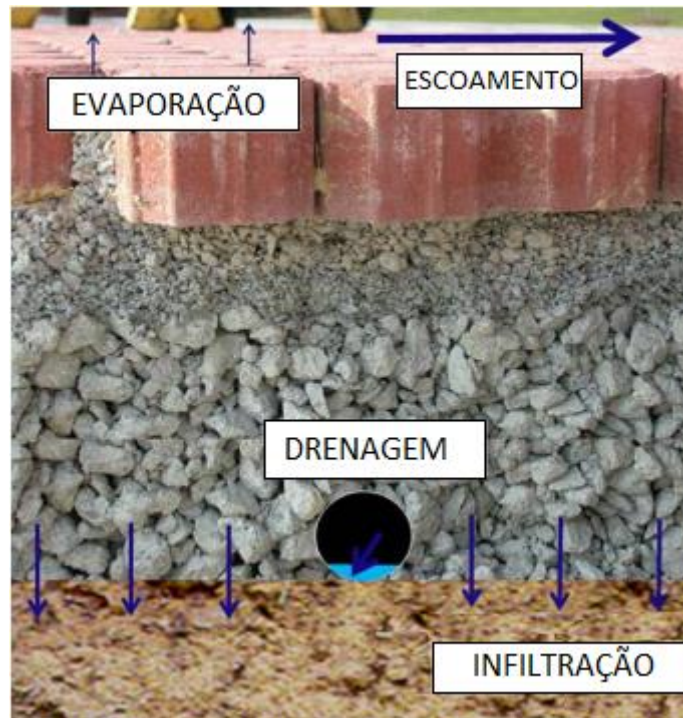
(fonte: O'LOUGHLIN et al.⁵, 1995 apud AGRA, 2001, p. 35)

5.1.6 Pavimentos permeáveis

Pinto (2011) descreve os principais usos dos pavimentos permeáveis, como estacionamentos, armazéns, arenas de esportes e ruas de tráfego leve, mas podendo ser encontrados em casos particulares a utilização em vias de tráfego médio e alto. Os pavimentos permeáveis permitem a recarga do lençol freático, assim como uma melhora na qualidade da água infiltrada no solo. Os pavimentos permeáveis podem ser classificados em infiltrantes e armazenadores. Estas características são obtidas com a utilização de diferentes porosidades do pavimento. Um grande fator a ser considerado em pavimentos permeáveis é o entupimento que acontece com o passar do tempo. É muito dependente do local onde é instalado o pavimento permeável, podendo haver a obstrução dos poros (entupimento), o que diminui consideravelmente a eficiência do pavimento permeável (HUNT; COLLINS, 2008, tradução nossa). A figura 9 representa um modelo da utilização de pavimentos permeáveis.

⁵ O'LOUGHLIN, G., BEECHAM, S., LEES, S., ROSE, L., NICHOLAS, D. 1995. On-site stormwater detention systems in Sydney. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN URBAN STORM DRAINAGE, 2., 1995, Lyon. *Annals...* Lyon: Graie, 1995. p. 549-556.

Figura 9 – Pavimento permeável modelo



(fonte: HUNT; COLLINS, 2008, p. 2, tradução nossa)

5.2 MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

As medidas não estruturais se caracterizam por serem sistemas que, indiretamente, diminuem o impacto da chuva sem lidar diretamente com a redução do escoamento superficial. Pinto (2011) lembra que o uso das medidas estruturais é fundamental nas cidades atuais, sendo assim, as medidas não estruturais servem para complementar, e devem ser implantadas em conjunto. Enomoto (2004) e Pinto (2011) descrevem estas medidas como tendo o objetivo de melhorar a convivência da população com as enchentes e as agrupam da seguinte maneira:

- a) planejamento e gestão do solo ou regulamento do uso da terra;
- b) construções à prova de enchentes;
- c) seguro de enchente;
- d) previsão e alerta de inundação;
- e) educação ambiental.

Lou (2010) realiza algumas observações a respeito destes grupos, sobre as construções à prova de enchentes comenta que, para a implementação, são necessários estudos que caracterizam as inundações locais, como a altura de submersão, velocidade, duração e frequência da água. O

mesmo autor afirma que, com relação ao seguro de enchente, já foram realizados estudos e que, atualmente, esta não é uma solução eficiente visto que os interessados não estão dispostos a pagar um prêmio compatível com o risco das perdas devido a inundações. Apesar de existirem casos particulares, como, por exemplo, a venda de pacotes de seguros no Brasil, em que o seguro enchente é vendido em conjunto.

Vale a pena destacar o regulamento do uso da terra, que acontece principalmente através de leis ambientais, como sendo uma medida não estrutural muito eficaz e cada vez mais utilizada. Em geral, o motivo destas leis é melhorar a qualidade e proteger nossos recursos ambientais. Pinto (2011) enfatiza, afirmando que é essencial a interação dos órgãos fiscalizadores em casos em que o impacto atinge uma região, por exemplo, na impermeabilização de grandes áreas. Neste contexto, como já mencionado em capítulo anterior, a mesma autora também observa a grande importância da sensibilização e do apoio da comunidade para a drenagem urbana.

Lou (2010) adiciona que o mapeamento das áreas inundáveis é uma solução muito efetiva e pode ser feita dividindo uma região de acordo com o risco de enchente. Por exemplo, pode ser caracterizada uma zona de alto risco quando o tempo de retorno para a ocorrência de enchentes é baixo, neste caso pode ser proibida a instalação de residências. Já no caso de médio risco pode ser permitida se forem obedecidas determinadas recomendações e no baixo risco não sendo necessário seguir recomendações. De acordo com Enomoto (2004), existem uma série de medidas não estruturais para o controle de inundações urbanas, entre estas se pode citar:

- a) a realização de um plano diretor, analisando as áreas urbanas que vão se desenvolver nos próximos anos, com o objetivo de evitar a ocupação desordenada e sem planejamento;
- b) o mapeamento das áreas inundáveis, em que são definidas as áreas atingidas por cheias de acordo com o tempo de retorno, assim como consequente estabelecimento de um conjunto de regras para a ocupação das diferentes áreas de risco de inundação;
- c) controlar o desmatamento e incentivar o reflorestamento a fim de prevenir a erosão e o assoreamento, principalmente no entorno de rios, assim permitindo o escoamento superficial da água precipitada;
- d) realizar a educação ambiental com o propósito de sensibilizar a população, principalmente para conscientizar os residentes de zonas de risco de inundações, visando a conservação das margens dos rios e a minimização do depósito de lixo;
- e) criar abrigos temporários e meios de evacuação para preservar os atingidos por inundações, assim como a organização de patrulhas de segurança;

- f) realocar residentes das áreas de maior risco de enchente, aplicando uma política de reassentamento;
- g) criar sistemas de alerta para prevenir e evacuar a população em eventos mais raros, vale a pena ressaltar a importância da precisão e garantia no caso da ativação de um alarme de evacuação, visto que caso este aconteça e a enchente não, perde-se a credibilidade da população frente a eventos futuros;
- h) tornar construções à prova de enchente em áreas de maior risco, através de adaptações;
- i) incentivar os estudos e a pesquisa de comportamento de bacia, para mais precisamente prever e minimizar impactos de futuros eventos de precipitação.

Uma ferramenta muito útil e necessária para a aplicação de grande parte das medidas não estruturais é o mapa de inundação. Segundo Lou (2010), os mapas de inundação são um importante aliado no combate contra os impactos da chuva, e deve ser divulgado, por exemplo, junto aos residentes das áreas de risco. Com a utilização dos mapas, a visualização dos problemas fica de fácil compreensão.

Nos mapas de inundação, podem ser, por exemplo, delimitadas as áreas de risco conforme o tempo de retorno das inundações. Enomoto (2004) refere-se aos mapas de inundação como efetivas ferramentas no controle e prevenção de inundações apesar de envolverem custos com estudos de topografia, batimetria e a coleta de dados. O mapa de inundação, pode também ser associado com as leis ambientais, oferecendo um maior planejamento urbano ao direcionar o crescimento dos centros urbanos para áreas de menor risco.

Para a tomada da decisão sobre qual a técnica que deve ser implementada em cada caso, é necessário considerar diversos fatores, entre estes, econômicos, sociais e ambientais. Brito (2006) cita os métodos mais comuns de escolha das medidas mitigadoras como sendo:

- a) custo-benefício;
- b) custo-efetividade;
- c) risco-benefício.

No caso do risco-benefício consideram-se determinados riscos aceitáveis para o benefício obtido após implantação. O mesmo autor ressalta que geralmente na escolha é feita uma abordagem multicritério em que é procurado o maior número de vantagens. Sobre as decisões multicritério, Lou (2010) comenta que estas podem ser usadas não só para as propriedades da enchente, mas que devem considerar as características da população e da região atingida, além

de ser realizada uma avaliação comparando as soluções ou cenários diferentes para uma mesma região, sendo então possível realizar uma hierarquização da importância de implantação das diferentes medidas mitigadoras e uma melhor alocação do investimento público.

6 OBJETOS EDUCACIONAIS

Com o crescente desenvolvimento tecnológico e o maior papel do computador na vida das pessoas, surgem novas metodologias de ensino e aprendizagem. Estas tornam cada vez mais comum a utilização da internet como uma fonte de conhecimento. Para isso, é essencial o conhecimento da Tecnologia da Informação e Comunicação na produção e disponibilização de objetos educacionais. Estes podem ser utilizados com foco nas mais diversas áreas, desde transmitir conhecimentos considerados mais tradicionais, como a Engenharia em ambientes universitários, ou também para atingir um maior número de pessoas ao ter o público alvo como a sociedade em geral. Nestes meios, passa a existir uma oportunidade ímpar de aprendizado para as pessoas. Tendo em vista esta tendência, foi desenvolvido um vídeo educacional, para então transmitir conhecimentos básicos de Engenharia, e assim auxiliar estudantes e a população em geral a compreenderem o funcionamento das medidas mitigadoras na drenagem urbana.

6.1 EDUCAÇÃO AMBIENTAL

As discussões ambientais ganharam força depois de acidentes ambientais com repercussão internacional, entre estes, pode-se citar o acidente na usina nuclear *Three Mile Island* em 1979, nos Estados Unidos, e o vazamento de dioxina na cidade de Seveso em 1976, na Itália (MAGALHÃES; RODRIGUES, 2012).

Apesar das pessoas considerarem o meio ambiente importante e o meio técnico continuar a desenvolver tecnologias para mitigar os impactos da chuva, é necessário que as pessoas se tornem parte do processo de gestão ambiental. O meio técnico e as tecnologias serão mais eficientes se forem conhecidos pelas pessoas. De uma maneira simplificada, as medidas mitigadoras atuam na redução do efeito dos impactos ambientais, enquanto a educação ambiental amplifica esta redução. A difícil avaliação da educação ambiental é uma das razões que dificulta o desenvolvimento desta área, além da escassez de trabalhos publicados (MATTOS, 2009).

Um ponto geralmente citado quando se menciona de educação ambiental é o licenciamento. Existem diversos trabalhos acadêmicos, por exemplo o de Magalhães e Rodrigues (2012), que analisam este tópico. O licenciamento ambiental é uma ferramenta criada pelo governo com o fim de garantir um padrão de utilização, minimizando os impactos no ambiente, e deste modo, repartindo de forma mais igualitária os recursos naturais entre as pessoas. Em atividades de alto risco, como a produção de petróleo ou de gás natural, existem regulações específicas e é necessário um acompanhamento mais próximo. Durante o licenciamento, se o órgão público julgar necessário, pode ser realizada uma audiência pública. Nesta audiência, os interessados podem participar, tirando dúvidas e expondo a sua opinião. Outro ponto relacionado à educação ambiental é a gestão pública, o Estado dentro deste contexto, pode se opor ao desenvolvimento de projetos por empresas privadas, caso julgar que o empreendimento vai contra o bem estar da população ou é prejudicial para a comunidade (MATTOS, 2009).

Há algumas décadas atrás, era comum ter a ideia que os recursos naturais eram infinitos, hoje, e cada vez mais, percebe-se as limitações de sua utilização. Um fator agravante é o crescimento da produção de bens de consumo e serviços no atual modelo econômico, o que vem causando o uso excessivo dos recursos naturais. O principal objetivo do licenciamento ambiental é a utilização consciente do meio ambiente, permitindo assim um desenvolvimento consistente a longo prazo. (MAGALHÃES; RODRIGUES, 2012).

Saito et al. (2000) descrevem a mobilização dos indivíduos para proteger o meio ambiente, como sendo um ato concreto de cidadania. A educação ambiental tem o potencial de capacitar as pessoas, não só de conhecer o local que pretendem preservar, mas também com a autonomia de, através de medidas legais e métodos de preservação, torná-los agentes ativos no processo da transformação do ambiente. Constitui-se, então, de um fortalecimento das pessoas, referido pelos autores como *empowerment*. Estas pessoas interessadas em proteger os recursos naturais, através do conhecimento, passam a ter a oportunidade para tal.

6.2 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

A utilização da Tecnologia da Informação e Comunicação permite a criação de ferramentas, para a educação à distância. Melo et al. (2012) apresentam a utilização destes recursos tecnológicos como ferramentas viáveis e eficazes e mostram exemplos de usos na Engenharia Civil e na Engenharia de Produção. Estes recursos tecnológicos tem o papel de facilitar a

aprendizagem. Os autores ainda ressaltam que em cursos de graduação de Engenharia é comum a utilização de metodologias desmotivadoras, nas quais o aluno é mero receptor de conhecimento e o professor detentor de todo o conhecimento. Neste contexto, estes recursos computacionais contribuem com uma educação diferenciada e incentivam o aluno a participar mais ativamente.

Entre as ferramentas utilizadas, podem-se citar os objetos educacionais, os quais são recursos utilizados para transmitir o conhecimento. Fazem parte os vídeos, objeto de estudo deste trabalho, assim como áudios, softwares que permitem a simulação de eventos e também ambientes virtuais nos quais é disponibilizado o material educativo.

Gama et al. (2005) afirmam que os ambientes virtuais tornam o conteúdo interessante para o aluno, estimulando a interação com simulações e permitindo fácil visualização. Além disso, a internet permite a inclusão de alunos que, por causa da distância ou do horário, antes não dispunham de uma educação de qualidade, assim transmitindo conhecimento que antes era exclusivamente disponibilizado em sala de aula. A utilidade dos objetos educacionais não é exclusiva de uma determinada área de formação, uma vez que os autores também mostram que podem ser utilizados áudios, vídeos, animações e simuladores que permitem que o estudante entenda o conteúdo com mais facilidade.

O atual cenário da educação virtual ainda carece de material. Uma das razões é que, visto que se trata de um assunto mais específico, o profissional muitas vezes deve desenvolver certas habilidades adicionais, como o manuseio das tecnologias Java e *Flash*. Java é uma linguagem de programação excelente para a criação de aplicativos utilizados na web, isto porque são arquivos de pequeno tamanho, podem ser executados no próprio navegador, e o arquivo é executado pelo computador cliente, assim evitando sobrecarregar o servidor, se houverem muitos usuários. *Flash* é um programa especializado na criação de animações, de fácil interação e os arquivos ocupam pouca memória, sendo que uma desvantagem é a necessidade da instalação do programa, o que dificulta a utilização por usuários inexperientes. Ambas as ferramentas necessitam que o criador dos objetos de aprendizagem tenha um nível mínimo de proficiência. Devido à falta de profissionais que dominem tanto a sua área de formação como a utilização destas ferramentas, formou-se uma grande demanda. Para suprir esta, passaram a ser desenvolvidos objetos educacionais reaproveitáveis, deste modo, facilitando a criação de

material. Estes objetos reaproveitáveis são modelos fáceis de ajustar para diferentes áreas, evitando assim grande parte do trabalho (GAMA et al., 2005).

Com a grande quantidade de material disponível na web, surge a necessidade de identificação do material presente, sem ser obrigatória a leitura de uma obra por completo. Esta identificação se chama de metadado. Para melhor organização também surgem padrões para a utilização em diferentes arquivos. Um exemplo simples é que, no caso de uma música, o metadado pode mostrar o nome da música, o artista e o álbum.

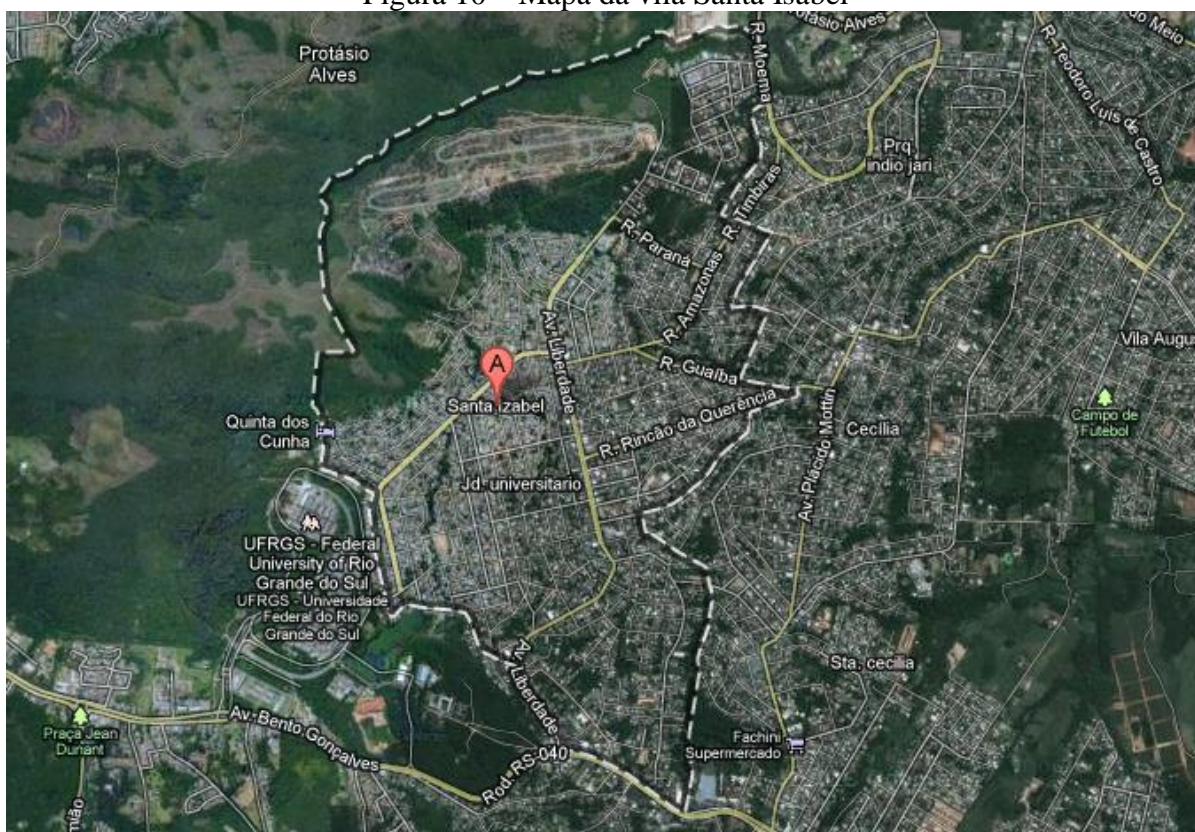
Para uma maior facilidade na busca por objetos educacionais de qualidade, surge o que Gama et al. (2005) chamam de repositório, os quais servem para armazenar uma grande quantidade de arquivos. É disponibilizado então um catálogo digital, que permite, com a utilização dos metadados antes mencionados, fácil e rápido acesso e utilização dos objetos educacionais presentes. Estes repositórios tornam-se mais poderosos quanto mais ferramentas disponibilizam, por isso é importante a interação e a cooperação entre as universidades e as instituições interessadas.

Dentre os objetos educacionais, o vídeo destaca-se pela capacidade de conduzir a pessoa que assiste pelo pensamento do criador. São utilizadas imagens, movimento, áudio, todos com a intenção de passar uma ideia, uma história e um sentimento para o espectador.

7 ESTUDO DO CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA VILA SANTA ISABEL

A bacia hidrográfica localizada na vila Santa Isabel, onde se encontra a barragem Mãe d'Água, é uma das nascentes do arroio Dilúvio, sendo de grande importância visto que este corta a cidade no sentido leste-oeste (FREITAS, 2005), posteriormente desembocando no lago Guaíba. A área em estudo se localiza entre os municípios de Porto Alegre e Viamão, sendo a maior parte encontrada no município de Viamão, próxima à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, conforme figura 10.

Figura 10 – Mapa da vila Santa Isabel



(fonte: adaptado de GOOGLE MAPS, 2013a)

Na análise das alterações ambientais de uma bacia, é essencial verificar as mudanças da região ao longo do seu processo de ocupação. Para isso são buscados registros históricos que revelam a evolução da cobertura vegetal e do uso da terra. A ocupação na bacia hidrográfica da vila

Santa Isabel se intensificou a partir da década de 70 e 80 (FUJIMOTO, 2002), e hoje, a vila apresenta um tamanho e uma população considerável, como mostra a figura 11.

Figura 11 – Vista da bacia hidrográfica da Vila Santa Isabel



(fonte: foto do autor)

7.1 PROCESSO DE OCUPAÇÃO

As classes sociais com maior renda escolhem o local mais próximo e melhor para a sua moradia, enquanto que as classes sociais com menor renda escolhem os locais mais baratos, ou ainda, acabam por ocupar locais que não estão à venda por se tratar de assentamento irregular. No caso da vila Santa Isabel a situação não é diferente. Em 1954, surgiu a Lei 1233/54, que regulamenta e exige certos requisitos para a criação de novos loteamentos em Porto Alegre. Isso resulta em lotes mais caros e parte dos novos moradores passam a se instalar em áreas limites entre os municípios com regulamentação mais flexível, como é o caso de Viamão. Outro fator que reforçou essa ocupação foi o funcionamento da universidade, que trouxe consigo a infraestrutura do transporte público (FUJIMOTO, 2002). Um dos grandes problemas na vila Santa Isabel é a falta de infraestrutura e de planejamento, uma vez que o assentamento aconteceu em grande parte em terras irregulares. O surgimento destas casas pressionou a criação de ruas que permitiram o crescimento da vila, mas em boa parte sem saneamento básico, por ainda ser considerado irregular. Apesar da ocupação começar com residências de baixa renda,

é possível observar no centro da vila também uma classe média, ou seja, são pessoas que poderiam morar em locais com maior planejamento, mas que optaram morar neste bairro. A figura 12 mostra o surgimento da classe média na vila Santa Isabel.

Figura 12 – Surgimento da classe média na vila Santa Isabel

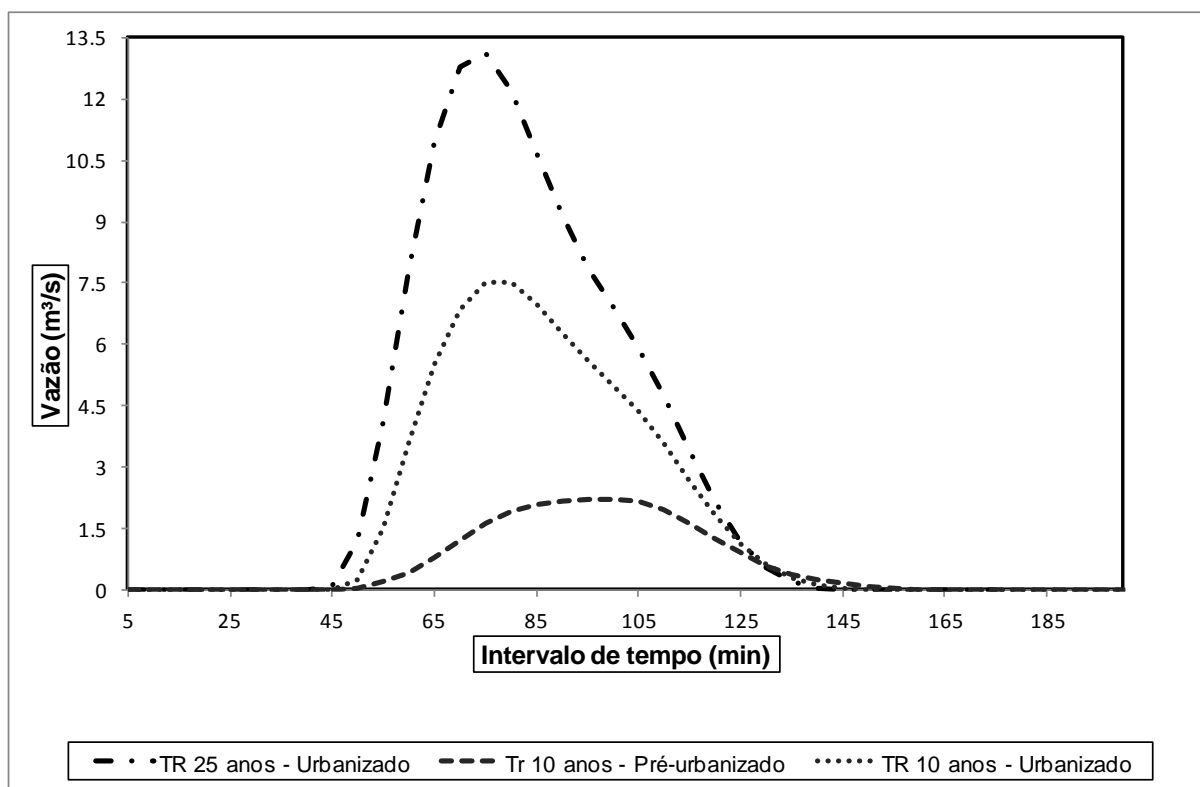


(fonte: foto do autor)

7.2 HIDROGRAMA

Para fácil visualização do problema, é comum a utilização de hidrogramas que representam o impacto ambiental. Já existe dissertação acadêmica sobre o local de estudo, em que foi utilizado o programa IPHS1, produzindo um hidrograma da bacia hidrográfica (HÜFFNER, 2013). Neste é representada a vazão em função do tempo para precipitações de diferentes tempos de retorno. As vazões de pré-urbanização foram obtidas através da análise de fotografias aéreas de 1972, enquanto que as vazões urbanizadas, através de imagens de satélite de 2012. Pode-se observar claramente, então, a intensificação da vazão, ou seja, o aumento do escoamento superficial, que aconteceu neste intervalo de 40 anos. A figura 13 apresenta o hidrograma obtido.

Figura 13 – Comparação das vazões de pré-urbanização

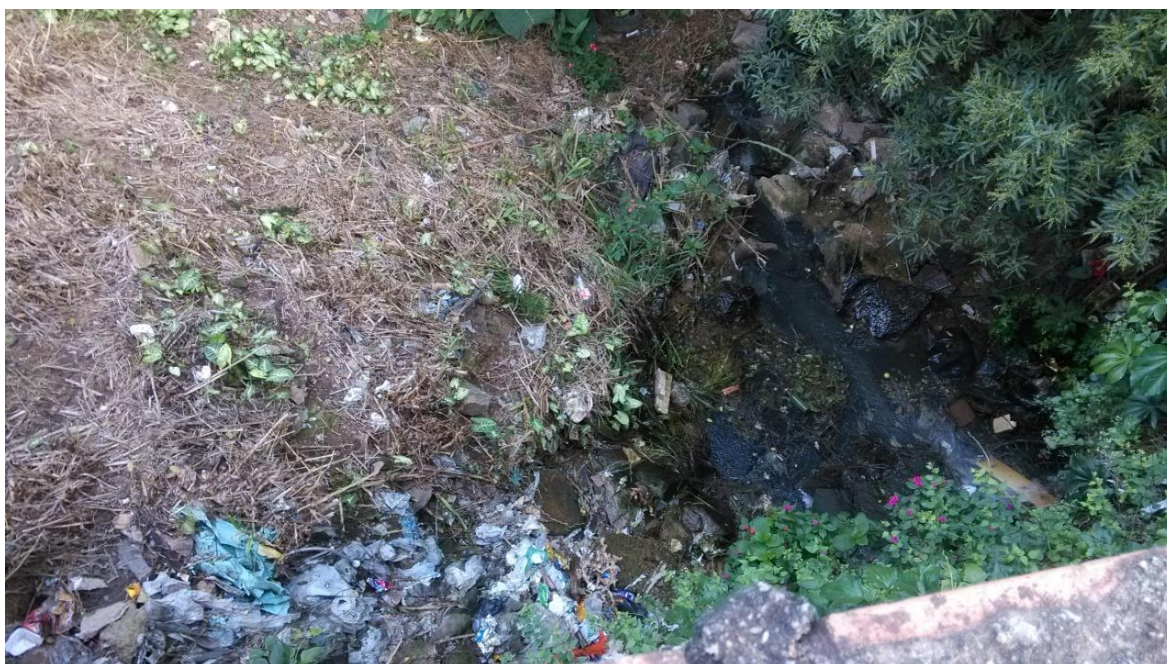


(fonte: HÜFFNER, 2013)

7.3 RESULTADOS

O aumento deste escoamento superficial passa a intensificar o problema ambiental, uma vez que a água carrega o lixo depositado e provoca uma diminuição na qualidade da água. Percebe-se, então, que a poluição da água começa a partir da nascente e corta a cidade de Porto Alegre, mesmo que dentro do centro urbano de Porto Alegre exista saneamento básico e os cuidados necessários. Tendo-se em conta que, uma área mais densamente ocupada apresenta um custo maior, é necessária uma solução desde o começo do percurso da água. A figura 14 mostra o acúmulo de lixo próximo à passagem de água, um dos vários cenários encontrados na vila Santa Isabel.

Figura 14 – Cenário típico na vila Santa Isabel



(fonte: foto do autor)

O escoamento superficial faz parte da paisagem, sendo que muitas residências chegam a utilizar esta água poluída que passa pela vila. O problema é parte da vida das pessoas e, portanto, não se imagina uma situação diferente. A figura 15 mostra um córrego passando entre as residências.

Figura 15 – Córrego entre residências

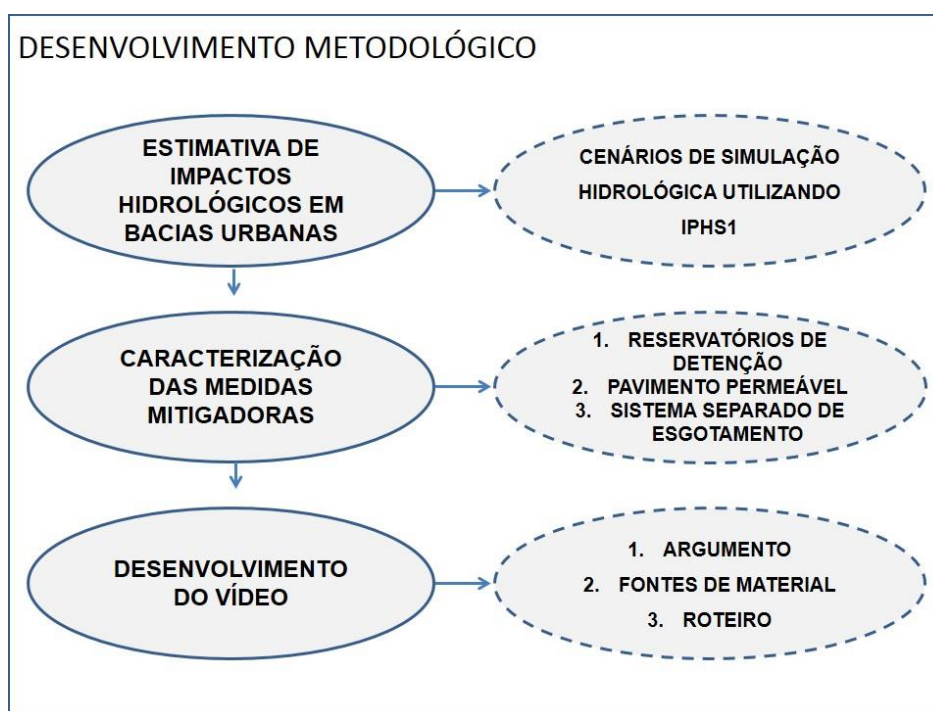


(fonte: foto do autor)

8 DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

A metodologia tem como objetivo apresentar como foram realizadas as etapas do desenvolvimento do trabalho. Primeiramente, obteve-se uma estimativa dos impactos hidrológicos que acontecem hoje na bacia da vila Santa Isabel. Depois disso, foram analisadas as fotos e os locais da bacia, procurando situações em que fosse possível implantar medidas mitigadoras. Nestas situações ilustrou-se o uso da medida mitigadora, assim como o seu efeito. E, por último, realizou-se o planejamento e a produção do vídeo educacional, procurando ao máximo utilizar o material da bacia hidrográfica da vila Santa Isabel. A figura 16 representa o diagrama do desenvolvimento metodológico, cujo detalhamento apresenta-se a seguir.

Figura 16 – Diagrama do desenvolvimento metodológico



(fonte: elaborado pelo autor)

8.1 ESTIMATIVA DE IMPACTOS HIDROLÓGICOS EM BACIAS URBANAS

Com a crescente urbanização, a gestão dos recursos hídricos passa a ter mais importância, e uma das principais ferramentas é a utilização de modelos hidrológicos para a previsão de impactos ambientais (SOUZA et al., 2008). Neste caso, para realizar a estimativa dos impactos na bacia foi utilizado o *software* IPHS1. O IPHS1 diferencia-se por não ser apenas um único modelo hidrológico, permitindo o usuário combinar vários modelos disponíveis, e assim compor seu próprio modelo que melhor represente a bacia ou rio em questão. Através deste modelo é possível a obtenção do hidrograma de projeto (MARINS, 2004)

Como mencionado em capítulo anterior, já existe uma série de trabalhos realizados com a utilização do IPHS1, sendo que, entre estes, pode-se citar Marins (2004), que realizou uma simulação hidrológica do reservatório do Vacacaí Mirim em Santa Maria, e também Souza et al. (2008), que fez um estudo do comportamento da vazão no rio Amapari no Amapá

Hüffner (2013) realizou um trabalho para o caso da vila Santa Isabel, no qual foi estimada a vazão ao longo do tempo para os tempos de retorno de 10 e 25 anos, para situações de pré-urbanização e de pós-urbanização. A sub-bacia avaliada tem área de 3,39 km², envolvendo quatro arroios principais, para os quais foram obtidas as cotas, comprimentos e declividades. A fim de se obter dados mais precisos, a sub-bacia foi dividida em 17 sub-bacias, para as quais foram obtidas as cotas, comprimentos e áreas. Foram caracterizados os tipos de solos assim como as áreas mais suscetíveis a inundações. O exutório da bacia é a barragem Mãe d'Água, encontrada completamente no Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Na bacia não existe nenhum tipo de estrutura de armazenamento de água. Visto que este estudo não era foco do trabalho, foram apenas obtidas as vazões resultantes de um trabalho já existente, conforme hidrograma presente no capítulo 7, Estudo do Caso da Bacia Hidrográfica da Vila Santa Isabel.

8.2 CARACTERIZAÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS

Ao observar a bacia hidrográfica da vila Santa Isabel, foi feita uma breve análise de possíveis medidas mitigadoras que poderiam ser implantadas, com o objetivo de diminuir o impacto da chuva na drenagem urbana.

8.2.1 Reservatórios de Detenção

Foram caracterizados dois locais em que poderiam ser utilizadas medidas mitigadoras tipo reservatório. O primeiro local é um córrego, conforme figura 17.

Figura 17 – Córrego na vila Santa Isabel



(fonte: GOOGLE MAPS, 2013b)

Neste caso, recomenda-se a implantação de uma barragem. Em eventos de chuva, o efeito é semelhante ao de um microrreservatório, explicado na revisão bibliográfica. Ao realizar o armazenamento temporário de uma parcela do escoamento superficial, acontece um efeito de amortecimento no hidrograma do escoamento superficial, assim diminuindo a vazão de pico. A figura 18 ilustra a implantação de uma barragem.

Figura 18 – Córrego com barragem



(fonte: adaptado de GOOGLE MAPS, 2013b)

O segundo local em que se poderia utilizar uma medida mitigadora tipo reservatório é um terreno desocupado, conforme figura 19.

Figura 19 – Terreno desocupado



(fonte: foto do autor)

Neste caso é sugerido um reservatório em forma de bacia de detenção. A bacia de detenção, assim como a barragem, permite o armazenamento de uma parcela do escoamento superficial, e libera esta água gradualmente. Esta pode ser, por exemplo, uma praça, deste modo servindo como área de recreação em períodos em que não há água armazenada, conforme figura 20.

Figura 20 – Implantação de bacia de detenção



(fonte: foto do autor adaptada)

8.2.2 Pavimento Permeável

O pavimento permeável é uma medida mitigadora de fácil implantação, visto que pode ser implantada em uma variedade de locais como calçadas ou ruas de tráfego leve. A implantação deste permite uma maior infiltração da água no solo, assim reduzindo a vazão de pico em eventos de precipitação. Neste caso, foi escolhida uma calçada como mostra a figura 21.

Figura 21 – Calçada na vila Santa Isabel



(fonte: foto do autor)

A figura 22 mostra a calçada ilustrando o local em que o pavimento permeável seria implantado.

Figura 22 – Calçada com pavimento permeável



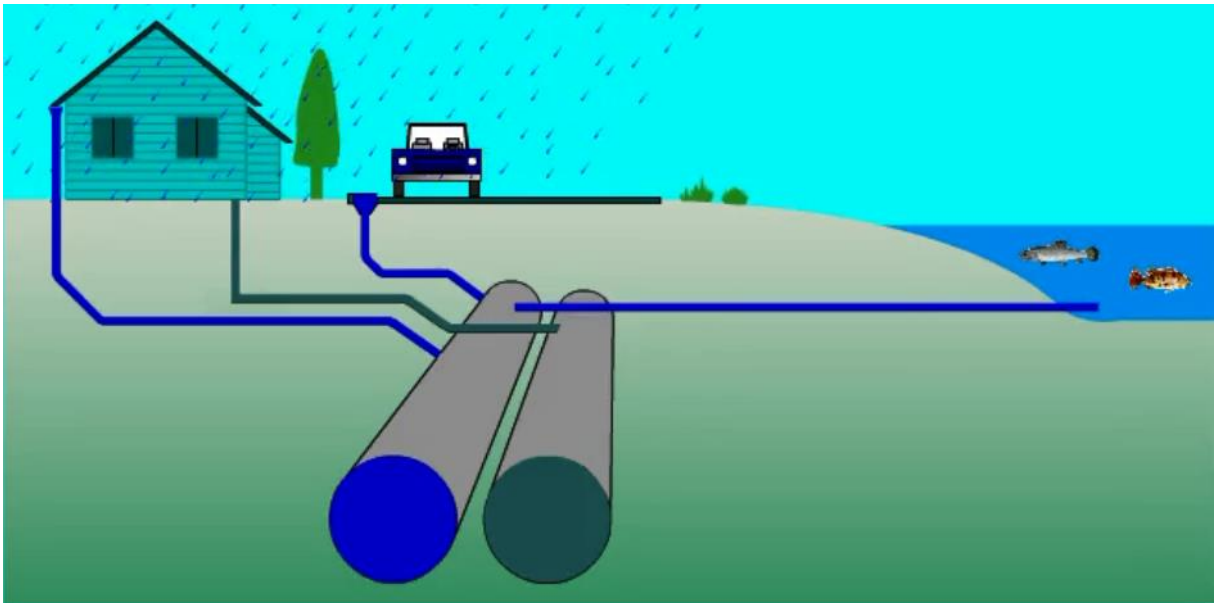
(fonte: foto do autor adaptada)

8.2.3 Sistema Separado de Esgotamento

Os esgotos pluviais podem acontecer na forma de dois sistemas, o primeiro, chamado de sistema de esgotamento separado, utiliza um conduto para a água da chuva e transfere o esgoto sanitário através de outro conduto para o tratamento. O segundo sistema, o combinado, transfere tanto o esgoto sanitário como a drenagem pluvial através do mesmo conduto, o que faz com que, em eventos de precipitação, uma grande quantidade de água chegue à estação de tratamento.

Em residências que utilizam o sistema de esgotamento combinado, pode ser implantado o sistema separado, sendo esta uma medida mitigadora que, além de facilitar o tratamento de esgoto, reduz o impacto na qualidade da água de possíveis corpos de água receptores. A figura 23 representa o sistema de esgotamento separado.

Figura 23 – Sistema de esgotamento separado



(fonte: trabalho não publicado⁶)

8.3 PLANEJAMENTO DO VÍDEO

O primeiro passo na direção certa, na criação de um vídeo, é o planejamento. É necessária a definição de determinados itens:

⁶ foto de um instante de animação desenvolvida pelo Núcleo de Desenvolvimento de Materiais Educativos do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.

- a) a ideia a ser transmitida;
- b) o público alvo;
- c) o material utilizado;
- d) o argumento.

A ideia é a razão para a produção do vídeo. Para a definição do público alvo é necessário pensar em quem vai se beneficiar, quem vai assistir ao vídeo. O material utilizado é o equipamento necessário para a produção audiovisual. O argumento é o planejamento do que vai acontecer durante a sua execução, Comparato (2000) afirma que o roteiro deve constituir-se de três partes. A primeira é a palavra ou o discurso verbal do roteiro. A segunda é o drama da história, ou seja, uma série de acontecimentos que aparecem ao longo do vídeo. A terceira é como isto afeta as pessoas, o que as pessoas sentem ao assistir, uma vez que o vídeo é produzido com o objetivo de influenciar as pessoas.

8.3.1 Argumento

Argumento é o primeiro passo para desenvolver o roteiro, sendo que nesta parte faz-se um resumo do que se pretende realizar no vídeo. O seguinte argumento foi utilizado na criação do vídeo educacional.

O público alvo são estudantes de áreas diversas e moradores das zonas de risco. O objetivo do vídeo é fornecer conhecimentos básicos de Engenharia na questão dos impactos da chuva para as pessoas. Trata-se de mostrar soluções adequadas e como as pessoas podem contribuir. Parte-se do pressuposto de que a sensibilização das pessoas com os impactos da chuva é uma condicionante da implantação das medidas mitigadoras, visto que o planejamento, implantação e manutenção não dependem apenas do profissional técnico.

A duração do vídeo é de cerca de 5min. Os recursos utilizados são: um celular capaz de gravar vídeo e fotografar com qualidade, um programa que permite a conversão entre o formato gravado e o utilizado na execução, um programa para adicionar o áudio e editar o material. Foram fotografados locais na bacia hidrográfica da vila Santa Isabel, localizada próxima ao Campus do Vale da UFRGS. É um local que apresenta diversos problemas resultantes da falta de saneamento básico e planejamento. Este local já foi objeto de estudo de trabalhos acadêmicos, e, portanto, possui material técnico sobre as características da bacia hidrográfica.

Primeiro apresenta-se um caso geral, em que são mostrados locais em situação de risco de enchentes, os problemas, as soluções e o que deve ser feito para que seja possível implantá-las.

No segundo tópico, mostra-se problemas específicos da bacia hidrográfica da vila Santa Isabel, localizada próxima ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Os problemas têm origem na urbanização desordenada. Detalham-se as causas e os efeitos de 3 problemas específicos. A impermeabilização causada pela urbanização, que causa o aumento do escoamento superficial, o aumento da quantidade de lixo depositada causando o entupimento das seções de escoamento e diminuição da qualidade da água, a ligação clandestina que acontece nos condutos pluviais, e a consequente diminuição da qualidade da água.

Explica-se, então, o funcionamento dos hidrogramas, detalhando-se os conceitos de vazão de pico, assim como translação e amortecimento de bacias. Depois, apresenta-se o hidrograma da bacia hidrográfica da vila Santa Isabel

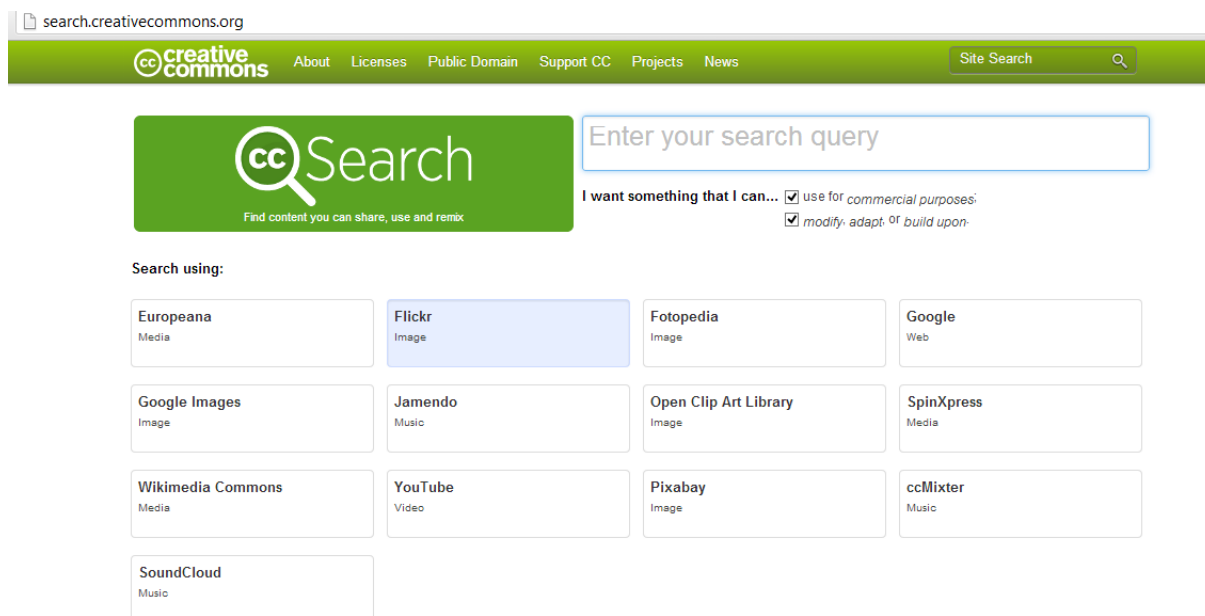
O quarto tópico são as medidas mitigadoras: o que são, quais os tipos, observando a bacia hidrográfica da vila Santa Isabel, quais poderiam ser implantadas, e qual o efeito que isto causaria. Detalham-se o uso de reservatórios na forma de barragem e de bacia de detenção, assim como o pavimento permeável e a ligação correta do saneamento básico.

8.3.2 Fontes de Material

Na criação de um vídeo, uma das maiores dificuldades é a obtenção do material. Principalmente no caso de vídeos amadores, muitas vezes não é viável, economicamente, a obtenção de uma grande quantidade de material original. No Brasil, a propriedade intelectual, relacionada à proteção dos Direitos Autorais, que lida com obras artísticas, é regida pela Lei 9.610/98. Por esses motivos, associados à falta de tempo, uma solução largamente utilizada no caso de vídeos educacionais é a utilização de bibliotecas de mídia de direitos livres. Um exemplo destas é a organização não governamental *Creative Commons*. A partir deste site, é possível buscar material com direitos livres de diversas fontes. Na utilização é importante verificar as peculiaridades da licença de cada mídia, grande parte destas só permite a utilização se for mencionada referência do arquivo original, outros permitem, caso o trabalho produzido também

permita sua redistribuição. A figura 24 mostra o sistema de busca utilizado pela *Creative Commons*.

Figura 24 – Sistema de busca Creative Commons



(fonte: foto do autor)

Além desta, procurou-se ao máximo utilizar material da bacia hidrográfica da vila Santa Isabel. Também foram utilizadas animações, desenvolvidas pelo Núcleo de Desenvolvimento de Material Educativo do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, ilustrando o funcionamento dos sistemas de esgotamento, assim como o efeito da chuva em ambientes pré-urbanizados e urbanizados. Por último, foi utilizado material acadêmico da USP, representando hidrogramas genéricos.

8.3.3 Roteiro

A produção de um vídeo leva tempo, portanto, para auxiliar o desenvolvimento foi escrito um roteiro. Para a criação do vídeo foi utilizado o software *Windows Movie Maker*, os áudios foram gravados separados por cenas, assim como obtidas as imagens e vídeos necessários para o desenvolvimento. A figura 25 mostra o roteiro elaborado para a produção do vídeo.

Figura 25 – Roteiro para produção do vídeo

Cena	Áudio	Imagem	Segundos
1	Desenvolvimento de vídeo educacional como medida mitigadora na drenagem urbana: aplicação na bacia da vila Santa Isabel, Viamão, Rio Grande do Sul.	Mostra o título do trabalho por escrito.	14
2	Os assentamentos irregulares estão presentes em todo lugar, e devido ao menor preço, muitas vezes são a única escolha para alguns.	Aparece a favela da rocinha, mostrando o seu tamanho.	9
3	Esses lugares também são os mais vulneráveis a desmoronamentos, subida do nível da água do mar e inundações. Combinando isto com a má infraestrutura e as mudanças no clima, os resultados são a rápida contaminação de pessoas por doenças, desnutrição, perda de vidas e patrimônio.	Mostra uma série de imagens, representando o desmoronamento, a subida do nível da água do mar, a inundações, a má infraestrutura, a mudança no clima, doenças, a desnutrição assim como a perda de patrimônio.	20
4	Para que estes problemas se resolvam é necessário saneamento básico e abastecimento de água. Essas obras são um serviço essencial para as vilas.	Mostra a implantação de saneamento básico e de abastecimento de água.	10
5	Vencer esses desafios exige soluções como investir mais nos serviços de saneamento das áreas pobres e reduzir os problemas através de um bom planejamento urbano.	Aparecem residências de baixo padrão sendo construídas com planejamento, e depois um escritório realizando planejamento.	13
6	Vamos agora para a vila Santa Isabel. O local é bastante rico para estudo, pois tem problemas típicos da urbanização. Primeiro, vamos ver uma área pré-urbanizada.	O vídeo mostra um zoom de um mapa, localizando a vila Santa Isabel, e mais um zoom aparecendo um local de pré-urbanização na mesma.	18
7	Veja o que acontece: em regiões pré-urbanizadas, existe uma grande parcela de área verde. Em eventos de chuva, o terreno não pavimentado permite que uma grande parcela da água infiltre no solo, causando assim um pequeno escoamento superficial.	Aparece uma animação de uma área pré-urbanizada e um evento de chuva, assim como o escoamento resultante nesta área.	14

continua

continua

Cena	Áudio	Imagem	Segundos
8	Em zonas urbanas, ao construirmos as ruas, casas e calçadas, substituímos as áreas verdes por calçamentos menos permeáveis.	Mostra uma imagem de um local urbanizado na vila Santa Isabel.	12
9	Assim, quando chove, apenas uma pequena parcela da água infiltra no solo, e uma parcela maior passa a formar o escoamento superficial. As enchentes então começam a ocorrer com mais frequência.	Mostra uma animação em flash com a quantidade de água que infiltra no solo urbanizado.	14
10	Imagine um exemplo típico de urbanização. Aqui nesta imagem temos um local dentro da cidade, com uma pequena área verde. Em eventos de chuva, o tipo de terreno que a água encontra determina o modo de escoamento. Em áreas verdes, o solo tem pequenos poros que permitem a infiltração. Então, uma parte relevante da água da chuva pode penetrar. Já em áreas pavimentadas ou asfaltadas, devido à impermeabilização, boa parte passa a escoar pela superfície, e essa água, quando em grande quantidade, é o que forma as enchentes nas cidades.	Aparecem 4 fotos de um local urbanizado, na primeira foto somente o local, na segunda setas indicando uma chuva, na terceira o que acontece com a água ao encontrar a área verde e na quarta o que acontece ao encontrar a área pavimentada.	42
11	Ao mesmo tempo, o lixo encontrado ao longo das calçadas, ruas e casas....	Aparecem duas fotos da vila Santa Isabel que mostram o lixo nas calçadas e ruas.	7
12	... é carregado pela água e passa a entupir os locais onde a chuva antes escoava.	Aparece uma foto de um córrego em que o lixo acumula.	5
13	Além disso, existe um problema que muitas vezes não percebemos. Imagine uma residência normal. Na parte dos fundos, pode estar um problema muito sério.	No mapa da vila Santa Isabel, aparece o zoom em uma rua, e logo depois em uma casa.	10

continua

continua

Cena	Áudio	Imagem	Segundos
14	<p>Este é o sistema de esgotamento combinado. As residências fazem uma ligação clandestina no conduto pluvial.</p> <p>Veja o que acontece quando chove: o mesmo cano passa a carregar tanto a água da chuva quanto o esgoto doméstico, deste modo dificultando o tratamento de esgoto e poluindo os corpos de água.</p>	Mostra uma animação, indicando o que acontece ao implantar o sistema de esgotamento combinado em uma residência.	25
15	E como funciona a bacia quanto à água presente na superfície? Para quantificar o escoamento superficial, são utilizados gráficos chamados de hidrogramas. Eles retratam a vazão ao longo do tempo, sendo que a maior vazão, chamada de vazão de pico, é a que causa o pior momento da enchente.	Mostra uma figura de um hidrograma genérico, indicando a vazão, o tempo e a vazão de pico.	18
16	<p>O hidrograma é resultado de dois processos que acontecem no escoamento superficial de rios. O primeiro é a translação.</p> <p>A translação está relacionada com o movimento da água ao longo do rio, paralelamente ao fundo.</p> <p>O segundo é o amortecimento. Em casos de prairie urbanização, o que causa o amortecimento é a vegetação presente.</p> <p>O amortecimento está relacionado com a retenção temporária de água nos canais e superfícies.</p>	Primeiro aparece o mesmo hidrograma anterior, com dois tópicos, translação e amortecimento. Depois mostra uma animação do processo de translação e por último uma imagem de vegetação na vila Santa Isabel.	29
17	O resultado da translação e amortecimento se traduz no tempo de concentração, que é o tempo que uma gota leva para percorrer o percurso do ponto mais afastado até a saída da bacia.	Aparece uma animação ilustrando o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica.	14
18	<p>Aqui nesta imagem temos um hidrograma que representa a bacia da vila Santa Isabel em áreas de prairie urbanização e urbanização. O que acontece quando os problemas de assentamento irregular, impermeabilização, depósito de lixo e ligação clandestina estão presentes?</p> <p>Uma maior vazão de água passa a fazer parte do escoamento superficial e então aumentam a frequência das enchentes e a poluição dos corpos de água.</p>	Mostra os impactos na drenagem urbana na forma de hidrograma.	24

continua

continua çã

Cena	Áudio	Imagem	Segundos
19	Para minimizar este impacto da urbaniza çã, temos o que chamamos de medidas mitigadoras.	Mostra o impacto da chuva no hidrograma.	14
20	Imagine um c órego simples. Ao implantarmos uma barragem, époss ível atuar no amortecimento da chuva. Deste modo, em eventos de chuva, a água éarmazenada e liberada gradualmente. E ent ão, produz um hidrograma menos acentuado e uma vaz ão de pico menor.	Apresenta primeiro uma foto de um c órego e depois o mesmo c órego com uma ilustra ção de uma barragem.	21
21	Para atuar no amortecimento, outro método muito utilizado éa transforma ção de uma área verde em uma área de recrea ção inund ável. Assim, em caso de chuva, a pra çã atua como bacia de deten ção, armazenando a água e liberando-a gradualmente.	Mostra uma foto de uma área verde desocupada, e ent ão a área verde com a ilustra ção de uma pra çã.	17
22	No caso de ruas e cal çadas, podem ser colocados pavimentos perme áveis. Eles permitem que uma grande quantidade de água infiltre no solo, reduzindo assim o escoamento superficial.	Aparece uma foto de uma cal çada, e depois a mesma foto com a ilustra ção de pavimento perme ável.	12
23	E por último, époss ível implantar o sistema de esgotamento separado. Veja o que acontece. Realizamos a liga ção correta do esgoto residencial em um cano, e permitimos que a água da chuva seja carregada por um segundo cano. Os poluentes diminuem drasticamente, e os corpos de água permanecem limpos.	Mostra uma anima ção representando o uso do sistema de esgotamento separado em uma resid ência.	23
24	Com a implanta ção das medidas mitigadoras, o que acontece éo retorno das vaz ões para as de pr éurbaniza ção. Deste modo, permitimos que o local seja urbanizado e, mesmo assim, evite as enchentes e os problemas a elas relacionados.	Mostra o hidrograma da bacia hidrogr áfica da vila Santa Isabel, com uma seta indicando o retorno das vaz ões de pr éurbaniza ção.	16
25	-----	Aparecem as refer ências utilizadas para realizar o trabalho, assim como os cr éditos.	9

(fonte: elaborado pelo autor)

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como pôde ser observado o caso da vila Santa Isabel não é um caso isolado ou único, a urbanização desordenada é comum, tanto que durante a pesquisa bibliográfica, grande parte dos autores se refere à falta de planejamento como um dos, senão o principal problema encontrado. Muitas vezes o que acontece é um descaso com certas áreas da cidade, na maioria, predominante de baixa renda, que começou pela ocupação ilegal e ao passar dos anos foi se expandindo. Estas áreas apresentam sérios problemas como a falta de saneamento básico e/ou abastecimento de água. Esse descaso em certas áreas mencionado anteriormente afeta a cidade como um todo, visto que a água poluía escoava durante longas distâncias cortando as cidades.

Para a implantação das medidas mitigadoras, cada vez mais foi observado que é importante a difusão do conhecimento, melhorando assim bastante o efeito das medidas mitigadoras. É de certo modo um pré-requisito para a implantação das medidas. Existem empecilhos na utilização da Tecnologia da Informação e da Comunicação, por exemplo no caso da produção do vídeo, a falta de material com direitos autorais livres. Já para a criação de outras ferramentas como animações ou simuladores, o problema é geralmente a falta de conhecimento técnico de programação e/ou utilização de *softwares* relevantes. Apesar destas dificuldades, a utilização da Tecnologia da Informação e da Comunicação permite atingir um grande e variado público além de interagir com os usuários. Sua maior utilização nos últimos anos é evidente e tende a continuar crescendo.

Infelizmente, devido à difícil avaliação dos resultados da educação ambiental, muitas vezes o assunto é menosprezado, porém, ao analisar diferentes culturas, é possível concluir a sua influência nas pessoas. Com a utilização do vídeo criado é possível informar às pessoas sobre os impactos da urbanização e como minimizar os problemas relacionados com estes. Ao ter consciência dos problemas e de suas soluções, é natural haver uma maior colaboração da população frente aos impactos ambientais. Esta colaboração pode acontecer, por exemplo, na forma de cobrança de planejamento e ações por parte dos gestores, na responsabilidade quanto à manutenção das estruturas hidráulicas ou na consciência dos efeitos negativos do descaso com a limpeza pública.

Para futuros trabalhos uma ferramenta que poderia contribuir na educação ambiental seria a existência de mapas de inundação, como descrito na revisão bibliográfica, estes representam uma potente ferramenta de fácil entendimento para a população, mas para a sua existência são necessários estudos técnicos e um histórico de eventos de precipitação da região. Além da educação ambiental foram observadas outras medidas que poderiam ser efetivamente utilizadas para combater o efeito da urbanização. Uma destas são as leis ambientais, que caso fossem aplicadas com eficácia, não permitiriam a existência destas áreas problema.

REFERÊNCIAS

- AGRA, S. G. **Estudo experimental de microrreservatórios para controle do escoamento superficial**. 2001. 105 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/3282>>⁷. Acesso em: 12 dez. 2012.
- BEATRICE, C. C. **Avaliação do potencial do uso de três espécies vegetais como cobertura leve de telhados em edificações**. 2011. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-22092011-151752/pt-br.php>>⁸. Acesso em: 12 dez. 2012.
- BELLINASSO, T. B. **Monitoramento hidrossedimentométrico e avaliação da produção de sedimentos em eventos chuvosos em uma pequena bacia hidrográfica urbana de encosta**. 2002. 300 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgec/wp-content/uploads/bellinasso.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2013.
- BRITO, D. S. **Metodologia para seleção de alternativas de sistemas de drenagem**. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006. Disponível em: <<http://vsites.unb.br/ft/enc/recursoshidricos/diss-ptarh/Dissertacao%20094%20-%20Debora%20Brito.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2012.
- COMPARATO, D. **Da criação ao roteiro**. 5. ed. Rio de Janeiro: Rocco, 2000.
- ENOMOTO, C. F. **Método para elaboração de mapas de inundação: estudo de caso na bacia do rio Palmital, Paraná 2004**. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná Curitiba, 2004. Disponível em: <http://www.ppgerha.ufpr.br/dissertacoes/files/083-Carolina_Ferreira_Enomoto.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2012.
- ESTADOS UNIDOS. Departamento do Interior. **Levantamento geológico dos Estados Unidos**. Washington, DC, 2013. Disponível em: <<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleportuguese.html>>. Acesso em: 27 abr. 2013.
- FREITAS, C. **Caracterização ecológica da represa Mãe D'água, Campus do Vale da UFRGS, morro Santana, Porto Alegre – RS (Brasil)**. 2005. 39 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto

⁷ estando no site <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/3282>>, localize na parte final da página a indicação <visualizar/abrir>: selecione para abrir o documento.

⁸ estando no site <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-22092011-151752/pt-br.php>>, localize na parte final da página a indicação <DissertaçãoCaioCuryBeatrice.pdf>: selecione para abrir o documento.

Alegre, 2005. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/6449>>⁹. Acesso em: 20 maio 2013.

FUJIMOTO, N. S. V. M. Alterações ambientais urbanas na área da bacia hidrográfica da barragem Mãe D'água: evolução da ocupação e do uso da terra. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre, v. 28. n. 1, p. 67-83, jan.-jun. 2002.

GAMA, C. L. G. da; LUFT, A. E.; VERZENHASSI, C. C.; SCHEER, S. Um repositório aberto e cooperativo de objetos educacionais para engenharia de estruturas. In: IBERIAN LATIN-AMERICAN CONGRESS ON COMPUTATIONAL METHODS IN ENGINEERING, 26., 2005, Guarapari. **Anais...** Guarapari: ABMEC, 2005. Não paginado. Disponível em: <<http://www.cesec.ufpr.br/etools/oe3/artigos/CIL0088.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2013.

GOOGLE MAPS. Apresenta mapas bidimensionais e imagens de satélite. [S. l.]:c2013a. Disponível em: <<http://goo.gl/maps/Toaia>>. Acesso em: 25 maio 2013.

_____. Apresenta mapas bidimensionais e imagens de satélite. [S. l.]:c2013b. Disponível em: <<http://goo.gl/maps/Z0GQo>>. Acesso em: 25 maio 2013.

HÜFFNER, A. N. **Otimização para controle de inundações: aplicação na bacia hidrográfica da Vila Santa Isabel, em Viamão - RS**. 2013. 94 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

HUNT, W. F.; COLLINS, K. A. **Permeable pavement: research update and design implications**. Raleigh: North Carolina Cooperative Extension Service, 2008. Disponível em: <<http://www.bae.ncsu.edu/stormwater/PublicationFiles/PermPave2008.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2012.

LOU, R. F. **Modelagem hidrológica chuva-vazão e hidrodinâmica aplicada na bacia experimental do Rio Piabanha, Rio de Janeiro**. 2010. 174 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe_m/RodrigoFurtadoLou.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2013.

MACHADO, M. dos S.; MACHADO, S. W. S.; COHEN, S. C. A rota das chuvas em Petrópolis: cenário de uma inundação. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE DEFESA CIVIL, 5., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: DEFENCIL, 2009. p. 1-9. Disponível em: <http://www.defesacivil.uff.br/defencil_5/Artigo_Anais_Eletronicos_Defencil_07.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2012.

MAGALHÃES, N.; RODRIGUES E. O papel da educação ambiental no contexto do licenciamento e da gestão ambiental da indústria de petróleo e gás. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 8., 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CNEG, 2012. p. 1-20. Disponível em:

⁹ estando no site <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/6449>>, localize na parte final da página a indicação <visualizar/abrir>: selecione para abrir o documento.

<http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg8/anais/T12_0479_2984.pdf>. Acesso em: 20 maio 2013.

MARINS, A. P. **Simulação hidrológica do reservatório do Vacaca íMirim/Santa Maria-RS utilizando o sistema IPHS1**. 2004. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/enquadra/Trabalhos/DissAnteriores/AlexandreMarins.pdf>>. Acesso em 27 maio 2013.

MATTOS, L. M. A. de. **A avaliação de ações de Educação Ambiental: um estudo exploratório no âmbito da gestão pública sob uma perspectiva crítica**. 2009. 210 f. Dissertação (Mestrado em Psicossociologia de Comunidades e Ecologia Social) – Instituto de Psicologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

MELO, F. G. de O.; AMORIM, J. A. de; BARROS, B. R. de; SILVA, A. M. da. Objetos educacionais com o GeoGebra para auxílio às práticas pedagógicas em engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 40., 2012, Belém. **Anais...** Belém: Abenge, 2012. Não paginado. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2012/artigos/103957.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2013.

OLIVEIRA, L. L.; COSTA, R. F. da; SOUSA, F. de A. S. de; COSTA, A. C. L. da; BRAGA, A. P. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuana na Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, Belém, BR, v. 38, n. 4, p. 723-732, out. 2008. Disponível em: <<http://acta.inpa.gov.br/fasciculos/38-4/PDF/v38n4a16.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2013.

PINTO, L. L. C. A. **O desempenho de pavimentos permeáveis como medida mitigadora da impermeabilização do solo urbano**. 2011. 256 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-31082011-160233/pt-br.php>>¹⁰. Acesso em: 12 dez. 2012.

SAITO, C. H.; DIAS, V.; VASCONCELOS, I.; SILVA, M. I.; ALMEIDA, A. de; VEIGA, C. J. da; RENGIFO, P. R. Educação ambiental, investigação-ação e *empowerment*: estudo de caso. **Linhas Críticas**: Revista semestral da faculdade de educação, Brasília, v. 6, n. 10, p. 31-44, jan.-jun. 2000. Disponível em: <<http://seer.bce.unb.br/index.php/linhascriticas/article/view/6689/5400>>. Acesso em: 20 maio 2013.

SOUZA, L. R. de; CUNHA, A. C.; PINHEIRO, L. A. dos R. Aplicação do IPHS1 para estudo do comportamento da vazão no rio Amapari-AP: energia e saneamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA: A METEOROLOGIA E AS CIDADES. 15., 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IEPA, 2008. Não paginado. Disponível em: <<http://www.iepa.ap.gov.br/meteorologia/publicacoes/avaliacaoiphs1.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2013.

¹⁰ estando no site <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-31082011-160233/pt-br.php>>, localize na parte final da página a indicação <Tese_Liliane_Lopes_C_A_Pinto.pdf>: selecione para abrir o documento.

TUCCI, C. E. M. **Inundações Urbanas**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1995. Disponível em: <http://4ccr.pgr.mpf.gov.br/institucional/grupos-de-trabalho/residuos/docs_resid_solidos/drenagem1.PDF>. Acesso em: 8 jan. 2013.

_____. **Água no meio urbano**: livro da água doce. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1997. Disponível em: <http://4ccr.pgr.mpf.gov.br/institucional/grupos-de-trabalho/residuos/docs_resid_solidos/aguanomeio%20urbano.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2012.

WANIELISTA, M. P. **Stormwater management**: quantity and quality. [1st ed.] (3rd reprint.) Michigan: Ann Arbor, c1978 (printing c1978).