



PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE

SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CACHOEIRA

NT - NOTA TÉCNICA CENÁRIOS HIDROLÓGICOS E SELEÇÃO DE MEDIDAS PARA GESTÃO DA DRENAGEM URBANA



Consórcio

ENGECORPS ♦ HIDROSTUDIO ♦ BRLI

Junho/2009

951-PMJ-PDC-NT-P004
Rev. 0/A

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE
SECRETARIA DE ADMINISTRAÇÃO

**Plano Diretor de Drenagem Urbana – PDDU – da Bacia Hidrográfica do Rio
Cachoeira no Município de Joinville**

NT – NOTA TÉCNICA

***CENÁRIOS HIDROLÓGICOS E SELEÇÃO DE
MEDIDAS PARA GESTÃO DA DRENAGEM
URBANA***

CONSÓRCIO ENGECORPS ♦ HIDROSTUDIO ♦ BRLi

951-PMJ-PDC-NT-P004

Junho / 2009

ÍNDICE

	PÁG.
1. INTRODUÇÃO	4
2. CONCEITOS BÁSICOS	4
2.1 AS SOLUÇÕES EM DRENAGEM URBANA.....	4
2.2 GRAU DE PROTEÇÃO	9
3. ESTRATÉGIA DE DECISÃO	13
4. BIBLIOGRAFIA	14

ÍNDICE DE QUADROS

	PÁG.
TABELA 2.1 AUMENTO DA CONDUTIVIDADE	7
TABELA 2.2 ARMAZENAMENTO DAS ÁGUAS.....	7
TABELA 2.3 MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS.....	8
TABELA 2.4 RISCO EM FUNÇÃO DA VIDA ÚTIL E DO PERÍODO DE RETORNO.....	11
TABELA 2.5 TIPOS DE OBRA E PERÍODO DE RETORNO DE ACORDO COM A PREFEITURA DE SÃO PAULO.....	11
TABELA 2.6 PERÍODOS DE RETORNO DE VIDA ÚTIL DE OBRAS DE DRENAGEM DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO	12
TABELA 2.7 PERÍODOS DE RETORNO PARA DIFERENTES OCUPAÇÕES DA ÁREA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS	12
TABELA 2.8 RECOMENDAÇÕES PARA PERÍODO DE RETORNO CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS URBANAS DA FRANÇA – CERTU	12
TABELA 2.9 NORMA DA UNIÃO EUROPÉIA EM 752-2 (2000).....	13

1. INTRODUÇÃO

Esta nota técnica tem por objetivo apresentar considerações sobre critérios de seleção de alternativas de soluções para a gestão de drenagem urbana, incluindo os aspectos técnicos e econômicos envolvidos.

Estas considerações visam estabelecer uma estratégia metodológica para condução do processo de tomada de decisão com relação às soluções mais apropriadas, sob o ponto de vista técnico, socioeconômico e ambiental, a serem aplicadas ao município de Joinville, no âmbito do Plano Diretor de Drenagem Urbana.

2. CONCEITOS BÁSICOS

O sistema de drenagem faz parte do conjunto de melhoramentos públicos existentes em uma área urbana, assim como as redes de água, de esgotos sanitários, de cabos elétricos e telefônicos, além da iluminação pública, pavimentação de ruas, guias e passeios, parques, áreas de lazer, e outros.

Em relação aos outros melhoramentos urbanos, o sistema de drenagem tem uma particularidade: o escoamento das águas das tormentas sempre ocorrerá, independente de existir ou não sistema de drenagem adequado. A qualidade desse sistema é que determinará se os benefícios ou prejuízos à população serão maiores ou menores.

Outra característica, de certo modo única, do sistema de drenagem é a sua solicitação não permanente, isto é durante e após a ocorrência de tormentas, contrastando com outros melhoramentos públicos que são essencialmente de uso contínuo.

Dois fatores são tomados como referência no planejamento e no detalhamento de medidas de gestão da drenagem urbana, e que devem fazer parte do conjunto de informações que baseiam a tomada de decisão do 'que fazer' e do 'como fazer': o modelo de solução mais adequado e o nível de proteção a ser perseguido.

Enquanto o primeiro envolve aspectos como exequibilidade técnica das soluções, alterações na cultura urbana, aceitação por parte da população e existência de instrumentos institucionais que permitam sua implantação, o segundo é facilmente ligado a aspectos puramente econômicos, como a relação benefício custo ideal ou a melhor taxa de retorno dos investimentos da comunidade.

Para melhor caracterizar este enfoque, apresenta-se a seguir alguns conceitos básicos.

2.1 AS SOLUÇÕES EM DRENAGEM URBANA

Os princípios que nortear os programas de drenagem urbana são os seguintes:

- ✓ O sistema de drenagem é parte do sistema ambiental urbano;

- ✓ O sistema de drenagem pode ser encarado simplesmente como parte da infra-estrutura urbana ou como um meio para alcançar metas e objetivos em termos mais abrangentes;
- ✓ A urbanização e os problemas de inundações sofrem um processo de retro-alimentação: uma vez que uma área tem um problema solucionado, minimizando danos e prejuízos devido a inundações, tem suas propriedades e sua ocupação valorizadas, elevando eventuais danos e prejuízos que venham a ocorrer no caso de solicitações que superem a nova capacidade do sistema de drenagem
- ✓ Drenagem é um problema de destinação de espaço (o volume de água presente em um dado instante numa área urbana não pode ser comprimido ou diminuído é, portanto, uma demanda de espaço que deve ser considerada no processo de planejamento);
- ✓ Se o armazenamento natural é reduzido pela urbanização ou outros usos do solo sem as adequadas medidas compensatórias, as águas das enchentes buscarão outros espaços para seu trânsito, podendo atingir inevitavelmente locais em que isso não seja desejável;
- ✓ As várzeas dos rios e córregos são áreas de armazenamento natural. As várzeas, embora estejam com menor frequência sob as águas, fazem parte dos cursos naturais, tanto quanto a sua calha principal. Por esta razão, em geomorfologia a várzea também recebe a denominação de leito maior ou secundário;
- ✓ As funções primárias de um curso d'água e de sua várzea associada são a coleta, armazenamento e veiculação das vazões de cheias. Essas funções não podem ser relegadas a um plano secundário em favor de outros usos que se possa imaginar para as várzeas, sem a adoção de medidas compensatórias normalmente onerosas. Respeitada essa restrição, as várzeas têm a potencialidade de contribuir para a melhoria da qualidade da água e do ar, a manutenção de espaços abertos, a preservação de ecossistemas importantes e acomodação de redes de sistemas urbanos adequadamente planejados;
- ✓ Ao tratar as águas do escoamento superficial direto de uma área urbana como recurso, ou quando se cogitar a utilização de bacias de retenção, deve ser dada atenção aos aspectos da qualidade dessas águas. Estes, por sua vez, estão relacionados com as práticas de limpeza das ruas, coleta e remoção de lixo e detritos urbanos, ligação clandestina de esgotos na rede de galerias, coleta e tratamento de esgoto e regulamentação do movimento de terras em áreas de desenvolvimento, tendo em vista o controle de erosão e, conseqüente, carga de sedimentos;
- ✓ As medidas de controle de poluição são parte integrante e indissociável de um plano de drenagem pois o controle da poluição das águas é essencial para que sejam alcançados os benefícios potenciais que podem oferecer os cursos d'água urbanos e suas várzeas.

O atual estágio de evolução da gestão da drenagem urbana contempla três partidos para tratamento da quantidade das águas do escoamento superficial direto em áreas urbanas e seus efeitos sobre a população: o aumento da condutividade e o armazenamento, normalmente

reunidos sobre um título único, denominado de 'medidas estruturais', e as reformas institucionais e organizacionais, também denominadas de 'medidas não estruturais'.

- ✓ **Aumento da Condutividade Hidráulica:** consiste na implantação de novas canalizações ou no aumento das existentes para garantir o imediato e rápido transporte dessas águas até o ponto de despejo, a fim de minimizar os danos e interrupções das atividades dentro da área de coleta. Em relação à condição anterior à sua implantação, os sistemas projetados dentro deste enfoque tendem a aumentar as vazões veiculadas, bem como os níveis e as áreas de inundações a jusante. Do ponto de vista de manutenção, esses sistemas exigem limpeza periódica a fim de que possam funcionar de forma eficiente e de maneira a garantir as condições previstas nos projetos. É comum entender como "limpeza", também a remoção de vegetações arbustivas ribeirinhas, no caso de canais em terra, ou as obras de desassoreamento.
- ✓ **Armazenamento das Águas:** preconiza sempre que possível a manutenção das várzeas existentes, cuja função é a de realizar o armazenamento temporário das águas de escoamento superficial direto no ponto de origem, ou próximo deste, e subsequente liberação mais lenta dessas águas para jusante no sistema de galerias ou canais. Este enfoque minimiza os danos e a interrupção das atividades tanto dentro da área de influência imediata quanto a jusante. É adequado para áreas em fase de desenvolvimento urbano mas pode ser utilizado em áreas já urbanizadas se existirem locais adequados para a implantação de armazenamentos superficiais ou subterrâneos. Exige do ponto de vista de manutenção, remoção sistemática de sedimentos, lodos orgânicos, lixos e detritos urbanos, assim como controle de insetos, ratos e ervas daninhas, em especial nos armazenamentos maiores, conectados a cursos d'água, utilizados indiscriminadamente como receptores de esgotos domésticos e industriais e de lixos e detritos urbanos, ou que apresentem intenso transporte de sedimentos. Pelo fato de reter lixos e sedimentos, melhora a qualidade da água a jusante.
- ✓ **Medidas Não estruturais:** são representadas, basicamente, por medidas institucionais, sociais e culturais, e envolvem desde o controle do uso e ocupação do solo (nas várzeas e nas bacias) até a diminuição da vulnerabilidade dos ocupantes das áreas de risco dos efeitos das inundações, através da busca de maneiras para que estas populações passem a conviver de forma harmoniosa com as cheias. As medidas não estruturais envolvem mudanças de aspectos de natureza cultural, que impõem, para o sucesso da implantação das medidas, a implementação de programas de reforma institucional e disseminação da educação ambiental. A inexistência do suporte de medidas não estruturais é apontada, atualmente, como uma das maiores causas de problemas de drenagem nos centros mais desenvolvidos.

As Tabelas 2.1 a 2.3 ilustram as medidas típicas empregadas nos três partidos acima expostos:

TABELA 2.1
AUMENTO DA CONDUTIVIDADE

MEDIDA	FUNÇÃO	VANTAGENS E DESVANTAGENS	GERENCIAMENTO.
Execução ou modificações de canais ou de galerias.	Conduzir as vazões em canais menores que os naturais, com níveis d'água mais baixos que os naturais.	Reduzir as inundações na área canalizada. Podem aumentar as inundações a jusante, devido ao menor armazenamento e a eventual maior velocidade no canal artificial.	Altera o regime e a qualidade e deve ser submetida a outorga. (*)
Desvio da região sujeita a inundações. (túneis, galerias).	Permite o desvio do pico da cheia da área afetada.	Beneficiam a área afetada pelas inundações porém podem aumentar as inundações a jusante ou em outras bacias (no caso de transposição de bacias).	Altera o regime e a qualidade e deve ser submetida a outorga. (*)
Diques e muros (polders).	Impede a entrada de água de córregos ou rios em áreas adjacentes baixas, em geral na própria várzea urbanizada.	Beneficia a área afetada. Reduz o efeito de laminação de cheias da área inundada, aumentando as cheias a jusante. Requer permanente manutenção, para evitar inundações catastróficas.	Altera principalmente a quantidade e deve ser submetido a outorga. (*)
Alterações em pontes e travessias.	Procura eliminar os efeitos de remanso para montante, que podem contribuir para inundações.	Pequenas intervenções podem trazer um benefício apreciável. Deve ser considerado que a redução do armazenamento provoca aumento das vazões a jusante.	Altera o regime e a qualidade e deve ser submetida a outorga. (*)

TABELA 2.2
ARMAZENAMENTO DAS ÁGUAS

MEDIDA	FUNÇÃO	VANTAGENS E DESVANTAGENS	GERENCIAMENTO.
Bacias de retenção e detenção	Laminar as cheias de rios e córregos urbanos.	Beneficiam a área a jusante afetada pelas inundações. Podem criar uma falsa segurança, induzindo a população a invadir áreas anteriormente sujeitas a inundações.	Deve ser submetido a outorga. (*) No Brasil, considerações sobre a qualidade d'água, podem desaconselhar a sua execução.
Bacias de sedimentação.	Tem por finalidade principal evitar o rápido assoreamento do córrego a jusante.	Reduz o assoreamento dos canais a jusante. Requer permanente manutenção.	Deve ser submetido a outorga. (*)
Bacias tipo "wet land " (banhados)	Melhoria da qualidade d'água a jusante, funcionando como uma espécie de filtro biológico.	Melhoria da qualidade d'água. Requer permanente manutenção. (o emprego destes dispositivos é ainda incipiente).	Deve ser submetido a outorga. (*)
Os sistemas de Infiltração	Dirigir a parcela inicial do escoamento superficial para um sistema de filtros que conduzirá uma parte do escoamento para o sub solo.	Redução do escoamento superficial e melhoria da qualidade d'água. Requer permanente manutenção. (existem incertezas acerca dos custos de construção e manutenção).	Deve ser submetido a outorga. (*)

TABELA 2.3
MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

MEDIDA	FUNÇÃO	VANTAGENS E DESVANTAGENS	GERENCIAMENTO
Preservação da várzea.	Reservar área sujeita a inundações, para um uso compatível com a sua vocação.	São evitados danos materiais, à saúde pública e outros transtornos, porém renuncia-se a sua ocupação para atividades econômicas. Reduz a poluição difusa. Altera o regime das águas.	Lei de zoneamento, lei de ocupação do solo, leis sanitárias e do código de obras. Pode ser submetida a outorga. (*)
O controle do uso do solo em toda a bacia hidrográfica	Minora o impacto negativo no escoamento superficial, tanto do ponto de vista de qualidade quanto de quantidade.	São diminuídos os custos dos dispositivos de drenagem e reduzida a poluição difusa. Altera o regime e a qualidade das águas.	Lei de zoneamento, lei de ocupação do solo, leis sanitárias e do código de obras. O parcelamento do solo também pode ser submetido a outorga. (*)
O seguro inundação	Cobrir os danos financeiros causados pelas inundações.	Desobriga o segurado de constituir um fundo para cobrir eventuais danos de inundações. Esse tipo de medida contribuiu, fortemente, para disseminar nos EUA a delimitação e a regulamentação das áreas sujeitas a inundação.	Não está disponível no Brasil para áreas sujeitas a inundações frequentes. Depende de decisão política para a sua implementação e provavelmente impõe subsídios aos prêmios dos seguros.
Estruturas a prova de inundação	Impede a entrada d'água ou danos em residências, edifícios comerciais e industriais.	Mitiga os impactos das inundações em uma estrutura ou um conjunto de estruturas. Os transtornos nas áreas adjacentes permanecem.	Não é política das cidades brasileiras fornecer orientação para a execução destas medidas. Pode ser implantada por iniciativa do Comitê de Bacia.
Relocação e demolição de estruturas	Diminuir os impactos nas inundações de estruturas responsáveis por perdas de carga importantes e por razões de segurança (debilidade das estruturas afetadas)	Reduz os impactos das inundações, sendo uma oportunidade de desenvolvimento das áreas sujeitas a inundação, transformando-as em áreas de lazer, melhorando o meio ambiente e a qualidade de vida.	Um mecanismo de implementação é a delimitação das áreas inundáveis. Deve ser implementado por iniciativa do Município.
O tratamento de encostas e áreas baixas.	Reduzir o potencial erosivo do escoamento nas encostas e o assoreamento de áreas baixas.	Reduz a erosão e assoreamento dos canais. (técnicas de proteção de baixo custo vêm sendo desenvolvidas pelo I.P.T. (SANTOS,1999))	O código de obras municipal regulamenta movimentação de terras, execução de loteamentos, etc.
Programa de manutenção e inspeção.	Fazer os sistemas de drenagem funcionarem conforme o planejado.	Assegura que a estrutura opere conforme o planejado e faz com que os proprietários das propriedades próximas sejam encorajados a executar melhorias em suas propriedades.	Atualmente, na maioria dos casos, é uma função exercida pelos Municípios. Pode ser uma atividade coordenada pelo Comitê de Bacia.
Um Programa de ação emergencial.	Mitigar os danos, as ameaças à vida e à saúde que ocorrem antes, durante e depois de inundações.	Estabelece condições de convivência da comunidade com as inundações.	Pode ser uma atividade coordenada pelo Comitê de Bacia.
Manual de Drenagem Urbana	Coleção de enfoques, técnicas de análise e procedimentos, com vistas ao fornecimento de subsídios para a elaboração de um programa de controle da drenagem urbana.	Ajuda os profissionais responsáveis pela fiscalização, o projeto, e empresários, deixando claro, para todos os elementos envolvidos, quais são os requisitos para o controle da drenagem urbana.	Pode ser uma atividade de iniciativa do Comitê de Bacia.
Educação Ambiental	Auxiliar no entendimento da necessidade da drenagem urbana, do seu funcionamento, de suas necessidades de manutenção, etc..	Melhoria da performance da drenagem urbana como um todo e melhoria da qualidade de vida da população.	Pode ser uma atividade coordenada pelo Comitê de Bacia.

É consenso entre os pesquisadores e especialistas no assunto, que as medidas de caráter puramente estrutural, assim como aquelas de caráter totalmente institucional não são capazes, por si só, de atenderem a finalidade principal de um sistema de drenagem urbana, que é a de permitir a sustentabilidade ambiental das bacias hidrográficas urbanizadas.

Isto se dá porque existem dificuldades tecnológicas e operacionais em todos os três partidos, que exige uma análise multicriterial, onde alguns aspectos de avaliação são de difícil quantificação e por vezes totalmente subjetivos.

Tome-se como exemplo a solução muito em voga nas grandes cidades como Joinville, que é a da restauração das várzeas através da implantação de parques lineares. Em termos tecnológicos, esta solução representa um desafio grande pois o projeto deve conciliar a alocação de espaço para os volumes a serem escoados com o conceito de escoamento lento e armazenamento. Em zonas urbanas densamente habitadas, isto significa a desocupação de áreas de baixo valor, usualmente ocupadas por populações com poucos recursos, a sua manutenção ao longo do tempo, com fiscalização para evitar nova ocupação (falsa sensação de segurança).

Durante os eventos de cheia, estas áreas ficam inacessíveis, as vez por dias, com a interrupção do tráfego rotineiro, o que exigirá a construção de pontes ou passarelas e etc. Após os eventos de cheia, estas áreas precisam ser limpas e restauradas novamente, o que implicará em novas demandas sobre os sistemas municipais de manutenção e limpeza. O sistema de coleta de resíduos sólidos deve ser aperfeiçoado pois o lixo deixado sobre a rua irá se acumular nestas áreas, aumentando a proliferação de insetos e outros animais daninhos. Para que a capacidade de armazenamento não se torne insuficiente com o tempo, serão necessárias alterações no padrão de construções da cidade, com o emprego voluntário ou compulsório de dispositivos de retenção de água, facilitação da infiltração, pavimentos permeáveis e etc, que exigirão alterações estruturais na cultura urbana local e assim por diante

Na verdade, uma combinação de medidas dos três partidos expostos pode levar a resultados mais interessantes, e somente a compreensão e o interesse da população no significado das medidas propostas e sua disposição para implanta-las, aliados a uma análise econômica, podem apontar o conjunto de soluções mais apropriado.

2.2 GRAU DE PROTEÇÃO

Um sistema de drenagem urbana é, na verdade, composto por dois sistemas distintos, projetados sob critérios diferenciados: o Sistema Inicial de Drenagem (Micro-drenagem) e o Sistema de Final (Macro-drenagem).

O Sistema de Micro-drenagem ou Inicial, é aquele composto pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, rede de galerias de águas pluviais e, também, canais de pequenas dimensões. Esse sistema é em geral dimensionado para o escoamento de vazões de 2 a 10 anos de período de retorno. Quando bem projetado, e com manutenção adequada, praticamente

elimina as inconveniências ou as interrupções das atividades urbanas que advém das inundações e das interferências de enxurradas.

Já o Sistema de Macro-drenagem é constituído, em geral, por canais (abertos ou de contorno fechado) de maiores dimensões, projetados em geral para vazões de 25 a 100 anos de período de retorno. Do seu funcionamento adequado depende a prevenção ou minimização dos danos às propriedades, à saúde e eventualmente perdas de vida das populações atingidas, seja em consequência direta das águas, seja por doenças de veiculação hídrica.

A escolha do Período de Retorno para projeto de determinada obra de drenagem é feita em função do tipo e da importância da mesma para a população que a utiliza, e em função da sua localização e do seu entorno.

Período de retorno é o inverso da probabilidade de um determinado evento hidrológico ser igualado ou excedido em um ano qualquer. Ao se decidir, portanto, que uma obra será projetada para uma vazão com período de retorno T anos, automaticamente, decide-se o grau de proteção conferido à população. Trata-se, portanto, de escolher qual o “risco aceitável” pela comunidade.

Destacam-se aqui alguns fatores que devem ser ponderados nessa escolha:

- ✓ Densidade de população da região;
- ✓ Volume de tráfego do sistema viário do local;
- ✓ Proximidade de equipamentos públicos ou comunitários como escolas, hospitais, estádios, estações ferroviárias ou de metrô, terminais de ônibus, aeroportos, “shoppings”, etc.;
- ✓ Tipo de obra;
- ✓ Porte da obra;
- ✓ Recursos financeiros envolvidos no empreendimento.
- ✓ Relação Custo x Benefício do investimento

Em termos técnicos, o grau de proteção proporcionado por um sistema de drenagem urbana é o risco de falha deste sistema, ou seja, possibilidade deste sistema vir a falhar pelo menos uma vez durante sua vida útil. Esse conceito leva em conta que a obra, projetada para suportar um evento de probabilidade P, onde $P=1/T$, expõe-se a cada ano, a uma probabilidade $1/T$ de vir a falhar. É intuitivo que, ao longo de sua vida útil, essa obra terá um risco de falha maior do que $1/T$, porque ficará exposta, repetidamente, a essa probabilidade de insucesso.

A Tabela 2.4, deduzida da teoria das probabilidades, apresenta o risco de falha de um sistema em função de valores usuais de período de retorno e vida útil adotados nos sistemas de gestão de drenagem urbana.

TABELA 2.4
RISCO EM FUNÇÃO DA VIDA ÚTIL E DO PERÍODO DE RETORNO

<i>T</i> (ANOS)	VIDA ÚTIL DA OBRA (ANOS)				
	2	5	25	50	100
2	75	97	99,9	99,9	99,9
5	36	67	99,9	99,9	99,9
10	19	41	93	99	99,9
25	25	18	64	87	98
50	40	10	40	64	87
100	2	5	22	39	63
500	0,4	1	5	9	18

A análise da Tabela mostra que, para uma vida útil de 50 anos (normal para obras de drenagem urbana), os riscos são praticamente de 100% de ocorrer pelo menos uma falha em obras de microdrenagem, e permanecem ainda razoavelmente altos para obras de macrodrenagem.

Este conceito é de difícil compreensão para a população, que espera a ‘solução definitiva dos problemas de inundação’ e em geral, não se dá conta do grau de risco admitido no planejamento.

Na realidade do cenário brasileiro, observa-se o emprego de diversos critérios para definição do período de retorno, que passam desde as recomendações dos organismos normalizadores, institutos de pesquisa, agentes de financiamento até as análises de custo x benefício tomando-se em conta os dados gerados por potenciais falhas de projeto.

Nas Tabelas 2.5 a 2.9 são resumidos alguns dos critérios aplicados no Brasil e no Exterior para definição do grau de proteção.

TABELA 2.5
TIPOS DE OBRA E PERÍODO DE RETORNO DE ACORDO COM A PREFEITURA DE SÃO PAULO

<i>Descrição</i>	<i>Classificação</i>	<i>Período de Retorno</i>
Arranjos e complexos viários	Alto impacto	T_R
	Médio impacto	T_{25}
	Baixo impacto	T_{10}
Pontes, viadutos e passagem subterrâneas	Alto impacto	T_R
	Médio impacto	T_{25}
	Baixo Impacto	T_{10}
Passarelas de pedestres	Alto impacto	T_{10}
	Médio impacto	T_{10}
Obras de Contenção e Estabilização	Alto impacto	T_{25}
	Médio impacto	T_{10}
	Baixo impacto	T_{10}
Canalizações e obras de drenagem	Alto impacto	T_R
	Médio impacto	T_R
	Baixo impacto	T_{25}

TABELA 2.6
PERÍODOS DE RETORNO DE VIDA ÚTIL DE OBRAS DE DRENAGEM
DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO

<i>Etapa/ Intervenções</i>	<i>TR (anos)</i>	<i>Horizonte (anos)</i>
1ª – Reservatórios de Detenção	10	5
2ª – Canalizações e Reservatórios	25	10
3ª – Reservatórios Complementares	50	20

TABELA 2.7
PERÍODOS DE RETORNO PARA DIFERENTES OCUPAÇÕES DA ÁREA
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS

<i>TIPO DE OBRA</i>	<i>TIPO DE OCUPAÇÃO DA ÁREA</i>	<i>T (ANOS)</i>
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Áreas com edifícios de serviços ao público	5
Microdrenagem	Aeroportos	2-5
Microdrenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10
Microdrenagem	Áreas comerciais e residenciais	50-100
Microdrenagem	Áreas de importância específica	500

Fonte: Drenagem Urbana ABRH – 1995.

TABELA 2.8
RECOMENDAÇÕES PARA PERÍODO DE RETORNO
CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS URBANAS DA FRANÇA – CERTU

<i>Objetivos</i>	<i>Ações</i>	<i>Tempo de retorno</i>
Drenagem Pluvial	Adoção de soluções compensatórias de drenagem favorecendo a infiltração ou o armazenamento dos excedentes de água gerados pela impermeabilização de superfícies o mais próximo possível das fontes geradoras Coleta e drenagem das águas pluviais através de redes de drenagem	Entre 1 e 50 anos
Prevenção e proteção contra riscos de inundação	Soluções não estruturais, como a gestão em tempo real dos escoamentos que extravasam do sistema de drenagem pluvial e o anúncio de cheias	Superiores a 50 anos, devendo incluir eventos de até 100 anos de tempo de retorno ou superiores, em função das características locais de urbanismo
	Análise, definição e equipamento de áreas inundáveis e de eixos prioritários de Escoamento de excedentes do sistema de drenagem: parques, terrenos de esporte, ruas secundárias, ...	
	Soluções estruturais, quando adequadas, incluindo armazenamento em bacias de detenção de maior capacidade de armazenamento	
Proteção dos meios receptores contra a poluição de origem pluvial	Controle de fontes de poluição crônicas e acidentais	Mensal a anual
	Redução de interconexões entre os sistemas de drenagem de esgotos doméstico e pluvial	
	Adoção de soluções compensatórias de drenagem que favoreçam a infiltração ou o armazenamento dos excedentes de água, desde que não representem risco à saúde pública ou de poluição de águas subterrâneas	

TABELA 2.9
NORMA DA UNIÃO EUROPÉIA EM 752-2 (2000)

<i>Local</i>	<i>Frequência de tempestade (sem entrada em carga)</i>	<i>Frequência de inundação (possível entrada em carga)</i>
Zona rural	1 por ano	1 a cada 10 anos
Zona residencial	1 a cada 2 anos	1 a cada 20 anos
Zona urbana central, industrial ou comercial, com risco de inundação	1 a cada 2 anos	1 a cada 30 anos
Zona urbana central, industrial ou comercial, sem risco de inundação	1 a cada 5 anos	1 a cada 30 anos
Passagens subterrâneas	1 a cada 10 anos	1 a cada 50 anos

3. **ESTRATÉGIA DE DECISÃO**

A decisão sobre as diretrizes para concepção e implantação de um sistema de gestão de drenagem urbana implicam tanto na definição do partido a ser seguido como no grau de proteção a ser adotado.

A escolha do partido da solução, conforme definido anteriormente, transcende os critérios puramente técnicos pois implica na combinação de soluções que, uma vez se exequíveis, devem também atender aos anseios da população sob os aspectos urbanístico, sanitário, ambiental, econômico, social e institucional.

De fato, as comunidades que irão conviver com grandes reservatórios de detenção, que embora vazios na maior parte do tempo, não podem ser utilizados por impossibilidade de manutenção, ou ainda, serem desalojadas de áreas próximas ao local de trabalho em função da desocupação de várzeas para implantação de um parque linear, devem participar e compartilhar da tomada de decisão, que depois deverão apoiar e suportar.

Desta forma, para a definição das alternativas de solução devem ser avaliadas e estudadas, dentro dos critérios usuais de engenharia, diferentes concepções, nas quais seja possível, com clareza e objetividade, o entendimento e a comparação de suas vantagens e desvantagens intrínsecas, como destacadas nas tabelas 1, 2 e 3.

A comparação econômica destas alternativas poderá auxiliar o processo de interpretação e julgamento, desde que feitas na mesma base hidrológica, isto é, para o mesmo grau de proteção. Desta forma, comparando-se as vantagens e desvantagens de cada solução proposta, pode-se obter a indicação da preferência da população por um tipo de solução, o que melhorará suas possibilidades de sucesso em função do suporte dos usuários.

Já para a definição do grau de proteção, a análise econômica é imprescindível. O desenvolvimento de um estudo 'benefício x custo' ou 'retorno do investimento' permitirá a seleção da alternativa que oferece o maior nível de proteção com o menor custo econômico, ou seja, maior relação benefício/custo e/ou maior benefício líquido.

Desta forma, a alternativa ótima pode ser escolhida para um determinado partido de solução preferido, por meio do critério de máximo benefício líquido ($BL=B-C$), que indicará o período de retorno de projeto (TR) que mais incrementa na renda, a máxima relação benefício/custo (B/C) ou ainda a máxima taxa de retorno do investimento.

Os custos e benefícios são quantificados monetariamente pelo valor de mercado dos bens e serviços tangíveis e intangíveis relacionados a cada um, através de metodologias específicas para este fim. Os períodos de retorno devem considerar os valores usuais baseados na experiência e recomendações de entidades especializadas e organismos reguladores, além de interferências locais, como a combinação de eventos de cheias e marés extremas.

Tal estratégia, de decisão segmentada, permitirá a comparação de alternativas de concepção exclusivamente sob o ponto de vista de seu desempenho técnico, urbanístico, econômico, social e ambiental, para o mesmo grau de proteção, por exemplo, 20 ou 25 anos de período de recorrência. Em seguida, uma determinada concepção pode ser detalhada para diferentes graus de proteção, variando desde 10 até 100 anos de recorrência, permitindo ao decisor avaliar especificamente a relação entre o grau de proteção e o aspecto econômico.

É interessante observar que, estudos realizados para a Cidade de Nova Friburgo/RJ (Martins, 2007) para uma determinada concepção de sistema, combinando os três partidos descritos anteriormente, indicou o período de retorno de 10 anos como o grau de proteção com melhor relação benefício x custo.

A título de exemplo, observa-se que no Estado de São Paulo, o Departamento de Águas e Energia Elétrica recomenda o dimensionamento das estruturas de macro-drenagem em regiões litorâneas combinando-se eventos pluviométricos de 25 anos de tempo de retorno com níveis de maré de permanência 10%. No Estado do Rio de Janeiro, a SERLA – Superintendência de Rios e Lagos recomenda a utilização do tempo de recorrência de 20 anos.

O procedimento assim descrito permitirá, no primeiro segmento, a decisão objetiva pelo conjunto de soluções que melhor atende ao interesse dos usuários finais, desvinculando a escolha dos partidos de solução da relação com o risco associado, mas permitindo esta consideração no segmento seguinte do processo decisório.

4. BIBLIOGRAFIA

ASCE. *Design and Construction of Urban StormWater System.* Manual of Practice nº 77. American Society of Civil Engineers, New York, 1992.

ELETROBRÁS. Guia de Projeto da Cheia de Vertedores, Rio de Janeiro, 1983.

Martins, J.R.S. et All Aplicação da Análise Benefício-Custo no Plano de Águas Pluviais de Nova Friburgo – Estudo de Caso, in XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo, 2007.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNÓLOGICO DE HIDRÁULICA. Plano de Águas Pluviais de Nova Friburgo. São Paulo, 2006.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNÓLOGICO DE HIDRÁULICA. Critérios e Diretrizes sobre Drenagem Urbana no Estado de São Paulo 1ª Etapa. São Paulo, 2003.

BAPTISTA, Márcio; NASCIMENTO, Nilo; BARRAUD, Sylvie. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH, 2005.

TUCCI, Carlos. E. M. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v.2, n.2, 1997.

Porto, R.L.L. (org) Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH, 1995.