



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DATA
DP-H01	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Período de Retorno	30/06/99

DP-H01

**DIRETRIZES DE PROJETO PARA ESTUDOS
HIDROLÓGICOS
PERÍODO DE RETORNO**



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DATA
DP-H01	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Período de Retorno	30/06/99

ÍNDICE

PÁG.

1.	OBJETIVO	9
2.	ASPECTOS GERAIS	9
3.	CRITÉRIOS DE ESCOLHA	10
4.	PERÍODO DE RETORNO EM FUNÇÃO DO RISCO DA OBRA	11
4.1	PERÍODO DE RETORNO – ABRH	11
5.	VERIFICAÇÃO DE NÍVEIS DE INUNDAÇÃO	18
6.	OBRAS PROVISÓRIAS	18



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DATA
DP-H01	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Período de Retorno	30/06/99

1. OBJETIVO

Esta diretriz tem por objetivo apresentar critérios e procedimentos de projeto para definição do período de retorno hidrológico para dimensionamento de obras da SVP/PMSP.

2. ASPECTOS GERAIS

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. 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.



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DATA
DP-H01	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Período de Retorno	30/06/99

Esses fatores podem ser traduzidos de acordo com a classificação das obras e intervenções constante no Volume I – "Modalidades e Formas de Avaliação de Estudos e Projetos" da SVP/PMSP.

3. CRITÉRIOS DE ESCOLHA

Para uniformizar os critérios de escolha do Período de Retorno (T) nos projetos de drenagem (específicos ou não), e para determinados tipos de obras e intervenções são estabelecidos os valores de T_{10} ($T = 10$ anos) e T_{25} ($T = 25$ anos) e como T_R ($T \geq 25$ anos), os quais estão apresentados no Quadro 3.1.

Quadro 3.1

Matriz de aplicabilidade de projetos

TIPOS DE OBRAS E INTERVENÇÕES			
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO	PERÍODO DE RETORNO
ARV	Arranjos e complexos viários	Alto impacto Médio impacto Baixo impacto	T_R T_{25} T_{10}
PTV	Pontes, viadutos e passagens subterrâneas	Alto impacto Médio impacto Baixo impacto	T_R T_{25} T_{10}
PPE	Passarelas de pedestres	Alto impacto Médio impacto	T_{10} T_{10}
ECO	Obras de contenção e estabilização	Alto impacto Médio impacto Baixo impacto	T_{25} T_{10} T_{10}
CAN	Canalizações e obras de drenagem	Alto impacto Médio impacto Baixo impacto	T_R T_R T_{25}



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DATA
DP-H01	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Período de Retorno	30/06/99

TIPOS DE OBRAS E INTERVENÇÕES			
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO	PERÍODO DE RETORNO
TUG	Obras em método não destrutivos (túneis viários e galerias hidráulicas)	Alto impacto Médio impacto	T_R T_R
REC	Recuperação de obras-de-arte especiais	Alto impacto Médio impacto Baixo impacto	T_{25} T_{10} T_{10}
PAV	Pavimentação de vias	Alto impacto Médio impacto Baixo impacto	T_{25} T_{10} T_{10}

OBS: Caso seja necessário poderá ser adotado um período de retorno maior que o recomendado.

4. PERÍODO DE RETORNO EM FUNÇÃO DO RISCO DA OBRA

Nos projetos de maior importância e complexidade ($T_R \geq 25$ anos), a escolha do Período de Retorno deverá ser precedida de um estudo do risco associado aos danos provocados por um evento hidrológico superior ao de projeto durante a vida útil da obra. Transcreve-se aqui trecho da publicação da ABRH, 1995 "Drenagem Urbana", sobre o assunto.

4.1 PERÍODO DE RETORNO – ABRH

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. Esse critério deve ser definido em esferas políticas, uma vez que são a comunidade e seus representantes, que decidirão o grau de proteção desejável e o quanto estarão dispostos a pagar por ele.



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DATA
DP-H01	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Período de Retorno	30/06/99

Estudos econômicos podem orientar a escolha do período de retorno, mas a necessidade de considerar custos e benefícios de difícil quantificação e, ainda mais, a impossibilidade de se levar em conta uma série de aspectos que não podem ser expressos em termos monetários, limitam a aplicação de métodos objetivos para a escolha do período de retorno.

Níveis altos de segurança implicam, portanto, custos elevados e grandes interferências no ambiente urbano. Minimizar custos e interferências é um objetivo importante em projetos de drenagem urbana, mas não deve ser alcançado pela escolha de períodos de retorno inadequadamente pequenos. Caso isso aconteça, as conseqüências, muito provavelmente, serão perversas, pois a ocupação das áreas "protegidas" será encorajada pela falsa sensação de segurança que as obras propiciam.

As dificuldades em se estabelecer, objetivamente, o período de retorno fazem com que a escolha recaia sobre valores aceitos de forma mais ou menos ampla pelo meio técnico. Muitas entidades fixam os períodos de retorno para diversos tipos de obra como *critério de projeto*. Os valores da Tabela 4.1 são, comumente, encontrados na literatura técnica e desfrutam de certo consenso internacional.

É importante, neste ponto, enfatizar a diferença entre os conceitos de período de retorno e *risco*.

Entende-se por risco a probabilidade, a possibilidade de uma determinada obra vir a falhar pelo menos uma vez durante sua vida útil. Esse conceito leva em conta que uma obra projetada para um período de retorno T expõe-se, todo o 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 se ficará exposta, repetidamente, a essa probabilidade de insucesso.



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DATA
DP-H01	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Período de Retorno	30/06/99

Tabela 4.1

Períodos de retorno para diferentes ocupações da área

TIPO DE OBRA	TIPO DE OCUPAÇÃO DA ÁREA	T (ANOS)
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
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50-100
Macro-drenagem	Áreas de importância específica	500

A expressão a seguir pode ser deduzida da teoria das probabilidades, e está tabelada para os valores mais usuais de período de retorno e vida útil das obras.

$$R = 100 \times \left[1 - \left(1 - \frac{I}{T} \right)^N \right]$$

onde:

R = risco em porcentagem;

T = período de retorno em anos;

N = vida útil da obra em anos.



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DATA
DP-H01	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Período de Retorno	30/06/99

Tabela 4.2

Risco em função da vida útil e do período de retorno

T (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 4.2 mostra que, para uma vida útil de 50 anos (normal para obras de drenagem urbana), os riscos são praticamente de 100% para obras de microdrenagem, e permanecem ainda razoavelmente altos para obras de macrodrenagem. Como esses riscos são aceitos e adotados correntemente, conclui-se que:

- Objetivo principal das obras de microdrenagem é esgotar as vazões oriundas das chuvas mais frequentes e, implicitamente, admite-se a ocorrência de alagamentos com frequência alta;
- As obras de macrodrenagem não constituem solução definitiva para os problemas de inundações, e é conveniente que sejam complementadas por outras medidas que visem a aumentar a proteção oferecida pelas obras.



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DATA
DP-H01	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Período de Retorno	30/06/99

As dificuldades em se estabelecer o período de retorno não se devem somente a aspectos políticos, sociais e econômicos, mas também a fatores hidrológicos. Lembrando que as tormentas de projeto são, em geral, determinadas a partir de uma relação intensidade-duração-frequência, é preciso notar que essas relações fornecem a *intensidade média* de uma precipitação ao longo de sua duração, mas nada informam sobre os valores instantâneos da intensidade ao longo do tempo. A questão fica mais clara através de um exemplo: o hietograma da Figura 4.1 mostra uma precipitação de 100 mm com quatro horas de duração total, amenizada em intervalos de tempo de 0,5 h.

A Tabela 4.3 mostra as intensidades máximas para cada duração, e os respectivos períodos de retorno calculados pela equação de Paulo Sampaio Wilken para a cidade de São Paulo. Nota-se que a primeira coluna da Tabela 4.3 não indica a ordem cronológica, mas sim o intervalo de tempo em que ocorreu a maior precipitação. Em outras palavras, o valor 30 min da primeira coluna corresponde ao intervalo de tempo entre 90 e 120 min do hietograma, pois foi nesse intervalo que ocorreu a precipitação máxima com 30 min de duração (42,3 mm); o valor 60 min da primeira coluna, corresponde ao intervalo entre os instantes 90 e 150 min; pois foi nesse intervalo que ocorreu a precipitação máxima com 60 minutos de duração (67,3 mm), e assim por diante.



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DATA
DP-H01	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Período de Retorno	30/06/99

Tabela 4.3

Períodos de retorno associados a uma tormenta

DURAÇÃO (MINUTOS)	PRECIPITAÇÃO MÁXIMA (mm)	INTENSIDADE MÉDIA (mm/min)	T (ANOS)
30	42,3	1,41	7
60	67,3	1,12	30
90	70,3	0,78	23
120	80,8	0,67	40
150	85,8	0,57	49
180	87,8	0,49	51
210	95,8	0,46	71
240	100,0	0,42	100

Verifica-se que a intensidade média de 0,42 mm/min durante quatro horas tem um período de retorno de 100 anos, enquanto que a meia hora de chuva mais intensa apresenta $T = 7$ anos e a hora mais intensa, $T = 30$ anos. Observe-se que a hora mais intensa contribui com 67% da chuva total e foi, certamente, a causadora da maior quantidade de chuva excedente. A questão que se coloca imediatamente é a seguinte: *qual o período de retorno da vazão causada por essa tormenta?* A resposta de bom senso deve apontar a faixa de 7 a 30 anos e não a de 100 anos, como se poderia pensar inicialmente.



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA ASSUNTO DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM

DATA

DP-H01 Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Período de Retorno

30/06/99

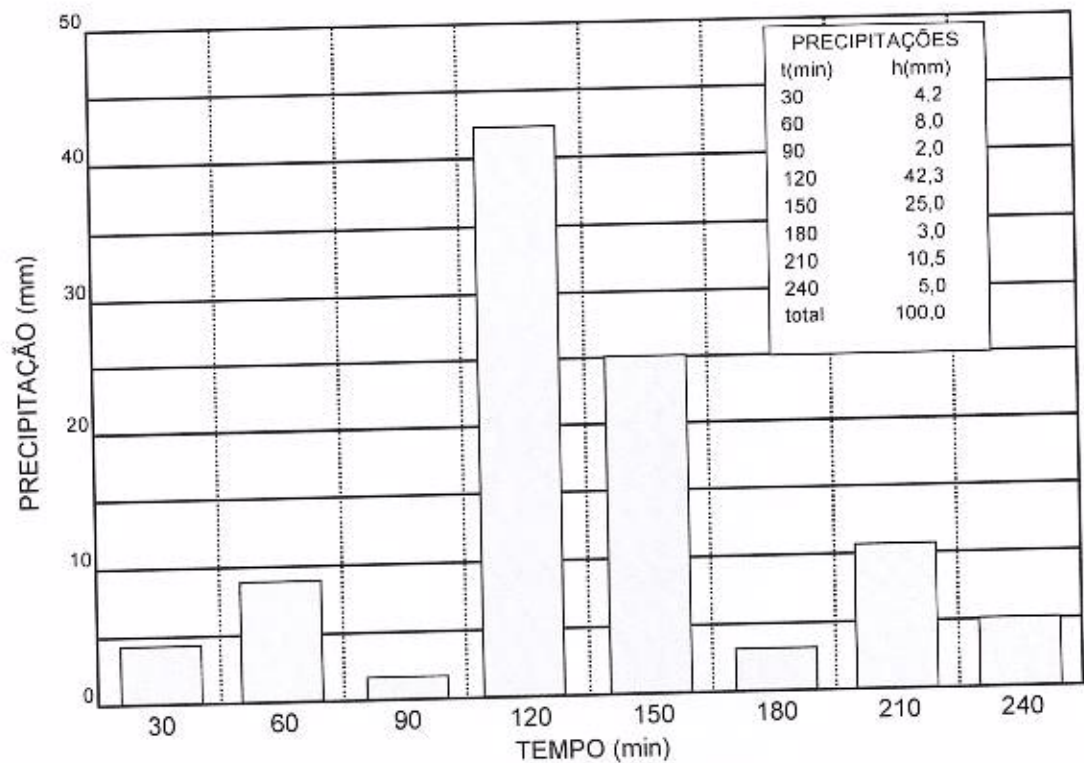


Figura 4.1

Hietograma de precipitação observada com $D = 4$ horas e $T = 100$ anos



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

SECRETARIA DE VIAS PÚBLICAS

EMITENTE

SUPERINTENDÊNCIAS DE PROJETOS E DE OBRAS

REFERÊNCIA	ASSUNTO	DATA
DP-H01	DIRETRIZES DE PROJETO DE HIDRÁULICA E DRENAGEM Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Período de Retorno	30/06/99

5. VERIFICAÇÃO DE NÍVEIS DE INUNDAÇÃO

Em alguns casos, é recomendada a verificação dos níveis de inundação na área de influência da obra que está se projetando para períodos de retorno superiores aos de projeto, usualmente $T = 100$ anos. Isso se aplica a:

- Várzeas extensas;
- Equipamentos públicos e comunitários, tais como escolas, creches, hospitais, etc., junto ao fundo de vale;
- Travessias sob rodovias e vias férreas;
- Locais onde o escoamento superficial não é possível.

6. OBRAS PROVISÓRIAS

A escolha do período de retorno para o cálculo da vazão de projeto para obras provisórias, deve levar em conta o tipo de obra, o prazo, a sua localização e principalmente o período do ano que estará em utilização. Dessa forma, um estudo elaborado para o período de abril a novembro deve ser desconsiderado se a obra abranger o período de dezembro a março.

Um procedimento recomendável é o de se realizar um estudo técnico-financeiro, de modo a se comparar a redução nos custos da obra, como por exemplo, em um corta-rios com seção menor, com o aumento dos riscos de prejuízos com a ocorrência de uma chuva superior à de projeto que possa atingir equipamentos e danificar ensecadeiras e escoramentos.

Algumas publicações têm recomendado adotar nesses casos um período de retorno de 2 anos ou ainda dimensionar a estrutura provisória para 1/3 da capacidade da obra projetada, mas julga-se mais indicado que a escolha do período de retorno seja baseada nas condições específicas da obra que se está projetando.