

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO  
DO ESTUDO HIDROLÓGICO PARA OUTORGA DE INTERVENÇÕES E OBRAS  
PROJETO DE ENGENHARIA**

## OBJETIVO

Segundo a Lei Estadual nº16.242 (13/outubro/2009), no Estado do Paraná, os atos de autorização de uso de recursos hídricos de domínio estadual são de competência do Instituto das Águas do Paraná. Esta instituição solicitará a Outorga, que é o ato administrativo que expressa os termos e as condições mediante as quais o Poder Público permite, por prazo determinado, o uso de recursos hídricos. Direciona-se ao atendimento do interesse social e tem por finalidades assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e disciplinar o exercício dos direitos de acesso à água. Um dos usos que dependem de outorga são as intervenções e obras de macrodrenagem. Quando se trata de recursos hídricos de domínio federal, quem concede as outorgas para utilização da água é a Agência Nacional de Águas.

Portanto, faz-se necessário o desenvolvimento de Estudo Hidrológico para Outorga de Intervenções e Obras (EHOIO) comuns em empreendimentos de saneamento como: canalização ou bueiro; travessia; dragagem e; proteção de margens.

Este documento tem como objetivo definir diretrizes para elaboração dos estudos hidrológicos para outorgas de intervenções e obras de macrodrenagem 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 km<sup>2</sup>, 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.

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Módulo 12.4	Página 1/20
-----	----------------------------------	----------------	----------------

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO**  
**DO ESTUDO HIDROLÓGICO PARA OUTORGA DE INTERVENÇÕES E OBRAS**  
**PROJETO DE ENGENHARIA**

### **Orientações para elaboração do Estudo**

Para a Outorga de Intervenções e Obras são solicitados os seguintes itens por modalidade:

#### Canalização ou Bueiro

- Vazão Máxima de Projeto (L/s);
- Geometria da seção do canal;
- Área da seção (m<sup>2</sup>);
- Diâmetro da seção (m);
- Largura do fundo do canal (m);
- Altura do fundo do canal (m);
- Extensão (m).

#### Travessia

- Vazão Máxima de Projeto (L/s);
- Área da seção (m<sup>2</sup>);
- Extensão (m).

#### Dragagem

- Vazão Máxima de Projeto (L/s);
- Geometria da seção do canal;
- Área da seção (m<sup>2</sup>);
- Diâmetro da seção (m);
- Largura do fundo do canal (m);
- Altura do fundo do canal (m);
- Extensão (m).

#### Proteção de margens

- Tipo de revestimento;
- Velocidade Máxima do Escoamento (m/s);
- Área da seção (m<sup>2</sup>);
- Declividade do trecho (m/m);
- Largura do fundo do canal (m);
- Altura média (m);
- Inclinação dos taludes de margem (1V – H);
- Extensão (m).

De maneira geral, na elaboração do EHOIO os seguintes aspectos para canalização ou bueiro, travessia e proteção de margens excetuando o item 8, sendo válido somente para a dragagem:

1. Realizar uma reunião inicial para identificação de todos os seus elementos constitutivos com clareza;
2. Realizar a visita técnica ao local (exceto para dragagem);

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Módulo 12.4	Página 2/20
-----	----------------------------------	----------------	----------------

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO  
DO ESTUDO HIDROLÓGICO PARA OUTORGA DE INTERVENÇÕES E OBRAS  
PROJETO DE ENGENHARIA**

3. Coordenar os levantamentos complementares de topografia a fim de dar condições para a realização da batimetria do trecho seco (margens) e do trecho molhado;
4. Realizar uma reunião de andamento para eliminar possíveis dúvidas;
5. Reunir as informações hidrológicas, fluviométricas e pluviométricas existentes;
- 6.a Verificar se a área de drenagem for **igual ou inferior a 3 km<sup>2</sup>**, em caso afirmativo, encaminha-se para a metodologia de cálculo da vazão máxima pelo Método Racional (exceto para dragagem);
- 6.b 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 (exceto para dragagem);
  - 6.b1 Se a área de drenagem for **superior a 3 km<sup>2</sup>** 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;
  - 6.b2 Se a área de drenagem for **superior a 3 km<sup>2</sup>** e **não existir série histórica mínima** de 10 anos sem falhas, encaminha-se para a metodologia do Hidrograma Unitário;
7. 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 (exceto para dragagem);
8. Com respeito a Dragagem, apresentar a localização, dimensionamento da seção e o cálculo do Volume Dragado;
9. Apresentar Relatório Descritivo, Memória de Cálculo e Resumo do Estudo;
10. Elaborar o processo de Outorga Prévia e de Direito para Intervenções e Obras.

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 EHOIO deverá ser seguido o Manual de Outorga de Uso de Recursos Hídricos (Instituto das Águas do Paraná, 2011) lembrando que é o Decreto Estadual nº 4646 de 31/08/2001 dispõe sobre o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos.

Os arquivos digitais de Instrução Documental para Requerimentos de Outorga Intervenções e Obras NO-004\_RIO de dezembro/2010 de Solicitação Outorga

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Módulo 12.4	Página 3/20
-----	----------------------------------	----------------	----------------

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO**  
**DO ESTUDO HIDROLÓGICO PARA OUTORGA DE INTERVENÇÕES E OBRAS**  
**PROJETO DE ENGENHARIA**

Prévia de Canalização e/ou Bueiro, Travessia, Dragagem e Proteção de leito/margem, são respectivamente,

020\_NO\_004\_RIO\_rev02\_OP\_Solic\_Canal.pdf,

023\_NO\_004\_RIO\_rev02\_OP\_Solic\_Trav.pdf,

025\_NO\_004\_RIO\_rev02\_OP\_Solic\_Drag.pdf

e

026\_NO\_004\_RIO\_rev02\_OP\_Solic\_Prot.pdf e de Solicitação de Outorga de Direito de Canalização e/ou Bueiro, Travessia, Dragagem e Proteção de leito/margem (mantendo as condições estabelecidas na Outorga Prévia), são respectivamente,

044\_NO\_004\_RIO\_rev02\_OD\_Solic\_Canal.pdf,

046\_NO\_004\_RIO\_rev02\_OD\_Solic\_Trav.pdf,

048\_NO\_004\_RIO\_rev02\_OD\_Solic\_Drag.pdf

e

049\_NO\_004\_RIO\_rev02\_OD\_Solic\_Prot.pdf .

Para disposição final do material retirado de dragagem, conforme ofício nº047/2010/IAP/GP, está autorizada pelo IAP para ser utilizada na confecção de artefatos para vias públicas do Município e o restante do material deve ser destinado para cavas próximas ao local.

## **PROCEDIMENTOS HIDROLÓGICOS PARA OUTORGA DE CANALIZAÇÃO OU BUEIRO**

O Estudo Hidrológico para Outorga de Intervenções e Obras (EHOIO) deverá ser constituído, no mínimo, dos seguintes elementos:

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

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

### **Memorial Descritivo do Estudo Hidrológico de Intervenções e Obras**

Deverá ser apresentado memorial descritivo com justificativa dos dados, dos elementos e dos 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;

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Módulo 12.4	Página 4/20
-----	----------------------------------	----------------	----------------

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO  
DO ESTUDO HIDROLÓGICO PARA OUTORGA DE INTERVENÇÕES E OBRAS  
PROJETO DE ENGENHARIA**

- 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 km<sup>2</sup>); 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;

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

$\Delta h$  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, envol-

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Módulo 12.4	Página 5/20
-----	----------------------------------	----------------	----------------

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO**  
**DO ESTUDO HIDROLÓGICO PARA OUTORGA DE INTERVENÇÕES E OBRAS**  
**PROJETO DE ENGENHARIA**

vendo 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.

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.

Tabela 3 - 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 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	0,040	0,050	0,070

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO**  
**DO ESTUDO HIDROLÓGICO PARA OUTORGA DE INTERVENÇÕES E OBRAS**  
**PROJETO DE ENGENHARIA**

	matações			
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

### 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, 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 deve ser de acordo com os procedimentos do Manual de Obras da Sanepar.

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Módulo 12.4	Página 7/20
-----	----------------------------------	----------------	----------------

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO**  
**DO ESTUDO HIDROLÓGICO PARA OUTORGA DE INTERVENÇÕES E OBRAS**  
**PROJETO DE ENGENHARIA**

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 (EHOIO) 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

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

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Módulo 12.4	Página 8/20
-----	----------------------------------	----------------	----------------



Método Racional para Bacias com área igual ou inferior a 3 km<sup>2</sup>

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:  $V_{\text{escoado}}$  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 km<sup>2</sup>, 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 (m<sup>3</sup>/s);  
i a intensidade de chuva (mm/h) referente ao tempo  $t_c$  ;  
A a área da bacia (km<sup>2</sup>).

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.

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Módulo 12.4	Página 9/20
-----	----------------------------------	----------------	----------------

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO  
DO ESTUDO HIDROLÓGICO PARA OUTORGA DE INTERVENÇÕES E OBRAS  
PROJETO DE ENGENHARIA**

Tabela 5 - 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
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

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

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 <sup>2</sup>	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
<i>Playgrounds</i>	0,20 - 0,35
pátios ferroviários	0,20 - 0,40
áreas sem melhoramentos	0,10 - 0,30

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO  
DO ESTUDO HIDROLÓGICO PARA OUTORGA DE INTERVENÇÕES E OBRAS  
PROJETO DE ENGENHARIA**

A estimativa 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);  
       $T_r$                   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 26 localidades em diferentes regiões do Estado do Paraná poderão ser encontradas no Atlas de Recursos Hídricos do Estado do Paraná (Suderhsa, 1998). Outra fonte que pode ser considerada é o livro “Chuvas Intensas para obras de drenagem no Estado do Paraná” (Fendrich, 1998).

Métodos para Bacias com área superior a 3 km<sup>2</sup>

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%).

### 1) *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;

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Módulo 12.4	Página 11/20
-----	----------------------------------	----------------	-----------------

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO  
DO ESTUDO HIDROLÓGICO PARA OUTORGA DE INTERVENÇÕES E OBRAS  
PROJETO DE ENGENHARIA**

- 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  $\text{km}^2$ ;

$A_2$  área de drenagem da estação fluviométrica existente, em  $\text{km}^2$ ;

$Q^1$  vazão do local do estudo, em  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$Q^2$  vazão da estação fluviométrica existente, em  $\text{m}^3/\text{s}$ .

- Caso a diferença entre áreas seja superior a 4 vezes, recomenda-se optar também pelo Método do Hidrograma Unitário.

## 2) 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;
- 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;

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Módulo 12.4	Página 12/20
-----	----------------------------------	----------------	-----------------

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO**  
**DO ESTUDO HIDROLÓGICO PARA OUTORGA DE INTERVENÇÕES E OBRAS**  
**PROJETO DE ENGENHARIA**

- 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

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.

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Módulo 12.4	Página 13/20
-----	----------------------------------	----------------	-----------------

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO**  
**DO ESTUDO HIDROLÓGICO PARA OUTORGA DE INTERVENÇÕES E OBRAS**  
**PROJETO DE ENGENHARIA**

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 a 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 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:

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Módulo 12.4	Página 14/20
-----	----------------------------------	----------------	-----------------

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO  
DO ESTUDO HIDROLÓGICO PARA OUTORGA DE INTERVENÇÕES E OBRAS  
PROJETO DE ENGENHARIA**

$$Q(y) = \frac{1}{n} \cdot \frac{A(y)^{5/3}}{P(y)^{2/3}} \cdot S^{1/2} \quad (8)$$

onde: Q a vazão média da água em m<sup>3</sup>/s (em função de y);  
 A a área molhada em m<sup>2</sup> (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.

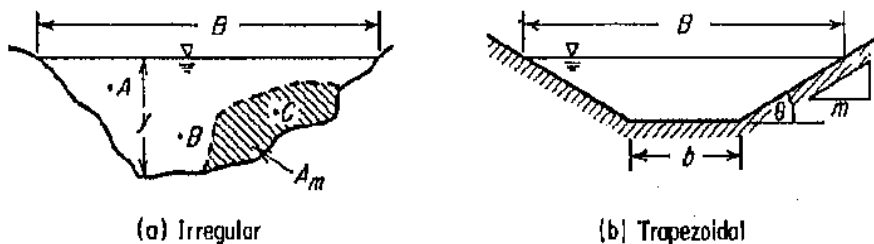


Figura 1 - Seção de Canal Irregular Típica e suas variáveis correspondentes para a consideração de um Canal Trapezoidal Regular.

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

$$Q = \frac{K' \cdot b^{8/3} \cdot S^{1/2}}{n} \quad \text{onde} \quad K' = \frac{k' \cdot (1 + my/b)^{5/3}}{\left[1 + 2 \sqrt{1 + m^2} \cdot \left(\frac{y}{b}\right)\right]^{2/3}} \cdot \left(\frac{y}{b}\right)^{5/3} \quad (9) \quad e$$

(10)

onde: Q a vazão média da água em m<sup>3</sup>/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 a inundação.

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO  
DO ESTUDO HIDROLÓGICO PARA OUTORGA DE INTERVENÇÕES E OBRAS  
PROJETO DE ENGENHARIA**

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.

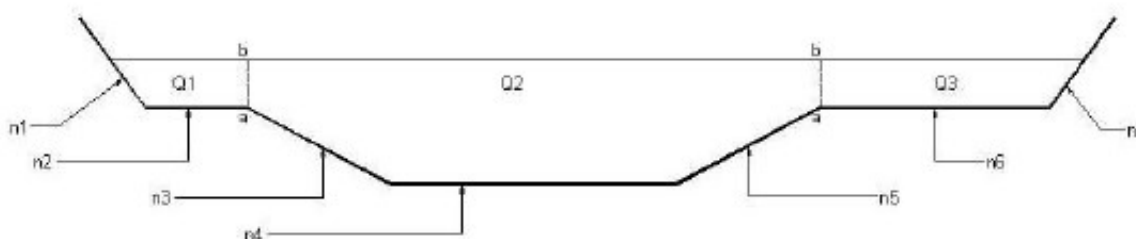


Figura 2 - Exemplo de delimitação de áreas em uma seção composta

### ***Cálculo do Volume Dragado e Dimensionamento da Seção***

A limpeza deverá ser realizada diretamente no leito ou fora dele com a remoção do material através de dragline ou escavadeira hidráulica para manter a profundidade da calha de corpos hídricos, cuja lâmina d'água é periodicamente reduzida devido ao assoreamento, ou para remoção de material contaminado para fins de proteção ao ambiente, em particular à saúde humana. A limpeza objetiva a retirada de sedimento e limpeza da calha do rio, retomando e mantendo suas características naturais.

#### Levantamento da Localização e Caracterização do trecho de interesse

No mapa contendo a carta geográfica deverá ser localizada a área de interesse, caracterizando a localização a partir das coordenadas UTM do trecho que compreende o trecho a ser desassoreado ou dragado, inclusive a extensão em metros. Também deverá ser determinada a área de drenagem em relação ao ponto inicial da limpeza.

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Módulo 12.4	Página 16/20
-----	----------------------------------	----------------	-----------------



**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO  
DO ESTUDO HIDROLÓGICO PARA OUTORGA DE INTERVENÇÕES E OBRAS  
PROJETO DE ENGENHARIA**

Volume a ser Dragado

O volume a ser removido corresponde ao volume total estimado em função da extensão total do trecho do rio onde vai ocorrer a limpeza, a largura média do rio no trecho considerado e a espessura média da camada a ser retirada, conforme equação a seguir:

$$\text{Volume a ser retirado} = C \times L \times E \quad (11)$$

onde: C - extensão total do trecho do rio em metros;

L - largura média do rio, em metros, avaliada “em campo” no trecho considerado;

E - espessura média, em metros, da camada a ser retirada.

V - volume a ser retirado m<sup>3</sup>.

Vale ressaltar que quando ocorrer a contratação da limpeza das margens e dragagem do fundo, o volume a ser dragado pode variar em função de um maior detalhamento por sondagem da espessura da camada a ser removida. Porém, para efeito de avaliação preliminar optou-se por considerar uma espessura média de 1,0 metro em todo o trecho a ser limpo.

Disposição final do material

Conforme ofício nº047/2010/IAP/GP, a disposição final do material retirado está autorizada pelo IAP para ser utilizada na confecção de artefatos para vias públicas do Município e o restante do material deve ser destinado para cavas próximas ao local.

**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.

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Módulo 12.4	Página 17/20
-----	----------------------------------	----------------	-----------------

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO**  
**DO ESTUDO HIDROLÓGICO PARA OUTORGA DE INTERVENÇÕES E OBRAS**  
**PROJETO DE ENGENHARIA**

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 -Condu tos Livres.PDF](http://www.fcth.br/phd/phd313/Roteiros%20de%20Estudo/Hidráulica%20-Condu%20tos%20Livres.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 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.

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Módulo 12.4	Página 18/20
-----	----------------------------------	----------------	-----------------

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO**  
**DO ESTUDO HIDROLÓGICO PARA OUTORGA DE INTERVENÇÕES E OBRAS**  
**PROJETO DE ENGENHARIA**

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 EHOIO 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 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 Hidrológico de Outorga de Obras e Intervenções – 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/m<sup>2</sup> para o sulfite e 95 g/m<sup>2</sup> para o vegetal).

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Módulo 12.4	Página 19/20
-----	----------------------------------	----------------	-----------------

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO  
DO ESTUDO HIDROLÓGICO PARA OUTORGA DE INTERVENÇÕES E OBRAS  
PROJETO DE ENGENHARIA**

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.

A aprovação final do EHOIO 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 EHOIO, tais como: tabelas citadas nos estudos técnicos; mapas; memorial fotográfico; leis e decretos; dados hidrometeorológicos; entre outros.

MPS	MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO	Módulo 12.4	Página 20/20
-----	----------------------------------	----------------	-----------------