

ELABORAÇÃO – EQUIPE TÉCNICA USHI (ordem alfabética):

Ely Carlos de Alvarenga

Josete de Fátima de Sá

Nicolás Lopardo

1 DEFINIÇÃO DE COTA DE INUNDAÇÃO

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 abastecimento público, seja de esgotamento sanitário. Esta cota corresponde à máxima cheia provável que pode ocorrer durante a vida útil da obra, a partir de um risco assumido de que a estrutura venha a ser inundada, após considerações de ordem econômica, ambiental e de segurança das populações que possam ser afetadas. Assim, será definida uma localização segura para a implantação do empreendimento de saneamento em questão, de modo a ficar fora do alcance de inundações menores ou iguais ao risco relacionado.

2 OBJETIVO

Este documento tem como objetivo apresentar diretrizes, que seguirão metodologias apropriadas, para elaboração dos estudos hidrológicos e hidráulicos que definirão a cota de inundação. 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).

3 ORIENTAÇÕES GERAIS 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;
- 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 reuniões de andamento para eliminar possíveis dúvidas;
- Realizar um último Fórum para consagrar todos os conceitos assumidos e sanar possíveis discordâncias.

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



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.

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

Solicitar à Sanepar, para a Área de Cartografia / USPE, as bases cartográficas que incluem também as ortofotografias, a hidrografia integrada, as áreas com o uso e ocupação do solo e tipos de solo. Estas informações estão disponíveis, mediante o Termo de Responsabilidade de Uso, pois são importantes para o desenvolvimento dos Estudos de Cota de Inundação.

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;
- Desenhos e Mapas de Localização e Amarração;
- Inserir relatos, quadros, gráficos, tabelas, orçamentos e seus memoriais de cálculo/cotações de preços, no corpo do memorial;
- Resumo do Estudo da Cota de Inundação;
- Anexos (tais como memorial fotográfico, levantamentos planialtimétricos e batimétricos, topográficos, etc.).

4 METODOLOGIA PARA CALCULAR A COTA DE INUNDAÇÃO

Os procedimentos são divididos em 4 etapas. A primeira delas é a definição do tempo de recorrência (T_R) a ser adotado, que é função do porte do empreendimento. O T_R representa o número de anos em que, numa média de longo período, deverá ocorrer uma única falha durante os anos do T_R . Por exemplo, para uma década isolada ($T_R=10$ anos) poderão ocorrer de zero a dez falhas (cada uma com uma determinada probabilidade); a média de longo período, entretanto, será de uma falha por década. A segunda etapa é avaliar o tamanho da bacia de drenagem e averiguar as informações de dados hidrológicos no entorno para definição da metodologia. A terceira etapa corresponde à determinação da cheia de projeto, vazão máxima e, finalmente, o cálculo da cota de inundação propriamente dito.

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



O Estudo de Cota de Inundação deve ser utilizado nas Captações Superficiais e Subterrâneas, Estações de Tratamento de Esgoto, Estações Elevatórias, Travessias, entre outros empreendimentos, que estejam próximo a corpos hídricos.

4.1 Tempo de Recorrência e Risco do Empreendimento de Saneamento

No desenvolvimento do ECI deverá ser seguida a Resolução Interna Sanepar nº091/2007. Devido ao fato de não haver diretrizes pré-estabelecidas para tempos de recorrência a serem adotados no setor de saneamento, a Resolução Interna Sanepar nº091/2007 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 em cada caso, partiu-se do princípio de que, quanto maior a obra, maiores os valores envolvidos e menores devem ser os riscos assumidos. Os valores sugeridos na referida Resolução referem-se às probabilidades de ocorrência a cada ano ($1/T_R$), e o risco será relacionado à vida útil admitida para o projeto.

O risco (probabilidade) de que a chuva de projeto seja, efetivamente excedida, uma ou mais vezes, durante a vida útil da instalação, é calculado pela expressão:

$$R(\%) = \left[1 - \left(1 - \frac{1}{T_R} \right)^n \right] * 100 \quad (1)$$

onde: R é o Risco Percentual em porcentagem;
 T_R é o Tempo de Retorno em anos;
n é a Vida Útil em anos.

O risco complementar (100-R) representa a probabilidade de não ocorrer falha alguma durante a vida útil.

Para definição dos portes dos sistemas foi utilizada a classificação das Unidades da Empresa. A Tabela 1 apresenta esta classificação, o T_R mínimo para cada porte, a probabilidade de ocorrer a excedência a cada ano, e o risco admissível para 30 anos de vida útil (horizonte de projeto).

Tabela 1 - Riscos a serem assumidos em função do porte dos sistemas e da vida útil

TIPO	Vazão	Tempos de Recorrência (T_R) mínimos a serem investigados	Probabilidades de ocorrência a cada ano	Riscos Admissíveis Para 30 anos
TIPO I	$Q \geq 400$ L/s	100	0,01 = 1%	0,26 = 26%
TIPO II	$115 \leq Q < 400$ L/s	50	0,02 = 2%	0,45 = 45%
TIPO III	$31 \leq Q < 114$ L/s	25	0,04 = 4%	0,71 = 71%
TIPO IV	$Q < 30$ L/s	10	0,10 = 10%	0,96 = 96%

Para cada empreendimento, além do T_R mínimo indicado na Tabela 1, deverão ser analisados os Tempos de Recorrência dos empreendimentos acima deles, mais os T_R para 200, 500 e 1000 anos. Isto porque, dependendo das circunstâncias locais, as cotas de inundação podem aumentar muito pouco para T_R maiores, justificando um maior coeficiente de segurança, mesmo para obras pequenas. Assim, o T_R do projeto deve ser definido com base nessas considerações.

Contudo, se a cota de vestígio local evidenciar valor maior que os calculados, ficará a critério do projetista e do engenheiro responsável pela implantação optar pelo valor do vestígio, calculando o Tempo de Recorrência correspondente.

Para os empreendimentos existentes deverá ser verificado o Tempo de Recorrência (T_R).

4.2 Procedimentos Hidrológicos para a definição da metodologia para a Determinação da Vazão de Projeto

4.2.1 Bacias de drenagem com área inferior a 3 km²

Verificar se a área de drenagem da bacia a montante do empreendimento é **igual ou inferior a 3 km²**. Em caso afirmativo, encaminha-se para a metodologia de cálculo da vazão máxima pelo Método Racional.

4.2.2 Bacias de drenagem com área superior a 3 km²

Neste caso deverão ser conhecidas as informações hidrológicas, fluviométricas e pluviométricas existentes no entorno do empreendimento.

Inicialmente são avaliadas as estações fluviométricas do entorno, verificando se a **diferença entre as áreas de drenagem das estações e da bacia em estudo é de até 4 vezes**. As estações que excederem este valor devem ser descartadas.

Para as estações restantes devem ser avaliadas as consistências da série de registros históricos, devendo garantir um **período mínimo de 10 anos de dados sem falhas**.

Caso uma ou mais estações atendam estes requisitos, encaminha-se para a metodologia do cálculo da vazão máxima pelo ajuste estatístico dos registros históricos.

Caso nenhuma estação atenda os requisitos acima, então utilizar a metodologia do Hidrograma Unitário.

4.3 Vazão Máxima de Projeto

4.3.1 Considerações Iniciais

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

Os métodos mais comuns para calcular as vazões máximas são a partir da transformação de chuva em vazão, ou através do uso de séries históricas. No caso de transformação de chuva em vazão, são utilizados 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 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.

Os estudos de vazões extremas, quando utilizam séries históricas, 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, sendo que a frequência de medições são horárias, 2 leituras por dia ou diárias (priorizando sempre a melhor resolução temporal disponível), os dados básicos como séries de cotas linimétricas, as medições de descarga, curva chave cota-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 no 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.

4.3.2 Caracterização Fisiográfica da Área Drenada

A área drenada ou bacia hidrográfica pode ser considerada como um sistema físico que transforma as entradas de água (eventos de precipitação) em saídas de água (escoamento superficial, infiltração 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 área da seção, de seu formato, 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.

$$S = \frac{H}{L} \quad (2)$$

onde: S é a declividade média, em m/m;

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

L é o 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:

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

onde: t_c é o tempo de concentração em minutos;

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

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

A fórmula de Kirpich tem sido amplamente utilizada no Brasil para o cálculo de tempos de concentração. Entretanto, existem várias outras fórmulas, de autores diversos, cada uma levando em conta certas peculiaridades da bacia. É recomendável calcular o tempo de concentração por mais algumas fórmulas, em função das características da bacia estudada, e então escolher a que julgar-se mais adequada.

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, que tem efeito sobre o escoamento superficial e evapotranspiração: e o uso do solo, embora elas não estejam diretamente relacionadas ao relevo. Estas características são consideradas na determinação do Hidrograma Unitário Sintético.

4.3.3 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 metodologia 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.

$$C = \frac{V_{\text{escoado}}}{V_{\text{precipitado}}} \quad (4)$$

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

A equação pode ser escrita como:

$$Q_s = 0,278 \cdot C \cdot i \cdot A \quad (5)$$

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

O fator 0,278 compatibiliza as diferentes unidades utilizadas nos dois membros da equação.

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 3 e 4 apresentam alguns valores conhecidos.

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



A estimativa da *Intensidade Máxima* é feita pela equação 6:

$$i = \frac{a \cdot T_R^n}{(t_c + b)^m} \quad (6)$$

onde: i intensidade (mm/h);
 T_R 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 48 localidades em diferentes regiões do Estado do Paraná poderão ser encontradas no livro “Chuvas Intensas para obras de drenagem no Estado do Paraná – 3ª Edição” (Fendrich, 2011).

Tabela 3 - Valores de C por tipo de ocupação da bacia (adaptado: ASCE, 1969 e Wilken, 1978).

Descrição da área	C
Área Comercial / Edificação muito densa: Partes Centrais , densamente construídas, em cidade com ruas e calçadas pavimentadas	0,70-0,95
Área Comercial / Edificação não muito densa: Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas	0,60-0,70
Área Residencial: residências isoladas, com muita superfície livre	0,35-0,50
unidades multiplas (separadas), partes residencias com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,50-0,60
unidades múltiplas (conjugadas)	0,60-0,75
lotes com mais de 2.000 m ²	0,30-0,45
áreas com apartamentos	0,50-0,70
Área Industrial: indústrias leves	0,50-0,80
indústrias pesadas	0,60-0,90
Descrição da área	C
Outros: 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

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



Tabela 4 - Valores de C de acordo com diferentes superfícies de revestimento (fonte: ASCE, 1969).

Superfície	C
<i>Pavimento:</i>	
Asfalto	0,70-0,95
Concreto	0,80-0,95
Calçada	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

4.3.4 Métodos para Bacias com área superior a 3 km²

4.3.4.1 Utilização de dados históricos

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%).

4.3.4.2 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 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;
- Para cada vazão máxima anual identificada, utilizar o seguinte critério para determinação da vazão máxima instantânea (Fill, 2003):

$$Q_{\max} = \frac{[0,8.Q_2 + 0,25.(Q_1 + Q_3)]}{k} \quad (7)$$

$$\hat{k} = 0,9123 \cdot \left(\frac{Q_1 + Q_3}{2.Q_2} \right) + 0,3620 \quad (8)$$

onde, Q_{\max} é a vazão máxima instantânea;

Q_2 é a vazão média diária do dia em que ocorre o pico;

Q_1 é a vazão média diária do dia anterior;

Q_3 é a vazão média diária do dia posterior;

\hat{k} é o estimador do parâmetro k .

- 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 pelas Tabelas 1 ou 2, obter a vazão máxima de projeto correspondente;
A regionalização poderá ser por correlação direta entre áreas de drenagem, limitada à diferença entre as áreas de 4 vezes. Utiliza-se a correlação definida por:

$$Q_1 = \frac{A_1}{A_2} \cdot Q_2 \quad (9)$$

onde: A_1 é a área de drenagem do local do estudo, em km^2 ;

A_2 é a área de drenagem da estação fluviométrica existente, em km^2 ;

Q_1 é a vazão do local do estudo, em m^3/s ;

Q_2 é a vazão da estação fluviométrica existente, em m^3/s .

Caso a diferença entre áreas seja maior que 4 vezes, deve-se optar pelo Método do Hidrograma Unitário.

4.3.4.3 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_R anos de Tempo de Retorno, provoque uma vazão máxima de T_R 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;
- Com base nas características da bacia (área, tempo de concentração e outros) definir o Hidrograma Unitário Sintético triangular do SCS. Apresentar um gráfico indicando os parâmetros principais do HUS, e uma tabela com as vazões unitárias ao longo do tempo de base.
- Desmembrar a chuva de projeto em blocos de duração idêntica à da chuva unitária do HUS, os quais deverão ter diferentes intensidades (pois é o que ocorre na prática). O número de blocos pode ser estimado dividindo-se o tempo de concentração da bacia pelo tempo de duração da chuva unitária, e arredondando este quociente para o inteiro mais próximo.
- O passo seguinte é calcular a altura de precipitação de cada bloco, podendo ocorrer duas situações:

a) Tempo de concentração da bacia com valores até 120 minutos

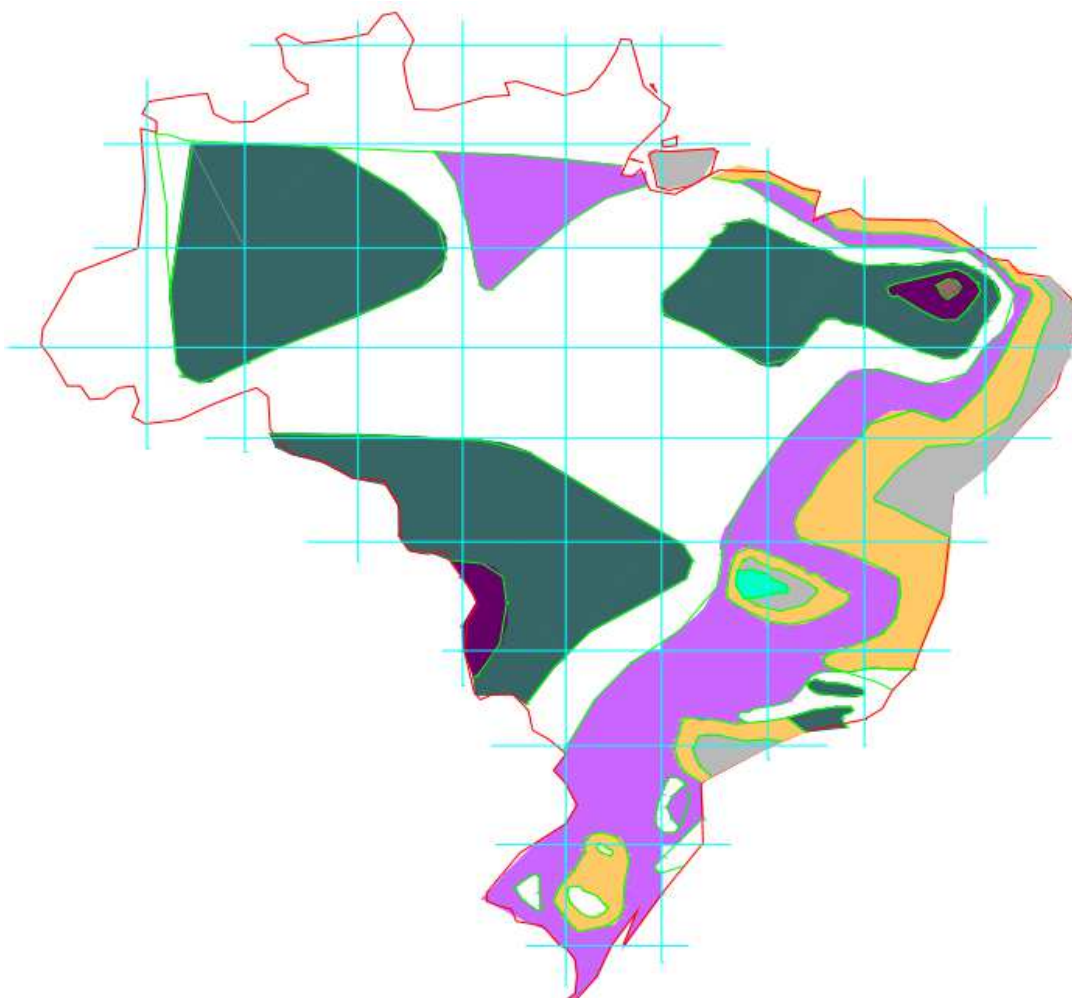
- Neste caso calcular as intensidades de chuva (mm/h) de cada bloco com a equação de chuvas intensas mais adequada ao local (Fendrich, 2011). Os tempos de duração devem ser os tempos acumulados de cada bloco. O tempo de retorno é o adotado no projeto.
- A intensidade de chuva de cada bloco deve ser multiplicada pelo fator de redução areal, como indicado, por exemplo, em Hidrologia-Collischonn (gráfico).
- Calcular as alturas de precipitação acumuladas multiplicando as intensidades corrigidas de cada bloco pelos tempos de duração respectivos.

b) Tempo de concentração da bacia com valores superiores a 120 minutos

- Neste caso não é recomendável a utilização de equações de chuvas intensas, e devem ser utilizados dados pluviométricos históricos.
- 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;
- Caso seja necessário aplicar 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 à análise de falhas para a série média, caso tenha sido utilizado Thiessen ou realizar a análise de falha nos dados de pluviometria com série histórica diária;
- A partir da série 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 1, obter a precipitação máxima diária de projeto correspondente; a chuva de 24 horas é obtida multiplicando-se pelo fator 1,095.
- Para desagregação pode-se utilizar o Método da Isozonas, desenvolvido para o Brasil por Torrico (1974), que correlacionou os dados de postos pluviográficos. Esta correlação permite, de maneira simples, a dedução da precipitação para os tempos de duração necessários inferiores a 24 horas. O método consiste em utilizar o mapa com a tabela abaixo para identificar a Isozona e os fatores de conversão.
- Aplicar a seguinte regressão entre os valores obtidos:

$$P_t = a_1 \ln(t) + b_1 \left\{ \begin{array}{l} a_1 = \frac{P(60min) - P(60min)}{\ln(60min)} \quad , 60min \leq t \leq 60min \\ b_1 = P(60min) \end{array} \right.$$
$$P_t = a_2 \ln(t) + b_2 \left\{ \begin{array}{l} a_2 = \frac{P(1440min) - P(60min)}{\ln(1440min)} \quad 60min \leq t \leq 1440min \\ b_2 = P(60min) \end{array} \right.$$

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



TEMPO DE RECORRÊNCIA EM ANOS												
ZONA	1 HORA / 24 HORAS DE CHUVA										6 MINUTOS 24h CHUVA	
	5	10	15	20	25	30	50	100	1000	10000	5-50	100
A	36.2	35.8	35.6	35.5	35.4	35.3	35.0	34.7	33.6	32.5	7.0	6.5
B	36.1	37.8	37.5	37.4	37.3	37.2	36.9	36.6	35.4	34.3	8.4	7.5
C	40.1	39.7	39.5	39.3	39.2	39.1	38.8	38.4	37.2	36.0	9.8	8.8
D	42.0	41.6	41.4	41.2	41.1	41.0	40.7	40.3	39.0	37.8	11.2	10.0
E	44.0	43.5	43.3	43.2	43.0	42.9	42.6	42.2	40.9	39.6	12.4	11.2
F	46.0	45.5	45.3	45.1	44.9	44.8	44.5	44.1	42.7	41.3	13.9	12.4
G	47.9	47.4	47.2	47.0	46.8	46.7	46.4	45.9	44.5	43.1	15.4	13.7
H	49.9	49.4	49.1	48.9	48.8	48.5	48.3	47.8	46.5	44.8	16.7	14.9

- Com base nas alturas de precipitações acumuladas do passo anterior e usando uma metodologia de separação de escoamento superficial, como o método do coeficiente CN (que leva em conta o tipo e uso do solo) do SCS, calculam-se as alturas de precipitações efetivas acumuladas; as precipitações acumuladas menores que as perdas iniciais devem ser zeradas.

- Calcular então as precipitações efetivas incrementais.
- Fazer uma redistribuição temporal das precipitações efetivas incrementais, de maneira que as maiores fiquem aproximadamente no meio da chuva de projeto. Pode ser utilizado o método dos blocos alternados, que inicia pelas linhas ímpares decrescentes, seguidas pelas linhas pares crescentes.
- Com base nas precipitações efetivas incrementais e no hidrograma unitário é feita a convolução para gerar o hidrograma de projeto, multiplicando-se as precipitações efetivas incrementais pelas vazões unitárias do HUS, e somando-se as contribuições de cada bloco;
- 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.

4.3.4.4 Fórmulas Empíricas para Cálculo da Vazão de Projeto

Existem várias fórmulas empíricas (Füller, Iskowski, etc.) para estimar a vazão máxima de projeto, baseadas nas condições fisiográficas da bacia. Como seus resultados costumam ser divergentes, e não são associados a Tempo de Retorno, não se recomenda a sua aplicação e não serão aceitas, a não ser para ter-se uma ordem de grandeza inicial da vazão.

4.4 Procedimentos para a Determinação da Cota de Inundação

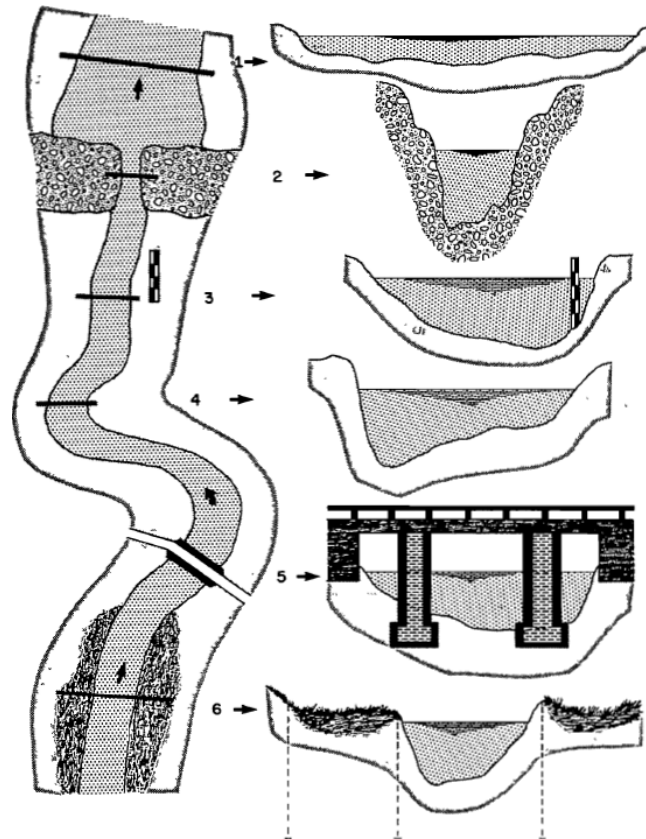
Para a determinação da Cota de Inundação podem ser utilizadas informações de estações fluviométricas, a equação de Manning e até programas que auxiliem na identificação e nos efeitos de remanso (por exemplo, HEC-RAS).

No caso de empreendimentos que se localizem próximos à confluência de rios que sejam afluentes de rios de maior porte, o estudo deve avaliar a cheia nos dois rios e verificar se o remanso (controle hidráulico) do rio maior interfere, aumentando a cota de cheia do rio onde está localizado o empreendimento.

Para a realização do estudo de cota de inundação é obrigatório o levantamento topobatimétrico contendo, pelo menos, 3 seções transversais.

A identificação dos locais para o levantamento topográfico das seções transversais deve considerar características geométricas, buscando as seções que possam atuar como controles hidráulicos. A figura abaixo demonstra um trecho de rio com algumas seções, caso o empreendimento esteja no ponto 3, deveriam ser realizadas as seções transversais nos pontos 2, 3 e 4 e realizado um levantamento cadastral da ponte no ponto 5. A seção batimétrica no ponto 2 é o controle hidráulico do escoamento.

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



Fonte: Cudo K. e Jaccon G. 1989

Também deve ser realizado levantamento cadastral de pontes, bueiros e outras estruturas que possam influenciar na cota de inundação, tanto a montante como a jusante do local de estudo.

No caso da necessidade de avaliar o efeito de remanso do rio maior sobre o afluente, deverão ser realizados 3 levantamentos de seções transversais em cada corpo hídrico. No rio de maior porte, as seções transversais devem estar localizadas 50 metros a montante da confluência, na própria confluência e 50 metros a jusante desta. Para o rio onde está localizado o empreendimento devem ser realizados a montante e na própria seção do empreendimento e um logo a montante da confluência com o rio maior.

Caso o empreendimento possua barragem de regularização de nível, uma das seções transversais deve contemplar a barragem e a outra seção deve ficar a montante da soleira de nível.

As seções transversais devem contemplar, obrigatoriamente, uma seção batimétrica seca para a correta determinação da cota de inundação. O comprimento mínimo para cada lado do rio deverá ser definida pela Sanepar na contratação do serviço, sendo no mínimo estes valores:

- Para rios de até 10 metros de largura: 50 metros para cada lado ou até sair da várzea;

- Para rios entre 10 metros e 100 metros de larguras: 100 metros para cada lado.
- Para rios maiores que 100 metros de largura: 200 metros para cada lado.

No caso da necessidade de soleira / barragem de nível, determinar a cota máxima de assente das estruturas, incluindo a barragem de nível.

4.4.1 Levantamento de Informações Hidráulicas da Seção Batimétrica Seca e Molhada

Os estudos necessitarão levantamentos em campo, a partir da indicação em planta do local por onde passará a seção transversal completa do rio (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 visam obter a representação de uma seção transversal do rio.

O georreferenciamento e a determinação de altitudes devem 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).

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



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.

4.4.2 Cálculo da Curva de Descarga na Seção de Interesse

Apenas deverá ser calculada a curva de descarga na seção de interesse, caso existam estações fluviométricas com medições de vazão ou que existam algumas medições de vazão que representem as situações de cheia.

A utilização de equações como Manning, Chezy ou o método de Stevens pode ser aplicada para um traçado da curva de descarga, desde que se possam estimar os coeficientes para diferentes situações de estiagem e de cheia.

Na impossibilidade de recriar uma curva de descarga no local de estudo, sugere-se a utilização da equação de Manning apenas para a vazão de projeto.

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, ou seja, da relação entre os níveis da água (h) com as respectivas vazões (Q) ambos medidos em uma mesma seção transversal de um rio e apoiada na análise dos parâmetros do escoamento.

Aos pares de valores leitura x vazão, a partir dos quais ajusta-se uma curva com a maior aderência aos pontos, devendo ser, em geral, monotonamente crescente, sem singularidades e com concavidade voltada para cima ou para baixo, dependendo da orientação dos eixos. 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.

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

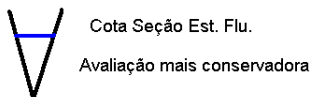
No caso de seções transversais que dispõem de registros históricos (medições de vazões e leituras de réguas), a definição da cota de inundação partirá da relação cota x vazão (curva-chave), normalmente fornecida pelo Instituto das Águas do Paraná, juntamente com os dados históricos.

Ao usar dados históricos de estações fluviométricas devem ser observadas as seguintes situações, configuradas a seguir:

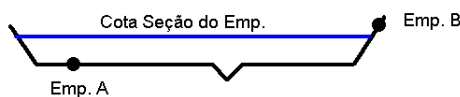
- Estação Fluviométrica a montante do empreendimento:
 1. Se a seção transversal da estação fluviométrica (incluindo seção seca e molhada) for mais encaixada que a seção transversal do empreendimento, então, a cota de montante será mais alta, mais conservadora que a cota na seção do empreendimento. Caso a cota do empreendimento seja inferior à cota da estação fluviométrica, não poderá ser utilizada diretamente a cota da estação fluviométrica. Deverá ser realizado o estudo da cota para a seção do empreendimento.
 2. Se a seção transversal da estação fluviométrica (incluindo seção seca e molhada) for menos encaixada que a seção transversal do empreendimento, então, a cota na estação fluviométrica inclui o efeito de remanso da seção mais encaixada do empreendimento. Portanto, a cota da estação fluviométrica poderá ser utilizada diretamente como sendo a cota do empreendimento.

Est. Flu. Montante e Empreendimento Jusante

1)

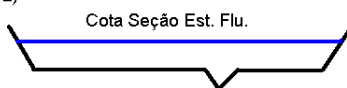


Emp. A
Cota Emp. A < Cota EF
Precisa levantar seção transversal p/ o empreendimento A e calcular a cota.



Emp. B
Cota Emp. B > Cota EF
Se aceita, não fazer o calculo p/ o empreendimento B.

2)

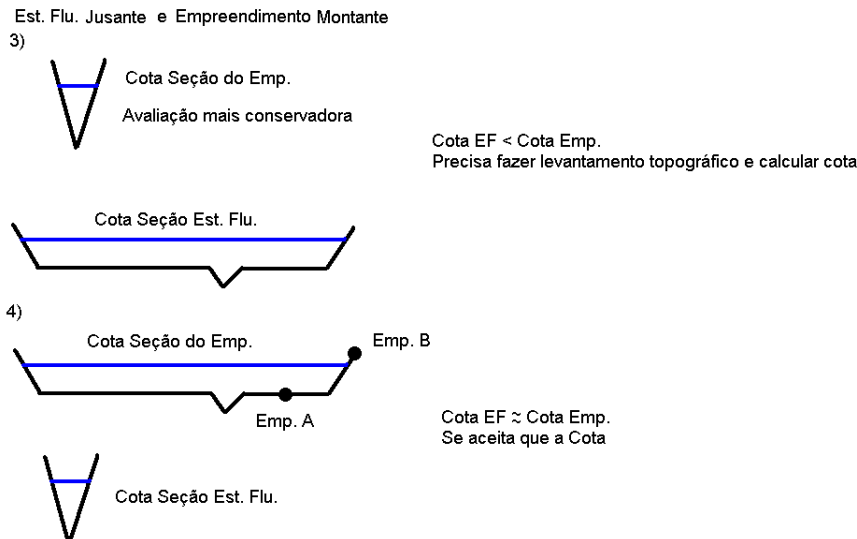


Cota EF \approx Cota Emp.
Se aceita que a Cota EF seja a do empreendimento.



- Estação Fluviométrica a jusante do empreendimento:
 3. Se a seção transversal da estação fluviométrica for mais encaixada que a seção transversal do empreendimento, então, a cota no empreendimento terá o efeito de remanso da seção mais encaixada da estação fluviométrica. Portanto, a cota da estação fluviométrica poderá ser utilizada diretamente como sendo a cota do empreendimento, corrigindo apenas a diferença de cota devido à declividade do canal.

4. Se a seção transversal da estação fluviométrica for menos encaixada que a seção transversal do empreendimento, então, a cota de jusante será inferior que a de montante e não será possível utilizar diretamente a cota da estação fluviométrica. Deverá ser realizado o estudo da cota para a seção do empreendimento.



4.4.3 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 se alteram ao longo do tempo em qualquer seção do canal, o escoamento é chamado permanente. Quando as variáveis não se alteram também no espaço, o escoamento pode ser chamado de permanente uniforme. Se variam somente ao longo do espaço, o escoamento é dito permanente não uniforme. Quando a variação se dá tanto no tempo como no espaço, o escoamento é dito não permanente (ou variado).

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 (y) e a declividade (S) do canal.

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

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



$$R_h(y) = \frac{A(y)}{P(y)} \quad (11)$$

onde: A é a área (em função de y);
P é 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 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:

$$Q(y) = \frac{1}{n} \cdot \frac{A(y)^{5/3}}{P(y)^{2/3}} \cdot S^{1/2} \quad (12)$$

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

A *declividade da linha d'água* deve se basear no desnível da água obtido das seções transversais levantadas próximo ao local estudado. O nível da água das seções deve ser obtido no mesmo dia.

O *coeficiente n de Manning* traduz a resistência ao escoamento, associada à 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 5 e 6 e alguns exemplos fotográficos podem ser visualizados no Anexo deste documento.

Tabela 5 - Valores de n de Manning para canais artificiais com diferentes tipos de revestimento de fundo e paredes (Ven 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 6 - 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 matacões	0,040	0,050	0,070
Canais de grande porte (B < 30m)	Seções regulares	0,025	-	0,060
	Seções irregulares	0,035	-	0,100
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

Para a determinação do coeficiente de rugosidade de Manning deve-se considerar o canal principal e a área de várzea para compor o coeficiente. Pode-se utilizar a metodologia de Cowan (1956), descrita a seguir:

Equação proposta por Cowan, pelo método modificado de Cowan (1956):

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5 \quad (13)$$

Onde, n_0 é o valor básico para as condições do canal de acordo com o material envolvido;

n_1 é o valor para correção dos efeitos de irregularidades da superfície do leito;

n_2 é o valor para as variações de forma e tamanho do canal através da seção;

n_3 é o valor para obstruções;

n_4 é o valor para vegetação e condições de escoamento;

m_5 é um fator de correção das sinuosidades do canal.

O intervalo de valores para as variáveis acima para a computação do coeficiente de Manning do leito do canal e da planície de inundação é apresentado na Tabela 7.

Cálculo de Canais Irregulares: A equação 10 é utilizada caso se disponha de um levantamento topobatimétrico da seção natural de interesse e das margens adjacentes, uma vez que a vazão de projeto poderá extravasar o canal encaixado. Selecionam-se várias cotas que cruzem a seção transversal e, para cada uma são medidas a área molhada e o perímetro molhado, obtendo-se a vazão correspondente a cada cota. Por interpolação, entra-se com a vazão de projeto e, determina-se a cota correspondente à superfície líquida.

Cálculo Aproximado de Canais Irregulares: Os canais naturais irregulares poderão ser calculados como seções aproximadamente trapezoidais. Na indisponibilidade das informações batimétricas da seção, faz-se necessário uma simplificação da

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

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.

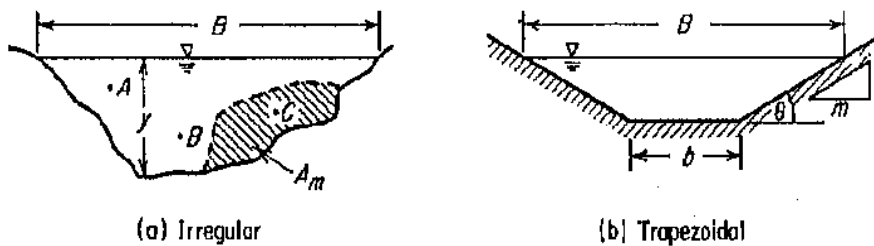


Tabela 7 - Valores das parcelas de n de Manning (Cowan, 1956).

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



Condição		Var	Canal	Planície
Material Envolvido	Terra	n_0	0,020	
	Rocha Cortada		0,025	
	Cascalho Fino		0,024	
	Cascalho Grosso		0,028	
Grau de Irregularidade	Liso	n_1	0,000	
	Insignificante		0,001 – 0,005	
	Moderado		0,006 – 0,010	
	Severo		0,011 – 0,020	
Variações na Seção Transversal	Gradual	n_2	0,000	0,000
	Alternado Oscilante		0,005	
	Alternado Frequentemente		0,010 – 0,015	
Efeito Relativo das Obstruções	Desprezível	n_3	0,000 – 0,004	0,000 – 0,004
	Insignificante		0,005 – 0,015	0,040 – 0,050
	Apreciável		0,020 – 0,030	0,020 – 0,030
	Severo		0,040 – 0,050	–
Vegetação	Baixa	n_4	0,002 – 0,010	0,001 – 0,010
	Média		0,010 – 0,025	0,010 – 0,025
	Alta		0,025 – 0,050	0,025 – 0,050
	Muito Alta		0,050 – 0,100	0,050 – 0,100
	Extrema		–	0,100 – 0,200
Graus de Sinuosidade	Insignificante	m_5	1,000	1,00
	Apreciável		1,150	
	Severa		1,300	

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

Tabela 8 - Descrição das parcelas de n de Manning (Cowan, 1956).

	Condição	Canal	Planície
n_1	Liso	Canais sem erosão	Superfície plana
	Insignificante	Canais com pouca erosão	Superfície ligeiramente irregular
	Moderado	Canais com erosão moderada	Superfície irregular
	Severo	Canais com muito erodidos	Superfície muito irregular
n_2	Gradual	Varição gradual da secção transversal muda	Não aplicado
	Alternado Oscilante	Varição oscilante da secção transversal muda	
	Alternado Frequentemente	Varição freqüente da secção transversal muda	
n_3	Desprezível	Obstruções (depósitos, raízes, troncos, etc.) que ocupam menos de 5% da área transversal (A_t)	
	Insignificante	Obstruções que ocupam menos que 15% de A_t	
	Apreciável	Obstruções que ocupam entre 15 a 50% de A_t	
	Severo	Obstruções que ocupam mais que 50% de A_t	Não aplicado
n_4	Baixa	Relva que cresce onde altura média do escoamento (h_m) ≥ 2 vezes a altura da vegetação (h_v)	
	Média	Relva que cresce onde é $h_v < h_m < 2h_v$; ausência de vegetação em R_h de 0,61 m	Relva que cresce onde é $h_v < h_m < 2h_v$
	Alta	Relva que cresce onde é h_m é igual h_v ; ausência de vegetação em R_h de 0,61 m	Relva que cresce onde é h_m é igual h_v ; presença de árvores e arbustos
	Muito Alta	Relva que cresce onde é $h_m \leq 0,5 h_v$; presença de taboas	Relva que cresce onde é $h_m \leq 0,5 h_v$
	Extrema	Não aplicado	Vegetação densa
m_5	Insignificante	Razão entre o comprimento do canal e o comprimento da bacia hidrográfica varia de 1,0 a 1,2	
	Apreciável	Razão entre o comprimento do canal e o comprimento da bacia hidrográfica varia de 1,2 a 1,5	
	Severa	Razão entre o comprimento do canal e o comprimento da bacia hidrográfica é maior que 1,5	

As equações 14 e 15 possibilitam a obtenção da vazão por Manning, a partir da caracterização da seção irregular aproximada de uma seção trapezoidal.

$$Q = \frac{K' \cdot b^{8/3} \cdot S^{1/2}}{n} \quad \text{onde} \quad K' = \frac{k' \cdot (1 + my/b)^{5/3}}{\left[1 + 2 \sqrt{1 + m^2} \cdot \left(\frac{y}{b}\right)\right]^{2/3}} \cdot \left(\frac{y}{b}\right)^{5/3} \quad (14) \text{ e } (15)$$

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;
m parâmetro geométrico que caracteriza a inclinação da margem mais susceptível à 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 subseções, que produzem as vazões: Q₁, Q₂, Q₃, ou seja a capacidade de vazão da seção é: Q = Q₁ + Q₂ + Q₃.

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.

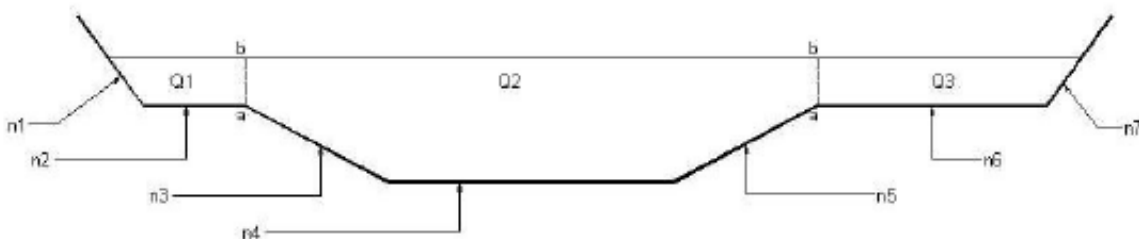


Figura 2 - Exemplo de delimitação de áreas em uma seção composta

4.4.4 Determinação da Cota de Inundação

Para a determinação da Cota de Inundação devem ser observados:

4.4.4.1 Assente das Estruturas

Determinar as cotas de assente e os tempos de recorrência para: as estruturas existentes, locais com vestígios de inundação e das estruturas propostas.

4.4.4.2 Soleira / Vertedor da Barragem de Nível

Nos casos que o empreendimento necessita da cota de inundação, 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 das Tabelas 1 ou 2.

- Determinação da Altura da Soleira:
 - Determinar a altura da soleira vertente para que a Cota do Remanso seja igual ou inferior à 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.
- Definir vertedores na soleira para permitir a medição das vazões na época de estiagem. O vertedor menor deve ser dimensionado para escoar a vazão com 70% de permanência ($Q_{70\%}$).

4.4.4.3 Borda Livre

A recomendação da existência da borda livre é para minimizar desvios entre projeto e construção, evitar irregularidades do talude, acomodar variações de vazão, minimizar riscos com ondas, reduzir riscos de extravasamento que tem, em geral, grande poder erosivo.

A seguir são descritos os critérios a serem adotados:

- Para obras hidráulicas e para definição das cotas de assentes das estruturas:
 - Deverá ser 10% da lâmina de água do vertedor considerando a profundidade normal (não utilizar a profundidade crítica);
 - Mínimo de 0,30 metros.
- Para canais naturais de grande largura;

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



- Poderá ser 10% da lâmina de água do vertedor considerando a profundidade normal (não utilizar a profundidade crítica);
- O valor a ser utilizado depende de critérios econômicos, mas poderá ser adotada como limite máximo a altura corresponde ao dobro do tempo de recorrência em estudo;
- Mínimo de 0,30 metros.

4.5 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.
- FILL, H.D.; STEINER, A.A. **Estimativa do Hidrograma Instantâneo e da Vazão Máxima de Enchentes a Partir de Vazões Médias Diárias**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 8 n.3 Jul/Set 2003, 17-27.
- HENDERSON, F.M. **Open Channel Flow**. New York: The MacMillan Company, 1966.
- CUDO, K. J.; JACCON, G. **Hidrologia Curva-Chave Análise e Traçado**. Brasília. Convênio DNAEE/CNPq/ORSTOM. 1989. 273 p.
- PEREIRA FILHO, D.B. ET al. **Sistema de ajuste e extrapolação de Curva de Descarga - Stevens**. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ABRH: João Pessoa - PB, 2003, 12p.
- SUDERHSA. **Atlas de Recursos Hídricos do Estado do Paraná**. Curitiba: Suderhsa - Governo do Estado do Paraná, 1998.
- TORRICO, J. J. T. **Práticas hidrológicas**. Rio de Janeiro, TRANSCON, 1974. 119p.
- 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>

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO - REVISÃO 2016	Modulo 12	Página 27/30
-----	--	--------------	-----------------

5 RESULTADOS A SEREM APRESENTADOS

5.1 Especificações Técnicas dos Serviços

A apresentação digital do mapa de localização e contorno da área de drenagem do(s) ponto(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.

5.2 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 e, sobretudo, destacando a localização segura para o empreendimento de saneamento em questão, de modo a ficar fora do alcance de inundações menor ou igual ao risco relacionado.

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

5.3 Mapa Cartográfico da Bacia Hidrográfica do Estudo de Cota de Inundação

A planta sumária, em escala convenientemente escolhida conforme o porte da área e 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.

5.4 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;

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



- A localização das estações pluviométrica e/ou fluviométrica necessária;
- Arruamento com nomes das ruas principais, em situações urbanas;
- Sistema viário principal e acessos;
- Zonas de ocupação urbana.

5.5 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 pluviométricas 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.

6 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 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;

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO - REVISÃO 2016	Modulo 12	Página 29/30
-----	--	--------------	-----------------

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



- 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.

7 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 à Sanepar.

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

8 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.