

UNIS - CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS  
ANDRÉ VALIM SOBRINHO

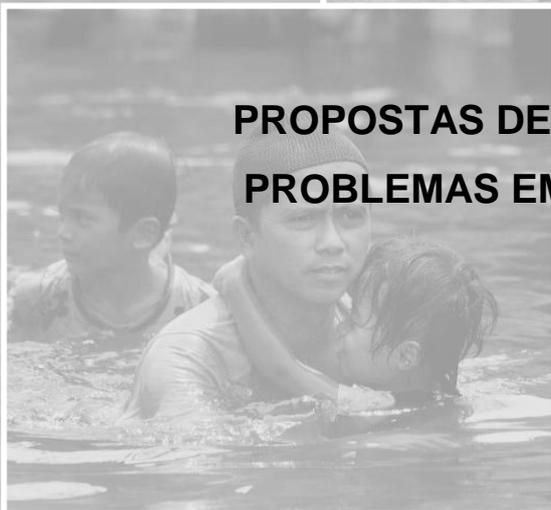


**PROPOSTAS DE ADEQUAÇÃO  
PARA MINIMIZAÇÃO DE  
PROBLEMAS EM LOCAIS  
PROPÍCIOS A INUNDAÇÕES**



Varginha- MG  
2014

UNIS - CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS  
ANDRÉ VALIM SOBRINHO



## PROPOSTAS DE ADEQUAÇÃO PARA MINIMIZAÇÃO DE PROBLEMAS EM LOCAIS PROPÍCIOS A INUNDAÇÕES

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao  
Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS como  
parte dos requisitos necessários para a obtenção  
do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a):

M.Sc. Ivana Prado de Vasconcelos

Varginha – MG

2014



ANDRÉ VALIM SOBRINHO

**PROPOSTAS DE ADEQUAÇÃO PARA MINIMIZAÇÃO DE  
PROBLEMAS EM LOCAIS PROPÍCIOS A INUNDAÇÕES**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS como  
parte das exigências do programa de graduação  
em Engenharia Civil.**

Prof. M. Sc. Ivana Prado de Vasconcelos  
Presidente da Banca - Orientadora

Armando Belato Pereira  
Membro

Eduardo Henrique Ferroni  
Membro

Varginha – MG, 14 de Julho de 2014

Dedico a todos os grandes amigos que estiveram juntos durante estes árduos anos de caminhada para a conquista de tornar-se Engenheiro.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que contribuíram no decorrer de mais uma etapa em minha vida e especialmente:

A Deus, a quem devo minha vida e tudo o que sou.

À minha família que sempre me apoiou nos estudos e nas escolhas tomadas.

À orientadora Prof. M. Sc. Ivana Prado de Vasconcelos que, além do papel fundamental para elaboração deste trabalho, sempre esteve de portas abertas a ensinar e transmitir seu conhecimento aos alunos.

Aos grandes amigos pelo companheirismo e amizade mesmo nas horas mais difíceis.

“Difícil mesmo é quando aquela lágrima teima em cair, justo no momento em que precisamos ser fortes.”

(Nadja Akinowa Dorotheo)

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
Capítulo 1 - PLANEJAMENTO DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA .....	11
Capítulo 2 - VANTAGENS DO PLANEJAMENTO .....	17
Capítulo 3 - PLANEJAMENTO PARA A MACRODRENAGEM .....	19
Capítulo 4 - MEDIDAS ESTRUTURAIS OU NÃO ESTRUTURAIS ?.....	22
Capítulo 5 - MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO .....	25
Capítulo 6 - PRINCIPAIS MEDIDAS A SEREM ADOTADAS .....	30
6.1. Execução de Um Plano de Trabalho .....	30
6.2. Coleta de Informações Básicas Importantes .....	30
6.3. Levantamento e Análise de Campo .....	31
6.4. Diagnóstico Hidráulico e Hidrológico .....	32
6.5. Estabelecimento de Programa para o Controle de Cheias .....	35
6.6. Estabelecimento de Medidas Estruturais de Controle na Fonte.....	37
6.7. Monitoramento em Tempo Real para Prevenções.....	39
6.8. Diretrizes para Plano de Contingências.....	39
6.9. Conjunto de Rotinas para Operação e Manutenção de Sistemas de Micro e Macrodrenagem.....	40
6.10. Indicadores de Desempenho para o Sistema de Águas Pluviais .....	43
6.11. Aprimoramento de Indivíduos, Organizações e Sistemas.....	44
6.12. Alerta Social e Reeducação Ambiental.....	46
6.13. Participação Pública .....	47
Capítulo 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	51

## **PREFÁCIO**

### **O despertar para ações simples**

O objetivo do desenvolvimento de meios simples para que se cumpra a transposição adequada de fluidos é essencial para satisfazer as necessidades do presente sem comprometer o crescimento das futuras gerações de suprir suas próprias necessidades. Com forças fundamentais na sociedade, as organizações de todos os tipos têm um papel importante a desempenhar em seu alcance. Entretanto, nesta era de desastres naturais, atingir tal objetivo pode parecer mais uma aspiração do que uma realidade.

Com o surgimento de novas tecnologias e o estudo gradual das incidências de chuvas para cada município, tais feitos fazem com que medidas de controle sejam mais precisas, mas a questão é: por que novos riscos são acrescidos à estabilidade do meio ambiente? Por que profissionais responsáveis por estes seguimentos não conseguem resolver tal problema?

Um dos principais desafios é conciliar a minimização destes meios através de escolhas simples e inovadoras que possam contribuir para o bom funcionamento dos sistemas de drenagem, gerando relações de menor impacto.

A urgência e a magnitude dos efeitos de risco são gigantescas quando não resolvidas a tempo. Como forma de dar suporte e garantir meios que minimizem tais futuras sequelas é que se faz necessário trabalhar com “linguagens” simples. Estas podem ser consideradas confiáveis e de menor gasto público quando bem geridas por profissionais da área em específico.

## INTRODUÇÃO

As inundações em cidades levantadas próximo aos leitos dos rios já fazem parte do cotidiano de seus habitantes. Visualizam-se, todos os anos, (conforme noticiado em vários meios de comunicação) rotinas alteradas de famílias, empregados e empresários em função dos transtornos e inconvenientes provocados por chuvas excessivas. Mas vale perguntar, este realmente acontece por conta das mudanças climáticas? Pois bem, embora as inundações sejam eventos que possuam sua origem em fatores naturais, a intervenção do homem nas bacias hidrográficas tem causado o agravamento deste fenômeno. A ocupação desordenada das planícies naturais de inundação, a obstrução dos cursos d'água, a impermeabilização dos solos urbanos, dentre outras, são ações que contribuem para agravar os impactos das cheias.

Dentro do mundo contemporâneo, o homem encontra grandes dificuldades em conciliar o desenvolvimento de suas atividades conceituais aos fenômenos naturais, caracterizados como desastres urbanos. Um bom exemplo a ser colocado seria o caso da China, descrito por Zhang et al. (2002) que é frequentemente atingida por desastres naturais, dos quais as inundações são um dos mais sérios. Como forma de amenizar tais problemas, o país desenvolveu um amplo sistema de monitoramento e controle dos desastres, como forma de avaliar os riscos que podem ser gerados, bem como auxiliar a população que por ventura sofra com os danos.

Dentro desta mesma linha de pensamento, a fonte de estudo para a elaboração deste projeto está diretamente ligada à cidade de Pouso Alegre – MG, situada próxima às margens da rodovia Fernão Dias, a 180 km de São Paulo e a 360 km da capital mineira. Sua escolha foi realizada por ser um município muito prejudicado em épocas de chuvas intensas, assim como possuir características igualitárias as pequenas cidades que serão beneficiadas pelos métodos propostos dentro deste estudo.

Conforme a coleta de dados realizada dentro da primeira etapa, denominado TCC I, este proporcionou informações mais precisas para o bom projeto de minimização das enchentes apresentado neste trabalho.

Verificou-se com a pesquisa que o sistema de drenagem do município de estudo é realmente ineficiente necessitando passar por mudanças urgentes, coisa

esta que já vem sendo estudada por responsáveis técnicos. A falta de fiscalização com relação ao índice de urbanização, ou seja, problemas que ocorrem devido à impermeabilização do solo através de telhados, ruas, calçadas, pátios, entre outros, é outro ponto preocupante, pois conseqüentemente a parcela da água que infiltrava no solo passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial. Portanto, exigisse uma maior capacidade de passagem das seções ou um maior índice de permeabilidade do solo. Por fim, a ocupação desordenada próximo às margens dos rios com construções residenciais, industriais, etc. é outro fator crítico para os sistemas de drenagem, pois em épocas de cheias se faz necessária a ocupação da calha secundária, esta que tem o objetivo de garantir o transporte de maiores vazões de projeto.

Nesse sentido, são inúmeros os desafios para uma busca de soluções que sejam economicamente viáveis e sustentáveis para a redução dos problemas de cheias urbanas.

Junto às próximas páginas deste trabalho, serão apresentadas diretrizes através de um conceito amplo e técnico, formas de orientar e conduzir órgãos públicos a um processo de minimização das enchentes, sem que ocorram enormes gastos com estruturas de contenção e retardamento (quando possível for), estas que são decorrentes de grandes gastos públicos.

## Capítulo 1

# PLANEJAMENTO DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

Planejar ou gerenciar sistemas de drenagem urbana envolve administrar um problema de alocação de espaço (Sheaffer e Wright, 1982, apud CANHOLI, 2005). É com este conceito em mente que a caótica urbanização para os pequenos municípios fazem provocar uma redução da capacidade de armazenamento natural de deflúvios, que por vez, demandarão outros locais para ocupar.

Todo processo deve-se ter por início a identificação dos eventos, sendo eles: cheias, inundações, enchentes, enxurradas e alagamentos. Em várias das vezes, muitos não conseguem ter bem definida a diferença de cada tópico. Segundo o Glossário de Defesa Civil – Estudos de Riscos e Medicina de Desastres, do Ministério da Integração Nacional, as definições são as seguintes:

- **cheias:** evento hidrológico, com tempos variáveis e de origem natural que, conseqüentemente, traz o transbordamento de cursos de água originando as inundações.
- **Inundação:** transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas. Em função da magnitude, as inundações são classificadas como: excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares e de pequena magnitude. Em função do padrão evolutivo, são classificadas como: enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas.
- **Enchente:** elevação do nível de água de um rio, acima de sua vazão normal. Termo normalmente utilizado como sinônimo de inundação.
- **Enxurrada:** volume de água que escoar na superfície do terreno, com grande velocidade, resultante de fortes chuvas.

- **Alagamento:** água acumulada no leito das ruas e no perímetro urbano por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes.”

O conceito de planejar uma bacia urbana com vista à questão das inundações nasce inicialmente, quando se percebe que existem tantos problemas a serem resolvidos quanto oportunidades a serem exploradas. Hoje existem convicções que levam a uma forma mais racional, econômica e sustentável de equacionar estas questões, baseado em experiências internacionais e algumas nacionais. A realização prática desta abordagem são os Planos de Drenagem Urbana.

No Reino Unido, França, Alemanha, Itália e Bélgica, grandes experiências importantes na drenagem urbana são acumuladas, sendo possível encontrar diversos exemplos de práticas que associam o controle das cheias à melhoria da qualidade ambiental das bacias hidrográficas.

A partir de 1980, foi possível identificar várias experiências de controle das cheias urbanas em países do Oriente. No início da década de 1990, os planos de drenagem urbana associados a medidas de contingência e prevenção contra os desastres naturais, foram muito bem sucedidos no município de Cubatão, Estado de São Paulo. A produção de um Plano Diretor de Combate às Inundações resultou em intervenções estruturais e não estruturais.

Contudo, um bom plano deve-se considerar vários outros fatores. Dentre os mais comuns são aqueles que se referem a aspectos institucionais, legais, culturais, gerenciais, econômicos, políticos, fiscais e outros. Estes pontos podem representar restrições importantes ao desenvolvimento de um bom plano, mas podem também oferecer oportunidades a explorar.

Para um sistema de drenagem dentro da área urbana, o mesmo faz parte de um conjunto de melhoramentos públicos existentes, sendo eles: redes de abastecimento de água, de coleta de esgotos sanitários, de cabos de transmissão de energia, de serviços de comunicações, além da iluminação pública, pavimentação de ruas, guias e passeios, parques, áreas de recreação e lazer.

Estes meios são convenientes para que de forma integrada, todos os melhoramentos públicos sejam planejados coerentemente, ou seja, caso existam planos setoriais, regionais, municipais, estaduais ou federais, é desejável que haja perfeita compatibilidade entre o plano de drenagem urbana aos diversos outros.

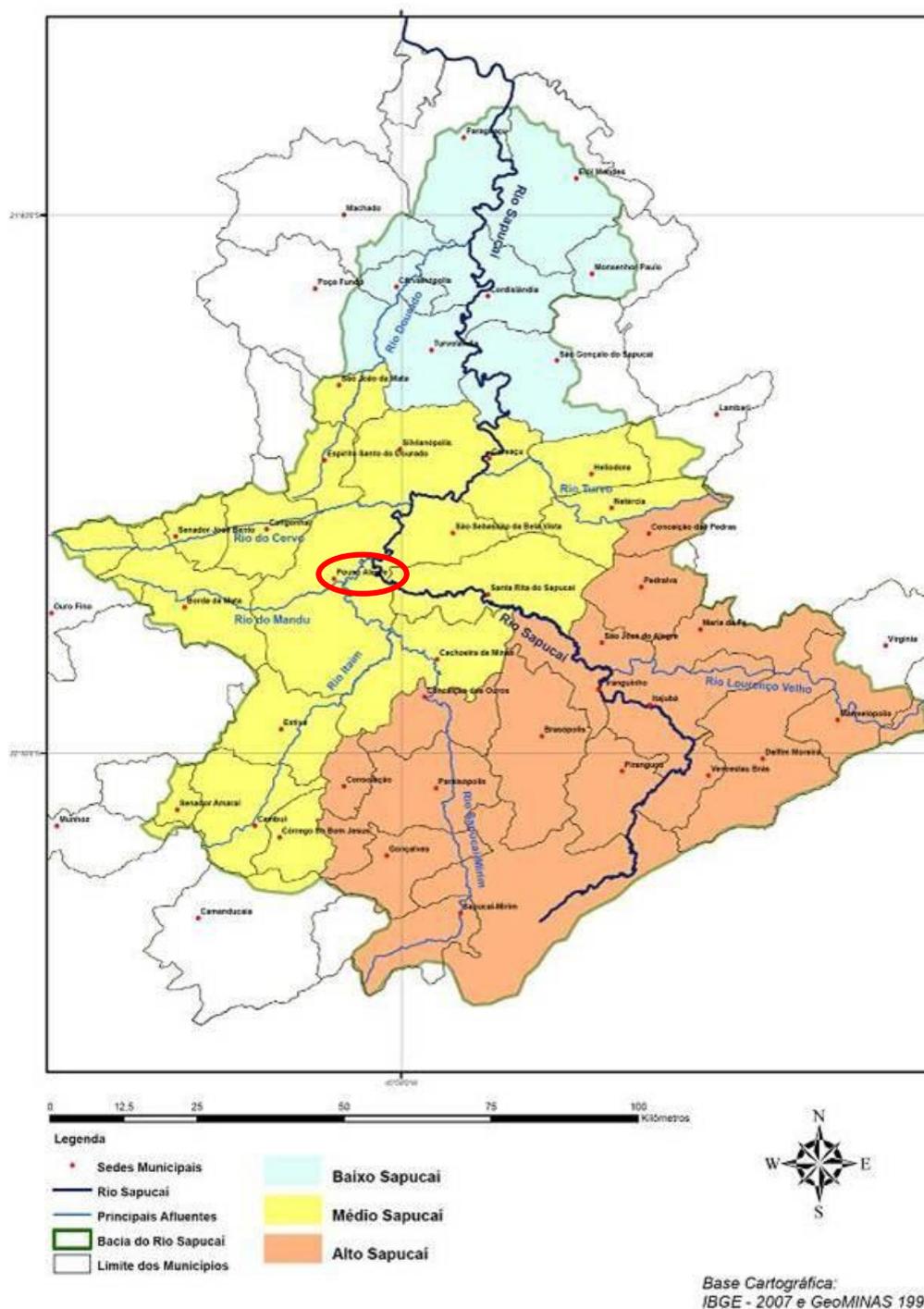


Figura 1 – Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí.

FONTE: LIMA, Valquíria de Noronha, 2011

Anteriormente, demonstra-se através da **Figura 1**, a bacia hidrográfica do Rio Sapucaí, principal afluente que corta a cidade de Pouso Alegre – MG.

Para a hipótese da não conjugação desde o início, é bastante provável que esse sistema, ao ser projetado, revele-se de alto custo e ineficiente, como é o caso do município de Pouso Alegre – MG. Grandes investimentos são lançados na cidade

como forma de diminuir os diversos impactos negativos gerados, mas, estes sistemas apenas amenizam parte do problema que conseqüentemente acabam gerando novas dificuldades para retirar e transpor as águas dos rios dentro do município.

Os sistemas de drenagem têm uma característica: o escoamento das águas pluviais sempre ocorre independentemente da existência ou não de sistema de drenagem adequado. Os benefícios ou prejuízos serão maiores ou menores quando relacionados à qualidade deste sistema.

Através de grandes estudos é possível planejar um sistema de drenagem de forma a diminuir custos e aumentar os benefícios resultantes para a minimização das enchentes, mas estes meios serão citados mais à frente deste projeto.

Para que se cumpram as metas aqui atribuídas ao que tange à minimização das enchentes para municípios de até 200 mil habitantes, de início, será caracterizado que o sistema de drenagem deve ser incluído no plano urbano de desenvolvimento integrado do município.

Este planejamento, conforme colocado anteriormente, deve ser feito de forma integrada, considerando os outros melhoramentos urbanos e os planos de bacia, quando existirem. Após determinadas as interdependências entre o sistema de drenagem urbana e outros sistemas, pode-se desenvolver um planejamento específico da drenagem urbana.

Tal correlação deverá ser feita com critérios bem estabelecidos, oriundos de uma política de administração pública, apoiada em regulamentos adequados e nas sustentabilidades econômicas, financeiras e ambientais.

Para esta política e esses regulamentos, os mesmos deverão atender sempre as peculiaridades locais, físicas, econômicas e sociais dentro do município. Vale ressaltar que tal planejamento deve-se sempre levar ao projeto de um sistema de drenagem exequível, técnico e economicamente viável, aumentando os benefícios e reduzindo custos.

Como forma de garantir um sistema de drenagem eficaz, este deverá ser considerado como composto por dois sistemas distintos, sendo eles para microdrenagem e macrodrenagem, onde deverão ser planejados e projetados com critérios diferenciados.

Dentro do contexto deste projeto, o estudo estará diretamente ligado ao sistema de macrodrenagem, que por vez, quando bem projetado pode-se obter diminuição considerável do custo do sistema inicial, reduzindo-se, por exemplo, a extensão das tubulações enterradas. O seu bom funcionamento gera segurança urbana e saúde pública. Quando este sistema não é projetado, ele existe naturalmente, pois as cheias escoam pelas depressões topográficas e pelos cursos d'água naturais.

O município de Pouso Alegre – MG (área de estudo) desenvolveu-se de forma irracional a ocupação próxima às margens do curso d'água, gerando com isto grandes prejuízos materiais e até mesmo perdas de vidas humanas. Lembremos que a urbanização das áreas baixas marginais aos rios devem ser realizadas cautelosamente ou até mesmo ao uso e ocupação restrita de áreas verdes com fins de recreação e lazer. Tal ocupação para fins residenciais ou empresariais fica terminantemente proibida no conceito deste projeto.

Práticas como a revitalização dos cursos d'água estão sendo exemplos de sucesso em vários países densamente urbanizados (**Figura 2**), na busca pela restauração de áreas de várzeas perdidas durante o intenso processo de urbanização.



Figura 2 – Exemplo de restauração das condições naturais de um córrego em Sidney, Austrália.

FONTE: CANHOLI, Alúcio Pardo (2005)

A atuação de países em desenvolvimento na prática do planejamento das medidas de defesa contra as inundações em áreas urbanas está se consolidando, resultado de inúmeros fatores, como a crescente valorização do conceito de sustentabilidade ambiental.

Neste trabalho busca-se consolidar as melhores práticas passadas e presentes na aplicação das técnicas de controle das inundações, como medida para aumentar a segurança contra riscos de eventos hidrológicos extremos e garantir a melhoria da qualidade de vida para a sociedade.

## Capítulo 2

# VANTAGENS DO PLANEJAMENTO

A condição do planejamento quando aplicado ao sistema de drenagem urbana e manejo de águas pluviais pode trazer grandes benefícios e vantagens ao município na obtenção de menores custos e melhores resultados.

Algumas restrições também podem ser citadas na paralisação da obtenção de recursos. As interferências com outros planos, assim como restrições orçamentárias, são alguns dos fatores preponderantes a prejudicar tais medidas de controle das inundações. Item este que deverá ser colocado em votação. Vale mais um investimento inicial como forma de prevenir e remediar tais ações naturais ou esperar com que este ocorra e medidas sejam tomadas mais à frente, com custos infinitamente maiores? Fica a pergunta.

Para um bom plano de drenagem, inicialmente deve-se adotar critérios básicos de planejamento ao sistema de microdrenagem, macrodrenagem e consequentemente desenvolvimento de medidas estruturais e não estruturais.

Como meio de não atingir picos elevados de vazão juntos aos córregos e rios, novas edificações importantes ou loteamentos, antes mesmo do processo de licenciamento, o sistema de drenagem deve ser estudado minuciosamente, adotando-se alguns pontos básicos. Se existirem áreas frequentemente inundáveis por processo hidrológico e hidráulico natural, tal fato deverá ser prudentemente considerado antes de se decidir sobre a intervenção prevista.

As questões de drenagem, quando mais cedo forem analisados, melhores resultados poderão ser obtidos do plano urbanístico. Quando estudados tardiamente, ou se ele for projetado considerando-se objetivos de curto prazo, as repercussões para a sociedade serão sempre negativas.

Conforme citado anteriormente, o sistema quando bem projetado, vantagens são trazidas ao meio urbano. A área desenvolve-se de forma ordenada, a salvo de inundações e de prejuízos ao tráfego de pedestres e de veículos. A seguir, estão informados alguns dos benefícios que podem ser considerados. Vejamos:

- Redução do custo de construção e manutenção das ruas.
- Melhoria do tráfego de veículos durante as chuvas.
- Benefícios à saúde, ao meio ambiente e à segurança urbana.
- Menor custo de implantação de parques e áreas de recreação e lazer.
- Recuperação de áreas degradadas.
- Menor custo de implantação de projetos habitacionais.
- Rebaixamento do lençol freático e melhoria das áreas de várzeas.

O plano de drenagem tem o objetivo de possibilitar a todos o conhecimento do potencial de uso e ocupação do solo dentre as diversas regiões. Este plano não deve se basear somente em projetos hidráulicos, mas em paralelo a critérios ambientais, sociais e econômicos como forma de garantir áreas de zoneamento adequadas, sistemas viários eficazes, espaços verdes agradáveis, dentre outros.

Um plano diretor de drenagem e manejo de águas pluviais baseado em uma abrangente análise traz melhores resultados quando comparados a projetos de drenagem isolados, desenvolvidos com critérios diferentes para cada bacia hidrográfica.

### Capítulo 3

## PLANEJAMENTO PARA A MACRODRENAGEM

O crescimento rápido da população para determinados municípios, como, por exemplo, Pouso Alegre – MG acaba causando grandes problemas de infraestrutura em diversos setores da área urbana, sendo acompanhado também de pouco planejamento urbano.



Figura 3 – Avenida Dique II em obras de pavimentação.

FONTE: Arquivo Pessoal (2013)

Conforme mostrado pela **Figura 3**, verifica-se a imagem da Avenida Dique II em obras, com a finalidade de conter as cheias causadas pelo Rio Mandú no bairro São Geraldo.

Para um sistema de macrodrenagem eficaz é fundamental um bom plano de desenvolvimento urbano. De uma forma geral, em áreas já urbanizadas, o mau funcionamento desse sistema é a principal causa das inundações e do alto custo das galerias de águas pluviais do município. A falta deste planejamento faz com que o escoamento seja realizado por depressões topográficas e pelos canais naturais de

forma desordenada, trazendo com isto o risco para com as propriedades e vidas humanas.

Como forma de visualizar tal problema, existe uma interação entre a área urbana e os canais principais de drenagem (rios e córregos), ou seja, quando temos um aumento da urbanização, conseqüentemente o percentual de escoamento superficial também cresce e o tempo de concentração das cheias diminui trazendo as chamadas inundações. Comumente os canais de transporte de fluidos também são obstruídos por materiais sólidos que são depositados por diversos tipos de pessoas ou até mesmo por conta de outras inundações ocorridas.

Este estudo não contempla a alteração de canais naturais para canais artificiais, até mesmo por conta das altas regras impostas por órgãos relacionados ao meio ambiente. Mas mediante as grandes catástrofes ocorridas periodicamente aos municípios próximos às margens dos rios, propor medidas que estejam interligadas a um meio comum.

O estudo para canais principais se divide em muitas alternativas e possibilidades, que vão desde o traçado, a seção transversal e o seu tipo de revestimento. Para as áreas de estudo deste projeto, que já possuem urbanização existente, várias restrições devem ser observadas até mesmo por conta de agravamento do problema mais a jusante ou montante, caso não seja corretamente avaliado. A seleção da alternativa mais conveniente envolve grande responsabilidade, pois para a eficiência dos canais principais, estes dependem do bom funcionamento de todo o sistema de drenagem do município.

Inicialmente deve-se levantar uma estimativa da vazão de projeto como forma de avaliar preliminarmente as dimensões dos canais principais. Essa estimativa pode ser feita rapidamente adotando-se vazões específicas de cheias, ou mediante cálculos utilizando-se modelagem matemática específica para esse fim.

Como a maioria dos municípios atingidos pelas cheias possuem topografias muito planas e invasão de áreas de preservação permanente que servem como uma calha secundária de transporte de fluidos em épocas de grandes concentrações de chuva, cabe aos administradores públicos chegarem a alternativas que promovam o uso desta área a meios públicos. Outros meios serão lançados como forma de evitar tais transtornos e custos elevados para amenização destes problemas ao longo deste projeto, mas caso não seja possível evitar tal meio, deverá ocorrer à

desapropriação de imóveis particulares, a fim de que se cumpram as legislações vigentes.

Um canal considerado bem projetado é aquele cujas características permitam associar maior volume de acumulação no próprio leito e baixas velocidades para as descargas de cheias, resultando em tempos de concentração relativamente longos, que contribuirão para atenuar as descargas de pico a jusante.

Para canais em terra (caso em estudo), é o que possui menor investimento inicial, mas devem-se incluir no orçamento anual do município as despesas com manutenção e conservação, para que as condições de cálculo sejam mantidas e atendidas a fim de não impedir o transporte do fluido.

Outro ponto importante a ser avaliado é sua estabilidade, pois com o processo de aumento da urbanização, este pode ser totalmente modificado. Com a variação de estiagem e cheia meios devem ser atribuídos para evitar o assoreamento e erosão das margens dos canais naturais.

## Capítulo 4

# MEDIDAS ESTRUTURAIS OU NÃO ESTRUTURAIS ?

A vazão de um rio ou córrego está diretamente ligada às características climatológicas e físicas da bacia hidrográfica, porém as condições climatológicas podem ser previstas somente a poucos dias ou horas do evento, fazendo com que não se tenha dados concretos para prevenir as possíveis cheias com antecipação muito grande.

Dentro deste conceito, as medidas de controle são os meios que visam diminuir os problemas decorrentes das inundações e podem ser divididos em três tipos, sendo eles: medidas estruturais, medidas estruturais de controle na fonte e medidas não estruturais. Mas para o projeto apresentado qual será a melhor medida a ser adotada? Bem, primeiro deve-se compreender a diferença entre um e outro dentro de parâmetros técnicos.

As medidas estruturais são aquelas que advêm de obras de engenharia. Elas representam interferências nas características do escoamento. São diretamente responsáveis pelo direcionamento e controle do fluxo das águas pluviais, atribuindo novas estruturas e fazem uso da implantação de obras que modificam o sistema natural para a retenção ou contenção do escoamento, como, por exemplo, a construção de reservatórios, diques e canalizações abertas e fechadas.

Quando se fala de medidas estruturais de controle na fonte, estamos informando sobre aquelas que apresentam uma nova visão de convivência com as cheias urbanas dentro dos municípios, propondo reduções e tratamento para os escoamentos superficiais que geralmente são gerados pelo aumento da urbanização. O seu principal objetivo é proporcionar meios ou soluções que façam a retenção, a infiltração e o abatimento do escoamento superficial. Quando os sistemas de drenagem são mal projetados, estes fazem com que o escoamento seja efetuado de forma muito rápida, gerando grandes volumes de fluidos aos canais fluviais. Esta medida visa retardar e reduzir a quantidade de escoamento com a ajuda dos dispositivos de controle, canalizações bem dimensionadas e estruturas de retenção dos deflúvios.

Especificamente, os dispositivos propostos pelas medidas estruturais de controle na fonte são classificados em função de sua atuação na infiltração, no armazenamento, ou na combinação desses processos. Alguns dos exemplos que poderão ser adotados aos pequenos municípios, são aqueles típicos de dispositivos de infiltração que são: as valas de infiltração, pavimentos porosos, trincheiras de infiltração, valas gramadas e adoção de percentuais de infiltração para áreas residenciais e industriais. Estes dispositivos fazem a função de destinar a água para a sua absorção pelo solo, o que reduz a quantidade de água no sistema pluvial com destino aos rios e córregos.

Vale lembrar que segundo Tucci (2002), estas medidas estruturais podem criar uma sensação de falsa segurança ou até mesmo induzir a ampliação da ocupação das áreas inundáveis. Portanto um bom levantamento de dados para elaboração de projetos e a fiscalização por parte do município, destinados a estes aspectos da drenagem se faz de suma importância e atenção para que não seja ocorrido o efeito inverso.

Agora, e quanto às medidas não estruturais? Bem, estas são medidas de caráter legal e institucional e que procuram fazer obedecer à urbanização de tal forma a minimizar os efeitos no regime hídrico das bacias. Este conceito procura sem que haja alteração de sua configuração, reduzir os impactos com a aplicação de medidas e princípios que visam diminuir o risco hidrológico e a interferência causada por ações humanas às condições naturais. Para este tipo de medida, ações como o zoneamento das áreas de inundação, previsões de cheias, seguros de inundações, legislação pertinente e sistema de alerta devem ser trabalhados com a finalidade de implantação, até mesmo pelo seu baixo custo de investimento, diferente das medidas estruturais. Para o ultimo monitoramento, um sistema de previsão hidrológica deve ser aplicado como meio de antecipação do acontecimento.

O sucesso deste plano depende da participação da população e da fiscalização constante do crescimento da cidade e da ocupação de áreas de forma irregular.

A seguir, serão apresentados alguns meios cabíveis para serem seguidos por tais municípios afetados, como forma de garantir melhor segurança à população de forma geral.

- **Normas e critérios técnicos para construção de obras:** visa estabelecer as características técnicas das estruturas que estão em áreas suscetíveis a alagamentos. Algumas destas técnicas permitem a desocupação da área ou a adequação das estruturas para a passagem da água, como no caso de estruturas elevadas e resistentes a inundações.
- **Legislação apropriada:** seguindo a mesma linha das normas e critérios técnicos, a legislação relacionada à ocupação do solo e construção previne que as áreas afetadas pelas enchentes e áreas ainda não impermeabilizadas sejam ocupadas.
- **Seguro-enchente:** é um seguro que visa cobrir os gastos com a recuperação dos danos causados pelas inundações.
- **Sistema de alerta:** são sistemas de monitoramento hidrológico em tempo real que permitem processar modelos de previsão de chuva e de inundações. Estes são sistemas que devem estar acoplados a programas de ações emergenciais (remoção de população em situação de risco, controle do trânsito, operação de obras de controle de cheias, etc.).
- **Educação ambiental:** programas de formação em questões ambientais para conhecimento e participação dos cidadãos.

O bom balanceamento entre as medidas estruturais e não estruturais, assim como o planejamento, faz com que os locais afetados em épocas de grandes cheias, conquistem pontos positivos (melhorias) e controle dos sistemas de drenagem urbana.

Portanto, não é a escolha de um ou outro método que fará o sistema ser melhor ou pior para as questões relacionadas às inundações urbanas dentro do contexto deste projeto de estudo, mas a apropriada conexão e interligação de dados para tais medidas.

## Capítulo 5

# MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO

Há varias formas que envolvem um programa de drenagem urbana. Mas qual é o principal? Qual é o critério que deve nortear os projetos das obras de controle de cheia, ou em outras palavras, de que forma a região suscetível às inundações deve ser protegida? Qual é o grau de proteção adequado para as zonas inundáveis?

A primeira etapa a ser analisada é diagnosticar a situação atual, isto é, conhecer qual é a situação hoje presente de uso e ocupação do solo. Em seguida, estuda-se de que forma as inundações ocorrem, com que tipo de frequência, qual o grau de vulnerabilidade das áreas inundáveis e quais são os principais afetados dentro da área de inundação.

Uma vez conhecidas as suas características hidráulicas, tanto dos canais como de outras obras hidráulicas existentes, é possível modelar o comportamento da bacia, tanto em termos hidrológicos como hidráulicos. Um modelo matemático bem calibrado é uma ferramenta de cálculo extremamente importante para esse tipo de análise. Técnicas de hidrologia fazem permitir o estabelecimento de cenários de chuva para a bacia estudada, associado a probabilidades de ocorrência ou períodos de retorno.

A **Figura 4** retirada de um estudo feito para elaboração de manchas de inundação no município de Pouso Alegre – MG demonstra através da delimitação em amarelo e vermelho o tempo de retorno para cada período, compreendido de 2 e 100 anos. Pode-se identificar perfeitamente que suas características são bastante preocupantes, principalmente em termos de ocupação e uso do solo. Verifica-se que áreas hoje já ocupadas por empreendimentos imobiliários, possuem manchas de inundação para um curto período de retorno, ou seja, apenas 2 anos, conforme ilustrado pela figura na cor amarela.

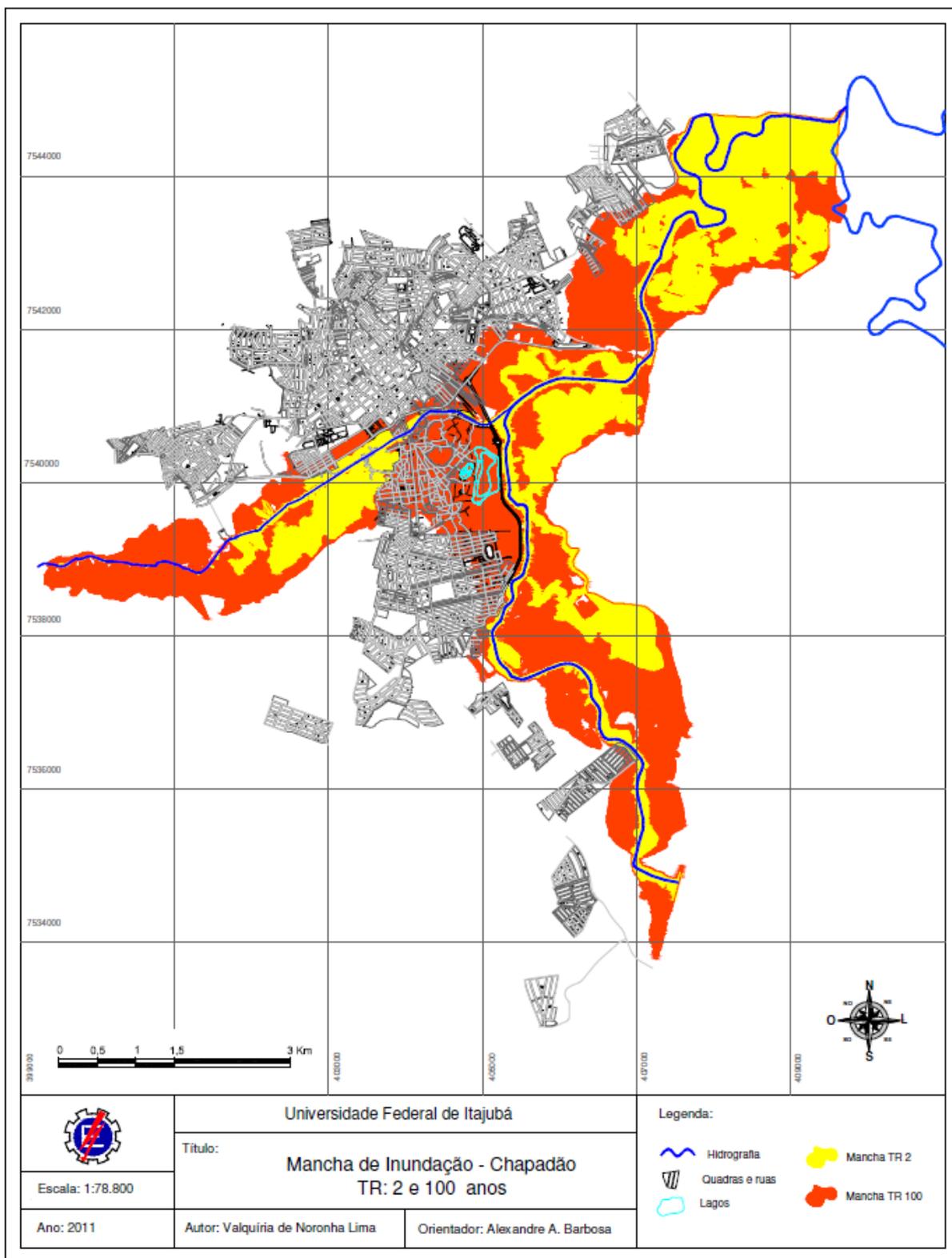


Figura 4 – Mancha de inundação para TR 2 e 100 anos do Rio Sapucaí-Mirim.

FONTE: LIMA, Valquíria de Noronha, 2011

À frente, verificam-se as manchas de inundação para tempos de retorno diferenciados conforme ilustrado pela **Figura 5** e **Figura 6**.

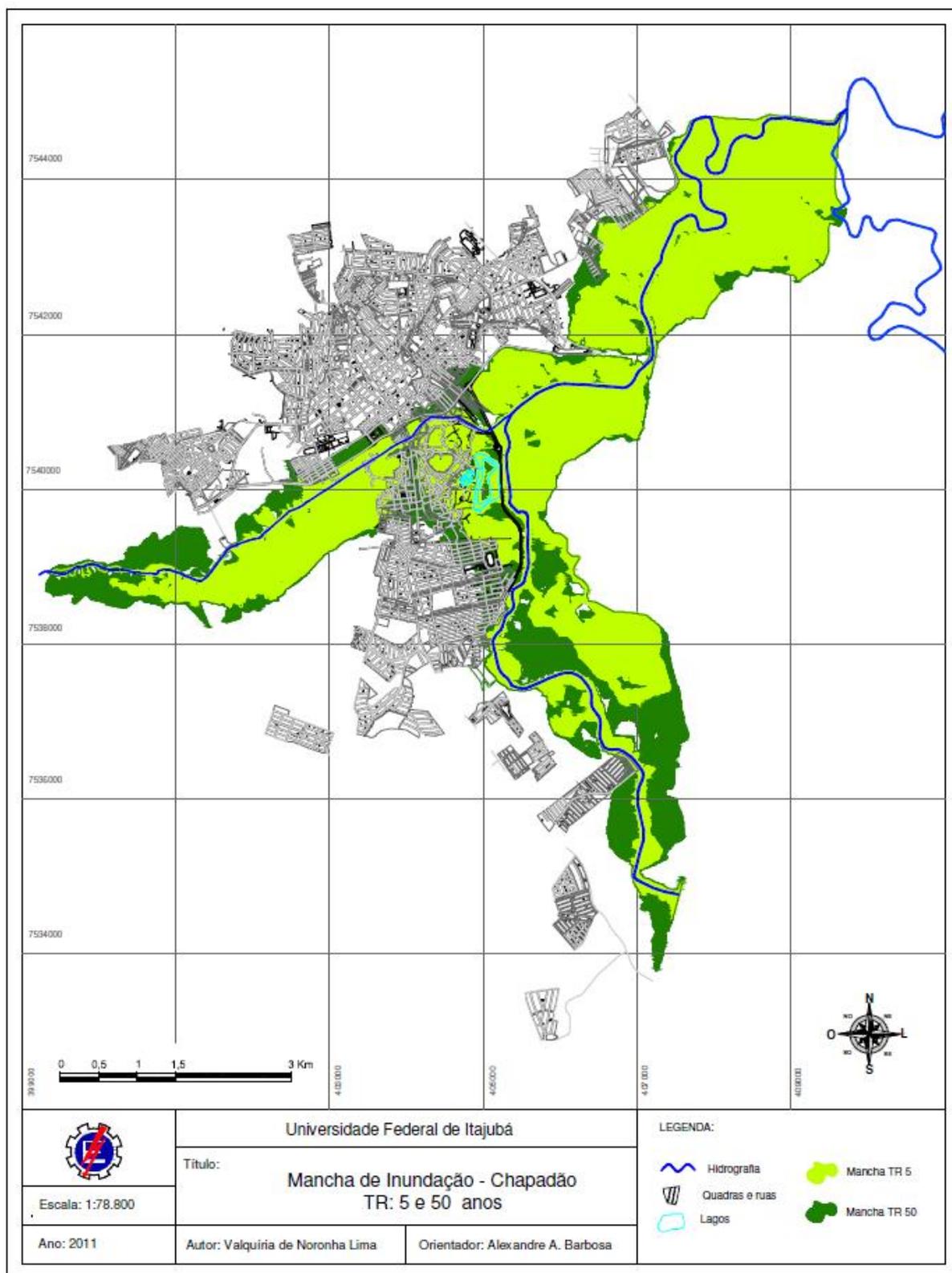


Figura 5 – Mancha de inundação para TR 5 e 50 anos do Rio Sapucaí-Mirim.

FONTE: LIMA, Valquíria de Noronha, 2011

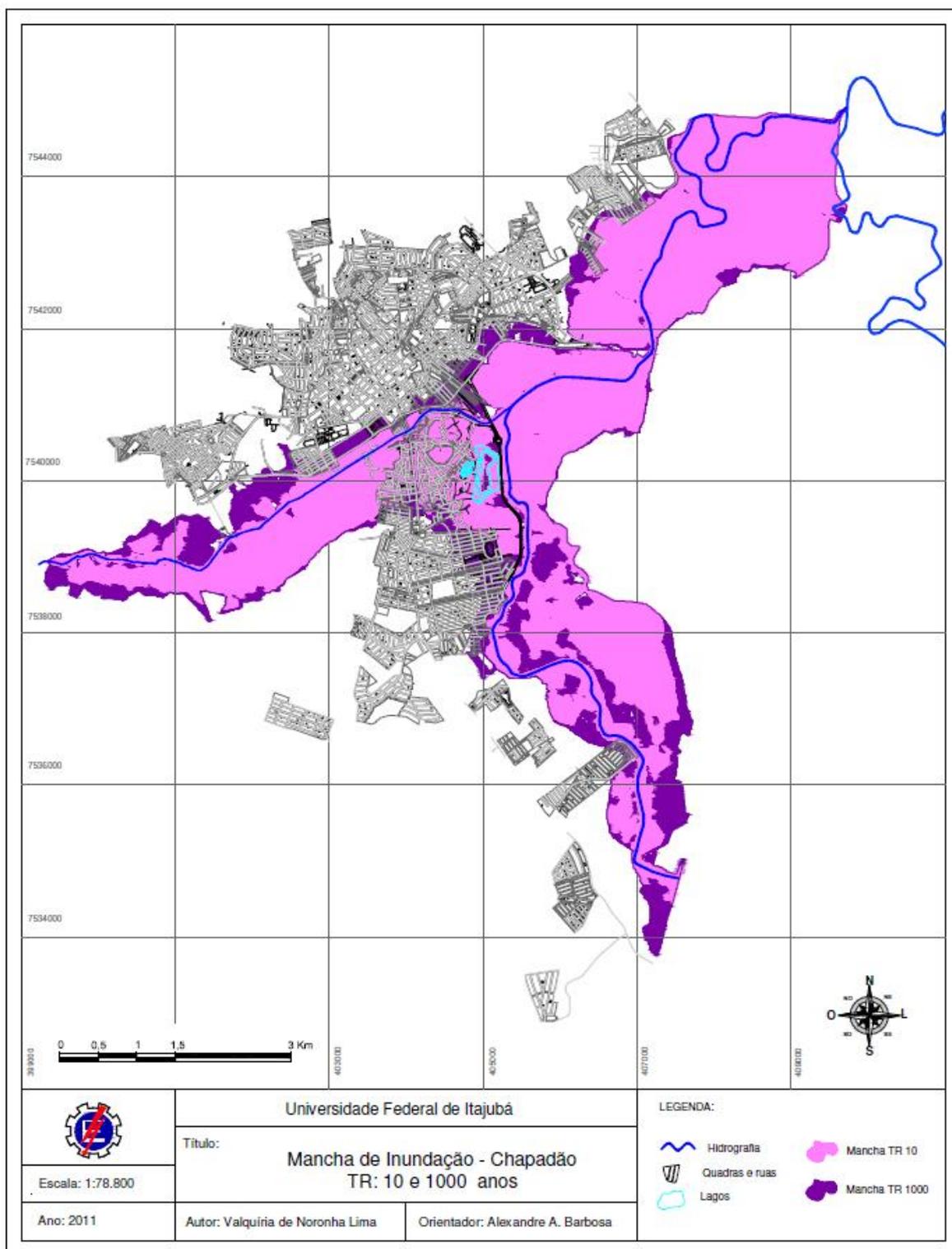


Figura 6 – Mancha de inundação para TR 10 e 1000 anos do Rio Sapucaí-Mirim.

FONTE: LIMA, Valquíria de Noronha, 2011

Verifica-se que quanto maior o tempo de retorno, pior a condição de cheia para o município. Geralmente, um Plano Diretor de Drenagem constitui três horizontes de tempo. São eles: curto (até 5 anos), médio (de 5 a 15 anos) e longo

prazo (de 15 a 30 anos). A situação de análise pode ser enquadrada em longo prazo, ou seja, ela servirá como balizador para a implantação do sistema, definindo um cronograma de obras e outras intervenções ao longo do tempo. Portanto, conclui-se que cidades próximas às margens de rios e córregos devem possuir um horizonte de planejamento para no mínimo 30 anos.

Quando tais informações são coletadas é perfeitamente viável estimar os danos que serão gerados para cada zona de inundação, dispondo de informações de uso e ocupação do solo e de outros dados demográficos dessas regiões. Geralmente, essas informações estão disponíveis em sistemas de informações geográficas, onde podem ser ligados aos modelos de dados hidrológicos e hidráulicos, ou seja, é possível avaliar uma série de variáveis importantes como: o número de diferentes tipos de domicílios afetados, sistemas de infraestrutura, dentre outros. Portanto, é possível estimar com alguma precisão os danos provocados pelas inundações, tanto danos diretos como danos indiretos.

Outro ponto fundamental é estabelecer um período de retorno para os eventos hidrológicos que irão nortear as formas de projetar as obras de controle de cheias. Para este plano, fica condicionado o padrão internacional, que recomenda para a macrodrenagem a recorrência de 100 anos.

Uma fase crucial de tais mudanças é também produzir ações estruturais e não estruturais a questões relacionadas a inundações. Este time envolve diversos profissionais, principalmente nas áreas de: hidrologia, hidráulica, construção civil, estrutura, urbanismo, habitação, transporte, saneamento básico, sociologia, medicina, serviço social, direito, paisagismo e ecologia urbana.

Vale ressaltar que, projetar um sistema de drenagem urbana num espaço já ocupado com a diversidade de problemas avaliados, implica em analisar a questão sob o enfoque de todas essas áreas do conhecimento, para que o mesmo não venha a ser problema em outro determinado ponto.

## Capítulo 6

# PRINCIPAIS MEDIDAS A SEREM ADOTADAS

### **6.1. Execução de Um Plano de Trabalho**

O Plano de Trabalho será um documento com a finalidade de atribuir uma direção a todo desenvolvimento das atividades propostas, devendo ser detalhadas suas metodologias a serem empregadas, bem como a estrutura organizacional prevista para o desenvolvimento das atividades técnicas.

### **6.2. Coleta de Informações Básicas Importantes**

Para a cartografia das bacias, é recomendado realizar no levantamento, considerações mais antigas como forma de análise, pois serão importantes para o estudo das intervenções já realizadas dentro do município. Para os novos planos e projetos, estes devem ter continuação aos que foram desenvolvidos anteriormente, pois os mesmos possuem dados de registros de inundações, assim como propostas de intervenções que deverão ser consolidadas e consideradas dentro das análises críticas que por ventura vierem a ser desenvolvidas. Este item é fundamental e indispensável para adquirir conhecimento junto aos problemas que devam ser solucionados.

Os projetos que julgue serem mais relevantes para o controle das cheias e que já foram utilizados como meio de validação para a configuração atual dos sistemas de macro e microdrenagem, devem ser considerados e analisados detalhadamente. Vale ressaltar que os estudos existentes devem estar em conformidade com os critérios e diretrizes gerais da proposta colocada neste programa.

Determinadas questões básicas, devem ser levantadas e utilizadas. Dentre elas, podem ser destacadas:

- Levantamentos cadastrais dos sistemas de drenagem dentro do município.
- Uso e Ocupação do Solo (elementos que permitam caracterizar o grau de impermeabilização da bacia e a ocupação das áreas marginais aos rios e córregos).
- Geologia e Geotecnia.

Para tal atividade é necessário fazer o mapeamento das áreas de risco cruzando as informações coletadas, com as áreas inundáveis que serão obtidas pelos dados fornecidos pela Defesa Civil.

A seguir, demonstram-se pontos importantes e obrigatórios para um bom levantamento de informações como forma de atribuir parâmetros de escoamento que serão utilizados na modelagem hidrológica.

- Verificação da cobertura vegetal atual e passada.
- População atual e previsão de seu crescimento com base em 20 anos.
- Dados pluviométricos e dados fluviométricos oriundos de programa de monitoramento das bacias.
- Dados atualizados das obras hidráulicas, sejam elas para micro ou macrodrenagem.
- Estudos hidrológicos e hidráulicos das obras executadas e das previstas.
- Pontos de alagamento (referente à microdrenagem) e manchas de inundação (referente à macrodrenagem).

É recomendado que os itens anteriormente citados fossem caracterizados quanto à sua frequência e fossem inseridos em um banco de dados para estudos iniciais ou futuros em uma planilha eletrônica.

### **6.3. Levantamento e Análise de Campo**

Uma questão extremamente importante é o levantamento e a análise dos dados coletados em campo referentes ao sistema de macrodrenagem das bacias. Todas as diferentes informações adicionais necessárias a uma modelagem hidráulico / hidrológica do sistema devem ser levantadas quando indispensável for aos diversos cenários que serão estudados no projeto.

O relatório final deve apresentar as seções transversais suficientes para bem caracterizar o leito de escoamento do canal ou galeria, incluindo todas as singularidades existentes, tais como: curvas, inflexões, transições, estreitamentos bruscos, mudanças de declividades, entradas de afluentes, etc.

Para locais que possuem reservatórios de amortecimento de cheias, lagos ou represas, deve-se incluir um estudo amplo, de forma que os mesmos não interfiram nas soluções de escoamento das águas. Para o caso de interferência, este deve agir de forma a garantir melhor segurança no regime hidráulico / hidrológico para o município.

Os locais críticos dos sistemas de microdrenagem deverão ser apontados pela Defesa Civil (inicialmente), assim como deverão ser cadastrados. Estes são importantes, pois interferem diretamente no sistema de macrodrenagem. Os traçados e principais características das redes existentes devem ser indicados em planta, a fim de melhor visualização e estudo das áreas críticas.

É aconselhável que a precisão do relatório seja compatível com a precisão dos demais dados de entrada coletados dos modelos de simulação. Sugere-se também que estes dados sejam georreferenciados da mesma maneira do sistema de referência da base cartográfica adotada.

#### **6.4. Diagnóstico Hidráulico e Hidrológico**

Aconselha-se utilizar modelos computacionais de simulação hidráulica e hidrológica para que seja verificado o desempenho do sistema de drenagem atual, dimensionamento das obras futuras e verificação dos resultados das diversas alternativas de intervenção.

Para o horizonte de planejamento adotado inicialmente de 30 anos, o sistema de drenagem deve ser dimensionado para um risco hidrológico equivalente ao período de retorno. Para as etapas intermediárias de implantação deve ser feita a verificação dos riscos hidrológicos correspondentes.

O programa de monitoramento deve ser realizado pela especificação detalhada dos pontos de instalação das estações para coleta de dados pluviométricos e fluviométricos. Para a cidade de Pouso Alegre – MG (área de estudo) verificam-se três pontos de controle para fins de estudos hidrológicos. São

nomeados como Estação Mandu, Estação Confluência e Estação Chapadão. Estão situados em locais propícios e de ótima localização como forma de obter dados precisos para o correto acompanhamento das variações de cheias. A **Figura 7** demonstra as 3 (três) estações de controle.

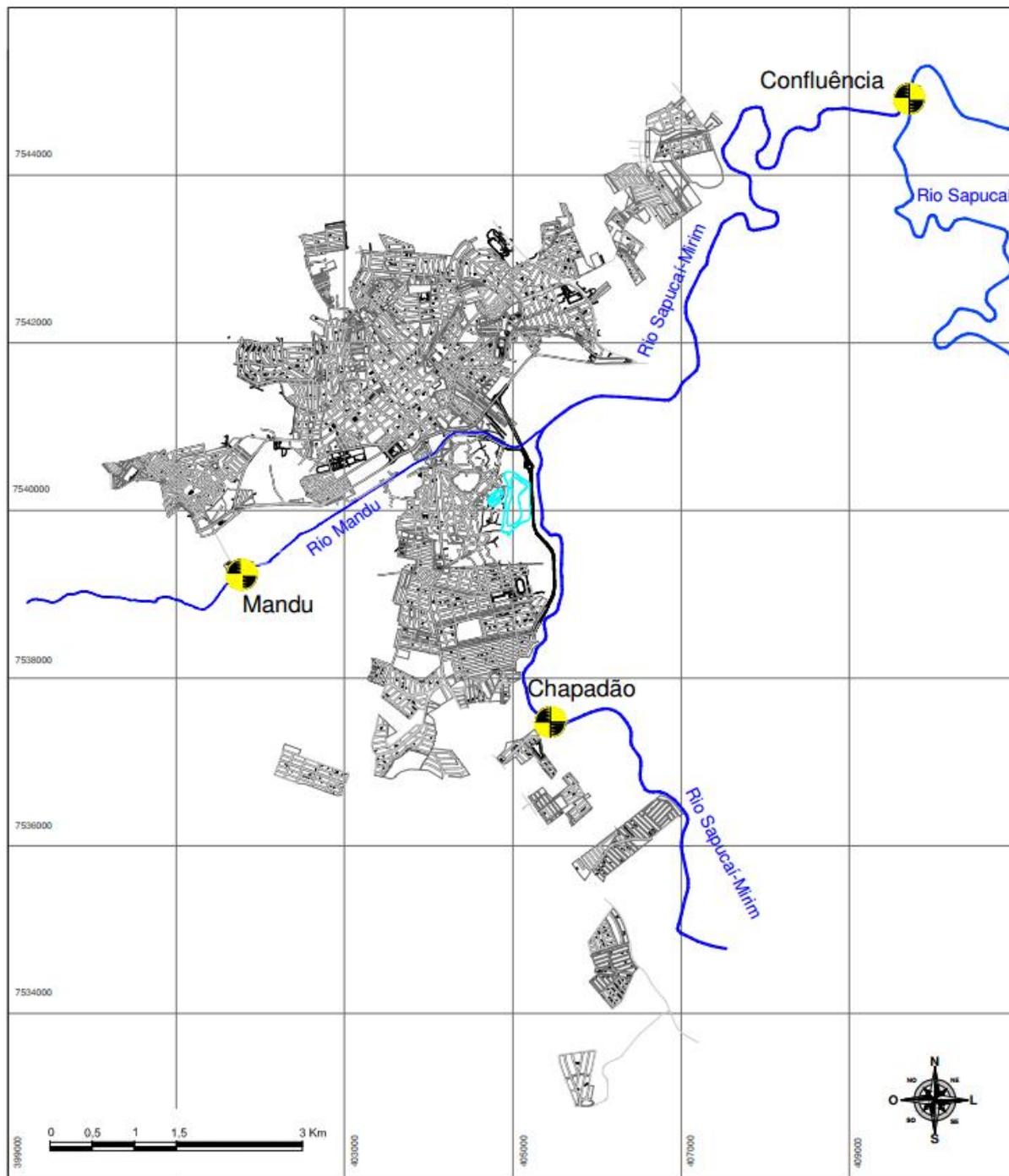


Figura 7 – Georreferenciamento da cidade de Pouso Alegre – MG, com o devido posicionamento das seções de controle.

FONTE: LIMA, Valquíria de Noronha, 2011

Os municípios que não contemplarem tais estações deverão ser adquiridas, instaladas e operadas as estações de monitoramento como forma de acompanhar suas variações durante todo período do ano. Os sistemas de alerta para inundações também devem ser integrados as estações.

Caso exista este monitoramento junto ao município, deve-se analisar a consistência dos dados, períodos de observação, localização das estações e a possibilidade de se utilizar estas informações para a validação dos modelos hidráulicos e hidrológicos. Para os dispositivos que não possuem históricos precisos, ou informações de monitoramento mais antigas, estes poderão utilizar-se de dados de outras bacias monitoradas, com características físicas e hidrológicas semelhantes.

O modelo hidrológico deve ter um ponto de vista que permita simular os vários cenários, caracterizados pelo padrão de uso do solo e pelo conjunto de obras existentes e propostas. Também devem ser capazes de simular condições de armazenamento naturais em várzeas, bem como o efeito de medidas estruturais, tais como estruturas de retardamento, interceptação, armazenamento e infiltrações.

Quanto ao modelo hidráulico, este deve ser capaz de gerar linhas de inundação em áreas drenadas por redes de canais abertos e fechados, considerando todos os termos das equações empíricas criadas por grandes estudiosos e pesquisadores na área de drenagem. As linhas de inundação devem ser geradas, ao longo do sistema de macrodrenagem, para cada panorama estudado.

A criação ou aplicação destes modelos devem ser precedidas por análises constantes de todos os dados de monitoramento dos eventos de cheias observadas nas bacias. É também recomendável que tais eventos sejam adquiridos a partir da montagem de um banco de dados hidráulico e hidrológico que processe e analise cada evento chuvoso e cada onda de cheia dentro do município. Dentre estas informações, devem ser escolhidos os episódios com a maior série contínua de observações, e com a maior disponibilidade simultânea de informações das redes de monitoramento operadas atualmente e no passado.

Com o levantamento em mãos, tais informações servirão para detalhar a metodologia que será adotada e a forma de tratamento.

## 6.5. Estabelecimento de Programa para o Controle de Cheias

Esta é uma das atividades de grande importância dentro do contexto das cheias. Deverão ser definidos horizontes e grau de proteção, considerando os dimensionamentos das intervenções associadas a eventos produzidos por chuvas com período de retorno previamente determinado no início deste projeto, ou seja, 100 anos.

Como já comentado, o horizonte de planejamento mínimo é de 30 anos, mas o que se sabe é que não é possível em municípios já estruturados (como é o caso de Pouso Alegre – MG) alterar todo sistema em apenas uma etapa, portando, sugere-se que o horizonte de planejamento seja subdividido em etapas intermediárias sucessivas conforme mostrado a seguir.

- Etapa de implantação imediata, para resolver locais com inundações críticas na bacia dentro do município.
- Etapa de curto prazo (5 anos).
- Etapa de médio prazo (15 anos).
- Etapa de longo prazo, horizonte de planejamento (mínimo de 30 anos).

Outro ponto importante condiz ao desenvolvimento de projeções de crescimento populacional e de uso e ocupação do solo para o horizonte de planejamento considerado. Deve ser realizada a demarcação das áreas atuais e futuras a serem ocupadas pela urbanização relacionando para cada bacia as respectivas áreas urbanizadas e discriminando as suas densidades populacionais. Estes dados servirão para calcular a quantidade de fluidos que serão acrescidos aos rios e córregos do município.



Figura 8 – Informações Populacionais e Territoriais do Município de Pouso Alegre – MG.

FONTE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2014

Conforme mostrado pela **Figura 8**, verifica-se, que a cidade de estudo, houve uma estimativa de crescimento populacional de 2010 para 2013 de 140.223 habitantes, uma expansão de 7,36% se comparado com o censo realizado pelo IBGE em 2010, quando o município abrigava 130.615 moradores, ou seja, é uma fonte de grande preocupação ao que tange a área de urbanização municipal que cresce com o aumento de habitantes.

A identificação de áreas de várzea, atualmente invadidas, também será analisada, assim como estimadas tendências de expansão e adensamento urbano em cada bacia. Os estudos para cenários futuros devem ser precedidos de estudos demográficos que estimem as populações das bacias até o horizonte de planejamento estipulado neste projeto.

Estes planos podem ser apresentados contendo as básicas informações citadas a seguir. Vejamos:

- Limites da área urbanizada atual com a distinção das diferentes faixas de densidade.
- Limites das áreas urbanizadas projetados para os anos referentes à etapa de implantação imediata, etapa de curto prazo, etapa de médio prazo e horizonte de planejamento, com a distinção das diferentes faixas de densidade.
- Distribuição espacial da população atual e futura.
- Índices de impermeabilização atuais e futuros.

Para novos loteamentos, seja ele já aprovado ou ainda em fase de aprovação, os limites de ocupação seguirão os parâmetros definidos pela legislação vigente de uso e ocupação do solo dentro do município, bem como os planos urbanísticos traçados. Os índices de impermeabilização seguirão o percentual de 70% para âmbitos residenciais, exceto para municípios que já possuam em legislação vigente este percentual pré-determinado.

Este projeto também contempla em dar diretrizes ao que tange a alguns cenários hidrológicos, divididos em: Cenário Atual, Cenário Tendencial e Cenário Alternativo de Planejamento.

O cenário Atual é aquele que deve ser estudado o impacto da urbanização atual sobre o sistema de drenagem existente.

O Cenário Tendencial refere-se ao estudo do impacto da urbanização futura sobre o sistema de drenagem existente. Este cenário tem a responsabilidade de mostrar a tendência de aumento dos prejuízos provocados pelas inundações considerando-se a expansão da mancha urbana sem a implantação das medidas de controle propostas por este projeto.

Finalmente, os Cenários Alternativos de Planejamento são aqueles que representam os diversos efeitos carregados com as alternativas de controle aplicadas dentro deste projeto. Estes cenários devem estar associados às medidas estruturais e não estruturais.

Com a soma do conjunto de simulações desenvolvidas para os diferentes cenários e levantamentos de campo, o mapeamento das áreas de inundação seja ela atual ou futura caracterizará os diferentes tipos de riscos hidrológicos no município, evitando consideravelmente os problemas de cheias urbanas.

## **6.6. Estabelecimento de Medidas Estruturais de Controle na Fonte**

As medidas Estruturais de Controle na Fonte são meios que devem ser estudados com muito cuidado para que este não seja gerador de um efeito contrário, conforme comentado anteriormente. Esta função tem além do objetivo de melhorar o desempenho das demais medidas, faz com que promova consideráveis melhorias ao meio ambiente urbano.

A chave para esta medida é a prevenção e restauração, sempre que possível, das áreas ribeirinhas as bacias hidrográficas.

Quando em posse de dados já levantados, identificando trechos do sistema hídrico, áreas privadas e áreas públicas passíveis de restauração e de recuperação de vegetação, as medidas propostas podem ser destacadas:

- Recuperação da vegetação da área urbana como ao longo dos trechos dos rios situados na zona rural.
- Criação de parques lineares para uso como áreas de lazer. Este servirá para o retardamento do escoamento superficial, assim como, impedir a ocupação irregular das áreas ribeirinhas. Para casos específicos como famílias vivendo

em áreas marginais, estas devem ser desenvolvidas em paralelo com as medidas de reassentamento, considerando viabilidades técnicas e econômicas.

- Criação de parques isolados integrados a sistemas de amortecimento e infiltração de águas pluviais.
- Implantação de locais para alagamentos, em áreas de várzeas.
- Trechos de córregos e rios com erosão deverão ser recompostos por matas ciliares.
- Aplicação de pavimentos permeáveis e de outras medidas estruturais de controle na fonte para a redução de descargas de cheias, possíveis de serem implantadas tanto em áreas públicas quanto privadas.
- Criação de um programa de preservação das várzeas alagáveis existentes através da sua incorporação a parques.
- Elaboração de um programa de arborização e recomposição da vegetação das áreas urbanas já consolidadas.

Este processo é lento, mas pode se tornar um grande aliado a benefícios avaliados pela minimização ou eliminação das áreas inundáveis.

A **Figura 9** apresenta uma estrutura de infiltração e armazenamento para águas pluviais na cidade de Portland, Estados Unidos.



Figura 9 – Estrutura de Infiltração e Armazenamento com Filtro de Areia e Agregados.

FONTE: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica Escola Politécnica da USP, 2012

## **6.7. Monitoramento em Tempo Real para Prevenções**

Como forma de propiciar uma avaliação constante das condições dos canais principais de escoamento e dos equipamentos do sistema de drenagem, o monitoramento em tempo real é uma grande ferramenta a ser utilizada, que garantirá transmissão de dados pluviométricos e fluviométricos às centrais de processamento de informação, garantindo tempo hábil para o processamento de medidas emergenciais caso ocorra.

Os equipamentos já instalados ou a serem instalados, deverão transmitir dados em tempo real mediante satélite possibilitando o desenvolvimento de rotinas para previsão e o gerenciamento de contingências antecipadas. Tais meios servirão para atuar em situações emergenciais, como: acionamento a população residente de risco, proteção a pessoa jurídica quanto aos bens materiais, etc.

Este mecanismo será prolongado aos sinais de alerta, meio este que tem como objetivo anunciar em tempo hábil, possíveis cheias capazes de prejudicar o meio urbano. A aquisição de dados em tempo real, a transmissão de informações ágeis, acoplada a um plano de contingências e de defesa civil, reduzirá partindo de ações individuais e coletivas, menores perdas durante as inundações caso assim ocorra.

## **6.8. Diretrizes para Plano de Contingências**

Com a finalidade de executar medidas cabíveis, será levantado um plano de contingências com a ajuda de unidades técnicas. Cada unidade terá atribuições específicas para atender às emergências. O seu principal objetivo é organizar, administrar e integrar as devidas ações de controle para tempos de eventos extremos. Este se fará presente até que as condições habituais sejam reestabelecidas.

Tais unidades, após o anúncio de risco, deverão avisar meios humanos e materiais previamente organizados para possíveis emergências urbanas.

Para a elaboração deste plano, algumas diretrizes deverão ser seguidas. Tais como:

- Identificar a responsabilidade dos órgãos que desenvolvem ações específicas em emergências;
- Descrever as linhas de autoridade e relacionamento entre os órgãos envolvidos, mostrando como as ações serão coordenadas;
- Descrever como as pessoas, o meio ambiente e as propriedades serão protegidas durante as inundações;
- Identificar os recursos humanos, equipamentos, instalações, suprimentos e outros recursos disponíveis para atender às emergências, e como serão mobilizados;
- Identificar ações que devam ser tomadas antes, durante e após a situação de emergência.

Um bom método que poderá ser aplicado é aquele a qual o município contemple dentro de seu planejamento orçamentário uma disponibilidade de recursos financeiros e materiais que possam ser aplicados de forma ágil, melhorando o tempo de resposta das ações iniciais.

## **6.9. Conjunto de Rotinas para Operação e Manutenção de Sistemas de Micro e Macrodrenagem**

Não basta ter um sistema de drenagem eficaz se o controle de operação e manutenção não são frequentemente acompanhados. A limpeza e desobstrução de bueiros, bocas de lobo e sarjetas devem ser executadas com periodicidade. Cabe ressaltar que para períodos secos e molhados, este tempo pode ser alterado até mesmo por conta de questões financeiras ao município, mas vale lembrar que antes do início chuvoso, todo sistema de drenagem deve estar completamente livre de interferências ou obstruções. Este preceito pode ser executado pelo serviço de varrição de guias, calçadas e sarjeta da própria cidade. Para casos que o sistema de drenagem já possua ineficiência de sua operação, deverão ser reavaliados por profissionais técnicos capacitados a tal função, ou serem substituídos de forma rápida para o bom escoamento do fluido até seu canal de destino, ou seja, o rio ou córrego principal.

A prefeitura deverá ficar a cargo de fiscalizar os serviços que forem contratados, sejam eles: varrição, raspagem de sarjetas, pintura das guias, limpeza de bocas de lobo, desobstrução de tubulações (**Figura 10**), etc. Caso tais operações não estejam de acordo ao que um profissional competente da área exigir, este deverá ser relatado em um boletim de fiscalização de serviço com a finalidade de executar em processo jurídico tal efeito negativo que por ventura ocorra.



Figura 10 – Desobstrução de Tubulação no Centro de Pelotas – RS.

FONTE: Endereço Eletrônico Prefeitura de Pelotas, 2013

O sistema de controle operacional em tempo real conforme comentado dentro deste projeto, fornecerá ao Município ferramentas para a gestão do sistema de drenagem e seus equipamentos. Tais técnicas poderão tornar mais eficientes os sistemas de drenagem urbana e manejo das águas pluviais levando em conta de modo integral os seus vários componentes: rede de drenagem, elevatórias, comportas, reservatórios operados, extravasores, estações de tratamento, etc.

Outro ponto bastante importante nos procedimentos e rotinas de manutenção preventiva ou corretiva é a macrodrenagem urbana, que é composto pelas galerias, canais, equipamentos hidromecânicos, reservatórios de acumulação (caso possua) e estruturas hidráulicas.

Como forma de garantir segurança, a principal finalidade dos serviços de manutenção para este item é manter frequentemente tal sistema de drenagem em condições seguras de receber, conduzir, e armazenar (quando necessário for) as águas pluviais. Este efeito trará conseqüentemente, menores riscos de inundação e poluição hídrica dentro de sua área de influência.

A manutenção será dividida de três maneiras. São elas:

- Manutenção corretiva: caracterizada como uma operação realizada após a ocorrência de eventuais falhas do sistema ou até mesmo após seu funcionamento. Um bom exemplo são os reservatórios de retenção que necessitam de limpeza após a ocorrência dos eventos de chuva;
- Manutenção preventiva: é uma operação já pré-determinada que tem como objetivo manter a disponibilidade do sistema de drenagem para quando for solicitado;
- Manutenção preditiva: tem como finalidade, garantir uma qualidade desejada do funcionamento do sistema de drenagem, por meio de análises e supervisões técnicas do sistema visando diminuir as manutenções corretiva e preventiva.

Verifica-se que um dos grandes problemas do sistema de drenagem decorre da falta de manutenção e da má utilização de seus mecanismos. Podem ser observadas falhas no sistema de macrodrenagem em virtude da falta de manutenção, seja por assoreamento da calha dos principais rios e córregos ou pelo mau funcionamento das estruturas de armazenamento.

A **Figura 11** mostrada a seguir, apresenta a limpeza de um piscinão situado em São Bernardo no estado de São Paulo.



Figura 11 – Limpeza do Piscinão da Vila Pauliceia em São Bernardo – SP.

FONTE: Revista Infraestrutura Urbana, 2011

Assim, a elaboração de um plano de manutenção é vital para obter a efetiva gestão da drenagem urbana do Município como forma de manter a segurança em épocas de grandes concentrações de chuvas.

## **6.10. Indicadores de Desempenho para o Sistema de Águas Pluviais**

Com o passar dos anos, o crescimento urbano tem proporcionado grandes mudanças nas características originais dos municípios brasileiros, atrelado diretamente aos índices de impermeabilidade do solo que conseqüentemente acaba gerando um escoamento superficial junto aos sistemas de drenagem muito maior que o suportado pelos canais de transporte. Em consequência a tais eventos, a gestão urbana tem se tornado um tema bastante discutido e com grande importância para a minimização dos efeitos de crescimento desordenado.

Visto as constantes mudanças, se faz necessário um monitoramento constante de forma a garantir o controle das intervenções realizadas sobre o meio urbano.

Dentro deste contexto, os indicadores representam uma forma de avaliar a quantidade e qualidade dos serviços de saneamento prestados à população, dentre os quais se encontram os serviços de drenagem urbana.

Vários municípios dentro da região de Minas Gerais sofrem frequentemente com os problemas relacionados às inundações, destacando-se o aumento dos índices de congestionamento, o risco de contaminação por doenças de veiculação hídrica e os prejuízos de perdas materiais e humanas.

Tais indicadores propostos servirão para auxiliar entidades envolvidas no processo de gestão e manejo das águas pluviais urbanas, como forma de avaliar e acompanhar os programas de drenagem.

Alguns critérios podem ser tomados para a seleção de indicadores. São eles:

- Acessibilidade dos dados: facilidade ao acesso dos dados como forma de fazer correlações entre municípios;
- Clareza na comunicação: permitir uma rápida compreensão e aceitação pelos usuários;

- Relevância: refletir algo básico e fundamental para descrever o fenômeno monitorado;
- Amplitude geográfica: ser sensível à mudança no espaço;
- Padronização: ter uma maior possibilidade de relacionar tais efeitos com a realidade dos demais municípios;
- Antecipação: avisar antecipadamente os problemas antes que os mesmos se tornem de difícil solução;
- Pró-Atividade: mostrar o que vem dando certo de forma a motivar a população residente;
- Sensibilidade temporal: mostrar mudanças e tendências ao longo do tempo;
- Definição de metas: permitir o estabelecimento de metas a serem alcançadas;
- Confiabilidade da fonte: possuir uma ou mais fontes de dados de confiança;
- Capacidade de síntese: transmitir rapidamente uma informação, permitindo acesso aos detalhes, se necessário.

O seu principal objetivo é apresentar meios para que o município de estudo avalie o funcionamento do sistema, acompanhe a eficácia de programas e a elaboração de projetos. Com os dados, pode-se assim apresentar meios que priorizem os investimentos para questões relacionadas à drenagem urbana.

## **6.11. Aprimoramento de Indivíduos, Organizações e Sistemas**

A principal função de aprimorar tais questões é: exercer habilidades de maneira eficiente, eficaz e sustentável. O processo contempla no desenvolvimento de habilidades para a resolução de problemas, definição de objetivos, obtenção de estratégias e entender a lidar com as necessidades de cada município de maneira sustentável.

A sua função é capacitar profissionais e organizações para elaborar, dimensionar e gerir sistemas de drenagem de águas pluviais, como forma de enfrentar os grandes desafios impostos pelo crescimento acelerado e desordenado da ocupação no espaço urbano, lembrando que: o foco é nas bacias hidrográficas. O crescimento independente de instrumentos reguladores tende a proporcionar uma

insustentabilidade nos sistemas de micro e macrodrenagem quando casados a eventos extremos, como inundações e suas consequências.

Para as diretrizes que serão propostas, estas compreendem na Atualização do Gerenciamento, Manutenção, Operação e Tecnologia de Sistemas de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais. Tais feitos também contemplam a Capacitação de Comunicadores Sociais e Educadores Ambientais. Veja a seguir essas diretrizes

- **O Gerenciamento** dos sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais deve ser tema central e envolver conceitos essenciais para uma atuação coesa.
- **Noções de planejamento, operação e avaliação** no desempenho dos sistemas de drenagem urbana, focando no apoio de sistemas de decisões e ferramentas de análise de dados e informações.
- **Gerenciamento integrado da drenagem de águas pluviais**, através da legislação vigente e de seus instrumentos de gestão, juntando o saneamento básico, recursos hídricos, planejamento urbano e uso e ocupação do solo, meio ambiente, resíduos sólidos, saúde e educação.
- **Tomada de decisões** por parte do governo local e do poder público em geral, da sociedade civil organizada, de moradores e representantes do setor privado.
- **Elaboração de um processo simples** de melhorias, fundamentada no entendimento de que o gerenciamento deve ser mais flexível para lidar com incertezas e surpresas que por ventura ocorram.
- **Manutenção, operação e tecnologia de sistemas de drenagem**, tópicos definidos e abordados em seus aspectos técnicos, informando seus objetivos, características e exemplos concretos em áreas urbanas para o benefício das soluções.
- **Medidas estruturais e não estruturais**, abordando as vantagens e desvantagens em termos econômicos, de impacto e de soluções quanto à durabilidade dos sistemas e a sustentabilidade dos serviços.

Portanto, este programa tem o objetivo de capacitar e trazer conceitos inovadores já que os problemas que os profissionais e as organizações enfrentam vêm se multiplicando e tomando novas proporções.

## 6.12. Alerta Social e Reeducação Ambiental

O desenvolvimento urbano ao longo dos rios pode ser explicado pela utilização destes como vias de transporte, mas atualmente, com o aumento das áreas urbanas e a pressão imobiliária para a liberação de loteamentos, assim como o pouco controle das entidades públicas para com as construções irregulares faz com que ocorra a construção indevida em áreas de várzea.

Para este tópico do projeto, o mesmo contempla dois pontos. O Alerta Social e a Reeducação Ambiental. Estes serão programas que tem como principal função o foco em aspectos ligados a água urbana, ou seja, são melhorias para o sistema de drenagem de águas pluviais. Pode-se, separar tais programas em quatro etapas, sendo elas: o aumento da permeabilidade dos lotes e de áreas verdes, a redução da disposição de resíduos sólidos no sistema de drenagem, a redução das ligações clandestinas de esgotos em sistemas de águas pluviais e a difusão de conceitos de riscos de inundação, poluição difusa e medidas de controle.

O que muitos não sabem é que apesar dos órgãos governamentais serem os principais atores no quadro de gestores para manter, criar e proporcionar meios cabíveis ao bom transporte das águas pluviais, a população também se torna corresponsável. Ainda que sejam geralmente excluídos da gestão formal, os mesmos também tomam decisões importantes quando, por exemplo, decidem impermeabilizar seus lotes e arredores, conservar ou eliminar vegetação no lote e no seu entorno, como e onde depositar o lixo doméstico, pagar ou não pela execução da ligação domiciliar de esgoto ou lançar esgoto clandestinamente. Apesar de tarefas simples, estes quando somados a uma grande quantidade de pessoas, se torna algo preocupante para o município.

O programa prevê profissionais capacitados em desempenhar importante papel ao que tange transmitir a informação junto aos moradores situados a pontos críticos de cheias.

Além da conscientização, o trabalho também será no sentido de garantir um compromisso por parte dos cidadãos para as ações corretivas. Tal feito servirá ao interesse público como também ao interesse pessoal de cada indivíduo. Vejamos:

- Segurança da família, residência e atividade profissional;
- Segurança duradoura;

- Uso mais racional dos meios de investimentos por parte dos órgãos públicos, já que haverá uma redução dos problemas de infraestrutura voltadas as obras de drenagem;
- Melhores investimentos em demais áreas do município.

A meta que deverá ser alcançada é atenuar os impactos das chuvas com relação às inundações, através da redução dos problemas onde estes são gerados. Tal programa faz uma ponte entre a população, órgãos do governo e demais organizações atuantes no setor, estabelecendo um processo educativo importante para todos.

### **6.13. Participação Pública**

A melhor forma para o controle das inundações é nada mais nada menos que a utilização de medidas estruturais na fonte. Com a detenção das águas pluviais na origem, torna-se possível retardar o escoamento superficial, aumenta a infiltração de água no solo e o tempo de concentração das bacias hidrográficas, permitindo uma minimização dos níveis críticos de enchentes nos canais de rios e córregos dentro do município.

Para o sucesso do projeto, é fundamental discutir e aprovar as medidas propostas através de uma participação ativa entre os representantes públicos e as comunidades residentes nas bacias hidrográficas. Tal feito será um processo conjunto com a denominação de governança colaborativa.

Este exercício não está limitado apenas a apresentação dos resultados a sociedades quando os mesmos já forem aplicados pelas equipes de profissionais qualificados, mas sim, é o trabalho conjunto em cada etapa, partindo-se desde a promoção de discussões no sentido de colher informações e opiniões, bem como buscar parcerias e dividir também responsabilidades na implantação dos programas de drenagem.

Para que este processo tenha uma iniciação eficiente, sugere-se que seja realizado um conjunto de seminários e palestras com a finalidade de captar, avaliar e colher críticas e sugestões para o melhoramento do projeto. O objetivo geral é permitir o compartilhamento do processo de planejamento, tornando mais

transparente, participativo e aberto às diferentes buscas dos setores afetados pelas cheias.

Vale ressaltar que com a ajuda de todos, seja de órgãos públicos, privados e até mesmo a população residente, grandes respostas positivas podem ser contempladas no processo de minimização das enchentes.

## Capítulo 7

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento amplo para os processos hidrológicos, assim como o estudo dos diversos fatores que influenciam o escoamento das águas e o índice de infiltração no solo é de grande importância para que os órgãos competentes e responsáveis técnicos dentro do município, tenham meios mais precisos para a tomada de decisão quando relacionados aos problemas de inundações.

O constante aumento de tal problema, advindo de novos lançamentos imobiliários em territórios com infraestrutura ineficiente, sem o prévio estudo da área de ocupação, o acompanhamento antes, durante e depois, faz com que a intensidade de cheias seja cada vez mais frequente, gerando grandes transtornos para as áreas urbanas.

O conceito de “vazões de restrição” é extremamente importante ao que tange a minimização de tais feitos relacionados às cheias. Esse enfoque destaca a grande importância para a preservação de áreas ainda não urbanizadas, situadas a montante dos canais como forma de garantir a altura máxima de lâmina d’água nos córregos e rios que cortam o município. Cada projeto de captação de águas fluviais possui um limite máximo de funcionamento e este não deverá ser ultrapassado como forma de garantir o bom transporte e funcionamento do sistema.

Para casos excepcionais, meios como a criação de áreas verdes e reservatórios de acumulação pode ser de grande valia à minimização dos efeitos, mas devem-se analisar as condições e o custo, que na maioria dos casos são de altíssimos valores aos cofres públicos.

Os facilitadores profissionais de Comunicação Social e Educação Ambiental também são bem vindos, pois, através do trabalho nas comunidades, apoios na participação e discussão da hierarquização dos problemas detectados, estes servirão para intervenções e medidas de controle para atenuá-los. Os moradores, representantes do comércio e da indústria, o próprio Governo e a agência operadora de serviços de água urbana assumirão compromissos em proporcionar um maior aumento da permeabilidade de lotes e de áreas verdes, redução da disposição de

resíduos sólidos no sistema de drenagem e redução das ligações cruzadas de esgotos em sistemas de águas pluviais, como forma de garantir maior segurança à população residente às margens de córregos e rios.

Os compromissos assumidos devem ser de apelo participativo facilitado pela Comunicação Social e Educação Ambiental. Assim, cada “equipe” assume o compromisso de fiscalizar as condições em sua área e corrigir quando necessário se fizer.

A visão integrada do problema, no âmbito da bacia hidrográfica, a consideração dos aspectos ambientais e institucionais e o estabelecimento de prioridades de implementação das medidas que serão satisfatórias, certamente, em muito contribuirão para transformar o plano de drenagem em uma ferramenta de planejamento bastante útil e de aplicação prática ao que tange a minimização de enchentes nos pequenos municípios, tendo como bom princípio a redução de gastos públicos desnecessários.

Para a cidade de Pouso Alegre – MG verificou-se que por mais áreas edificadas, ainda possui diversos locais com grandes reservas naturais próximas às margens do Rio Sapucaí Mirim, permitindo uma boa infiltração da água no solo. Neste âmbito, nota-se que a partir de visitas, pesquisas e conversas junto a órgãos competentes dentro do município, os principais problemas são: a construção de imóveis próximas às margens dos rios, a falta de conscientização da população no que fere aos descartes de materiais, grande crescimento populacional, falta de fiscalização por parte dos órgãos competentes, etc.

Portanto, com todos os pontos citados e pesquisados, se faz necessário uma avaliação antes, durante e depois, com a finalidade de melhorar os itens anteriormente citados, dentro do contexto deste projeto de diretrizes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1988. 40p.

GARCEZ, Lucas Nogueira. **Elementos de Engenharia Hidráulica e Sanitária**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1976. 119p.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 294p.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; BERTONI, Juan Carlos. **Inundações Urbanas na América do Sul**. 1 ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2003. 150p.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Gerenciamento Integrado das Inundações Urbanas no Brasil**. 1 ed. Santiago de Chile: Tiempo Nuevo, 2004. 23p.

LIMA, Valquíria de Noronha; **Elaboração de Manchas de Inundação para Delimitação de APPS de Cursos D'Água no Município de Pouso Alegre – MG**. Itajuba: Dissertação de Mestrado para Universidade Federal de Itajubá, 2011. 101p.

**População brasileira cresce 0,9% entre 2012 e 2013**. 28 de agosto de 2013. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2013-08-29/populacao-brasileira-cresce-09-entre-2012-e-2013>>. Acessado em: 28 de setembro de 2013.

**Secretário de Estado de Meio Ambiente visita obras do Dique II**. Sem data de publicação. Disponível em: <<http://www.pousoalegre.mg.gov.br/default.aspx?pag=interna&mod=interna&p=309&mat=396>>. Acessado em: 29 de setembro de 2013.

OLIVEIRA, Pedro Elias. **Inundações na Cidade de Lisboa. Implicações da Melhoria do Sistema de Drenagem Artificial após os anos 60**. Sem data de publicação. Disponível em:

<[http://www.apgeo.pt/files/docs/CD\\_X\\_Coloquio\\_Iberico\\_Geografia/pdfs/084.pdf](http://www.apgeo.pt/files/docs/CD_X_Coloquio_Iberico_Geografia/pdfs/084.pdf)>.

Acessado em: 07 de novembro de 2013.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. **Comitê de Bacias Hidrográficas, Unidades de Planejamento, Bacia Hidrográfica do Rio Grande.**

14 de fevereiro de 2010. Disponível em: < <http://comites.igam.mg.gov.br/unidades-de-planejamento> >. Acessado em: 26 de novembro de 2013.

**PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO**

**RIO DO RIO SAPUCAÍ: resumo executivo.** Instituto Mineiro de Gestão das águas.

Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio SAPUCAÍ. Belo Horizonte. 2010. Disponível em: <<http://www.grande.cbh.gov.br/GD5.aspx>>. Acessado em: 02 de dezembro de 2013.

ZHANG, J.; ZHOU, C.; XU, K.; WATANABE, M. **Flood disaster monitoring and evaluation in china.** Environmental Hazards, v. 4, p. 33-43, 2002. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1464286703000020>>. Acessado em: 16 de Abril de 2014.

FORTUNATO, Rafaela Antunes. **Subsídios à Prevenção e Controle das Inundações Urbanas: Bacia Hidrográfica do Rio Belém Município de Curitiba –**

**PR.** Curitiba: Dissertação de Mestrado para Universidade Federal do Paraná, 2006. 237p.

The World Bank and The United Nations. **Natural Hazards, UnNatural Disasters: The Economics of Effective Prevention.** Washington. 2010. Disponível em: <

[http://www.gfdr.org/sites/gfdr.org/files/nhud/files/NHUD-Report\\_Full.pdf](http://www.gfdr.org/sites/gfdr.org/files/nhud/files/NHUD-Report_Full.pdf)>. Acessado em: 16 de Abril de 2014.

Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana.** São Paulo. 2012.

170p. Disponível em: <

[http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento\\_urbano/arquivos/manual-drenagem\\_v1.pdf](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/manual-drenagem_v1.pdf)>. Acessado em: 02 de Fevereiro de 2014.

SANTOS, Eliane Teixeira. **Impactos Econômico de Desastres Naturais em Megacidades: O Caso dos Alagamentos em São Paulo**. São Paulo: Dissertação de Mestrado para Universidade de São Paulo, 2013. 68p. Disponível em: <[http://www.fipe.org.br/publicacoes/downloads/bif/2014/1\\_28-39-el.pdf](http://www.fipe.org.br/publicacoes/downloads/bif/2014/1_28-39-el.pdf)>. Acessado em: 02 de Fevereiro de 2014.