

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO
DO ESTUDO DE COTA DE INUNDAÇÃO
PARA ASSENTE DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO
PROJETO DE ENGENHARIA**

Definição

Segundo a Resolução Interna Sanepar nº091/2007, o Estudo de Cota de Inundação (ECI) é a definição da cota de assente para estruturas de saneamento, seja de captação, seja de esgotamento sanitário, correspondente a máxima cheia provável que pode ocorrer durante a vida útil desta obra, a partir de um risco assumido após considerações de ordem econômica, ambiental e de segurança das populações que possam ser afetadas, de que a estrutura venha a falhar durante a sua vida.

Os riscos admissíveis para cada tipo de estrutura de saneamento são classificados segundo o porte desta, em função da vazão de operação, definidos na referida Resolução e apresentados no item 1.3. Portanto, faz-se necessário o desenvolvimento de estudo hidrológico para a definição desta cota.

Este documento tem como objetivo definir diretrizes para elaboração dos estudos hidrológicos para a definição de cota de inundação que seguirão metodologias apropriadas. A metodologia do estudo a ser aplicada dependerá do tamanho da área de drenagem e da disponibilidade de registros históricos mínimos de dados hidrológicos (vazão e/ou precipitação).

Os métodos mais comuns para calcular as vazões máximas a partir da transformação de chuva em vazão são o Método Racional e o método do Hidrograma Unitário ou modelos baseados no Hidrograma Unitário.

Bacias hidrográficas pequenas, raramente têm dados observados de vazão e nível de água. Assim, a estimativa de vazões extremas nestas bacias não pode ser feita usando os métodos estatísticos tradicionais. Propõe-se a utilização de método de estimativa de vazões máximas a partir das características locais das chuvas intensas. Em bacias de área de drenagem até 3 km², pode ser utilizado o Método Racional, o qual permite estimar a vazão de pico, mas não gera informações completas sobre o hidrograma. Em bacias maiores normalmente são utilizados modelos de transformação chuva-vazão, que estão baseados em métodos de cálculo de chuva efetiva e no Hidrograma Unitário.

Os métodos de estimativa de vazões máximas a partir da chuva são, especialmente importantes, em bacias urbanas e em processo de urbanização. É possível utilizar estes métodos para fazer previsões sobre as vazões máximas em cenários alternativos de desenvolvimento, com diferentes graus de urbanização.

Orientações para elaboração do Estudo

Na elaboração do Estudo de Cota de Inundação os trabalhos englobarão os seguintes aspectos:

- Realizar uma reunião inicial para identificação de todos os seus elementos constitutivos com clareza;
- Realizar a visita técnica ao local;

| | | | |
|-----|----------------------------------|----------------|----------------|
| MPS | MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO | Módulo 12.1 | Página 1/19 |
|-----|----------------------------------|----------------|----------------|

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO
DO ESTUDO DE COTA DE INUNDAÇÃO
PARA ASSENTE DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO
PROJETO DE ENGENHARIA**

- Coordenar os levantamentos complementares de topografia a fim de dar condições para a realização da batimetria do trecho seco (margens) e do trecho molhado;
- Realizar uma reunião de andamento para eliminar possíveis dúvidas;
- Verificar se a área de drenagem for **igual ou inferior a 3 km²**, em caso afirmativo, encaminha-se para a metodologia de cálculo da vazão máxima pelo Método Racional;
- Reunir as informações hidrológicas, fluviométricas e pluviométricas existentes;
- Avaliar a consistência da série de registros históricos que garantir um **período mínimo de 10 anos de dados sem falhas**, possibilitando a definição da metodologia para o cálculo da vazão máxima a ser adotada;
- Se a área de drenagem for **superior a 3 km²** e verificar **a existência de série histórica mínima** de 10 anos sem falhas, em caso afirmativo, encaminha-se para a metodologia do cálculo da vazão máxima pelo ajuste estatístico dos registros históricos;
- Se a área de drenagem for **superior a 3 km²** e **não existir série histórica mínima** de 10 anos sem falhas, encaminha-se para a metodologia do Hidrograma Unitário;
- No caso da necessidade de soleira / barragem de nível, determinar a cota da máxima de assente das estruturas, incluindo esta na seção transversal em estudo;
- Definida a vazão máxima relativa ao Tempo de Retorno em questão, calcular a cota correspondente para a seção transversal mais próxima do empreendimento em avaliação;
- Apresentar Relatório Descritivo, Memória de Cálculo e Resumo do Estudo;
- Realizar um último Fórum para consagrar todos os conceitos assumidos e sanar possíveis discordâncias.

Em qualquer época até a aprovação final do projeto, a Sanepar poderá exigir esclarecimentos, complementações e/ou reformulações dentro do escopo do estudo, os quais deverão ser atendidos pela empresa de engenharia contratada.

Documento a ser seguido

No desenvolvimento do ECI deverá ser seguida a Resolução Interna Sanepar nº091 de 2007. Devido ao fato de não haver diretrizes pré-estabelecidas para tempos de recorrência a serem adotados no setor de saneamento, a Resolução Interna Sanepar nº091 de 2007 apresenta uma proposta. Para tal, as estruturas de saneamento normalmente locadas em proximidades de rios foram classificadas segundo seu porte em função da vazão de operação. Para o estabelecimento das diretrizes de tempos de recorrência a serem investigados

| | | | |
|-----|----------------------------------|----------------|----------------|
| MPS | MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO | Módulo 12.1 | Página 2/19 |
|-----|----------------------------------|----------------|----------------|

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO
DO ESTUDO DE COTA DE INUNDAÇÃO
PARA ASSENTE DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO
PROJETO DE ENGENHARIA**

em cada caso, partiu-se do princípio de que, quanto maior as obras, maiores os valores envolvidos e menores devem ser os riscos assumidos. Os valores sugeridos são apresentados a seguir.

Para definição dos portes dos sistemas de água foi utilizada a classificação das Unidades de Produção-Água da Empresa. A Tabela 1 apresenta esta classificação e riscos admissíveis propostos. Para definição dos portes das unidades de esgoto foi utilizada a mesma classificação das Unidades de Água. De forma semelhante, apresenta a classificação e riscos admissíveis propostos para os empreendimentos de Esgotamento Sanitário como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 1 - Riscos a serem assumidos em função do porte de Sistemas de Captação e tratamento de água.

| TIPO | Vazão | Probabilidades de ocorrência a cada ano ou riscos admissíveis | Tempos de recorrência a serem investigados |
|----------|-------------------|---|--|
| TIPO I | Q □ 400 L/s | 0,01 = 1% e 0,005 = 0,5% | 100 e 200 anos |
| TIPO II | 115 □ Q □ 400 L/s | 0,02 = 2% e 0,01 = 1% | 50 e 100 anos |
| TIPO III | 31 □ Q □ 114 L/s | 0,04 = 4% e 0,02 = 2% | 25 e 50 anos |
| TIPO IV | Q □ 30 L/s | 0,10 = 10% e 0,04 = 4% | 10 e 25 anos |

Nota: Casos excepcionais (que exijam avaliação específica), devem ser tratados como tal.

Tabela 2 - Riscos a serem assumidos em função do porte de ETEs e EE de esgoto.

| TIPO | Vazão | Probabilidades de ocorrência a cada ano ou riscos admissíveis | Tempos de recorrência a serem investigados |
|----------|-------------------|---|--|
| TIPO I | Q □ 400 L/s | 0,02 = 2% e 0,01 = 1% | 50 e 100 anos |
| TIPO II | 115 □ Q □ 400 L/s | 0,04 = 4% e 0,02 = 2% | 25 e 50 anos |
| TIPO III | 31 □ Q □ 114 L/s | 0,10 = 10% e 0,04 = 4% | 10 a 25 anos |
| TIPO IV | Q □ 30 L/s | 0,01 = 10% | 10 anos |

Nota: Casos excepcionais (que exijam avaliação específica), devem ser tratados como tal.

PROCEDIMENTOS HIDROLÓGICOS PARA A DETERMINAÇÃO DA CHEIA DE PROJETO

O Estudo de Cota de Inundação deverá ser constituído, no mínimo, dos seguintes elementos:

- Memorial do Estudo da Cota Inundação (descritivo, justificativo e de cálculo);
- Desenhos e Mapas de Localização;
- Resumo do Estudo da Cota de Inundação;
- Anexos (tais como memorial fotográfico, levantamentos planialtimétricos e batimétricos, topográficos, etc.).

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO
DO ESTUDO DE COTA DE INUNDAÇÃO
PARA ASSENTE DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO
PROJETO DE ENGENHARIA**

Os levantamentos topográficos serão fornecidos pela Sanepar para a elaboração do ECI, sendo realizados conforme especificado no MOS - última revisão e NBR13.133/94.

Memorial Descritivo do Estudo de Cota de Inundação (ECI)

Deverá ser apresentado memorial descritivo e justificativo dos dados, elementos e critérios estabelecidos no Estudo. O memorial deverá:

- Abranger os procedimentos e cálculos de todas as etapas do estudo, de maneira completa, racional, clara, precisa e concisa, possibilitando o fácil e perfeito entendimento das definições, cálculos e conclusões de projeto;
- Deverão sempre ser citadas as fontes de referência e dados utilizados;
- Quando houver cálculos complexos ou extensos, os mesmos poderão ser apresentados separadamente;
- Detalhar as soluções técnicas, globais e localizadas;
- Inserir relatos, quadros, gráficos, tabelas, orçamentos e seus memoriais de cálculo/cotações de preços, no corpo do memorial.

Deverão compor o memorial, no mínimo, os itens descritos nos subitens.

Caracterização Fisiográfica da Região

A bacia hidrográfica pode ser considerada como um sistema físico que transforma a entradas de água (eventos de precipitação) em saídas de água (escoamento e evapotranspiração).

As características fundamentais de uma bacia que dependem do relevo são: área de drenagem (expressa em km²); comprimento da drenagem principal e declividade (características que influenciam o tempo de concentração da bacia hidrográfica) e velocidade do escoamento.

A *velocidade de escoamento de um rio* depende da declividade e da rugosidade do leito dos canais fluviais. Quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento e mais pronunciados e estreitos serão os hidrogramas das enchentes.

A declividade média é obtida dividindo-se o desnível entre a nascente e a foz pela extensão total do curso d'água principal.

$$S = \frac{H}{L} \quad (1)$$

onde: S declividade média, em m/m;

H diferença entre cotas do ponto mais afastado e o considerado, em m;

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO
DO ESTUDO DE COTA DE INUNDAÇÃO
PARA ASSENTE DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO
PROJETO DE ENGENHARIA**

L comprimento axial da bacia ou comprimento total do curso d'água principal, em m.

O tempo de concentração da área de drenagem do estudo é um dos parâmetros necessários para avaliar o comportamento do escoamento na bacia. A bibliografia indicada para avaliação deste parâmetro é o livro Drenagem Urbana (Tucci et al., 1995). Por exemplo, é apresentada a equação de Kirpich, a seguir:

$$t_c = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385} \quad (2)$$

onde: t_c o tempo de concentração em minutos;

L o comprimento do curso d'água principal em km; e

Δh a diferença de altitude ao longo do curso d'água principal em m.

O coeficiente n de Manning traduz a resistência ao escoamento associada a parede do conduto. A adoção de um coeficiente adequado pode ser subjetiva, envolvendo vivência prática e traquejo de projetista. Alguns valores de exemplo de n de Manning para diferentes tipos de canais são dados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Valores de n de Manning para canais artificiais com diferentes tipos de revestimento de fundo e paredes (Vem Te Chow, 1959).

| Tipo de Revestimento | n de Manning | | |
|-------------------------|--------------|-------|--------|
| | mínima | usual | máxima |
| Concreto pré-moldado | 0,011 | 0,013 | 0,015 |
| Concreto com acabamento | 0,013 | 0,015 | 0,018 |
| Concreto sem acabamento | 0,014 | 0,017 | 0,020 |
| Concreto projetado | 0,018 | 0,020 | 0,022 |
| Gabiões | 0,022 | 0,030 | 0,035 |
| Espécies vegetais | 0,025 | 0,035 | 0,070 |
| Aço | 0,010 | 0,012 | 0,014 |
| Ferro fundido | 0,011 | 0,014 | 0,016 |
| Aço corrugado | 0,019 | 0,022 | 0,028 |
| Solo sem revestimento | 0,016 | 0,023 | 0,028 |
| Rocha sem revestimento | 0,025 | 0,035 | 0,040 |

Tabela 4 - Valores de n de Manning para canais naturais (Ven Te Chow, 1959).

| Tipo de Revestimento | Características | n de Manning | | |
|--|--------------------|--------------|--------|--------|
| | | mínima | normal | Máxima |
| Canais de pequeno porte em planície (B < 30m) | Limpos | 0,025 | 0,033 | 0,045 |
| | Trechos lentos | 0,050 | 0,070 | 0,080 |
| Canais de pequeno porte em montanhas (B < 30m) | Leito desobstruído | 0,030 | 0,040 | 0,050 |
| | Leito com matações | 0,040 | 0,050 | 0,070 |
| Canais de grande porte (B < 30m) | Seções regulares | 0,025 | - | 0,060 |
| | Seções irregulares | 0,035 | - | 0,100 |

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO
DO ESTUDO DE COTA DE INUNDAÇÃO
PARA ASSENTE DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO
PROJETO DE ENGENHARIA**

| | | | | |
|------------------------|-----------------|-------|-------|-------|
| Planícies de Inundação | Pastagens | 0,025 | 0,030 | 0,035 |
| | Culturas | 0,020 | 0,040 | 0,050 |
| | Vegetação densa | 0,045 | 0,070 | 0,160 |

Outras características importantes da bacia hidrográfica são os tipos de solos e a geologia, que influenciam na quantidade de água que irá infiltrar no solo ou escoar superficialmente, a vegetação, com efeito sobre o escoamento superficial e evapotranspiração, e o uso do solo, embora não estejam diretamente relacionadas ao relevo. Estas características são consideradas na determinação do Hidrograma Unitário Sintético.

1.1.1. Levantamento da Seção Batimétrica Seca e Molhada

Para que possa subsidiar os estudos topográficos, a Sanepar deverá fornecer a indicação em planta do local por onde passará a seção transversal do rio completa (seca e molhada) a ser levantada. Os estudos topográficos deverão compreender:

- Monografia da RN e dos marcos planimétricos da poligonal implantados;
- Relatórios e arquivos digitais (plantas georreferenciadas), conforme as especificações gerais;
- Planta conforme especificações gerais, em escala 1:100, com indicação dos números dos piquetes, as amarrações e posição da seção batimétrica em relação a área ou linha;
- Perfil nas escalas 1:100 na horizontal e 1:20 ou 1:50 na vertical devendo constar altitudes dos pontos do leito do rio, indicação dos níveis de água normal - nível na ocasião do levantamento - e de enchente máxima, obtido por vestígios ou por informações no local. O desenho em perfil deve ser apresentado em quadrículas de distância horizontal correspondente a 5m - e distância vertical a cada metro. Abaixo, serão apresentados de cima para baixo, nessa ordem: estaca, altitudes do terreno, distâncias entre vértices e pontos notáveis e distância acumulada piquete a piquete;
- Amarração da seção transversal do rio levantada ao empreendimento em questão;
- Levantamento das informações sobre as últimas inundações para a obtenção de cota de vestígio, conforme o proposto na Resolução Sanepar nº091/2010, no mínimo um ponto. Deverá conter a localização do(s) ponto(s) com as coordenadas, altitudes, data do evento crítico e levantamento fotográfico.

Com respeito às seções batimétricas, os serviços a serem executados com locação e nivelamento de linha transversal ao curso d'água visa obter a representação de uma seção transversal do rio.

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO
DO ESTUDO DE COTA DE INUNDAÇÃO
PARA ASSENTE DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO
PROJETO DE ENGENHARIA**

O georreferenciamento e a determinação de altitudes deve ser de acordo com os procedimentos do Manual de Obras da Sanepar.

Será feita uma distinção na seção batimétrica entre a parte da linha levantada, cujo perfil esteja acima do nível de água na ocasião (seção seca) e o que esteja abaixo (seção molhada).

Quando realizada a batimetria de seção molhada deve-se acrescentar a informação no quadro técnico do período do levantamento contendo data, intervalo de hora e nível de água verificado no início e final do levantamento.

Para a seção molhada, em rios acima de 5,0 metros de largura, serão levantados níveis a cada metro do fundo do rio e em pontos notáveis. Para rios com largura menor que 5,0 metros, os níveis deverão ser levantados a cada 0,50 metro e em pontos notáveis. O levantamento deverá ser efetuado em seção perpendicular ao eixo do rio (sentido do escoamento) em toda a sua extensão.

Para a seção seca serão levantados pontos a cada 1,00m e em pontos notáveis em ambas as margens do rio. A extensão de seção seca poderá variar conforme a necessidade do projeto a ser executado e deverá ser definida pela Sanepar na contratação do serviço.

Os Níveis de Água (Nas) das seções transversais que serão utilizadas neste estudo (ECI) deverão ser levantados todos na mesma data.

Levantamento de Informações Hidrológicas

Os estudos de vazões extremas devem ser realizados conforme a disponibilidade de dados na bacia e na região do estudo. Inicialmente, deverá ser verificada junto ao Instituto das Águas do Paraná: a existência de séries de vazões e de precipitações, horários, 2 leituras ou diários (priorizando sempre a melhor resolução temporal disponível), os dados básicos como séries de cotas linimétricas, as medições de descarga, curva cota vs. vazão, além da batimetria atualizada da estação fluviométrica.

A série histórica de vazões consistidas da estação selecionada, deverá possuir pelo menos, 10 anos de registros horários, 2 leituras ou diários (priorizando sempre a melhor resolução temporal disponível) para que seja utilizada, vazão para o Método do Ajuste Estatístico.

Na eventualidade do local de estudo não possuir tais informações, os eventos extremos poderão ser gerados a partir da utilização do Método do Hidrograma Unitário Sintético, gerado de uma Chuva de Projeto. A partir da série de precipitações consistidas das estações selecionadas, deverá possuir pelo menos, 10 anos de registros horários ou diários (priorizando sempre a melhor resolução temporal disponível)

Definição da Metodologia a ser Adotada

| | | | |
|-----|----------------------------------|----------------|----------------|
| MPS | MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO | Módulo 12.1 | Página 7/19 |
|-----|----------------------------------|----------------|----------------|

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO
DO ESTUDO DE COTA DE INUNDAÇÃO
PARA ASSENTE DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO
PROJETO DE ENGENHARIA**

A seguir serão descritos os procedimentos para elaboração e desenvolvimento do projeto com detalhamento das metodologias, de acordo com as disponibilidades.

Método Racional para Bacias com área igual ou inferior a 3 km²

O método racional é largamente utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para bacias pequenas ($\leq 3 \text{ km}^2$). Os princípios básicos dessa são:

- a duração da precipitação máxima de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia. Admite-se que a bacia é pequena para que essa condição aconteça, pois a duração é inversamente proporcional à intensidade;
- adota um coeficiente único de escoamento superficial, denominado C, estimado com base nas características da bacia;
- a precipitação é uniforme sobre toda a bacia e uniforme na duração do evento;
- não avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões.

O método se baseia na equação do coeficiente de escoamento superficial C.

$$C = \frac{V_{\text{escoado}}}{V_{\text{precipitado}}} \quad (3)$$

onde: V_{escoado} o volume do escoamento superficial da bacia;
 $V_{\text{precipitado}}$ o volume da precipitação na bacia.

Se considerado as unidades da intensidade em mm/h e da área em km², a equação pode ser reescrita como:

$$Q_s = 0,278 \cdot C \cdot i \cdot A \quad (4)$$

onde: C o coeficiente de deflúvio (adimensional);
 Q_s a vazão superficial máxima (m³/s);
i a intensidade de chuva (mm/h) referente ao tempo t_c ;
A a área da bacia (km²).

Com respeito ao *Coefficiente de Deflúvio* ou *Escoamento Superficial* "C", os valores tabelados existentes na bibliografia, relacionado com natureza predominante da superfície e também com o tipo de ocupação da bacia hidrográfica deverão ser pesquisados. As Tabelas 5 e 6 apresentam alguns valores conhecidos.

Tabela 5 - Valores de C de acordo com diferentes superfícies de revestimento (fonte: ASCE, 1969).

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO
DO ESTUDO DE COTA DE INUNDAÇÃO
PARA ASSENTE DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO
PROJETO DE ENGENHARIA**

| Superfície | C |
|-------------------------------|-------------|
| <i>Pavimento:</i> | |
| Asfalto | 0,70 - 0,95 |
| Concreto | 0,80 - 0,95 |
| Calçadas | 0,75 - 0,85 |
| Telhado | 0,75 - 0,95 |
| <i>Cobertura: grama/areia</i> | |
| plano (declividade 2%) | 0,05 - 0,10 |
| médio (declividade de 2 a 7%) | 0,10 - 0,15 |
| alta (declividade 7%) | 0,15 - 0,20 |
| <i>Grama, solo pesado:</i> | |
| plano (declividade 2%) | 0,13 - 0,17 |
| médio (declividade de 2 a 7%) | 0,18 - 0,22 |
| alta (declividade 7%) | 0,25 - 0,35 |

A estimação da *Intensidade Máxima* é feita pela equação:

$$i = \frac{a \cdot T_r^n}{(t_c + b)^m} \quad (5)$$

onde: i intensidade (mm/h);
 Tr o tempo de retorno (anos);
 t o tempo de concentração da chuva (min);
 a, b, n, m fatores locais.

As Equações de Chuvas Intensas de 26 localidades em diferentes regiões do Estado do Paraná poderão ser encontradas no Atlas de Recursos Hídricos do Estado do Paraná (Sudersha, 1998). Outra fonte que pode ser considerada é o livro "Chuvas Intensas para obras de drenagem no Estado do Paraná" (Fendrich, 1998).

Tabela 6 - Valores de C por tipo de ocupação da bacia (adaptado: ASCE, 1969 e Wilken, 1978).

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO
DO ESTUDO DE COTA DE INUNDAÇÃO
PARA ASSENTE DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO
PROJETO DE ENGENHARIA**

| Descrição da área | C |
|--|-------------|
| <i>Área Comercial/Edificação muito densa:</i> Partes centrais, densamente construídas, em cidade com ruas e calçadas pavimentadas | 0,70 - 0,95 |
| <i>Área Comercial/Edificação não muito densa:</i> Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas | 0,60 - 0,70 |
| <i>Área Residencial:</i> residências isoladas; com muita superfície livre | 0,35 - 0,50 |
| unidades múltiplas (separadas); partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas | 0,50 - 0,60 |
| unidades múltiplas (conjugadas) | 0,60 - 0,75 |
| lotes com > 2.000 m ² | 0,30 - 0,45 |
| áreas com apartamentos | 0,50 - 0,70 |
| <i>Área industrial:</i> indústrias leves | 0,50 - 0,80 |
| indústrias pesadas | 0,60 - 0,90 |
| <i>Outros:</i> Matas, parques e campos de esporte, partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas e parques ajardinados | 0,05 - 0,20 |
| parques, cemitérios; subúrbio com pequena densidade de construção | 0,10 - 0,25 |
| Playgrounds | 0,20 - 0,35 |
| pátios ferroviários | 0,20 - 0,40 |
| áreas sem melhoramentos | 0,10 - 0,30 |

Métodos para Bacias com área superior a 3 km²

A série histórica de vazões consistidas da estação selecionada, deverá possuir pelo menos, 10 anos de registros horários, 2 leituras ou diários (priorizando sempre a melhor resolução temporal disponível) para que seja utilizado o Método do Ajuste Estatístico. Caso as séries existentes tenham registros inferiores ao mínimo desejado, a metodologia a ser usada deverá ser do Hidrograma Unitário a partir de uma Chuva de Projeto.

Para a análise de falhas no período disponível de dados, sugere-se que, para as estações fluviométricas com, no máximo, dois dias consecutivos sem dados, estas falhas sejam preenchidas através de interpolação linear.

A análise das falhas deverá ser elaborada com base diária e para cada ano. Em cada ano o número de dias sem dados não deverá ser superior a 10% do período. Portanto, o número de anos disponíveis para o estudo de disponibilidade hídrica é o número total de anos desde a sua instalação menos o número de anos descartados (falhas superiores a 10%).

Ajuste Estatístico

A análise de frequência de cheias tem como objetivo estabelecer a relação entre os valores de vazões máximas e os tempos de retorno ou de recorrência a eles associados. Esta análise baseia-se no exame probabilístico dos máximos

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO
DO ESTUDO DE COTA DE INUNDAÇÃO
PARA ASSENTE DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO
PROJETO DE ENGENHARIA**

registros fluviométricos anuais. Assim, os seguintes passos deverão ser realizados:

- Estabelecer para o local do estudo uma série de vazões horárias, 2 leituras ou diárias (priorizando sempre a melhor resolução temporal disponível), derivada de uma série histórica de um posto localizado no mesmo curso d'água ou na mesma bacia;
- A partir da série de vazões, selecionar o maior valor ocorrido anualmente;
- Calcular a média, o desvio-padrão e assimetria da série estabelecida de máximos anuais;
- Com a análise do valor da assimetria escolher a distribuição, comparar várias distribuições estatísticas para Extremos Máximos (é recomendado : Gumbel, Log-Gumbel, Log Pearson-3 parâmetros, Pearson-3 parâmetros, Exponencial, Log-Neperiano-3 parâmetros) e utilizar a que teve melhor ajuste com as vazões máximas;
- Em função do Tempo de Retorno (TR) definido pela Tabela 3 ou 4, obter a vazão máxima de projeto correspondente;
- Por correlação direta entre áreas de drenagem, limitada à diferença entre áreas de 3 a 4 vezes, utiliza-se a correlação definida por:

$$Q_1 = \frac{A_1}{A_2} \cdot Q_2 \quad (6)$$

- onde: A_1 área de drenagem do local do estudo, em km^2 ;
 A_2 área de drenagem da estação fluviométrica existente, em km^2 ;
 Q_1 vazão do local do estudo, em m^3/s ;
 Q_2 vazão da estação fluviométrica existente, em m^3/s .
- Caso a diferença entre áreas seja superior a 4 vezes, recomenda-se optar também pelo Método do Hidrograma Unitário.

Método do Hidrograma Unitário

Modelos baseados no hidrograma unitário são utilizados para calcular vazões máximas e hidrogramas de projeto com base nas chuvas de projeto. Neste caso, uma metodologia de separação de escoamento, como a do SCS, e o método do hidrograma unitário, são utilizados considerando eventos de chuva de projeto.

Admite-se, implicitamente, que uma chuva de T anos de tempo de retorno provoque uma vazão máxima de T anos de tempo de retorno. Os passos para obter a vazão máxima com base no Hidrograma Unitário são detalhados a seguir:

- Calcular a área da bacia;
- Calcular o tempo de concentração da bacia;

| | | | |
|-----|----------------------------------|----------------|-----------------|
| MPS | MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO | Módulo 12.1 | Página 11/19 |
|-----|----------------------------------|----------------|-----------------|

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO
DO ESTUDO DE COTA DE INUNDAÇÃO
PARA ASSENTE DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO
PROJETO DE ENGENHARIA**

- Identificar o posto pluviográfico com dados ou curva IDF válida em região próxima;
- De acordo com a disponibilidade das estações pluviométricas consistentes na área de drenagem, ou em suas imediações, selecionar um grupo de estações para montar uma série de registros históricos ponderada, utilizando a metodologia de Thiessen;
- Utilizar os dados de pluviometria com série histórica diária para as estações selecionadas ainda sem análise das falhas e calcular uma série de dados médios;
- Proceder a análise de falhas para a série média;
- A partir da série média com, no mínimo, 10 anos de dados sem falhas, apontar o maior valor ocorrido anualmente para cada estação;
- Calcular a média, o desvio-padrão e assimetria da série estabelecida de máximos anuais;
- Comparar várias distribuições estatísticas para Extremos Máximos (é recomendado : Gumbel, Log-Gumbel, Log Pearson-3 parâmetros, Pearson-3 parâmetros, Exponencial, Log-Neperiano-3 parâmetros) e utilizar a que teve melhor ajuste com as vazões máximas;
- Em função do Tempo de Retorno (TR) definido pela Tabela 3 ou 4, obter a vazão máxima de projeto correspondente;
- Com base na curva de Intensidade x Duração x Freqüência (IDF), define-se a chuva de projeto, com duração definida dependente do método escolhido e, para a distribuição temporal pelo método tradicional ou método dos blocos alternados;
- Desagregar as precipitações para gerar as curvas IDF, utilizando o método consagrado;
- Com base na chuva de projeto corrigida do passo anterior e usando uma metodologia de separação de escoamento como o método do coeficiente CN, calcula-se a chuva efetiva;
- Com base nas características da bacia (área, tempo de concentração e outros) definir o Hidrograma Unitário Sintético;
- Com base na chuva efetiva e no hidrograma unitário é feita a convolução para gerar o hidrograma de projeto;
- A maior vazão do hidrograma de projeto é a vazão máxima estimada a partir da chuva;
- Estes passos podem ser repetidos para outros tempos de retorno e para outras condições de ocupação da bacia.

Cálculo das Cotas de Assente para cada Seção Avaliada

Definição dos parâmetros a serem utilizados

| | | | |
|-----|----------------------------------|----------------|-----------------|
| MPS | MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO | Módulo 12.1 | Página 12/19 |
|-----|----------------------------------|----------------|-----------------|

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO
DO ESTUDO DE COTA DE INUNDAÇÃO
PARA ASSENTE DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO
PROJETO DE ENGENHARIA**

No caso de seções transversais que dispõem de registros históricos (medições de vazões e leituras de réguas), a definição da cota de inundação partirá da relação cota x vazão (curva-chave), normalmente fornecida pelo Instituto das Águas do Paraná, juntamente com os dados históricos.

A relação que existe entre a descarga medida e a leitura simultânea de régua é uma função que envolve características geométricas e hidráulicas da seção de medições e do trecho do curso d'água considerado. Desta forma, a curva-chave é uma representação gráfica desta relação, elaborada a partir dos resultados das medições hidrométricas e apoiada na análise dos parâmetros do escoamento. Aos pares de valores leitura x vazão, ajusta-se uma curva que deve ser, em geral,

monotonamente crescente, sem singularidades e com concavidade voltada para cima. Ela poderá ainda apresentar pontos de inflexão no caso de ocorrer uma mudança de controle ou uma mudança súbita na seção transversal. A relação leitura x descarga é definida em todo o intervalo de variação das leituras de régua. Assim, conhecida a vazão para o Tempo de Retorno de interesse é possível obter a cota relativa correspondente e, em seguida relacioná-la a um marco, cuja cota absoluta é conhecida.

Cálculo hidráulico de escoamento superficial

O escoamento em rios e canais abertos é um fenômeno bastante complexo, sendo fortemente variável no espaço e no tempo. As variáveis fundamentais são a velocidade, a vazão e o nível da água. Quando estas variáveis não variam ao longo do tempo em um determinado trecho do canal, o escoamento é chamado permanente. Quando as variáveis: vazão, velocidade média e nível, não variam no espaço o escoamento pode ser chamado de uniforme.

A velocidade média de escoamento permanente uniforme em um canal aberto com declividade constante do fundo e da linha da água pode ser estimada a partir de equações relativamente simples, como as de Chezy e de Manning. Combinando essa expressão com a Equação da Continuidade, chega-se à equação de Manning, relacionando a vazão média da água em um canal com o nível da água neste canal e a declividade em função da profundidade do canal.

Lembrando ainda que o raio hidráulico é a relação entre a área de escoamento e o perímetro molhado, ou seja:

$$R_h(y) = \frac{A(y)}{P(y)} \quad (7)$$

onde: A a área (em função de y);

P o perímetro molhado (em função de y).

A equação de Manning é bastante utilizada para cálculos hidráulicos relativos a canais artificiais (semi-circular, retangular ou trapezoidal) e artificiais (na maioria

| | | | |
|-----|----------------------------------|----------------|-----------------|
| MPS | MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO | Módulo 12.1 | Página 13/19 |
|-----|----------------------------------|----------------|-----------------|

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO
DO ESTUDO DE COTA DE INUNDAÇÃO
PARA ASSENTE DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO
PROJETO DE ENGENHARIA**

das situações são irregulares). Portanto, é necessário relacionar a vazão obtida para cada nível de água (y) e, este a um marco conhecido para a obtenção da cota absoluta, de modo a possibilitar a definição da cota de inundação. Assim, descreve-se a vazão em função do nível de água como a equação a seguir:

$$Q(y) = \frac{1}{n} \cdot \frac{A(y)^{53}}{P(y)^{23}} \cdot S^{12} \quad (8)$$

onde: Q a vazão média da água em m³/s (em função de y);
A a área molhada em m² (em função de y);
P o perímetro molhado em m (em função de y);
S a declividade da linha d'água em m/m (em função de y);
n o coeficiente de Manning (parâmetro que depende da rugosidade da parede).

Os canais naturais irregulares poderão ser calculados como seções aproximadamente trapezoidais. Na indisponibilidade das informações batimétricas da seção, faz-se necessário uma simplificação da seção para uma seção trapezoidal. A Figura 1 relaciona as variáveis possíveis de serem obtidas nas seções irregulares e tratá-la como uma seção trapezoidal aproximada.

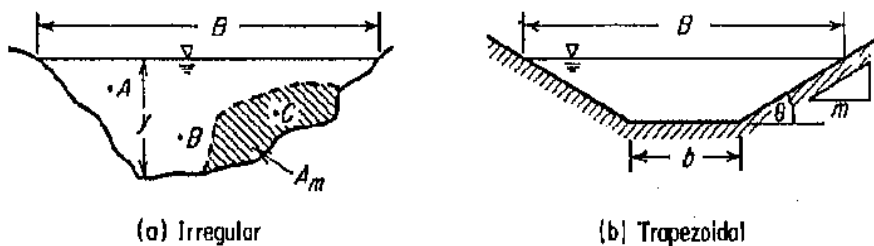


Figura 1 - Seção de Canal Irregular Típica e suas variáveis correspondentes para a consideração de um Canal Trapezoidal Regular.

As equações 9 e 10 possibilitam a obtenção da vazão por Manning, a partir da caracterização da seção irregular aproximada de uma seção trapezoidal.

$$Q = \frac{K' \cdot b^{83} \cdot S^{12}}{n} \quad \text{onde} \quad K' = \frac{k' \cdot (1 + my/b)^{53}}{\left[1 + 2 \sqrt{1 + m^2} \cdot \left(\frac{y}{b} \right) \right]^{23}} \cdot \left(\frac{y}{b} \right)^{53} \quad (9) \quad e$$

(10)

onde: Q a vazão média da água em m³/s;
n o coeficiente de Manning;
S a declividade (m/m, ou adimensional);
K' uma relação em função da geometria aproximada da seção transversal;
b a largura do canal em m;
y o nível de água em m;

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO
DO ESTUDO DE COTA DE INUNDAÇÃO
PARA ASSENTE DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO
PROJETO DE ENGENHARIA**

m parâmetro geométrico que caracteriza a inclinação da margem mais susceptível a inundação.

Normalmente, as seções não são perfeitamente encaixadas e dificilmente com seção simples. Assim, as seções transversais compostas devem ser divididas em subcondutos para o dimensionamento, visto que podem possuir resistências ao escoamento diferentes o que resulta em escoamentos distintos.

Na Figura 2, têm-se três subcondutos, que produzem as vazões: Q_1 , Q_2 , Q_3 , ou seja a capacidade de vazão da seção é: $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$.

Notar que os segmentos de reta a-b não se constituem em perímetros molhados, mas sim nos limites virtuais de escoamentos independentes de cálculo e a área molhada do conduto principal é composta com um retângulo e um trapézio.

É usual utilizar a seção composta para conduzir cheias no leito maior, como ocorre naturalmente nos cursos d'água. As rugosidades de Manning diferentes podem ser resolvidas com a rugosidade equivalente.

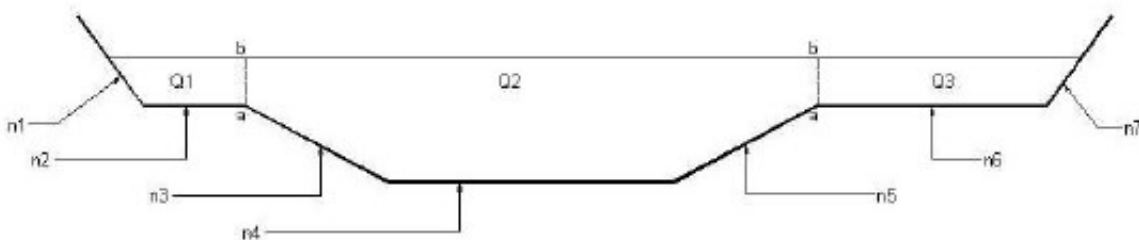


Figura 2 - Exemplo de delimitação de áreas em uma seção composta

Determinação da Cota da Soleira / Vertedor da Barragem de Nível

Nos casos que o empreendimento que necessita da cota de inundação seja uma captação que requer soleira ou vertedor de barragem de nível, então deverá ser verificada a altura máxima da soleira para que a cota de inundação não ultrapasse o Tempo de Retorno (TR) definido pela Resolução Sanepar nº091/2007, apresentada no item 1.4 a partir da Tabela 1.

- Determinação da Altura da Soleira:
 - Definir o bordo livre como 0,50 m ;
 - Determinar a altura da soleira vertente para que a Cota do Remanso seja igual ou inferior a Cota de Inundação para o TR adotado;
 - Caso não seja possível a adoção do TR conforme previsto, deverá ser realizada uma reunião para consenso sobre o critério a ser utilizado;
- Dissipação de Energia: avaliar a necessidade de bacias de dissipação após a soleira vertente, caso afirmativo, dimensionar estrutura.

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO
DO ESTUDO DE COTA DE INUNDAÇÃO
PARA ASSENTE DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO
PROJETO DE ENGENHARIA**

Referências Bibliográficas

- ASCE, 1969. **Design and Construction of sanitary and storm sewers**. New York (Manuals and Reports of Engineering Practice, 37).
- BAPTISTA, M.B. et al. organiz. **Hidráulica Aplicada**. Porto Alegre: ABRH, 2003.
- CEHPAR. **Projeto HG-52** - Aproveitamentos Hidrelétricos de Pequeno Porte – Regionalização de Vazões de Estiagem, de Curvas de Permanência e de Vazões Máximas de Pequenas Bacias Hidrográficas do Estado do Paraná. Curitiba: Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza. 1989.
- CHOW, V.T. **Open Channel Hydraulics**. McGraw-Hill, 1959, 680p.
- FENDRICH, R.. **Chuvas Intensas para obras de drenagem no Estado do Paraná**. Curitiba: Champagnat, 1998, 99p.
- HENDERSON, F.M. **Open Channel Flow**. New York: The MacMillan Company, 1966.
- SUDERHSA. **Atlas de Recursos Hídricos do Estado do Paraná**. Curitiba: Suderhsa - Governo do Estado do Paraná, 1998.
- TUCCI, E.M. et al. organiz. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.
- WILKEN, P.S., 1978. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: CETESB 477p.
- [http://www.fcth.br/phd/phd313/Roteiros de Estudo/Hidráulica -Conduitos Livres.PDF](http://www.fcth.br/phd/phd313/Roteiros_de_Estudo/Hidráulica_-Conduitos_Livres.PDF)

RESULTADOS A SEREM APRESENTADOS

Especificações Técnicas dos Serviços

A apresentação digital do mapa de localização e contorno da área de drenagem do(s) pontos(s) de estudo deverá ser realizada contendo uma prancha em cada arquivo. Observar que as coordenadas do desenho coincidam com as coordenadas geográficas em UTM.

Desenhos e Mapas de Localização

Apresentar todos os mapas de localização, perfil longitudinal, seções transversais e detalhes necessários à perfeita compreensão do estudo de modo a evitar equívocos.

Indicar em todas as plantas o norte magnético, as cotas e níveis referenciando a uma RN única e a base cartográfica utilizada como referência para a cidade (empresa e data). Os desenhos deverão ser cotados. Em geral, as escalas

| | | | |
|-----|----------------------------------|----------------|-----------------|
| MPS | MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO | Módulo 12.1 | Página 16/19 |
|-----|----------------------------------|----------------|-----------------|

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO
DO ESTUDO DE COTA DE INUNDAÇÃO
PARA ASSENTE DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO
PROJETO DE ENGENHARIA**

utilizadas nos desenhos em planta serão uma convenientemente selecionada, de forma que possibilite clareza e objetividade.

Mapa Cartográfico da Bacia Hidrográfica do Estudo de Cota de Inundação

A planta sumária, em escala convenientemente escolhida conforme o porte da área, conforme o tamanho da seção.deverá conter :

- contorno da área de drenagem delimitada pelo ponto do estudo;
- a área de implantação do empreendimento de saneamento de interesse;
- a localização das estações pluviométrica e/ou fluviométrica necessárias;
- arruamento com nomes das ruas principais, em situações urbanas;
- sistema viário principal e acessos;
- zonas de ocupação urbana.

Mapa Cartográfico da Área de Implantação do Empreendimento - Detalhe da Localização da Seção

A planta de detalhamento das seções transversais dos pontos de interesse, em escala convenientemente escolhida conforme o tamanho da seção.deverá conter:

- contorno da área de drenagem delimitada pelo ponto do estudo;
- a área de implantação do empreendimento de saneamento de interesse;
- a localização das estações pluviométrica e/ou fluviométrica necessárias;
- arruamento com nomes das ruas principais, em situações urbanas;
- sistema viário principal e acessos;
- zonas de ocupação urbana.

Resumo do Estudo de Cota de Inundação

Apresentar o resumo do Estudo de Cota de Inundação que deverá conter:

- Quadro resumo contendo descrição sucinta das localizações de estações pluvio-fluviométricas utilizadas e dos pontos estudados;
- Quadro resumo das vazões máximas, cotas relativas e absolutas respectivas, para os Tempos de Retorno de interesse;
- Planta geral contendo a localização do empreendimento de saneamento, a seção transversal .

APRESENTAÇÃO

Na formatação do trabalho final a capa deverá conter informações sobre a empresa contratante (nome e logotipo) e contratada (nome, logotipo e endereço), assim como itens contemplados e data (mês e ano) de apresentação do

| | | | |
|-----|----------------------------------|----------------|-----------------|
| MPS | MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO | Módulo 12.1 | Página 17/19 |
|-----|----------------------------------|----------------|-----------------|

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO
DO ESTUDO DE COTA DE INUNDAÇÃO
PARA ASSENTE DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO
PROJETO DE ENGENHARIA**

documento. Após a capa, inserir folha de apresentação constando nome, número de registro profissional, RG, CPF e atribuições de todos os envolvidos no projeto por parte da contratante (eng. Coordenador do projeto na Sanepar) e da contratada (engenheiros, projetistas e demais participantes). Incluir nesta folha número de contrato (OS), período de vigência do mesmo.

Na apresentação do trabalho, manter, como neste documento, logotipo da Sanepar e indicação de conteúdo no cabeçalho do documento alterando o texto de “Diretrizes para Elaboração do Estudo ...” para “Estudo de Cota de Inundação – nome da estrutura de saneamento – nome do município”. No rodapé deverão constar informações da contratada, no mínimo nome e logotipo.

Os desenhos e peças gráficas deverão conter legenda com todas as informações necessárias, conforme padrão da Sanepar. Indicar no campo específico a nomenclatura dos documentos. Os papéis utilizados para a plotagem deverão ser de boa qualidade (75 g/m² para o sulfite e 95 g/m² para o vegetal).

Em casos especiais, poderão ser adotadas escalas de desenhos diferentes das mencionadas no corpo destas prescrições, desde que devidamente autorizadas pela Sanepar.

Após a aprovação pela Sanepar, a entrega final do projeto de engenharia se constituirá de:

- 02 vias em meio digital, em CD-ROM não regravável, devidamente identificadas num arquivo-índice conforme padrão definido pela Sanepar;
-
-
- Gravar cada relatório em um único arquivo em extensão .doc e também em pdf. As figuras, quadros e tabelas deverão integrar o corpo dos relatórios. Gravar os arquivos de desenho em dwg e pdf;
- Encaminhar também os respectivos arquivos extensão dwg. A capa da caixa do CD-ROM deverá conter informações sobre a empresa contratante (nome e logotipo), contratada (nome, logotipo e endereço), número de contrato (OS), assim como itens contemplados em cada CD e data (mês e ano) de apresentação do mesmo;
- 02 cópias com memoriais encadernados reproduzidos em xerox, exceto as páginas com figuras ou outros elementos coloridos, as quais deverão ser impressas.

APROVAÇÃO

Em qualquer época, até a aprovação geral do Projeto de Engenharia, a Sanepar poderá solicitar à empresa de engenharia contratada, complementações, esclarecimentos e/ou reformulações do mesmo, sem acarretar ônus adicional a Sanepar.

| | | | |
|-----|----------------------------------|----------------|-----------------|
| MPS | MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO | Módulo 12.1 | Página 18/19 |
|-----|----------------------------------|----------------|-----------------|

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO
DO ESTUDO DE COTA DE INUNDAÇÃO
PARA ASSENTE DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO
PROJETO DE ENGENHARIA**

A aprovação final do Estudo de Cota de Inundação e sua aceitação esta condicionada ao acompanhamento da USHI (Unidade de Serviços de Recursos Hídricos).

ANEXOS

Os anexos deverão conter as documentações, relatórios e estudos existentes utilizados no desenvolvimento do ECI, tais como: tabelas citadas nos estudos técnicos; mapas; memorial fotográfico; leis e decretos; dados hidrometeorológicos; entre outros.