SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO....6

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA....8

2.1. Histórico....8

2.2. Aspectos Geográficos....9

2.3. Clima....9

2.4. Geologia....10

2.5. Vegetação....11

2.6. Hidrografia....11

3. SISTEMAS URBANOS DE DRENAGEM....14

3.1. Conceitos Básicos....15

3.2. Conseqüências das Inundações....18

3.2.1. Conseqüências Primárias....18

3.2.2. Conseqüências Secundárias....18

3.3. Fatores que Controlam as Conseqüências das Inundações....19

4. ASPECTOS LEGAIS....20

4.1. Disciplinamento do Uso e Ocupação do Solo....20

4.2. Leis de Uso do Solo e o Direito de Propriedade....20

4.3. Ocupações Irregulares....21

4.4. Licenciamento de Atividades e Obras com impacto na Drenagem....21

5. PLANO DE MACRODRENAGEM....21

5.1. Ações Preventivas e Corretivas....23

5.2. Políticas e Ações Estruturais....25

5.2.1. Critérios de Priorização....27

5.3. Políticas e Ações Não-Estruturais....27

5.3.1. Legislação....29

5.3.2. Administração....29

5.3.3. Educação....30

6. AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL E MEDIDAS DE CONTROLE DE CHEIAS....30

6.1. Avaliação da Capacidade do Sistema Atual....31

6.2. Bacia Hidrográfica 1 - BH1 32
6.2.1. Características Principais da Bacia 32
6.2.2. Sistema Atual de Drenagem 32
6.2.3. Uso do Solo 35
6.2.4. Sistema de Esgotamento Sanitário 35
6.2.5. Medidas Estruturais Propostas 35
6.2.6. Previsão de Investimento 36
6.3. Bacia Hidrográfica 2 – BH2 37
6.3.1. Características Principais da Bacia 37
6.3.2. Sistema Atual de Drenagem 38
6.3.3. Uso do Solo 44
6.3.4. Sistema de Esgotamento Sanitário 44
6.3.5. Medidas Estruturais Propostas 45
6.3.6. Previsão de Investimento 50
6.4. Bacia Hidrográfica 3 – BH3 51
6.4.1. Características Principais da Bacia 51
6.4.2. Sistema Atual de Drenagem 52
6.4.3. Uso do Solo 54
6.4.4. Sistema de Esgotamento Sanitário 54
6.4.5. Medidas Estruturais Propostas 55
6.4.6. Previsão de Investimento 56
6.5. Bacia Hidrográfica 4 – BH4 57
6.5.1. Características Principais da Bacia 57
6.5.2. Sistema Atual de Drenagem 57
6.5.3. Uso do Solo 61
6.5.4. Sistema de Esgotamento Sanitário 61
6.5.5. Medidas Estruturais Propostas 61
6.5.6. Previsão de Investimento 62
6.5.7. Sistema de Esgotamento Sanitário 63

6.5.8. Medidas Estruturais Propostas.....63
6.5.9. Previsão de Investimento.....66
6.6. Bacia Hidrográfica 6 – BH6.....67
6.6.1. Características Principais da Bacia.....67
6.6.2. Sistema Atual de Drenagem.....68
6.6.3. Uso do Solo.....69
6.6.4. Sistema de Esgotamento Sanitário.....70
6.6.5. Medidas Estruturais Propostas.....70
6.6.6. Previsão de Investimento.....71
7. PLANO DE AÇÃO.....72
8. PROGRAMAS COMPLEMENTARES RECOMENDADOS.....74
ANEXOS.....77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Região hidrográfica atlântico sul.....12
Figura 2 – Regiões hidrográficas de Santa Catarina.....13
Figura 3 – Bacias hidrográficas de Santa Catarina.....13
Figura 4 – Bacias hidrográficas do município de Bombinhas.....14
Figura 5 – Exemplo de confinamento do sistema hídrico.....22
Figura 6 – Vista geral da BH-1 – Bairro Bombas.....32
Figura 7– Dispositivo parcialmente obstruído pelo assoreamento.....33
Figura 8– Vista geral da BH-2 – Bairros de Bombas e Zé Amândio.....38
Figura 9 – Rua Leão Marinho em 23/04/2009– Bairro Zé Amândio.....39
Figura 10– Ponte localizada na Rua Cavalo em 23/04/2009– Bairro Zé Amândio.....39
Figura 11– Casas edificadas sobre o leito do córrego na Rua Tamanduá-Mirim
Bairro Zé Amândio.....40
Figura 12– Córrego na Rua Paca contaminado por efluentes domésticos
Bairro Zé Amândio.....41

Figura 13– Canal da Avenida Fragata– Bairro Bombas.....42

Figura 14– Travessia da Avenida Fragata – Bairro Bombas.....42

Figura 15– Lagoa da estação de tratamento de efluentes – Morro do Ventura 45

Figura 16– Vista geral da BH3 – Bairro Bombinhas.....51

Figura 17– Canalização de afluente do Rio Bombinhas.....52

Figura 18– Ocupação do leito do Rio Bombinhas.....53

Figura 19– Ocupação do leito de afluente do Rio Bombinhas.....53

Figura 20 – Vista geral da BH4 – Bairro Zimbros e Sertãozinho.....57

Figura 21 – Tubulação de drenagem superficial desconectada e sem cobrimento.....58

Figura 22 – Casa construída sobre o leiro de afluente do Rio Passa-Vinte…59

Figura 23– Edificações construídas sobre o leito Rio Passa-Vinte.....59

Figura 24– Rua Rio Corumbá – Ausência de infraestrutura básica.....60

Figura 25 – Vista geral da BH-6.....67

Figura 26– Ocupação do leito do córrego entre as Ruas Rio Tefé e Rio Serra Negra.....68

Figura 27– Lixo acumulado na ARIE.....69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo da Simulação Hidrodinâmica – BH 1.....36

Tabela 2– Previsão de Investimento – BH1.....36

Tabela 3– Resumo da Simulação Hidrodinâmica – BH 2.....49

Tabela 4– Previsão de Investimento – BH2.....50

Tabela 5 – Resumo da Simulação Hidrodinâmica – BH 3.....55

Tabela 6– Previsão de Investimento – BH3.....56

Tabela 7– Resumo da Simulação Hidrodinâmica – BH4.....62

Tabela 8– Previsão de Investimento – BH4.....62

Tabela 9– Resumo da Simulação Hidrodinâmica – BH5.....66

Tabela 10– Previsão de Investimento – BH5.....66

Tabela 11– Resumo da Simulação Hidrodinâmica – BH6.....71

Tabela 12– Previsão de Investimento – BH6.....71

1. APRESENTAÇÃO

Este relatório apresenta o plano de macrodrenagem do município de Bombinhas – SC, objeto do contrato nº 03/2009 celebrado com a Associação dos Municípios da Região da Foz do Rio Itajaí – AMFRI, relativos ao convênio com a prefeitura municipal.

Este documento contém o diagnóstico da situação da drenagem urbana do município, identificando as áreas críticas e sob risco de inundação.

As áreas inundáveis foram mapeadas com base nas observações de campo e na análise do histórico de inundação fornecido pela prefeitura municipal e complementadas com pesquisa junto à população local.

Para cada uma das bacias identificadas foram propostas ações que buscam minimizar a ação das inundações na área.

No Capítulo 2 – Caracterização da Área – são apresentadas as particularidades do município de Bombinhas com descrição do seu histórico, aspectos geográficos, climatológicos, geológicos, de vegetação e hidrografia.

No Capítulo 3 – Sistemas Urbanos de Drenagem – são apresentados conceitos básicos necessários ao correto entendimento do plano e relacionadas às principais conseqüências das inundações em ambientes urbanos.

No Capítulo 4 – Aspectos Legais – descrevem-se os fatores de ordem jurídica relacionadas à ocupação e parcelamento do solo, licenciamento ambiental das obras de drenagem e demais aspectos de ordem legal que impactam nas características das bacias e que podem propiciar transtornos à sociedade e governo.

No Capítulo 5 – Plano de Macrodrenagem – é apresentada a abrangência do plano de macrodrenagem e os tipos de intervenções que podem ser implementadas com ações estruturais (relacionadas às obras de engenharia) e não-estruturais (relacionadas à legislação, administração e educação).

No Capítulo 6 – Avaliação da Situação Atual e Medidas de Controle de Cheias – são expostas, de maneira sucinta, a descrição de cada uma das bacias localizadas na área de estudo, os principais transtornos, com relação à drenagem, verificados, análise da suficiência hidráulica dos dispositivos nos pontos críticos, proposição de ações estruturais a serem implantadas para extinguir e/ou atenuar a inundações e a previsão dos investimentos necessários para implementação das ações propostas.

Capítulo 7 – Plano de Ação – É proposto um plano de ação, com cronograma de implantação, para as ações previstas nos capítulo anteriores.

Por fim, no Capítulo 8 – Programas Complementares Recomendados – são relacionados programas que auxiliam na eficiência e que maximizam os resultados das ações propostas no capítulo 6.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

2.1. Histórico

A história de Bombinhas começa muito tempo antes da colonização. Os sítios arqueológicos, inscrições rupestres, oficinas líticas e a própria denominação de locais, como a Ilha do "Macuco", atestam a existência de tribos indígenas, na sua maioria tupi, na península. As localizações dos sambaquis mostram que os índios preferiam morar perto do mar e viviam da pesca e cultivo de mandioca.

No ano de 1527, Sebastião Caboto, a serviço do rei da Espanha, chegou a enseada de Zimbros, dando-lhe o nome de São Sebastião. Entre 1748 e 1756 foram enviados para todo o litoral catarinense, cerca de 6.071 pessoas, vindas das Ilhas dos Açores, território português. Algumas famílias fixaram-se nas imediações da Enseada das Garoupas, hoje Porto Belo, dando o nome de Nova Ericeira. Tempos depois, a península passou a se chamar Porto Belo. Com eles, veio sua cultura popular, como as técnicas de pesca, o boi na vara, o carro de boi, a olaria de cerâmica utilitária e decorativa, a renda de bilro, etc. A chegada do colonizador conduziu às mudanças de costumes e, inclusive, do modo de ocupação das terras em relação aos indígenas. Os colonizadores preferiram fixar-se nos morros e dedicaram-se, sobretudo, à agricultura.

Com auto-suficiência, a comunidade plantava, pescava, fazia farinha, açúcar, café em pó e escalava o peixe para conservar. Produzia suas roupas e, também, cestos, louças de barro, sabão e óleo de peixe para a iluminação.

Após 1960 a população desocupou o morro, passando ocupar a parte plana; a ela se adicionou uma população flutuante, na temporada de verão. A comunidade foi beneficiada pela melhoria das estradas de rodagem, pela disponibilidade de transportes coletivos, rede de água e eletricidade. A vinda dos primeiros turistas anunciava uma transformação na localidade e uma rápida ocupação. Na década de 70 cresceu rapidamente o número de casas de praia dos veranistas, sendo que nesta etapa, outras atividades vieram para complementar a renda familiar. A Cidade que vivia da pesca passou a incrementar a renda familiar através do turismo, tanto pela locação de suas residências como com estabelecimentos

comerciais. A partir dos anos 90, o fluxo de turistas aumenta a cada ano, e em 30 de março de 1992, após a emancipação política e desmembramento do Município de Porto Belo, através da Lei Estadual Nº 8.558, publicada no Diário Oficial do Estado Nº 14.414, de 1º de abril de 1992. Bombinhas ficou sendo então um dos menores municípios do Estado de Santa Catarina e tornando-se um ícone turístico do privilegiado litoral catarinense.

Atualmente, possui boa infra-estrutura turística, com ótimos hotéis e restaurantes, além de opções de lazer e entretenimento, que fazem de Bombinhas a décima quarta cidade mais visitada do país, em viagens de lazer.

2.2. Aspectos Geográficos

O município possui uma área de 34,49 km² (IBGE), divididos em nove bairros: Bombas, Bombinhas (Centro), Quatro Ilhas, Mariscal, Canto Grande, Morrinhos, Zimbros, Sertãozinho e José Amândio.

Faz limite ao norte, sul e leste o oceano atlântico e a oeste com o município de Porto Belo.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2007 o município contava com uma população de 12.456 (fonte: www.ibge.gov.br).

A altitude varia de 0 m ao nível do mar e 568 m no morro do Bicudo na divisa dos municípios de Bombinhas e Porto Belo.

Situa-se entre a Latitude: c.g. 27º 06’ 34” S e Longitude: c.g. 48º 30’ 24” W, pelo Marco de Divisa nº 110 na Baía de Tijucas – Santa Luzia.

2.3. Clima

Bombinhas está localizada em uma área de transição entre os climas tropical e subtropical. Seu clima é influenciado pelos ventos nordeste e sul.

O fenômeno de convergência subtropical é característica climática da região, que recebe a influência da corrente oceânica de águas quentes (Corrente do Brasil) e da corrente oceânica de águas frias (Corrente das Malvinas).

O clima sofre bruscas alterações no que se refere a chuvas, temperatura e ventos. Ocorrem precipitações abundantes distribuídas regularmente durante o ano todo, porém com mais freqüência no verão.

A média anual de precipitação é de 1.600 mm. O mês mais chuvoso é janeiro, com uma média de 1.900 mm e o mais seco é julho com 92,6 mm. O mês mais quente é janeiro, onde as temperaturas atingem até 39,5 ºC, a temperatura média anual é de 19,5ºC e durante o mês de julho podem ser observadas temperaturas relativamente baixas. A umidade relativa do ar no verão chega a 85,2%.

A maior insolação ocorre no mês de maio chegando 149,6 horas, enquanto o período de menor insolação ocorre durante o mês de setembro 79,6 horas. As altas taxas de insolação são fator determinante para o turismo, porque determinam a quantidade de dias com sol no local. Em janeiro ocorrem as maiores temperaturas, mas também é o mês com maior precipitação pluviométrica.

O tipo de clima predominante em Bombinhas é subtropical, mesotérmico, quente e úmido, sem uma estação seca definida.

2.4. Geologia

O município apresenta a estrutura geológica continental do embasamento do complexo cristalino denominado de escudo com origem semelhante a da Ilha de Santa Catarina relacionados ao segmento sul da Serra do Mar, sendo caracterizado por planícies inundáveis e encostas de granito com características físicas próprias e peculiares, onde grande parte é montanhosa, com elevadas taxas de umidade e precipitação.

As elevadas taxas de umidade em área de relevo montanhoso fornecem condições propícias para a formação de tempestades convectivas, isto é, de grande intensidade e curta duração, concentradas em médias e pequenas bacias hidrográficas.

O relevo predominante na mesorregião do Vale do Itajaí é constituído de 66% montanhoso, (forte ondulado e ondulado); a umidade relativa anual gira em torno

de 75 a 85 % e a precipitação média anual é de 1500 a 2000 mm (fonte: Santa Catarina, 1991, 1997).

No mapa geológico do município (ANEXO A) podemos observar que a ocorrência destes fenômenos se intensifica em função da proximidade dos maciços rochosos com as planícies inundáveis, gerando grandes velocidades em função das altas declividades.

Geomorfologicamente ocorrem no litoral de Bombinhas as praias arenosas, pontas, enseadas, baías, ilhas e serras, com encostas íngremes e vales profundos, que são mais baixas em direção ao mar.

2.5. Vegetação

O mapa fitogeográfico do município de Bombinhas apresenta uma diversidade na vegetação que vai desde a faixa marginal litorânea até a floresta pluvial da encosta atlântica.

A vegetação litorânea é predominantemente, herbácea e arbustiva, sendo encontrada nos manguezais, nas margens dos rios, nos ambientes de dunas e restingas, nos costões rochosos e na planície central.

A Floresta Pluvial de Encosta Atlântica é considerada uma das formações mais importantes do estado, segundo Klein (1978), Bombinhas contém esta representatividade de forma exuberante e complexa, através da composição de diversos agrupamentos, estrutura e fito fisionomia.

2.6. Hidrografia

Bombinhas está inserida na Região Hidrográfica Atlântico Sul que se destaca por abrigar um expressivo contingente populacional, pelo desenvolvimento econômico e por sua importância para o turismo.

A Região Hidrográfica Atlântico Sul se inicia ao norte, próximo à divisa dos estados de São Paulo e Paraná, e se estende até o arroio Chuí, ao sul. Possui uma área total de 185.856 Km², o equivalente a 2% do País.

Abrangendo porções dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, a região tem cerca de 11,6 milhões de habitantes, sendo que 85 % estão localizados na área urbana.



Figura 1 – Região hidrográfica atlântico sul
(fonte: www.ana.gov.br)

No estado de Santa Catarina, o município está localizado na bacia do Rio Tijucas, que por sua vez está inserida na vertente do atlântico, região hidrográfica 08.

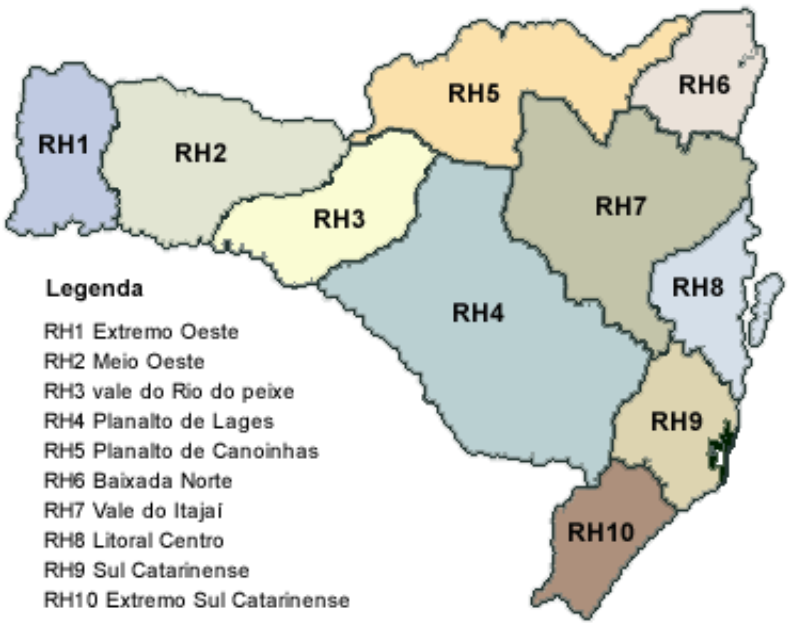


Figura 2 – Regiões hidrográficas de Santa Catarina

(Fonte: Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina - Diagnóstico Geral - Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente - Secretaria de Recursos Hídricos)



Figura 3 – Bacias hidrográficas de Santa Catarina

(Fonte: Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina - Diagnóstico Geral - Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente - Secretaria de Recursos Hídricos)

As elevadas taxas de umidade em área de relevo montanhoso fornecem condições propícias para a formação de tempestades convectivas, isto é, de grande intensidade e curta duração, concentradas em médias e pequenas bacias hidrográficas.

São identificadas, no município de Bombinhas seis bacias hidrográficas principais, aqui denominadas BH1, BH2, BH3, BH4, BH5 e BH6. A delimitação destas bacias é apresentada na figura a seguir.

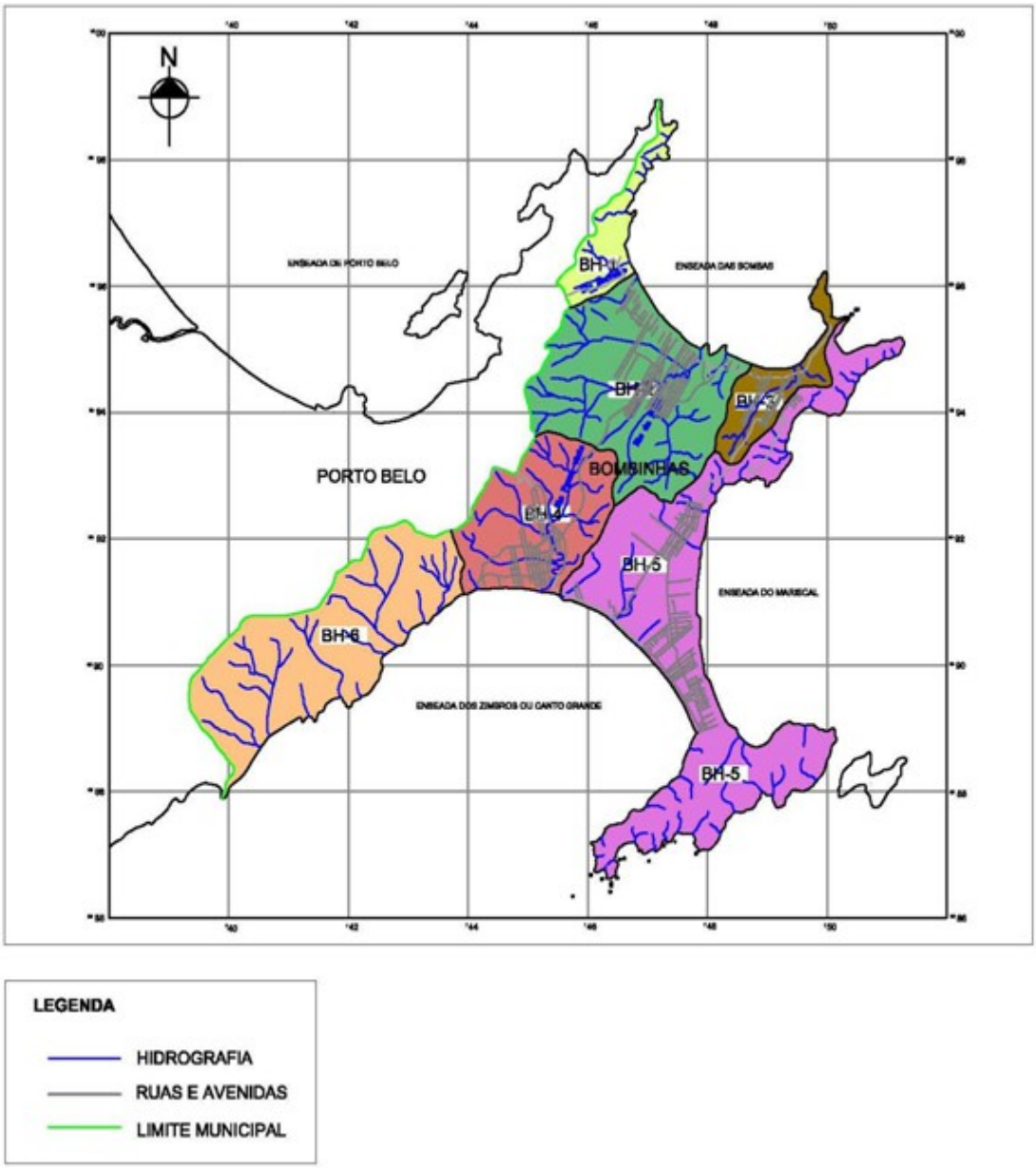


Figura 4 – Bacias hidrográficas do município de Bombinhas
(Fonte: Prefeitura Municipal de Bombinhas)

Nas bacias hidrográficas do município, a captação das águas pode desaguar diretamente nos mares através dos costões rochosos, ou percorrer as planícies litorâneas que formam os rios e pequenos estuários nas suas desembocaduras e, nas cidades, formam os Sistemas Urbanos de Drenagem.

3. SISTEMAS URBANOS DE DRENAGEM

A drenagem urbana não se restringe aos aspectos puramente técnicos impostos pelos limites restritos à engenharia, pois compreende o conjunto de todas as

medidas a serem tomadas que visem à atenuação dos riscos e dos prejuízos decorrentes de inundações as quais a estrutura da cidade está sujeita.

O caminho percorrido pela água da chuva sobre uma superfície pode ser topograficamente bem definido, ou não. Após a implantação de uma cidade, o percurso caótico das enxurradas passa a ser determinado pelo traçado das ruas e acaba se comportando, tanto quantitativamente como qualitativamente, de maneira bem diferente de seu comportamento original.

As torrentes originadas pela precipitação direta sobre as vias públicas desembocam nos bueiros situados nas sarjetas, são escoadas pelas tubulações que alimentam os condutos secundários a partir do qual atingem o fundo de vale, onde o escoamento é topograficamente bem definido, mesmo que não haja um curso d'água perene. O escoamento no fundo do vale é que determina o que chamamos de Sistema de Macrodrenagem.

3.1. Conceitos Básicos

As inundações destacam-se em Santa Catarina em virtude da quantidade de ocorrências e a intensidade dos danos que estes fenômenos (inundações; enchentes e alagamentos) provocam.

Alguns autores têm definido inundação como a situação em que o fluxo de um rio ultrapassa os limites do seu leito normal, avançando sobre os terrenos localizados além de suas margens (Keller, E. A.-1986; Murck ET AL.-1986; Montgomery – 1997). Estes mesmos autores consideram enchentesas situações em que o rio ultrapassa a sua vazão média, deste modo podem existir situações em que o rio está em enchente, mas não existe inundação. Alagamento ocorre quando a água, normalmente proveniente de chuva, é represada, não escoando ou escoando lentamente, de modo a provocar a formação de um corpo de água em uma região normalmente seca, sem que ocorra o extravasamento de um rio.

A região aplainada que é periodicamente coberta pelas águas de um rio, normalmente constituída por depósitos formados pelo próprio rio ,é chamada de planície de inundação.

Estudo realizado em diversas regiões do planeta tem demonstrado a relação entre a urbanização das bacias de drenagem e o aumento de inundações nesta mesma bacia. O número de vezes em que o rio extravasa suas margens é proporcional ao aumento da urbanização e da conseqüente impermeabilização. As inundações menores, que ocorrem com maior freqüência, e, portanto com menor intervalo de recorrência, são mais afetadas pela urbanização, aumentando a sua magnitude, que as chamadas grandes inundações com maiores intervalo de recorrência.

As preocupações com a hipertrofia das cidades, o crescimento anormal das regiões urbanas, o mau uso generalizado dos solos, a deterioração do meio ambiente e a agressão cada vez mais acentuada às reservas hídricas, têm sido alvo de preocupação constante nas últimas décadas

A intensa urbanização, a ocupação desordenada das planícies de inundação, o desmatamento e diversos outros fatores, geo-ambientais têm contribuído para aumentar os danos e prejuízos causados por estes fatos ao longo dos anos, principalmente as inundações e os escorregamentos de encostas.

Devido às características do relevo, há uma tendência natural de que a ocupação humana de uma bacia hidrográfica ocorra no sentido de jusante para montante. Como quase não há controle público sobre a urbanização indisciplinada das cabeceiras da bacia, além de não haver ampliação da capacidade de macro-drenagem, há um aumento significativo na freqüência das enchentes, o que acaba por provocar prejuízos periódicos e desvalorização de propriedades, principalmente para as populações assentadas a jusante, em conseqüência da ocupação a montante.

É necessária a quantificação do impacto das condições reais da urbanização sobre o escoamento, para que se possa disciplinar a ocupação do solo, através de uma densificação que seja compatível com os riscos de inundação. A construção de pequenos reservatórios em parques e áreas públicas e o controle sobre a impermeabilização dos lotes e das vias públicas deve ser adotada antes que o espaço seja ocupado. A construção de reservatórios e diques, a ampliação das calhas dos rios e outras soluções estruturais de alto custo podem ser evitadas

com o planejamento racional da ocupação urbana, porém em áreas já ocupadas cabe ao técnico orientar o poder público para estudar a melhor solução, sob o ponto de vista hidráulico e hidrológico.

Parece desnecessário dizer que a escolha do destino da água pluvial deve ser feita segundo critérios éticos e econômicos, após análise cuidadosa e criteriosa das opções existentes. De qualquer maneira, é recomendável que o sistema de drenagem seja tal que o percurso da água entre a sua origem e seu destino seja o mínimo possível. Além disso, é conveniente que esta água seja escoada por gravidade. Porém, se não houver esta possibilidade, pode-se projetar estações de bombeamento para esta finalidade.

Dentre os diversos fatores decisórios que influenciam de maneira determinante a eficiência com que os problemas relacionados à drenagem urbana podem ser resolvidos, destacam-se a existência de:

- ✓ Meios legais e institucionais para que se possa elaborar uma política factível de drenagem;
- ✓ Uma política de ocupação das várzeas de inundação, que não entre em conflito com esta política de drenagem urbana;
- ✓ Recursos financeiros e meios técnicos, que possam tornar viável a aplicação desta política;
- ✓ Empresas que dominem eficientemente as tecnologias necessárias para os projetos e que possam se encarregar da implantação das obras;
- ✓ Entidades capazes de desenvolver as atividades de comunicação social e promover a participação coletiva;
- ✓ Organismos que possam estabelecer critérios e aplicar leis e normas com relação ao setor.

Há, além disso, a necessidade de que as realidades complexas de longo prazo em toda a bacia sejam levadas em consideração durante o processo de

planejamento das medidas locais de curto e médio prazo. Por fim, não menos importante, a opinião pública deve ser esclarecida, sejam por campanhas educativas ou por audiências públicas.

3.2. Conseqüências das Inundações

Os resultados de um episódio de inundação ou alagamento podem ser classificados em primários e secundários. Conseqüências primárias são aquelas causadas diretamente pelo evento considerado, enquanto que são secundárias aquelas causadas pela interrupção ou mau funcionamento de serviços e sistemas em virtude da inundação (Keller, 1996). Relacionamos as principais conseqüências e sua classificação.

3.2.1. Conseqüências Primárias

- ✓ Danos nos equipamentos e móveis das moradias;
- ✓ Prejuízos para a estrutura das construções;
- ✓ Destruição de pontes, ruas, passarelas e diques;
- ✓ Destruição de sítios históricos;
- ✓ Perda de produtos agrícolas;
- ✓ Inundação de cemitérios;
- ✓ Deslocamento e abrigo da população;
- ✓ Prejuízos e perdas de veículos;
- ✓ Perdas de vidas;
- ✓ Mudanças nos canais de rios;
- ✓ Outras

3.2.2. Conseqüências Secundárias

- ✓ Destruição de terrenos agrícolas;

- ✓ Destruição de parques e habitat naturais;
- ✓ Impactos para a saúde (veiculação de doenças, choques elétricos, etc);
- ✓ Interrupção no sistema de transportes;
- ✓ Interrupção no sistema elétrico;
- ✓ Falta d'água;
- ✓ Impactos em preços de produtos agrícolas;
- ✓ Impactos econômicos;
- ✓ Outras.

3.3. Fatores que Controlam as Conseqüências das Inundações

Diferentes fatores podem agravar ou atenuar os efeitos de inundações e alagamentos, sendo que a maioria destes fatores está relacionada a características dos terrenos, da precipitação e do tipo da possível ocupação que possa existir da área afetada. A inundação normalmente è uma função da relação precipitação e escoamento superficial. Estes fatores são afetados pela declividade, tipo de rocha e solo entre outras características. O desenvolvimento de uma região também pode afetar decisivamente esta equação, especialmente através da urbanização e das diferentes alterações nos sistemas de drenagem, dentre eles destacam-se:

- ✓ Uso do solo nas áreas inundáveis;
- ✓ Magnitude, nível e velocidade da água;
- ✓ Freqüência das inundações;
- ✓ Rapidez da enchente e sua duração;
- ✓ Época do ano;
- ✓ Carga dê sedimentos depositados;

- ✓ Efetividade da previsão, alertas de emergência.

4. ASPECTOS LEGAIS

4.1. Disciplinamento do Uso e Ocupação do Solo

O disciplinamento do uso e ocupação do solo será definido no Plano Diretor da cidade, que além destes tópicos deverá dispor também sobre expansão urbana, parcelamento do solo urbano, habitação, saneamento básico e transporte urbano.

Formalmente, o plano diretor é uma lei municipal, obrigatória para município com população superior a 20.000 habitantes e que deve ser o instrumento básico da política municipal de desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem estar dos habitantes (Constituição Federal, artigo 182). Em bombinhas a obrigatoriedade se dá em função da Lei 10.257/2001, Art. 41, parágrafo IV do estatuto das Cidades – área de especial interesse turístico.

Em termos de drenagem o disciplinamento inadequado do uso do solo pode levar a conseqüências desastrosas para o controle de inundações. Quando permite a implantação de áreas impermeáveis, gera impactos nas cheias a jusante; quando permite a ocupação de áreas de risco, gera principalmente danos materiais e humanos.

O ordenamento preventivo da ocupação da bacia possibilita o enfrentamento das causas que levam ao agravamento dos problemas correlacionados a cheias e inundações, tais como: o desmatamento de cabeceiras e da mata ciliar dos rios e córregos; a impermeabilização excessiva e a formação de barreiras para o livre escoamento das águas entre outros atores relacionados à conservação de suas características ambientais.

4.2. Leis de Uso do Solo e o Direito de Propriedade

O direito de propriedade è exercido com as restrições legalmente estabelecidas. Todavia, a restrição não pode inviabilizar o uso econômico da propriedade, sob pena de se caracterizar uma desapropriação indireta, acarretando ao Poder Público, a obrigação de indenizar o proprietário.

É o caso de normas de proteção à margem de cursos d'água inviabilizando lotes já regularizados. Portanto, legislação dessa natureza não pode ser elaborada sem prévio conhecimento da realidade física e jurídica dos recursos a disciplinar.

As restrições urbanísticas condicionam o uso e a ocupação da propriedade quando impõe zoneamentos que estreitam as opções ao proprietário quanto à destinação do imóvel, e quando estabelecem índices, coeficientes, gabaritos e outros limitadores da edificação nos terrenos.

4.3. Ocupações Irregulares

É indispensável que a lei de uso e ocupação do solo e as políticas públicas atentem para a realidade sócio-econômica da população e definam espaço viável para suas camadas mais pobres. Leis restritivas, sem políticas de incentivo à ocupação desejada, geram áreas vazias que fatalmente, serão ocupadas pelos que não tem teto ou moradias, nem, viabilidade para sua obtenção.

4.4. Licenciamento de Atividades e Obras com impacto na Drenagem

O licenciamento do uso do solo, em escala municipal, permite que uma gama de atividades de pequeno porte, e mesmo as obras públicas com alguma interferência na drenagem urbana, sejam licenciadas e controladas a partir do atendimento às diretrizes e padrões estabelecidos pela própria legislação municipal.

É de notar que essas normas municipais não abrangem apenas empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental, mas alcançam também, edificações e empreendimentos que a ele não se sujeitam: construções de supermercados e centros de compras, por exemplo; além disto, devem se sujeitar a normas urbanísticas relativas à impermeabilização, reservação ou infiltração das águas pluviais.

5. PLANO DE MACRODRENAGEM

Poucas cidades, no Brasil, têm-se preocupado em desenvolver um planejamento efetivo de controle das enchentes. Na maioria das vezes buscam-se soluções estruturais baseadas no conceito de afastamento das águas pluviais para a

remediação dos efeitos da urbanização não controlada. Essas soluções consistem geralmente na ampliação da capacidade hidráulica dos leitos menores dos rios, com a eliminação de singularidades, aumento da seção transversal e redução da rugosidade com o revestimento da calha. Estas soluções são efetivas na redução das inundações das áreas adjacentes e a montante dos trechos onde são aplicadas, entretanto provocam o aumento das vazões escoadas pelo sistema de drenagem, aumentando o risco de inundação em áreas a jusante. Surgem então novas áreas inundáveis e novamente a necessidade de obras estruturais que aumentam a capacidade do sistema de drenagem.

Por outro lado, a canalização de córregos, atrai uma população ainda maior para as regiões ribeirinhas, reduzindo o espaço destinado ao escoamento das vazões de cheia, confinando o sistema hídrico a um espaço cada vez mais reduzido.



Figura 5 – Exemplo de confinamento do sistema hídrico
(Fonte: Unidec)

Por se tratar de intervenções que melhoram o aspecto sanitário e urbanístico de uma região e que abrem novos espaços, muitas vezes utilizados para implantação de vias de fundo de vale, a canalização de córregos acaba por se transformar também em um indutor de crescimento urbano.

Buscando minimizar as conseqüências da ação do homem sobre o meio-ambiente apresentamos a seguir um plano de ações a serem implantadas pelo poder público e pela sociedade em busca da minimização das conseqüências das cheias dos rios do município.

O objetivo do Plano de Macrodrenagem das bacias dos rios que compõem o sistema hidrográfico de Bombinhas é fornecer às instituições públicas e à população do município subsídios técnicos e institucionais que permitam reduzir os impactos das cheias na sua área de abrangência. O poder público pode e deve atuar no sistema de drenagem do município da forma a implementar medidas preventivas e corretivas.

5.1. Ações Preventivas e Corretivas

O divórcio entre urbanismo e drenagem pluvial levou muitas cidades a terem problemas críticos de inundações e agravamento de enchentes. O ideal é que a integração do urbanismo e do sistema pluvial para o controle da drenagem urbana seja feita de modo preventivo, na hora do projeto, mas o passivo do passado conduz a muitas situações de remediação, ou seja, muitas vezes são necessárias intervenções de natureza corretiva. Ressalte-se que o ideal é sempre atuar de modo preventivo, pois há vantagens de custo, técnicas e de melhoria do meio ambiente urbano.

A *drenagem urbana preventiva* não constitui uma lista de obras e suas especificações, mas um conjunto de princípios que devem dar prioridade a avaliação que cada impacto de cada alternativa do layout urbano sobre a drenagem, isto incluí a não modificação da drenagem natural, sempre que possível, preservando as faixas vegetadas ribeirinhas e a conservação das superfícies permeáveis.

Na *drenagem urbana corretiva*, com a cidade construída, a dificuldade da gestão das águas pluviais é maior na medida em que a situação tende para aquela que é a realidade de muitos locais desenvolvidos: rede pluvial exclusivamente para evacuação rápida dos escoamentos; fundos de vale com papel exclusivo de drenagem pluvial (muitos são retificados e outros enterrados); vias urbanas e

edificações ocupando áreas ribeirinhas e taxas de ocupação do solo e impermeabilização elevadas. Em conseqüência há muito pouco espaço físico para soluções alternativas. Apesar destes problemas, muitas soluções corretivas propostas pela drenagem urbana moderna são aplicáveis, sobretudo na macro drenagem, várias cidades brasileiras ainda exibem espaços físicos para estruturas de detenção, sejam por estruturas como os “piscinões” em São Paulo e Porto Alegre ou ao longo dos parques lineares junto aos rios em Curitiba.

As soluções corretivas também não têm limite de escala espacial. É possível pensar em soluções tanto para a macrodrenagem quanta para a microdrenagem, ou seja, do lote aos arroios urbanos, passando por loteamentos e bairros.

Para efeito do estudo são consideradas como pertencentes ao sistema de macrodrenagem todas as seis bacias hidrográficas identificadas no município, os principais rios (Rio Barreiro, Rio da Barra, Rio Bombinhas, Rio Pardo e Rio Passa-Vinte) e seus afluentes, assim como os demais riachos e córregos do município.

Os estudos se darão de forma individual para cada uma das bacias hidrográficas, bem como a proposição de medidas de controle estruturais; será dada ênfase principalmente aos locais onde ocorreram alagamentos e inundações, conforme indicado no desenho Manchas de Inundação – Planta Geral (ANEXO C), desenvolvido em conjunto entre a Unidec e a PMB.

As medidas de controle dão ênfase ao controle do escoamento superficial. Portanto, a redução das inundações pode depender das medidas de controle implantadas nas regiões de montante. O sucesso do plano está condicionado à implantação de medidas de controle em todo o município, não apenas em pontos críticos ou de maior interesse turístico ou socioeconômico.

Novos empreendimentos poderão causar impacto sobre o sistema de macrodrenagem. Portanto, a viabilidade do plano está condicionada a alteração da legislação municipal e obediência a legislação federal e estadual no que concerne à ocupação do solo, implantação de sistemas artificiais de drenagem, proteção das matas ciliares e áreas de preservação.

As principais medidas de controle a serem implantadas consistem em ações estruturais como obras de retenção e não estruturais como implantação de códigos e leis que regulamentem o zoneamento, parcelamento do solo, etc.

5.2. Políticas e Ações Estruturais

O objetivo principal do diagnóstico das bacias hidrográficas de drenagem do município de Bombinhas é a verificação das condições de escoamento dos principais rios e córregos que cortam a cidade, visando um cenário de redução dos impactos negativos das inundações considerando-se aspectos econômicos, sociais e ambientais, a ser desenvolvido no cenário das inundações.

As ações a serem implementadas podem ser classificadas como estruturais e não-estruturais dependo se incluem obras civis ou medidas de natureza institucional e legal, respectivamente. Estas ações podem ocorrer em diferentes horizontes temporais: curto, médio ou longo prazo. Adicionalmente, existem ações de caráter permanente na forma de supervisão, controle, operação e manutenção do sistema sem as quais se corre o risco de ter um sistema muito bem planejado e executado em funcionamento de forma deficiente.

No desenvolvimento das ações deverá ser levada em conta a natureza dinâmica das demandas na bacia hidrográfica, bem como os avanços tecnológicos na área da engenharia de recursos hídricos. Este ponto é importante para permitir a atualização periódica das ações a serem tomadas.

As ações ou medidas estruturais são obras de engenharia a serem implementadas para reduzir o risco das enchentes. Estas medidas podem ser extensivas ou intensivas.

As medidas extensivas são aquelas que agem no contexto global da bacia, procurando modificar as relações entre precipitação e vazão, como a alteração da cobertura vegetal do solo, que reduz e retarda os picos de enchentes e controla a erosão da bacia.

As medidas intensivas são aquelas que agem numa escala menor, nos cursos d'água e superfícies, podem ser obras de contenção como diques, de aumento da capacidade de descarga como retificações, ampliações de seção e corte de

meandros de cursos d'água, de desvio do escoamento por canais e de retardamento e infiltração, como reservatórios, bacias de amortecimento e dispositivos de infiltração no solo.

As medidas estruturais não são projetadas para dar uma proteção completa ao sistema, pois isto exigiria um dimensionamento contra a maior enchente possível, o que é física e economicamente inviável na maioria das situações.

Em termos de produto imediato de medidas e ações a serem desenvolvidas relacionamos algumas recomendações:

- ✓ Intervenções estruturais: compostas por redes de galerias de águas pluviais, canais abertos ou fechados, bacias de detenção ou retenção, diques, bacias de sedimentação, estruturas dissipadoras de energia, etc. Dentro destas intervenções estão às soluções que denominamos de obras com responsabilidade compartilhada, nas quais o empreendedor è responsável pela compensação dos prejuízos ou risco gerado pelo seu empreendimento. Enquadram-se aí as compensações por impermeabilização de terrenos e alterações nos canais de drenagem.

- ✓ Ações não-estruturais: compostas por ações de outra natureza tais como aquisição de terrenos para preservação, regulamentos, manual de práticas, reassentamentos, programas de inspeção e manutenção, sistemas de monitoramento de vazões e de alerta à inundação, incentivos fiscais para construção de reservatórios de retenção para águas pluviais de cheia nos lotes, entre outras.

- ✓ Programa de implementação de um plano de ações imediata: um programa que indique qual a instituição será responsável pela implementação de cada elemento e como deve ser o financiamento para implementação destes elementos.

5.2.1. Critérios de Priorização

A implantação de medidas estruturais de controle de enchentes deve ser programada de modo que se obtenha, em cada bacia, e para o conjunto de obras a máxima eficiência no desempenho dos elementos componentes do sistema, assim como o melhor fator custo/benefício. Outro fator a ser observado na programação é a minimização das interferências com outras obras programadas ou sistemas existentes da infra estrutura urbana ou da iniciativa privada.

Recomenda-se que alguns critérios sejam levados em conta na programação da implantação das medidas estruturais:

- ✓ Medidas de controle que efetuam a retenção de águas pluviais (lagoas de acumulação) devem ser implantadas, em uma mesma bacia, de montante para jusante;
- ✓ As medidas de controle que aumentam a capacidade de escoamento (melhoria das condições dos canais, incremento da vazão dos dispositivos, etc.) devem ser implantadas, em uma mesma bacia, de jusante para montante;
- ✓ As lagoas de acumulação devem ser implantadas em bacias despoluídas, isto é, após a execução das obras dos sistemas de esgotamento sanitário;
- ✓ As implantações de obras de drenagem e de despoluição, em uma mesma bacia, devem ser executadas conjuntamente;
- ✓ A priorização das obras, entre as bacias, deve seguir a relação custo/benefício do conjunto de obras de drenagem e despoluição;

5.3. Políticas e Ações Não-Estruturais

As ações ou medidas não-estruturais procuram reduzir impactos sem modificar o risco das inundações naturais, e em alguns casos, estipular princípios que revertam os riscos artificialmente majorados por ações antrópicas às condições naturais.

Em drenagem urbana, ações não-estruturais abrangem mecanismos de implementação de princípios básicos (filosofia) e de como esses princípios devem ser respeitados (legislação, normas, manuais técnicos) e de preparação da sociedade para que venham a ser implantados e obedecidos na atualidade e no futuro. O custo de proteção de uma área através de medidas estruturais, em geral, é superior ao de medidas não-estruturais.

Assim, as medidas não-estruturais aqui propostas tem o objetivo de reduzir os impactos ambientais, os prejuízos financeiros e sociais provocados pelas inundações decorrentes do desenvolvimento humano.

As medidas não estruturais foram agrupadas nos seguintes elementos:

- ✓ Legislação federal, estadual e municipal para o controle dos impactos;
- ✓ Administração;
- ✓ Educação.

5.3.1. Legislação

A legislação é uma das principais medidas não-estruturais propostas, pois busca disciplinar o desenvolvimento urbano considerando os impactos futuros relacionados com as água pluviais, evitando que se agravem. Dentro destas medidas se destacam:

- ✓ Restrições à ocupação das áreas de risco de inundação ribeirinha;
- ✓ Restrição à ocupação das áreas de risco de erosão;
- ✓ Restrição ao aumento da vazão de inundação devido à urbanização (impermeabilização do solo);
- ✓ Incentivos à preservação das áreas permeáveis;
- ✓ Preservação das faixas de proteção da drenagem natural e urbana segundo o Código Florestal Brasileiro (Lei Nº 4.771 de 15 de setembro de 1.965).

5.3.2. Administração

A administração representa a gestão do processo de implementação das medidas de controle do plano de macrodrenagem através de um sistema institucional apropriado. Nesta gestão devem ser previstas atuações coordenadas do Estado e do município.

Compete à gestão administrativa a avaliação dos projetos, fiscalização e manutenção dos sistemas de drenagem e da ocupação das áreas ribeirinhas buscando através destas ações minimizar ao impacto das inundações.

5.3.3. Educação

A educação sobre os diversos fatores que envolvem a drenagem urbana e sobre as proposições do plano de macrodrenagem é fundamental para que se alcance o sucesso desejado. A educação deve envolver todos os níveis de agentes e beneficiários:

- ✓ População em geral;
- ✓ Administradores públicos;
- ✓ Engenheiros e arquitetos responsáveis pelas obras no ambiente urbano;
- ✓ Engenheiros que atuam diretamente na gestão, planejamento e operação de sistemas de drenagem;
- ✓ Fiscais de obras e serviços urbanos.

É importante salientar que, na maioria dos casos, as medidas não-estruturais requerem investimentos baixos para serem implementadas, se comparadas com as medidas estruturais. Em contrapartida exigem ações de gestão que muitas vezes esbarram em limitações legais, políticas e institucionais que exigem o empenho do administrador público e da sociedade para que sejam contornados.

6. AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL E MEDIDAS DE CONTROLE DE CHEIAS

O processo de expansão do município ocorreu a grosso modo, de jusante para montante, em função de a cidade ter sido edificada junto à orla marítima. Assim, a montante a natureza predominava, o solo era altamente permeável e a sua tênue ocupação ainda não havia atingido as margens dos cursos d'água. A partir da década de 70, com a aceleração do processo de urbanização, ocorreu o rompimento deste equilíbrio e as água das chuvas ganharam volume e velocidade nas galerias e nos muitos canais retificados.

A urbanização, sem as restrições adequadas de ocupação do solo, reduziu a permeabilidade através do desmatamento, das escavações, da pavimentação, da

implantação de sistemas de micro e macrodrenagem, da canalização e da retificação de córregos e rios. Em conseqüência aumentaram os coeficientes de deflúvio superficial direto e a velocidade de escoamento superficial, com a decorrente diminuição dos tempos de concentração das bacias e o resultante acréscimo nas vazões de pico de cheias.

Desta forma, as medidas de controle de cheias propostas no plano de macrodrenagem atuam unicamente como mitigadoras dos impactos negativos provocadas pela ocupação urbana quando esta não é realizada de maneira a respeitar o fenômeno natural das cheias ou a ampliação destas devido à impermeabilização do solo.

6.1. Avaliação da Capacidade do Sistema Atual

A avaliação da capacidade do sistema atual de drenagem superficial do município de Bombinhas foi feita através do levantamento dos pontos críticos do sistema existente de macrodrenagem e na identificação das causas da existência desses pontos.

Este trabalho foi feito através de pesquisa na prefeitura municipal e em levantamentos de campo.

Na prefeitura procurou-se fazer a identificação da evolução e histórico dos pontos críticos e qual o tratamento empregado pela administração na solução ou minimização dos problemas gerados.

Os levantamentos de campo consistiram no reconhecimento *in loco* dos pontos críticos, avaliação expedita dos dispositivos de drenagem e identificação das áreas de inundação através do preenchimento de um formulário, juntamente com os técnicos da prefeitura.

A pesquisa possibilitou a geração de informações sobre as áreas inundadas ao longo das bacias do município. Além dos questionários, foram utilizados também mapas das áreas afetadas, onde foram destacadas as manchas de inundação.

6.2. Bacia Hidrográfica 1 - BH1

6.2.1. Características Principais da Bacia

Caracterização do Sistema

A BH1 está localizada ao norte do município, no bairro de Bombas e abrange uma extensão territorial de cerca de 1.613.274 m². Seu principal curso d'água é o Rio Barreiro (também conhecido como Rio Zé Estevão), possui uma extensão de 1.159 m.

A localização da BH1 na área de abrangência do plano de macrodrenagem é apresentada no ANEXO B, planta das bacias do município de Bombinhas.



Figura 6 – Vista geral da BH-1 – Bairro Bombas
(Fonte: Google Earth em 02/07/2009)

6.2.2. Sistema Atual de Drenagem

No atual sistema de drenagem superficial da BH-1 constatamos que a capacidade de escoamento do sistema de drenagem local foi superada e encontra-se comprometido para as vazões atuais; isto é evidenciado pelo estrangulamento das seções de vazão das galerias existentes.

De uma maneira geral, os alagamentos são conseqüência das intervenções sem orientação técnica implantadas pela própria população ou pelo poder público, a seu pedido.

Os principais problemas observados, com relação à drenagem superficial e às singularidades implantadas nesta bacia foram:

- ✓ Bairro localizado no fundo do vale com as edificações interceptando o "caminho natural" das águas que escoam das encostas;
- ✓ Retificação e tubulação dos córregos;
- ✓ Travessias e canalizações implantadas sem dimensionamento e declividade adequada, muitas vezes pelos próprios moradores;
- ✓ Estrangulamentos (tubulação de montante com diâmetro superior a tubulação de jusante);
- ✓ Dispositivos assoreados e obstruídos;



Figura 7– Dispositivo parcialmente obstruído pelo assoreamento
(Fonte: Unidec)

- ✓ Ocupação irregular nas margens dos córregos e sobre trechos canalizados;
- ✓ Infra estrutura deficiente, falta de saneamento básico, urbanização, sistema de coleta e destinação de águas pluviais, etc;

Singularidades

Caracterizam-se por singularidades as obstruções existentes ao longo do caminhamento dos córregos e rios. Estas podem ser travessias podem ser de ruas (bueiros, galerias e pontilhões), passarelas e qualquer outro obstáculo existente que dificulte a passagem da vazão afluente a um determinado ponto.

As singularidades encontradas nesta bacia são:

- ✓ Bueiros tubulares de concreto com diâmetros variando entre 40 e 120 cm,
- ✓ Bueiro celular de concreto de 2,00 x 2,00 m;
- ✓ Pontilhão em concreto armado de 6,30 x 10,00 m.

No ANEXO E são apresentadas as fichas cadastrais e os relatórios fotográficos das principais singularidades da BH1.

Áreas Inundáveis

A BH1 apresenta uma área inundável de aproximadamente 41.493 m² e atinge as Ruas Albatróz, Aracuã, Arirambá, Anhambi, Azulão, Águia e Bentererê.

A ficha de inundação da área é apresentada no ANEXO D.

O ANEXO C apresenta a mancha de inundação da BH1.

6.2.3. Uso do Solo

A bacia do Rio Barreiro é caracterizada pela ocupação urbana e rural de sua área.

A área urbana ocupa principalmente os baixios e possui área aproximada de 155.115 m² representando 9,6% da área total da bacia.

A área rural é caracterizada pela ocupação das encostas por florestas e vegetação densa. Possui área aproximada de 1.458.159 m²

6.2.4. Sistema de Esgotamento Sanitário

A bacia do Rio Barreiro – BH1 não conta com sistema público de esgotamento sanitário, sua população urbana utiliza-se de sistemas individuais para destinar e tratar seus efluentes sanitários.

6.2.5. Medidas Estruturais Propostas

A seguir são relacionadas as medidas estruturais para controle das inundações da BH-1:

- ✓ Limpeza, desobstrução e desassoreamento dos canais e bueiros;
- ✓ Dimensionamento e substituição dos dispositivos que não apresentam suficiência hidráulica;
- ✓ Desocupação/indenização dos leitos dos cursos d'água e de suas margens conforme indicado na legislação;
- ✓ Recomposição da mata ciliar;
- ✓ Implantação de infra-estrutura básica (sistema de água tratada, esgotamento sanitário, drenagem, coleta de lixo, etc).

Para uma avaliação das estruturas de obras de arte corrente e especiais existentes, submetemos a bacia hidrográfica BH 1 a um modelo hidrodinâmico de simulação.Detectaram-se, pontos críticos de enchente no sistema de drenagem urbana da bacia BH 1, Rio Barreiro tais como : as galerias tubulares que servem

de travessia na Rua Albatroz; a galeria celular 2,00 X 2,00 m na Rua Águia; a Ponte da Rua Azulão.

Estes pontos estão identificados nas fichas de campo, no desenho Planta com Resultados do Pré-Dimensionamento (ANEXO G) e na planificação dos cálculos, conforme ANEXO F.

O cálculo com modelos matemáticos de simulação hidráulica de cotas de enchentes e vazões, revelou seções de vazão diferentes das seções existentes, conforme a tabela a seguir:

Tabela 1 – Resumo da Simulação Hidrodinâmica – BH 1

Local	Seção Existente	Seção Calculada	Diagnóstico
Rua Albatroz	Tubos de 1,20 m de diâmetro.	Tubos de 1,80 m de diâmetro	Tubulação sub-dimensionada e retificação irregular do canal
Rua Águia	Galeria celular 2,00 x 2,00 m	Galeria Celular de 6,50 x 1,50 m	Galeria sub-dimensionada
Rua Azulão	Ponte de concreto de 6,30 X 10,00 m	Ponte de concreto armado de 12,00 X 10,00 m.	Ponte baixa e com vão pequeno

6.2.6. Previsão de Investimento

Tabela 2– Previsão de Investimento – BH1

Ação	Localização	Área/ Extensão	Investimento (R$)
Obras e Projetos			
Retirada e demolição de dispositivos existentes	Área urbana	vb	40.500,00
Limpeza e desobstrução de canais e dispositivos existentes	Área urbana	vb	54.000,00
Implantação de galerias e bueiros	Área urbana	540 m	1.350.000,00
Implantação de pontes	Área urbana	120 m²	360.000,00
Implantação de infra estrutura básica	Área urbana	6 km	3.600.000,00
Reconstituição da mata ciliar	Área urbana	14.000 m²	72.940,00
Projetos	Área urbana	vb	273.872,00
		Parcial	**5.751.312,00**
Indenizações			
Indenização ou Desapropriação	Área urbana	32.600 m²	**R$ 11.295.000,00**
		Total	**R$ 17.046.312,00**

Os custos de infra-estrutura incluem implantação pavimentação, terraplenagem , drenagem, sinalização horizontal e vertical, iluminação pública, e obras complementares/paisagismo.

A reconstituição de mata ciliar considera o plantio de mudas nativas na faixa de preservação determinada no mapa de zoneamento do plano diretor.

Na avaliação dos valores de indenização dos imóveis atingidos, utilizaram-se os valores comerciais médios da região com aplicação de um fator de redução de 0,30 de forma a aproximá-los dos valores venais. Durante o desenvolvimento dos projetos executivo, devem ser verificados e ajustados conforme valores venais aplicados pela prefeitura municipal.

6.3. Bacia Hidrográfica 2 – BH2

6.3.1. Características Principais da Bacia

Caracterização do Sistema

A BH2 abrange os bairros de Bombas, Zé Amândio e uma pequena porção dos bairros do centro e Sertãozinho, apresenta uma área aproximada de 7.662.606 m². Seu principal curso d'água é o Rio da Barra que possui uma extensão de 2.506 m.

A localização da BH2 na área de abrangência do plano de macrodrenagem é apresentada no ANEXO B (planta das bacias do município de Bombinhas).



Figura 8– Vista geral da BH-2 – Bairros de Bombas e Zé Amândio
(Fonte: Google Earth em 02/07/2009)

6.3.2. Sistema Atual de Drenagem

A BH-2 está inserida na área com maior densidade demográfica do município de Bombinhas, sendo que é também a região mais atingida e que mais apresenta problemas com relação a inundações.

Nos últimos doze meses ocorreram dois períodos de chuvas fortes que causaram inundações nesta área. A primeira no mês de outubro de 2008 e, a segunda, de maior alcance, entre os dias 21 a 24 de abril de 2009.

Nesta ocasião, segundo medições realizadas pela EPAGRI, na estação pluviométrica de Camboriú, o volume de chuvas acumulado durante os quatro dias foi de 117,6 mm, sendo que deste total, 106,4 mm foram no dia 22 de abril.

A média climatológica da região para o mês de abril é de 111,2 mm, para fins de comparação, os 4 dias superaram o volume esperado para todo o mês.



Figura 9 – Rua Leão Marinho em 23/04/2009– Bairro Zé Amândio
(Fonte: Eng. Florestal Edison Baierle - Prefeitura Municipal de Bombinhas)



Figura 10– Ponte localizada na Rua Cavalo em 23/04/2009– Bairro Zé Amândio
(Fonte: Eng. Florestal Edison Baierle - Prefeitura Municipal de Bombinhas)

Bairro Zé Amândio

- ✓ Bairro implantado sobre uma área de alta umidade, com nascentes e áreas de banhado que foram aterradas;
- ✓ Retificação e tubulação dos córregos (diminuição do tempo de concentração das bacias);

- ✓ Córregos e canais contaminados por efluentes domésticos;
- ✓ Travessias e canalizações implantadas sem dimensionamento e declividade adequada, muitas vezes pelos próprios moradores em busca da redução da umidade dos seus terrenos e que acarretam em pontos de água parada;
- ✓ Estrangulamentos (tubulação de montante com diâmetro superior a tubulação de jusante);
- ✓ Ocupação irregular nas margens dos córregos e sobre trechos canalizados;
- ✓ Remoção, desmatamento da vegetação ciliar;
- ✓ Projeto viário não favorece a drenagem, conjuntos de ruas formam depressões (bacias fechadas);



Figura 11– Casas edificadas sobre o leito do córrego na Rua Tamanduá-Mirim Bairro Zé Amândio

(Fonte: Unidec)



Figura 12– Córrego na Rua Paca contaminado por efluentes domésticos Bairro Zé Amândio
(Fonte: Unidec)

Bairro de Bombas – Avenida Fragata

- ✓ Avenida localizada ao longo de afluente retificado do Rio da Barra;
- ✓ Ocupação das várzeas inundáveis (área adjacente à avenida);
- ✓ Travessias implantadas ao longo da avenida não possuem suficiência hidráulica de funcionam como barramentos para a água;
- ✓ Nível d'água no canal sofre influência da variação da maré;
- ✓ Assoreamento e acúmulo de lixo na seção do canal;
- ✓ Remoção, desmatamento da vegetação ciliar;



Figura 13– Canal da Avenida Fragata– Bairro Bombas
(Fonte: Unidec)



Figura 14– Travessia da Avenida Fragata – Bairro Bombas
(Fonte: Unidec)

Bairro Sertãozinho

A porção do Bairro Sertãozinho localizado na BH-2 não apresenta transtornos com relação à drenagem das águas superficiais.

Bairro do Centro

No bairro do Centro, a BH2 abrange a área localizada no lado extremo-esquerdo da Praia de Bombinhas.

No local, observou-se:

- ✓ Declividade da rua não favorece o escoamento da água, forma uma bacia fechada;
- ✓ Sistema de drenagem superficial insuficiente, não atende à vazão requerida;

De uma maneira resumida, a ocorrência de inundações na BH-2 são conseqüência da intensa ocupação e urbanização (impermeabilização) de áreas de fragilidade, onde originalmente existiam inúmeros pontos de alagamento natural (brejos e banhados) onde são encontradas as nascentes que formam os afluentes do Rio da Barra.

Singularidades

Caracterizam-se por singularidades as obstruções existentes ao longo do caminhamento dos córregos e rios. Estas podem ser travessias podem ser de ruas (bueiros, galerias e pontilhões), passarelas e qualquer outro obstáculo existente que dificulte a passagem da vazão afluente a um determinado ponto.

As singularidades encontradas nesta bacia são:

- ✓ Bueiros tubulares de concretos com diâmetros variando entre 40 e 150 cm;
- ✓ Bueiros celulares de concreto de 2,00 x 2,00 m;
- ✓ Pontilhões em concreto armado de 7,60 x 8,80 m (rua Pavão) e 10,00 x 8,50 (Rua Leopoldo Zarling).

- ✓ Pontilhões em madeira de 5,00 x 4,30; 7,50 x 3,00.

No ANEXO E são apresentadas as fichas cadastrais e os relatórios fotográficos das principais singularidades da BH2.

Áreas Inundáveis

As principais áreas inundáveis da BH2 estão localizadas no Bairro Zé Amândio e ao longo da Avenida Fragata e apresentam uma área de aproximadamente 773.893 m².

As fichas de inundação das áreas são apresentadas no ANEXO D.

O ANEXO C apresenta as manchas de inundação da BH2.

6.3.3. Uso do Solo

O tipo de ocupação da BH-2 é principalmente urbana, sendo que apenas as área mais altas e a área onde encontra-se o mangue podem ser consideradas como ocupação rural.

A ocupação urbana possui área aproximada de 3.853.053 m², sendo que a área rural representa 49,7 % da área total da bacia (3.809.553 m²).

6.3.4. Sistema de Esgotamento Sanitário

Mesmo com a localização da Estação de Tratamento de Efluentes do município estar localizada nas encostas do Morro do Ventura a região de influência da BH-2 conta com sistema público de esgotamento sanitário apenas no Bairro Bombinhas. Nos demais bairros a população utiliza-se de sistemas individuais para destinar e tratar seus efluentes sanitários.

Na BH-2 as ruas atendidas pelo sistema de esgotamento sanitário são: Rua Vereador Manoel José dos Santos, Rua Carpa, Rua Caripicu, Rua Cascudinho, Rua Carapeta, Rua Castanheta, Rua Garoupetae as partes baixas das Ruas Enguia e Tintureiro.



Figura 15– Lagoa da estação de tratamento de efluentes – Morro do Ventura
(Fonte: Unidec)

6.3.5. Medidas Estruturais Propostas

Avenida Fragata

É importante salientar, que as medidas estruturais propostas para a Avenida Fragata levam em conta a aplicação de medidas de controle não estruturais como assinatura de um Termo de Ajustamento de Conduta Ambiental firmado entre o Ministério Público, os moradores da avenida e a Fatma (Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina), por intermédio da prefeitura municipal de Bombinhas.

O **Termo de Ajustamento de Conduta Ambiental**: é um instrumento administrativo, utilizado pelos órgãos públicos, em especial o Ministério Público, para realizar acordos entre este, órgão fiscalizador e garantidor da preservação de conservação do direito transindividual, e aquele que está causando algum prejuízo ou na iminência de causar contra o meio ambiente.

Neste termo, deverá estar prevista a redução da área a ser preservada nas margens do córrego, em média de 30 para 15 m, conforme jurisprudências anteriores. Como contrapartida as partes se comprometem a implantar medidas compensatórias aos danos causados ao meio ambiente decorrentes desta maior ocupação das margens.

As medidas compensatórias podem incluir redução da área impermeabilizada dos terrenos, recomposição da mata ciliar, educação ambiental, compromisso com o tratamento e lançamento de efluentes, entre outras ações serão que determinadas pelos órgãos envolvidos.

Este termo de conduta será considerado um título executivo extrajudicial, de forma que o agente causador do dano estará admitindo ter consciência da ofensa que está praticando contra o meio ambiente, e se comprometendo a, num espaço de tempo pré-estabelecido no próprio termo, deixar de causar dano ou recuperar o meio ambiente. Caso o agente provocador do dano não venha a cumprir ao que fora determinado no termo de ajustamento, o órgão público responsável executará diretamente o ofensor para poder exigir o cumprimento do acordo, uma vez que o termo de ajustamento possui a característica de título executivo. O agente provocador então será submetido a penalidades dispostas tanto no próprio termo de acordo, quanto penalidades previstas pelo juiz.

A seguir são relacionadas as medidas de controle estruturais a serem implementadas na Avenida Fragata:

- ✓ Limpeza, desobstrução e desassoreamento dos canais e bueiros;
- ✓ Dimensionamento e substituição dos dispositivos que não apresentam suficiência hidráulica;
- ✓ Dimensionamento da calha e determinação do tipo revestimento a ser utilizado no canal;
- ✓ Implantação de infra-estrutura básica (viária, sistemas de água tratada e esgotamento sanitário, drenagem, coleta de lixo, etc).

Bairro Zé Amândio

No Bairro Zé Amândio as intervenções propostas buscam minimizar o efeito das inundações, melhorando assim a qualidade de vida de seus moradores, mas levando em conta o atendimento a legislação vigente no que concerne à

ocupação das margens de cursos d'água (Plano Diretor do município e Código Florestal Brasileiro).

Ações estruturais propostas:

- ✓ Limpeza, desobstrução e desassoreamento dos canais e bueiros;
- ✓ Dimensionamento e substituição dos dispositivos que não apresentam suficiência hidráulica;
- ✓ Desocupação/desapropriação dos leitos dos cursos d'água e de suas margens conforme indicado na legislação;
- ✓ Recomposição da mata ciliar;
- ✓ Implantação de infra-estrutura básica (sistema de água tratada, esgotamento sanitário, drenagem, coleta de lixo, etc).

Para complementar as ações estruturais propõe-se a adoção de uma cota mínima para de construção e, uma taxa de ocupação dos lotes de no máximo 50%. Ou seja, as novas edificações do bairro devem ser construídas acima da cota 3,00 (valor a ser referenciado por estudos mais detalhados) e manter área permeável para facilitar a infiltração da água no solo e prevenir a entrada da água nas suas casas em caso de inundação.

Uma alternativa comumente utilizada para minimizar os efeitos das inundações são as lagoas de contenção. Estes dispositivos são dimensionados para armazenar o volume excedente da capacidade de drenagem superficial de uma bacia e, num primeiro momento pode parecer a solução ideal para o Bairro Zé Amândio. Antes de propor uma solução com esta devem ser analisados alguns fatores como: áreas disponíveis para a implantação da lagoa, que além da área do lago deve contemplar uma área de parque permeável e que sirva como proteção, níveis do lençol freático, que neste caso é aflorante, impossibilitando a implantação com profundidades razoáveis e por fim a viabilidade técnica e econômica.

Analisando o volume de água escoado, juntamente com os fatores acima citados, conclui-se que as áreas necessárias para implantação destes dispositivos seriam muito amplas em comparação ao volume armazenado. Ou seja, o custo de implantação alto não é compatível com o benefício gerado que ficará aquém do desejado.

Bairro Bombinhas

- ✓ Limpeza, desobstrução e desassoreamento dos canais e bueiros;
- ✓ Dimensionamento e substituição dos dispositivos que não apresentam suficiência hidráulica.

Para uma avaliação das estruturas de obras de arte corrente e especiais existentes, submetemos a bacia hidrográfica BH 2 a um modelo hidrodinâmico de simulação. Detectaram-se, pontos críticos de enchente no sistema de drenagem urbana da bacia BH-2, cujo principal rio é o Rio da Barra, tais como: do assoreamento e dos variados diâmetros das galerias tubulares que drenam as diversas ruas do Bairro Zé Amândio; da pouca declividade e da falta de capacidade de vazão do canal e das travessias da Avenida Fragata; do vão da Ponte da Avenida Leopoldo Zarling sobre o rio da Barra.

Estes pontos estão identificados nas fichas de campo, no ANEXO G e na planificação dos cálculos, conforme ANEXO F.

O cálculo com modelos matemáticos de simulação hidráulica de cotas de enchentes e vazões revelou seções de vazão diferentes das seções existentes, conforme a tabela a seguir:

Tabela 3– Resumo da Simulação Hidrodinâmica – BH 2

Local	Seção Existente	Seção Calculada	Diagnóstico
Bairro Zé Amândio	Tubos de diâmetros variados.	Tubos de diâmetro inicial 1,00m; Gal. Cel de seção variando de 2,00 x 2,00 m até 3,50 x 3,50 m; canal de seção de fundo com 9,50 m de base.	Tubulações sub-dimensionadas; valas e canais de drenagem assoreados; Construção irregular nas margens e fundos de vale; grandes áreas impermeabilizadas
Avenida Fragata	Canal em terra com seção variável de pouca profundidade; tubos de travessia com seção insuficiente ; Galeria celular 2,00 x 2,00 m com seção de vazão irregular.	Tubos de diâmetro inicial 1,00m; canal revestido com seção em “U” variando de 4,00 x 2,00 até 6,00 x 2,00 (B x H)	Construção irregular nas margens e fundos de vale; grandes áreas impermeabilizadas
Avenida Leopoldo Zarling.	Ponte em concreto de 8,50 X 10,00 m	Ponte de concreto armado de 30,00 de vão, comprimento de no mínimo 35,00 e largura de 20,00m	Ponte com altura muito baixa, vão pequeno e largura insuficiente.
Rua Pavão	Ponte em concreto de 7,60 X 8,80 m	Ponte de concreto armado de 30,00 de vão, comprimento de no mínimo 35,00 e largura de 20,00m	Ponte baixa, com vão pequeno e largura insuficiente.

6.3.6. Previsão de Investimento

Tabela 4– Previsão de Investimento – BH2

Ação	Localização	Área/ Extensão	Investimento (R$)
AVENIDA FRAGATA			
Obras e Projetos			
Retirada e demolição de dispositivos existentes	Área urbana	vb	135.000,00
Implantação de galerias e bueiros	Área urbana	1800 m	4.500.000,00
Implantação de Pontes	Área urbana	600 m²	1.800.000,00
Implantação de infraestrutura básica	Área urbana	2 km	1.200.000,00
Projetos	Área urbana	vb	381.750,00
		Total s	**8.016.750,00**
BAIRRO ZÉ AMÂNDIO			
Ação	**Localização**	**Área/ Extensão**	**Investimento (R$)**
Obras e Projetos			
Retirada e demolição de dispositivos existentes	Área urbana	vb	22.500,00
Limpeza e desobstrução de canais e dispositivos existentes	Área urbana	vb	30.000,00
Implantação de galerias e bueiros	Área urbana	300 m	750.000,00
Implantação de Pontes	Área urbana	700 m²	2.100.000,00
Implantação de infraestrutura básica	Área urbana	16 km	9.600.000,00
Reconstituição da mata ciliar	Área urbana	19.000 m²	98.990,00
Projetos	Área urbana	vb	630.074,50
		Parcial	**R$ 13.231.564,50**
Indenizações			
Indenização ou Desapropriação	Área urbana	53.400 m²	**17.613.000,00**
		Total	**30.844.564,50**
BAIRRO DO CENTRO			
Retirada e demolição de dispositivos existentes	Área urbana	vb	37.500,00
Implantação de galerias e bueiros	Área urbana	500 m	1.250.000,00
Limpeza e desobstrução de canais e dispositivos existentes	Área urbana	vb	50.000,00
Projetos	Área urbana	vb	66.875,00
		Total	**1.404.375,00**
		TOTAL BH-2	**40.265.689,50**

Os custos de infra-estrutura incluem implantação pavimentação, terraplenagem, drenagem, sinalização horizontal e vertical, iluminação pública, e obras complementares/paisagismo.

A reconstituição de mata ciliar considera o plantio de mudas nativas na faixa de preservação determinada no mapa de zoneamento do plano diretor.

Na avaliação dos valores de indenização dos imóveis atingidos, utilizou-se os valores comerciais médios da região com aplicação de um fator de redução de 0,30 de forma a aproximá-los dos valores venais. Durante o desenvolvimento dos projetos executivo, devem ser verificados e ajustados conforme valores venais aplicados pela prefeitura municipal.

6.4. Bacia Hidrográfica 3 – BH3

6.4.1. Características Principais da Bacia

Caracterização do Sistema

A BH3 está completamente inserida no bairro do Centro e abrange uma extensão territorial de cerca de 1.757.601 m². Seu principal curso d'água é o Rio Bombinhas que possui uma extensão de 1.660 m.

A localização da BH3 na área de abrangência do plano de macrodrenagem é apresentada no ANEXO B (planta das bacias do município de Bombinhas).

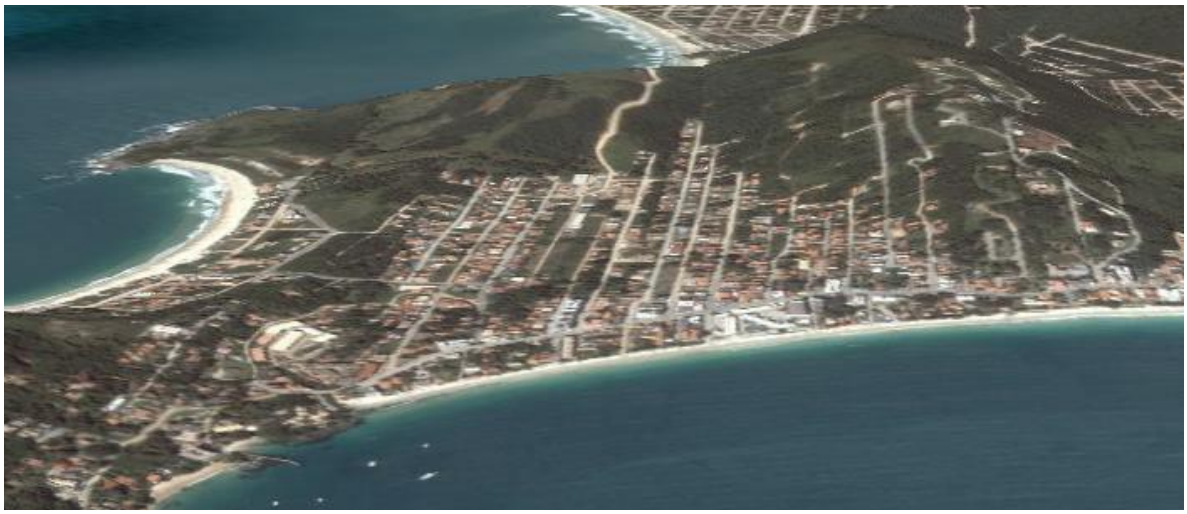


Figura 16– Vista geral da BH3 – Bairro Bombinhas
(Fonte: Google Earth em 20/07/2009)

6.4.2. Sistema Atual de Drenagem

Nesta bacia, os pontos de inundação e maiores prejuízos estão localizados às margens do Rio Bombinhas. Nas demais áreas o sistema de drenagem apresenta desempenho satisfatório não necessitando de intervenções imediatas.

As principais desordens observadas, na bacia do Rio Bombinhas são:

- ✓ Retificação e tubulação dos córregos;



Figura 17– Canalização de afluente do Rio Bombinhas
(Fonte: Unidec)

- ✓ Travessias e canalizações implantadas sem dimensionamento e declividade adequada, não apresentando suficiência hidráulica para a vazão requerida;
- ✓ Estrangulamentos causados pela ocupação do leito e por dispositivos inadequados;
- ✓ Intensa ocupação das margens dos córregos e sobre trechos canalizados;
- ✓ Assoreamento e obstrução dos dispositivos existentes.



Figura 18– Ocupação do leito do Rio Bombinhas
(Fonte: Unidec)



Figura 19– Ocupação do leito de afluente do Rio Bombinhas
(Fonte: Unidec)

Singularidades

Caracterizam-se por singularidades as obstruções existentes ao longo do caminhamento dos córregos e rios. Estas podem ser travessias podem ser de ruas (bueiros, galerias e pontilhões), passarelas e qualquer outro obstáculo existente que dificulte a passagem da vazão afluente a um determinado ponto.

As singularidades encontradas nesta bacia são:

- ✓ Bueiros tubulares de concretos com diâmetros variando entre 40 e 120 cm;
- ✓ Bueiros celulares de concreto com dimensões variáveis, o mais significativo possui 8,00 m de largura por 1,20 m de profundidade;
- ✓ Ponte em concreto armado de 12,50 x 9,50 m.

No ANEXO E são apresentadas as fichas cadastrais e os relatórios fotográficos das principais singularidades da BH3.

Áreas Inundáveis

A BH3 apresenta uma área inundável de aproximadamente 79.134m² e atinge as Ruas Pescada Portuguesa, Jandaia, Salema, Pirapitanga, Surubim, final da Rua Vereador Manoel dos Santos, Peixe Olho de Boi, Pescada Amarela, Pirajica, Peixe Borboleta e Pescada Cumbucu.

A ficha de inundação da área é apresentada no ANEXO D.

O ANEXO C apresenta a mancha de inundação da BH3.

6.4.3. Uso do Solo

A bacia do Rio Bombinhas é caracterizada pela ocupação urbana e pela alta concentração demográfica de sua área.

A área urbana ocupa principalmente os baixios e possui área aproximada de 1.012.233 m² representando 57,6% da área total da bacia. Das bacias estudadas, a BH3, é a que apresenta a menor porcentagem de áreas rurais, sendo de apenas 42,4% da área total da bacia.

6.4.4. Sistema de Esgotamento Sanitário

O sistema de esgotamento sanitário atende as ruas Vereador Manoel José dos Santos, Mafra, Tubarão, Peixe Cobra, Marlin, Olhete, Merlusa, Pampo, Pescada Branca, Parati, Pirajica, Pescada Amarela, Pescada Cambucu, Pescada

Portuguesa, Jandaia, Ilha das Galés, Salema, Pirapitanga, Surubim, Tilápia, Tucunaré, Garoupa, Xarelete, Peixe Camboatá e Piquira. Nos demais locais,e nas área altas a população utiliza sistemas individuais para tratamento e destinação dos efluentes domésticos.

6.4.5. Medidas Estruturais Propostas

A seguir são relacionadas as medidas de controle estruturais para as inundações da BH-3:

- ✓ Limpeza, desobstrução e desassoreamento dos canais e bueiros;
- ✓ Dimensionamento e substituição dos dispositivos que não apresentam suficiência hidráulica;
- ✓ Desocupação/desapropriação dos leitos dos cursos d'água e de suas margens conforme indicado na legislação;
- ✓ Recomposição da mata ciliar;

Para uma avaliação das estruturas de obras de arte corrente e especiais existentes, submetemos a bacia hidrográfica BH 3 a um modelo hidrodinâmico de simulação. Detectaram-se, pontos críticos de enchente no sistema de drenagem urbana da bacia BH-3, tendo como principal curso d'água o Rio Bombinhas, tais como: do assoreamento e dos variados diâmetros das galerias tubulares que drenam as diversas ruas do bairro; da pouca declividade e da falta de capacidade de vazão do canal e das travessias da Avenida Vereador Manoel José dos Santos; do vão da Ponte da mesma Avenida.

Estes pontos estão identificados nas fichas de campo, no ANEXO G e na planificação dos cálculos, conforme ANEXO F.

O cálculo com modelos matemáticos de simulação hidráulica de cotas de enchentes e vazões revelou seções de vazão diferentes das seções existentes, conforme a tabela a seguir:

Tabela 5 – Resumo da Simulação Hidrodinâmica – BH 3

Local	Seção Existente	Seção Calculada	Diagnóstico
Rua Pescada Cambucu	Tubos de diâmetros variados.	Tubos de diâmetro inicial 1,20 m, variando até duplos de 1,50 m de diâmetro	Tubulações sub-dimensionadas; valas e canais de drenagem assoreados; construção irregular nas margens e fundos de vale; grandes áreas impermeabilizadas
Canal do Rio Bombinhas da Rua Salerma até a Avenida Vereador Manoel José dos Santos.	Canal em terra com seção variável e pouca profundidade; tubos e galerias celulares das travessias com seção insuficiente;	Tubos com diâmetro mínimo de 2 x 1,50m; canal revestido em forma de "U" com seção de 2,00 x 1,50 m.	Tubulações sub-dimensionadas; valas e canais de drenagem assoreados; espaço limitado para ampliação do canal; construção irregular nas margens e fundos de vale;
Avenida Vereador Manoel José dos Santos.	Ponte de concreto de 12,50 X 9,50 m	Ponte de concreto armado de 12,00 de vão, comprimento de no mínimo 15,00 e largura de 20,00 m	Ponte baixa, com vão pequeno e largura insuficiente.

6.4.6. Previsão de Investimento

Tabela 6– Previsão de Investimento – BH3

Ação	Localização	Área/ Extensão	Investimento (R$)
Obras e Projetos			
Retirada e demolição de dispositivos existentes	Área urbana	vb	60.750,00
Limpeza e desobstrução de canais e dispositivos existentes	Área urbana	vb	101.250,00
Implantação de galerias e bueiros	Área urbana	810 m	2.025.000,00
Implantação de Pontes	Área urbana	300 m²	900.000,00
Implantação de infraestrutura básica	Área urbana	9 km	5.400.000,00
Reconstituição da mata ciliar	Área urbana	55.000 m²	286.550,00
Projetos	Área urbana	vb	438.677,50
		Parcial	**9.212.227,50**
Indenizações			
Indenização ou Desapropriação	Área urbana	63.000 m²	**25.650.000,00**
		Total	**34.862.227,50**

Os custos de infra-estrutura incluem implantação pavimentação, terraplenagem, drenagem, sinalização horizontal e vertical, iluminação pública, e obras complementares/paisagismo.

A reconstituição de mata ciliar considera o plantio de mudas nativas na faixa de preservação determinada no mapa de zoneamento do plano diretor.

Na avaliação dos valores de indenização dos imóveis atingidos, utilizou-se os valores comerciais médios da região com aplicação de um fator de redução de 0,30 de forma a aproximá-los dos valores venais. Durante o desenvolvimento dos projetos executivo, devem ser verificados e ajustados conforme valores venais aplicados pela prefeitura municipal.

6.5. Bacia Hidrográfica 4 – BH4

6.5.1. Características Principais da Bacia

Caracterização do Sistema

A BH4 está localizada nos Bairros de Zimbros e Sertãozinho e abrange uma extensão territorial de cerca de 4.806.374 m². Seu principal curso d'água é o Rio Passa Vinte que possui uma extensão de 2.922 m.

A localização da BH4 na área de abrangência do plano de macrodrenagem é apresentada no ANEXO B (planta das bacias do município de Bombinhas).



Figura 20 – Vista geral da BH4 – Bairro Zimbros e Sertãozinho

(Fonte: Google Earth em 20/07/2009)

6.5.2. Sistema Atual de Drenagem

Os bairros de Zimbros e Sertãozinho apresentam uma mancha de inundação longo do Rio Passa-Vinte e segundo informações prestadas por moradores algumas áreas passaram a ser afetadas após a canalização de córregos afluente do rio.

Nas fortes chuvas ocorridas em abril de 2009, vários dispositivos foram danificados como é o caso da galeria celular sobre o afluente do Rio Passa-Vinte que teve sua estrutura comprometida e encontra-se parcialmente interditada.

Abaixo são descritas as Não-conformidades observadas:

- ✓ Retificação e tubulação dos córregos;
- ✓ Drenagem superficial existente danificada;



Figura 21 – Tubulação de drenagem superficial desconectada e sem cobrimento

(Fonte: Unidec)

- ✓ Travessias e canalizações implantadas sem dimensionamento e declividade adequada, não apresentando suficiência hidráulica para a vazão requerida;
- ✓ Estrangulamentos causados pela ocupação do leito e por dispositivos inadequados;
- ✓ Ocupação das margens dos córregos e sobre trechos canalizados;



Figura 22 – Casa construída sobre o leiro de afluente do Rio Passa-Vinte
(Fonte: Unidec)



Figura 23– Edificações construídas sobre o leito Rio Passa-Vinte
(Fonte: Unidec)

- ✓ Assoreamento e obstrução dos dispositivos existentes;
- ✓ Infraestrutura deficiente, falta de saneamento básico, urbanização, sistema de coleta e destinação de águas pluviais, etc;



Figura 24– Rua Rio Corumbá – Ausência de infraestrutura básica
(Fonte: Unidec)

Singularidades

As singularidades encontradas nesta bacia são:

- ✓ Bueiros tubulares de concretos, simples e duplos, com diâmetros variando entre 40 e 150 cm;
- ✓ Bueiro duplo celular de concreto 4,00 x altura indefinida;
- ✓ Ponte em concreto armado de 10,00 x 15,00 m.

No ANEXO E são apresentadas as fichas cadastrais e os relatórios fotográficos das principais singularidades da BH4.

Áreas Inundáveis

A BH4 apresenta uma área inundável de aproximadamente 269.282 m² e atinge as Ruas Rio Corumbá, Rio Amazonas, Rio Das Garças, Rio Araguaia, Rio Tietê, Butiá, Laranja e Abacate.

A ficha de inundação da área é apresentada no ANEXO D.

O ANEXO C apresenta a mancha de inundação da BH4.

6.5.3. Uso do Solo

A área urbana ocupa principalmente os baixios e possui área aproximada de 1648.085 m² representando 34,3% da área total da bacia.

A área rural é caracterizada pela ocupação das encostas por florestas e vegetação densa. Possui área aproximada de 3.158.289 m²

6.5.4. Sistema de Esgotamento Sanitário

A bacia do Rio Passa-Vinte – BH4 não conta com sistema público de esgotamento sanitário, sua população urbana utiliza-se de sistemas individuais para destinar e tratar seus efluentes sanitários.

6.5.5. Medidas Estruturais Propostas

A seguir são relacionadas as medidas de controle estruturais para as inundações da BH-4:

- ✓ Limpeza, desobstrução e desassoreamento dos canais e bueiros;
- ✓ Dimensionamento e substituição dos dispositivos que não apresentam suficiência hidráulica;
- ✓ Desocupação/desapropriação dos leitos dos cursos d'água e de suas margens conforme indicado na legislação;
- ✓ Recomposição da mata ciliar;
- ✓ Implantação de infraestrutura básica (viária e saneamento);

Para uma avaliação das estruturas de obras de arte corrente e especiais existentes, submetemos a bacia hidrográfica BH 4 a um modelo hidrodinâmico de simulação. Detectaram-se, pontos críticos de enchente no sistema de drenagem urbana da bacia BH 4, Rio Passa-Vinte, tais como: as galerias tubulares sub-dimensionadas da Rua Rio Amazonas; a tubulação e o canal com locais de

estrangulamento na Rua Rio Corumbá ;a galeria celular 2,00 X 2,00 m na Rua Corumbá.

Estes pontos estão identificados nas fichas de campo, no ANEXO G e na planificação dos cálculos, conforme ANEXO F.

O cálculo com modelos matemáticos de simulação hidráulica de cotas de enchentes e vazões revelou seções de vazão diferentes das seções existentes, conforme a tabela a seguir:

Tabela 7– Resumo da Simulação Hidrodinâmica – BH4

Local	Seção Existente	Seção Calculada	Diagnóstico
Rua Rio Amazonas	Tubos de 0,40 a 1,50 m de diâmetro.	Tubos de 1,80 m de diâmetro	Tubulações sub-dimensionadas; valas e canais de drenagem com retificação irregular e sem revestimento.
Rua Rio Corumbá	Galeria celular 2,00 x 2,00 m	Galeria Celular de 6,00 x 1,50 m	Galeria sub-dimensionada
Rua das Garças	Ponte de concreto de 10,00 X 15,00 m	Ponte de concreto armado de 18,00 X 10,00 m.	Ponte baixa e com vão pequeno

6.5.6. Previsão de Investimento

Tabela 8– Previsão de Investimento – BH4

Ação	Localização	Área/ Extensão	Investimento (R$)
Obras e Projetos			
Retirada e demolição de dispositivos existentes	Área urbana	vb	33.750,00
Limpeza e desobstrução de canais e dispositivos existentes	Área urbana	vb	56.250,00
Implantação de galerias e bueiros	Área urbana	450 m	1.125.000,00

Ação	Localização	Área/ Extensão	Investimento (R$)
Implantação de Pontes	Área urbana	180 m²	540.000,00
Implantação de infraestrutura básica	Área urbana	5 km	3.000.000,00
Reconstituição da mata ciliar	Área urbana	26400 m²	137.544,00
Projetos	Área urbana	vb	244.627,20
		Parcial	**5.137.171,20**
Indenizações			
Indenização ou Desapropriação	Área urbana	46.800 m²	**17.795.700,00**
		Total	**22.932.871,20**

Os custos de infra-estrutura incluem implantação pavimentação, terraplenagem, drenagem, sinalização horizontal e vertical, iluminação pública, e obras complementares/paisagismo.

A reconstituição de mata ciliar considera o plantio de mudas nativas na faixa de preservação determinada no mapa de zoneamento do plano diretor.

Na avaliação dos valores de indenização dos imóveis atingidos, utilizou-se os valores comerciais médios da região com aplicação de um fator de redução de 0,30 de forma a aproximá-los dos valores venais. Durante o desenvolvimento dos projetos executivo, devem ser verificados e ajustados conforme valores venais aplicados pela prefeitura municipal.

0000

6.5.7. Sistema de Esgotamento Sanitário

Os bairros de Canto Grande, Mariscal e Quatro Ilhas não contam com sistema público de esgotamento sanitário, sua população urbana utiliza-se de sistemas individuais para destinar e tratar seus efluentes sanitários.

6.5.8. Medidas Estruturais Propostas

Para a BH5 são propostas as seguintes ações estruturais:

Canto Grande e Mariscal

- ✓ Limpeza, desobstrução e desassoreamento dos canais e bueiros;
- ✓ Dimensionamento e substituição dos dispositivos que não apresentam suficiência hidráulica;

- ✓ Desocupação/desapropriação dos leitos dos cursos d'água e de suas margens conforme indicado na legislação;
- ✓ Recomposição da mata ciliar;
- ✓ Implantação de infra-estrutura básica (sistema de água tratada, esgotamento sanitário, drenagem, coleta de lixo, etc);
- ✓ Implantação de dispositivos de quebra de pressão/velocidade (descida d'água em degraus associada a dissipador de energia) nos terminais das redes de drenagem superficial em substituição às atuais caixas de quebra de pressão e velocidade que encontram-se danificadas. Juntamente com as descidas em degraus podem ser implantadas rampas de acessibilidade para portadores de deficiência física.

Quatro Ilhas

- ✓ Recuperação das voçorocas, com direcionamento da rede de drenagem superficial para o banhado localizado no setor 3;
- ✓ Implantação de infra-estrutura básica (viárias, sistema de água tratada, esgotamento sanitário, drenagem, coleta de lixo, etc).

No bairro de Quatro Ilhas, as ações mais importantes a serem implantadas são as medidas não-estruturais. Estas ações podem determinar a preservação das áreas de restinga onde estão localizadas as voçorocas e das áreas de banhado que como já foi dito desempenham um papel importante na conservação da diversidade biológica e na contenção das águas superficiais.

Para uma avaliação das estruturas de obras de arte corrente e especiais existentes, submetemos a bacia hidrográfica BH 5 a um modelo hidrodinâmico de simulação. Detectaram-se, pontos críticos de enchente no sistema de drenagem urbana da bacia BH 5, Rio Pardo, tais como: as galerias tubulares sub-dimensionadas das ruas dos bairro; a galeria celular 2,00 X altura indefinida (acesso à Mariscal) e galeria celular dupla de 3,50 x 3,00 da Avenida Girassol com a Rua Amor Perfeito.

Estes pontos estão identificados nas fichas de campo, no ANEXO G e na planificação dos cálculos, conforme ANEXO F.

O cálculo com modelos matemáticos de simulação hidráulica de cotas de enchentes e vazões revelou seções de vazão diferentes das seções existentes, conforme a tabela a seguir:

Tabela 9– Resumo da Simulação Hidrodinâmica – BH5

Local	Seção Existente	Seção Calculada	Diagnóstico
Ruas Diversas	Tubos de 0,40 a 1,20 m de diâmetro.	Conforme planilhas do ANEXO F	Tubulações sub-dimensionadas; valas e canais de drenagem com retificação irregular e sem revestimento.
Acesso à Mariscal	Galeria celular 2,00 x altura indefinida m	Ponte de concreto armado de 15,00 X 20,00 m.	Galeria sub-dimensionada e assoreada
Avenida Girassol	Galeria celular dupla 3,50 X 3,00 m	Conforme planilhas do ANEXO F (6,50 x 2,00 m)	Galeria em execução

6.5.9. Previsão de Investimento

Tabela 10– Previsão de Investimento – BH5

Ação	Localização	Área/ Extensão	Investimento (R$)
Obras e Projetos			
Retirada e demolição de dispositivos existentes	Área urbana	vb	168.750,00
Limpeza e desobstrução de canais e dispositivos existentes	Área urbana	vb	281.250,00
Implantação de galerias e bueiros	Área urbana	2.250 m	5.625.000,00
Implantação de Pontes	Área urbana	300 m²	900.000,00
Implantação de infraestrutura básica	Área urbana	25 km	15.000.000,00
Reconstituição da mata ciliar	Área urbana	6.700 m²	34.907,00
Projetos	Área urbana	vb	1.100.495,35
		Parcial	**23.110.402,35**
Indenizações			
Indenização ou Desapropriação	Área urbana	11.900 m²	**4.342.500,00**
		Total	**27.452.902,35**

Os custos de infra-estrutura incluem implantação pavimentação, terraplenagem, drenagem, sinalização horizontal e vertical, iluminação pública, e obras complementares/paisagismo.

A reconstituição de mata ciliar considera o plantio de mudas nativas na faixa de preservação determinada no mapa de zoneamento do plano diretor.

Na avaliação dos valores de indenização dos imóveis atingidos, utilizou-se os valores comerciais médios da região com aplicação de um fator de redução de 0,30 de forma a aproximá-los dos valores venais. Durante o desenvolvimento dos

projetos executivo, devem ser verificados e ajustados conforme valores venais aplicados pela prefeitura municipal.

6.6. Bacia Hidrográfica 6 – BH6

6.6.1. Características Principais da Bacia

Caracterização do Sistema

A BH6 está localizada na parte sudoeste do município, abrangendo uma pequena porção do bairro de Zimbros e a Costeira de Zimbros.

Através do decreto municipal 418/01 a Costeira de Zimbros foi enquadrada como uma ARIE – Área de Relevante Interesse Ecológico, pois abriga alta biodiversidade em função dos diversos ecossistemas pertencentes ao bioma da Mata Atlântica como: manguezais, restinga, costão rochoso e floresta ombrófila densa.

A extensão territorial total da bacia abrange 8.013.353 m² e na área não se identifica um curso d'água principal.

A localização da BH6 na área de abrangência do plano de macrodrenagem é apresentada no ANEXO B (planta das bacias do município de Bombinhas).



Figura 25 – Vista geral da BH-6
(Fonte: Google Earth em 20/07/2009)

6.6.2. Sistema Atual de Drenagem

Mesmo com uma população reduzida a BH-6 apresenta problemas com relação à drenagem e à ocorrência de inundações, conforme descritos a seguir:

- ✓ Córregos assoreados, não permitindo o escoamento da água e formando bacias fechadas;
- ✓ Travessias e canalizações implantadas sem dimensionamento e declividade adequada, muitas vezes pelos próprios moradores;
- ✓ Ocupação irregular nas margens dos córregos e sobre trechos canalizados;



Figura 26– Ocupação do leito do córrego entre as Ruas Rio Tefé e Rio Serra Negra
(Fonte: Unidec)

- ✓ Infraestrutura deficiente, falta de saneamento básico, urbanização, sistema de coleta e destinação de águas pluviais, resíduos sólidos, etc;



Figura 27– Lixo acumulado na ARIE
(Fonte: Unidec)

Singularidades

A singularidade encontrada nesta bacia é:

- ✓ Pontilhão em madeira de 4,50 x 1,50 m.

No ANEXO D são apresentadas as fichas cadastrais e os relatórios fotográficos das principais singularidades da BH6.

Áreas Inundáveis

A BH6 apresenta uma área inundável de aproximadamente 14.145 m² e atinge a Rua Rio Guarupí.

A ficha de inundação da área é apresentada no ANEXO E.

O ANEXO C apresenta a mancha de inundação da BH6.

6.6.3. Uso do Solo

A bacia hidrográfica 6 apresenta uma ocupação predominantemente rural de sua área, sendo que a área urbana representa apenas 0,8% da área total.

A área rural é caracterizada pela ocupação das encostas por florestas e vegetação densa. Possui área aproximada de 7.945.704 m²

6.6.4. Sistema de Esgotamento Sanitário

A população desta área não conta com sistema público de esgotamento sanitário, sua população urbana utiliza-se de sistemas individuais para destinar e tratar seus efluentes sanitários.

6.6.5. Medidas Estruturais Propostas

A seguir são relacionadas as medidas de controle estruturais para as inundações da BH-6:

- ✓ Limpeza, desobstrução e desassoreamento dos canais e bueiros;
- ✓ Dimensionamento e substituição dos dispositivos que não apresentam suficiência hidráulica;
- ✓ Desocupação/desapropriação dos leitos dos cursos d'água e de suas margens conforme indicado na legislação;
- ✓ Recomposição da mata ciliar e restinga;
- ✓ Implantação de infra-estrutura básica (sistema de água tratada, esgotamento sanitário, drenagem, coleta de lixo, etc).

Além das medidas estruturais, devem ser implementadas políticas de preservação da área da ARIE para proteção dos ecossistemas ali existentes, além de uma intensiva fiscalização para inibir o avanço da urbanização e a contaminação da água e solo decorrentes do lançamento resíduos (lixo) e efluentes domésticos não tratados.

Para uma avaliação das estruturas de obras de arte corrente e especiais existentes, submetemos a bacia hidrográfica BH 6 a um modelo hidrodinâmico de simulação. Detectaram-se, pontos críticos de enchente no sistema de drenagem urbana da bacia BH 6, tais como: as galerias tubulares sub-dimensionadas das ruas do bairro; pontilhão de madeira entre as Rua Rio Serra Negra e Rio Tefé.

Estes pontos estão identificados nas fichas de campo, no ANEXO G e na planificação dos cálculos, conforme ANEXO F.

O cálculo com modelos matemáticos de simulação hidráulica de cotas de enchentes e vazões revelou seções de vazão diferentes das seções existentes, conforme a tabela a seguir:

Tabela 11– Resumo da Simulação Hidrodinâmica – BH6

Local	Seção Existente	Seção Calculada	Diagnóstico
RUAs diversas	Tubos de 0,40 a 1,20 m de diâmetro.	Conforme planilhas do ANEXO F	Tubulação das travessias sub-dimensionadas, canal com retificação irregular e sem revestimento.
Rio Serra Negra e Rio Tefé	Pontilhão de madeira 4,50 x 1,50	Tubos de 2,20 m	Galeria sub-dimensionada

6.6.6. Previsão de Investimento

Tabela 12– Previsão de Investimento – BH6

Ação	Localização	Área/ Extensão	Investimento (R$)
Obras e Projetos			
Retirada e demolição de dispositivos existentes	Área urbana	vb	27.000,00
Limpeza e desobstrução de canais e dispositivos existentes	Área urbana	vb	45.000,00
Implantação de galerias e bueiros	Área urbana	360 m	900.000,00
Implantação de infraestrutura básica	Área urbana	4 km	2.400.000,00
Reconstituição da mata ciliar	Área urbana	5.280 m²	27.508,80
Projetos	Área urbana	vb	169.975,44
		Parcial	**3.569.484,24**
Indenizações			
Indenização ou Desapropriação	Área urbana	6.700 m²	**2.677.500,00**
		Total	**6.246.984,24**

Os custos de infra-estrutura incluem implantação pavimentação, terraplenagem, drenagem, sinalização horizontal e vertical, iluminação pública, e obras complementares/paisagismo.

A reconstituição de mata ciliar considera o plantio de mudas nativas na faixa de preservação determinada no mapa de zoneamento do plano diretor.

Na avaliação dos valores de indenização dos imóveis atingidos, utilizou-se os valores comerciais médios da região com aplicação de um fator de redução de 0,30 de forma a aproximá-los dos valores venais. Durante o desenvolvimento dos projetos executivo, devem ser verificados e ajustados conforme valores venais aplicados pela prefeitura municipal.

7. PLANO DE AÇÃO

Uma vez definidas as intervenções necessárias para minimizar o efeito das inundações, é possível propor um plano de ação que permita a implementação das melhorias propostas, através do ordenamento lógico das atividades.

O plano consiste, portanto, na previsão do conjunto de atividades necessárias e suficientes à efetiva materialização das melhorias pretendidas para o município de Bombinhas.

Estas atividades são fundamentalmente de três naturezas:

1. formal-institucionais;
2. estudos e projetos e;
3. execução física das obras.

Dentro dos eventos formal-institucionais podemos destacar os seguintes eventos e atividades:

a) Aprovação e implementação da revisão do Plano Diretor;

b) Reformulação do Código de obras do município incorporando as áreas de preservação dos leitos dos rios (identificadas no plano diretor e plano de macro drenagem) e limitando sua ocupação, prevendo cotas mínimas de construção nas áreas sob risco de inundação, incentivando a ocupação de áreas seguras e aplicação de penalidades para a ocupação de áreas de risco;

c) Alvarás e licenças municipais para a implantação das obras;

d) Licenciamento ambiental;

e) Elaboração e aprovação de Decretos de Desapropriações e de Utilidade Pública para as áreas dos projetos;

f) Desapropriação de terrenos e edificações;

g) Montagem de editais e licitação de contratação de estudos, projetos e contratação de obras;

Quanto aos estudos e projetos:

a) Elaboração de Estudos Ambientais;

b) Elaboração dos projetos executivos para as obras propostas e;

c) Elaboração dos cadastros e projetos de indenizações/desapropriações.

Quanto à execução física das obras:

a) Execução das obras de infra-estrutura;

b) Execução das obras de macrodrenagem.

Para dar efetividade ao plano de ação, são apresentados dois instrumentos de gestão, que fornecerão informações relativas ao ordenamento cronológico das atividades e eventos necessários à implementação do Plano de Macrodrenagem e uma previsão de investimentos necessários para a sua execução.

O estabelecimento da cronologia das atividades e eventos previstos para a implantação do Plano de Macrodrenagem está condicionado as seguintes fases temporais:

a) FASE 1: BH1 e BH6

Início da implementação das ações em bacias com menor concentração demográfica e com problemas de drenagem de ordem mediana

favorece a formação da mão-de-obra e aceitação da população para as mudanças propostas.

b) FASE 2: BH2 e BH3

As intervenções desta fase são aplicadas nas áreas de maior concentração demográfica e por conseqüência com maiores problemas com inundações. Nesta etapa as equipes multidisciplinares já devem estar completamente preparadas para a implantação das ações tanto estruturais e não estruturais, pois será a etapa de maior impacto social.

c) FASE 3: BH4 e BH5

Correspondem as ações complementares que garantirão o atendimento das necessidades de toda a população do município em relação a drenagem e as inundações.

A partir do estabelecimento destes três Marcos Temporais, e considerando a interdependências entre as diversas atividades e eventos já listados, foi proposto um cronograma geral de implantação do Plano de Macrodrenagem do município de Bombinhas apresentado no Anexo H e um orçamento preliminar apresentado no ANEXO I.

As fases de implantação do plano de macrodrenagem aqui propostas servem apenas como sugestão, pois estão condicionadas aos recursos financeiros disponíveis.

8. PROGRAMAS COMPLEMENTARES RECOMENDADOS

As propostas do Plano de Macrodrenagem, para serem efetivas, dependem da implantação de programas complementares. Embora esses programas não sejam objeto de estudo deste plano, são citados a seguir a título de recomendação.

Cadastro do sistema de drenagem

O conhecimento do sistema de drenagem é fundamental para o planejamento das ações que visam a redução das inundações. No desenvolvimento do Plano de

Macrodrenagem, uma das maiores dificuldades enfrentadas foi o levantamento de dados sobre o sistema de drenagem existente.

Para a modelagem do sistema de macrodrenagem foram utilizados dados coletados em campo no caso de canais abertos, mas, no caso dos canais fechados, esse trabalho teria de ser realizado através de técnicas especiais, o que não foi possível dentro do escopo deste trabalho.

O cadastro deve contemplar o levantamento planimétrico cadastral de faixas ao longo dos rios e o cadastro especial de canais fechados. Recomenda-se que esse cadastro abranja, no mínimo, o sistema de macrodrenagem aqui estudado e que seja iniciado pelos rios principais, nos trechos onde se localizam os principais pontos críticos.

O cadastro do sistema de drenagem pode ser efetuado durante a execução do projeto executivo, como subsídio à elaboração dos projetos e cálculos.

Desenvolvimento de Projetos Básicos e Executivos

Como os valores de vazões foram obtidos através de modelo hidrodinâmico de simulação, com variáveis muito dispersas e empíricas, mesmo fazendo-se uma comparação destes resultados com planilhas de cálculo, alguns valores podem sofrer variação. Portanto, para que o programa de obras proposto pelo Plano de Macrodrenagem seja viabilizado é recomendável iniciar os trabalhos de detalhamento das soluções com o desenvolvimento prévio dos projetos básicos e executivos.

Detalhamento dos Estudos de Impacto Ambiental

O Plano de Macrodrenagem prevê intervenções que certamente afetam o meio ambiente do município de Bombinhas. Para que o plano seja concretizado de maneira a atender seus objetivos, com um mínimo de impactos negativos, é recomendável o detalhamento dos estudos de impacto ambiental simultaneamente ao desenvolvimento dos projetos básicos e executivos

Recomenda-se que o Plano de Macrodrenagem seja submetido aos órgãos ambientais e que sejam requeridas, junto a estes órgãos, as diretrizes para o licenciamento ambiental das obras e ações propostas.

Capacitação dos Técnicos do Município

Embora a capacitação já tenha sido citada no capítulo de ações não-estruturais ela é fundamental para o sucesso de qualquer ação a ser implementada. Deve incluir todo o pessoal da secretaria de obras, departamento de meio ambiente e assistência social.

Outros Programas

Além dos programas citados, recomenda-se:

- ✓ Programa de manutenção do sistema de drenagem;
- ✓ Programa de melhoria de qualidade das águas urbanas;
- ✓ Divulgação do Plano Diretor e;
- ✓ Programa de Educação Ambiental;
- ✓ O cálculo de cotas de máxima enchente para cada bacia hidrográfica do município;
- ✓ Soluções de dispositivos de drenagem de concepções mais modernas que permitam ganho de cota para o lançamento das águas pluviais;
- ✓ Alargamento de canais existentes;
- ✓ A construção de bacias de retenção/acumulação a montante dos pontos de enchentes;
- ✓ A obrigatoriedade da construção de reservatórios de águas pluviais nos novos empreendimentos, criando uma “permeabilidade artificial” para o retardamento e abatimento dos níveis de água das vazões máximas nos canais de macrodrenagem.

ANEXOS

ANEXO A

MAPA GEOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE BOMBINHAS

ANEXO B

PLANTA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

ANEXO C

MANCHAS DE INUNDAÇÃO

ANEXO D

FICHAS DE INUNDAÇÃO

ANEXO E

FICHAS DE CADASTRO DE SINGULARIDADES

ANEXO F

PRÉ-DIMENSIONAMENTO - PLANILHAS DE SIMULAÇÃO

ANEXO G

PRÉ-DIMENSIONAMENTO – PLANTAS

ANEXO H

CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO

ANEXO I

ORÇAMENTO PRELIMINAR