



DIRETRIZES PARA DEFINIÇÃO DA COTA DE ASSENTE DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO VISANDO A SUA PROTEÇÃO A INUNDAÇÕES

Autores: Soraia Giordani

Candice Schauffert Garcia

Fernanda Elise Scholz

Heber Augusto C. de Andrade

Josete de Fátima de Sá



INTRODUÇÃO

A Sanepar tem-se deparado em diversas oportunidades com a problemática da definição de cota de assente de estruturas de saneamento visando a sua proteção a eventos de inundações.

Os profissionais têm atuado de forma isolada, ora recorrendo a estudos hidrológicos, ora recorrendo à população ribeirinha que, através de cotas de vestígio, indicam uma cota conveniente para implantação das estruturas. Como resultado, um desenvolvimento relativamente desordenado tem ocorrido nas diversas áreas da empresa, sem que, na maioria das vezes, se contemple regras ou diretrizes de escopo e abrangência corporativos.

Para solução, a diretoria da Sanepar designou um grupo de trabalho formado por diversas áreas da empresa para investigar critérios/procedimentos existente.



INTRODUÇÃO

Não foram identificadas diretrizes existentes;

Uma proposta para definir o TR a ser adotado nos futuros projetos foi realizada;

As estruturas de saneamento normalmente localizadas em proximidade de rios foram classificadas segundo seu porte (vazão) e função, partindo do princípio de que, quanto maior o porte, maiores os valores envolvidos e menores devam ser os riscos assumidos, uma proposta foi formatada.

Sabe-se que em alguns casos a disponibilidade de terreno limita-se à margem de rios, onde a cota do terreno disponível encontra-se abaixo da cota de inundação. Para estes casos foi sugerida a realização de um projeto que contemple esta situação, devendo ser utilizados equipamentos que possam ser inundados e/ou elaboração de projeto com sistemas de proteção.



OBJETIVOS

O objetivo deste artigo é apresentar:

- Uma discussão sobre a problemática da definição de cota de assente de estruturas em áreas de influência de rios,
- Uma breve revisão bibliográfica,
- Propor diretrizes que possibilitem regulamentar os procedimentos a serem utilizados para definição de cotas de assente de estruturas de saneamento.
- Propor diretrizes para projetos a serem realizados em áreas inundáveis.

Dessa forma, espera-se colaborar com os projetistas, para que possam fazer deste, um material de consulta e apoio na execução de futuros projetos.



MATERIAIS E MÉTODOS

No desenvolvimento deste trabalho, apresenta-se inicialmente uma **revisão bibliográfica** acerca dos procedimentos hidrológicos e diretrizes preconizados pela literatura para definição da cota de assente para construções sob a influência de rios.

Na seqüência, apresentam-se os **resultados da pesquisa** que teve como alvo realizar a identificação de critérios e diretrizes existentes.

Posteriormente apresenta-se uma **proposta** para adoção de tempos de recorrência em função do porte e função de estruturas de saneamento.

Tendo em vista que, em alguns casos é imperativa a instalação de unidades em áreas sujeitas a inundações, são apresentadas **diretrizes para projetos** à serem realizados para estes locais.



1. PROCEDIMENTOS HIDROLÓGICOS PARA DETERMINAÇÃO DA CHEIA DE PROJETO

Os estudos hidrológicos baseiam-se na modelagem de sistemas naturais e na observação dos regimes de precipitação e de escoamento nos rios ao longo do tempo, partindo do princípio que, ainda que a sucessão histórica de vazões ou precipitações não se repita exatamente no futuro como ocorreu no passado, suas grandes linhas tendem a ser semelhantes. Desta forma os projetos de obras futuras relacionadas ou sob a área de influência dos recursos hídricos devem ser elaborados tendo-se em conta os dados do passado.

Os métodos podem ser classif. em dois grupos:

Hidrologia Paramétrica ou Determinística:

Hidrologia Estocástica.



Hidrologia Paramétrica ou Determinística

Baseia-se na análise das relações entre os diversos parâmetros físicos que corroboram em determinado evento hidrológico, buscando estabelecer e utilizar as relações de causa e efeito para sintetizar ou gerar eventos semelhantes (PINTO et al, 1976).

Como exemplo deste método são os processos para obtenção de hidrogramas unitários sintéticos, a equação do balanço hídrico e o método racional. Estes processos correspondem a um algoritmo de cálculo que fornece um único resultado.



Hidrologia Estocástica

Baseia-se no estudo estatístico associando ao evento hidrológico um grau de incerteza, que se constitui na componente aleatória do evento.

Uma variável hidrológica como a vazão pode ser observada (máx. med e min) ao longo do tempo considerando a incerteza associada a este valor onde, a projeção para o futuro basear-se-á na combinação de estatística e teoria da probabilidade.

Com a estatística realiza-se a análise de freqüências dos eventos históricos e determinam-se os parâmetros que definem o padrão geral de comportamento. Com estes parâmetros e com a aplicação da teoria da probabilidade são feitos os prognósticos do que pode ocorrer no futuro, associado a um certo risco. Como exemplo deste método estão a extensão e geração de séries de variáveis hidrológicas.



Para definição segura da cota de assente, interessa saber, para determinado local, qual a máxima cheia provável de ocorrer durante a vida útil da obra.

Isto não significa que as estruturas serão projetadas para qualquer vazão possível, mas a partir de um risco assumido após considerações de ordem econômica, ambiental e de segurança das populações que possam ser afetadas, de que a estrutura venha a falhar durante a sua vida.

É necessário, portanto, definir a priori o risco admissível (R).

Este risco (R) está associado a uma probabilidade de ocorrência (P), e o inverso desta probabilidade é o conhecido como tempo de retorno (Tr).



O período de retorno, ou tempo de recorrência (Tr) pode ser definido como o tempo médio em anos, que determinado evento (Ex: uma enchente) é igualado ou superado.

Este Tr é o inverso da probabilidade teórica (P), também conhecido como risco anual (R), desse evento ocorrer ou ser superado em um ano qualquer.

$$Tr = 1/P \quad \text{Ex: } Tr = 100 \text{ anos } P = 0,01 = 1\%$$

A P ou R da obra ser inundada durante um período qualquer é dado por:

$$R = 1 - p^n \quad \text{Ex: se } p = 1 - 0,01 = 0,99 \text{ e } n = 50 \text{ } R = 0,6$$

Onde:

p a probabilidade de não ocorrência ($p = 1 - P$) do evento dentro de n anos quaisquer no período de retorno.



A estimativa da probabilidade teórica pode ser feita a partir da frequência de cheias (F) observadas ao longo de N anos.

Dada a série histórica de vazões diárias, seleciona-se a maior vazão ocorrida em cada ano, compondo a denominada série anual de vazões máximas. A frequência é determinada a partir da ordenação decrescente destes valores, com um número de ordem M que varia de 1 a N . Segundo o critério de Kimball, a frequência com que determinada vazão Q é igualada ou superada no rol de N anos é dada por:

$$F = M/(N+1) \text{ Ex: } M=50 \text{ } N=100 \text{ } F=0,5$$

F = frequência de cheias observadas ao longo de N anos

M = número de ordem

N = anos



Segundo Villela e Mattos (1975), os principais critérios para fixação do período ou tempo de retorno- T_r de enchentes seriam:

- vida útil da obra;
- tipo de estrutura;
- facilidade de reparação e ampliação;
- perigo de perda de vidas.

Para determinação do T_r da enchente de projeto pode-se fixar a priori o risco permissível R que se deseja correr, calculando o T_r a partir da equação abaixo. Onde, fazendo (n) igual ao número de anos da vida útil esperada para a obra, se obtém o tempo de recorrência da cheia de projeto:

$$T_r = 1 / (1 - (1 - R)^{1/n})$$

Onde:

T_r = tempo de recorrência da cheia de projeto em anos

R = risco permissível no período da vida útil

n = vida útil da obra em anos



valores determinados a partir desta equação.

Tabela 1: Escolha do Tr da cheia do projeto em função de R e n-vida útil

Risco Permissível (R)	Vida Útil da Obra (anos)					
	1	10	25	50	100	200
0,01	100	995	2488	4975	9950	19900
0,10	10	95	238	475	950	1899
0,25	4	35	87	174	348	695
0,50	2	15	37	73	145	289
0,75	1,3	7,7	18	37	73	144
0,99	1,01	7,7	5,9	11	22	44

(Villela e Mattos, 1975)

Por ex: para o projeto de um vertedor de descarga de uma barragem cujo risco de vir a falhar é de 10% (assumido por questões econômicas) e que terá vida provável de 50 anos, deve-se adotar, uma vazão com $Tr=475$.



Por outro lado, pode-se isolar da equação o risco (R) admissível e a partir de um determinado tempo de recorrência admitido (Tr) e número de anos de vida útil (n), calcular o risco através da fórmula apresentada abaixo:

$$R = 1 - (1 - 1/Tr)^n$$

Onde:

R = risco no período da vida útil da obra

Tr = tempo de recorrência em anos

n = vida útil em anos



valores de risco determinados a partir desta equação.

Tabela 2- Risco percentual (R) em função de Tr e vida útil

Vida útil da obra (N) em anos	Tempo de recorrência Tr (anos)				
	10	25	50	100	200
2	19,00	7,84	3,96	1,99	0,1
10	65,13	33,52	18,29	9,56	4,89
25	92,82	63,96	39,65	22,21	11,78
50	99,48	87,01	63,58	39,50	22,17
100	99,99	98,31	86,74	63,40	39,42



A falta de dados hidrológicos, principalmente em pequenas bacias, é uma grande dificuldade para a aplicação dos métodos estatísticos.

Uma alt. é basear-se em dados de precipitação (maior quantidade) e, a partir desta com determinada recorrência estimar a vazão resultante.

Para estimativa do pico de cheia pode-se utilizar:

- O Método Racional
- Hidrograma Unitário



O método racional para estimativa do pico de cheia resume-se no emprego da “fórmula racional”:

$$Q = (C \cdot i_m \cdot A) / 3,6$$

Onde

Q = pico de vazão (m³/s);

i_m = intensidade média de precipitação sobre a área drenada de duração igual ao tempo de concentração (mm/hora);

A = área drenada (km²);

C = coeficiente de deflúvio, definido como a relação entre o pico de vazão por unidade de área e a intensidade média de chuva (i_m).

Quanto maior for a área da bacia, mais impreciso será o resultado devido as diversas simplificações da sua concepção, ignorando o armazenamento de água na bacia e as variações de intensidade e do coeficiente de deflúvio durante o transcorrer do período de precipitação. Desta forma este método é indicado para bacias de até 5 km².



O Hidrograma Unitário (HU) é um modelo linear de transformação de chuva em vazão bastante difundido na engenharia prática.

Fundamenta-se no fato de que chuvas de mesma duração produzem hidrogramas (relação $Q \times t$) proporcionais às intensidades de chuvas. Onde conhecendo o hidrograma relativo a uma chuva de duração t_d e intensidade i , pode-se determinar Q desta bacia para qualquer chuva de mesma duração t_d .

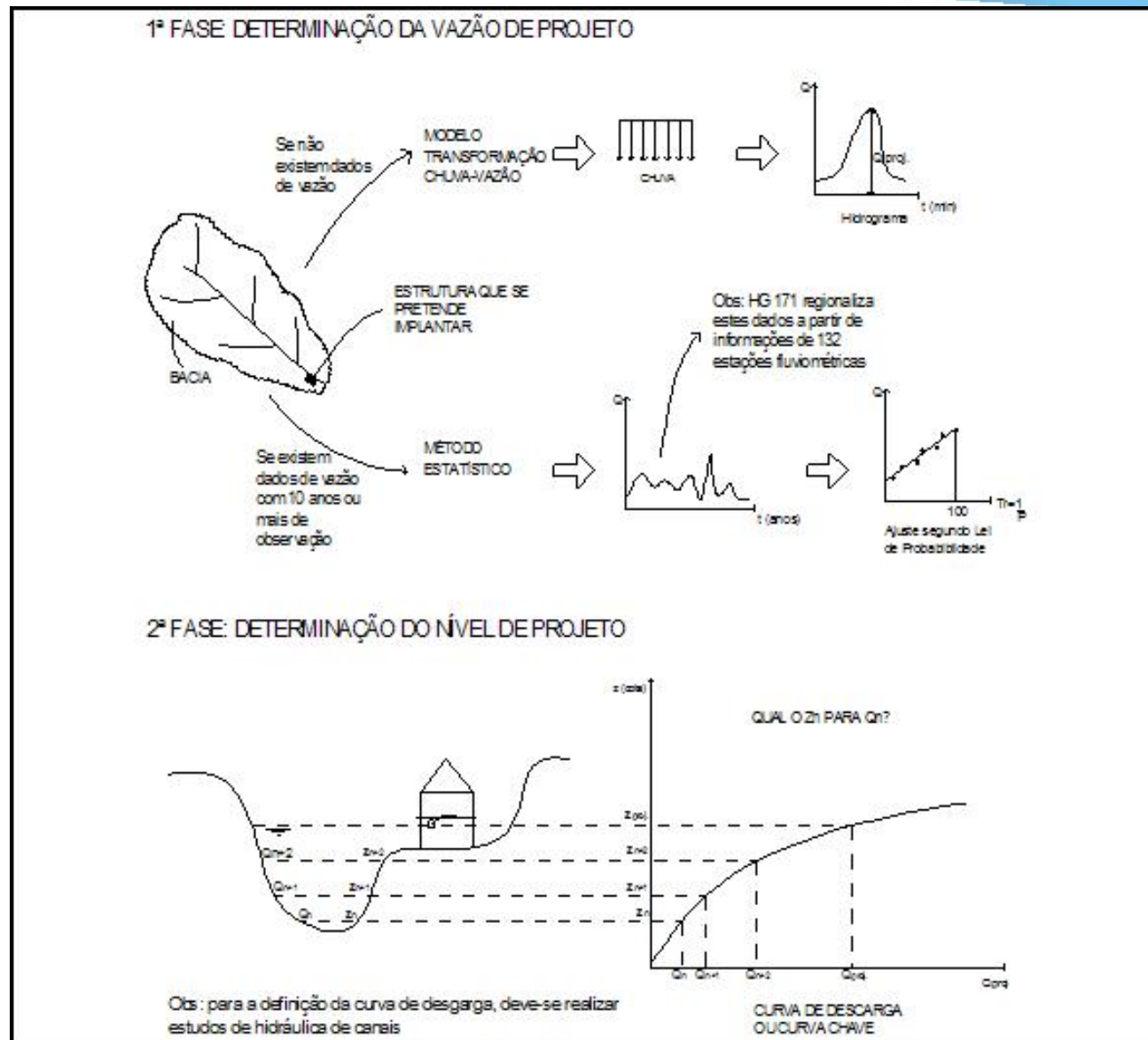
Para determinação do HU são necessários registros simultâneos de chuva e Q nem sempre disponíveis, o que levou ao desenvolvimento de métodos que possam determinar HUs a partir das características físicas da bacia, também conhecidos como hidrogramas unitários sintéticos.

Um maior aprofundamento nos métodos comentados pode ser feito a partir da bibliografia indicada no final deste trabalho.

A figura 1 ilustra de forma resumida o exposto neste item.



Figura 1: Resumo ilustrativo de procedimentos hidrológicos para determinação da cheia de projeto.





2. RESULTADO DA PESQUISA DE DIRETRIZES EXISTENTES PARA DEFINIÇÃO DE COTA DE ASSENTE

2.1 SANEPAR

os profissionais da empresa têm atuado de forma isolada, quando disponíveis são utilizados dados e estudos hidrológicos, outras vezes recorre-se às populações ribeirinhas (de cotas de vestígio).

No PR, a maior cheia corrida após a criação da Sanepar foi a de 1983 (todo o sul e sudeste do Brasil). Este evento se constitui um referencial para elaboração de projetos, esta cota geralmente é aquela indicada pela população ribeirinha, dada a importância histórica deste evento.

Ary Haro dos Anjos elaborou um documento (1978), definindo diretrizes para avaliação de cheias em bacias hidrográficas desprovidas de observações fluviométricas. Este doc. trata da avaliação das vazões e dos níveis (ou cotas) de enchente. Todavia o mesmo não define ou indica Tr a serem adotados, realiza uma indicação de métodos adequados para os estudos hidrológicos em função do tamanho da bacia e dados disponíveis.



O PR, talvez devido ao gr. pot. hidrelétrico, conta com uma vasta gama de dados hidrológicos e diversos programas desenvolvidos pelo CEHPAR em parceria com a Copel e Suderhsa.

Com destaque ao HG171, que regionaliza dados hidrológicos e fisiográficos das bacias paranaenses e agiliza o des. de estudos hidrológicos em bacias desprovidas de dados. O programa fornece:

- dados de vazões mín. para diversos tempos de detenção-Td e Tr;
- curvas de permanência diárias, mensais e anuais;
- vazões máximas instantâneas (cheias);
- parâmetros meteorológicos (chuva, evaporação, insolação etc.)

Na última revisão das Prescrições para Elab. de Estudos e Projetos foi citado que, para def. da cota de assente, deve-se realizar estudo hidrológico considerando um $Tr=50$ anos ($R=2\%$ a.a) ou então aquele indicado pela Sanepar e que, em todos os casos, deve-se coletar e comparar a cota do estudo hidrológico com a cota de vestígio.



2.2 OUTRAS COMPANHIAS DE SANEAMENTO

Foi realizada consulta a diversas empresas de saneamento estaduais via e-mail e telefone. Utilizou-se também a recém formada CIPP-Comissão Interestadual de Padronização de Procedimentos e Normas Técnicas de Saneamento.

O e-mail enviado continha o seguinte texto:

“Prezado XXXX

A Cia. de Saneamento do Paraná-Sanepar vem por meio deste, gentilmente solicitar informações sobre a existência de diretrizes adotadas pela Cia. de Saneamento do XXXXXX para definição da cota de assente de estruturas de saneamento (água e esgoto) em margens de rios.

*De forma específica, gostaríamos de obter informações a respeito de critérios de avaliação de riscos de inundações para implantação das diversas estruturas componentes de saneamento que estejam nas margens de rios, **no que se refere à adoção de tempos de recorrência** determinados para a estimativa das cotas mínimas necessárias, visando a sua proteção. Caso a XXXX não possua tais diretrizes peço que esta condição seja informada por escrito.*

Por fim, solicitamos que no repasse de informações seja citado nome completo, formação acadêmica e cargo ocupado na empresa pelo responsável pelo fornecimento dos dados.”



2.2 OUTRAS COMPANHIAS DE SANEAMENTO

Todavia as respostas, quando ocorreram, não corresponderam às expectativas deste grupo.

A Copasa (MG), informou através do Eng. Civil André dos Anjos Cardoso que, para determinação das cotas de assentamento das estruturas, não são realizados estudos hidrológicos de cheias e não existe uma diretriz única definida. Os critérios normalmente utilizados são:

- cota máx registrada em régua do antigo DNAEE, quando existente;
- cota de assentamento de ferrovias, quando existentes;
- informações de moradores antigos da região sobre a maior altura de cheia já ocorrida no local.

A Corsan (RGS) informou através do Sr. Renato Machado, Eng. Civil e Chefe do Departamento de Projetos de Produção de Água que não existe uma resolução da empresa sobre este assunto. Os tempos de recorrência considerados para estas situações são, de pelo menos, 50 anos. Definindo-se o tempo em função do número de leituras/dados disponíveis.



2.2 OUTRAS COMPANHIAS DE SANEAMENTO

Na Casan (SC) o Eng. Civil e Chefe da Divisão de Projetos Nerilton Nerilo, informou que a empresa não tem uma diretriz que estabeleça critérios de avaliação de riscos de inundação. Cada caso é visto particularmente, de acordo com as características locais, com estudo hidrológico que descreva o comportamento do rio para estimativas de cotas (séries históricas, quando possível), com o tipo de estrutura que se pretende locar e com projetos complementares necessários para locação desta estrutura.

A Cesan (ES) informou através da Eng. Helena Alves Chefe da Divisão de Gestão de Recursos Hídricos que quando existem dados disponíveis são realizados estudos hidrológicos, mas por existir uma deficiência na coleta e armazenamento de dados hidrológicos a cota de vestígio é uma informação importante que sempre é considerada nos estudos.



2.3 COPEL

Na Copel, o Eng. Civil da unidade de hidrologia Giancarlo Castanharo informou que as preocupações do setor elétrico são diferentes daquelas existentes em Cias de Saneamento, sendo voltadas principalmente à proteção do barramento a ser construído.

A principal preocupação é referente à capacidade de escoamento do vertedor visando a evitar o galgamento da barragem onde os vertedores de usinas hidrelétricas de grande porte são dimensionados para uma capacidade de escoamento de vazões com $Tr=10.000$ anos. Quando o porte da usina é pequeno, admite-se usar $Tr=1.000$ anos.

Também são estudados os níveis de jusante para estas vazões, visando a assegurar que os mesmos não ultrapassem o nível máximo do muro de jusante, o que poderia causar a inundação da casa de força. Além disso, na existência de populações ribeirinhas, é procedido o estudo dos níveis à jusante do barramento decorrente da operação do mesmo, visando a sua proteção.



2.3 COPEL

Em raros casos o nível do reservatório pode influenciar os níveis de montante, sendo necessário o estudo e conseqüente estabelecimento de regras operacionais do reservatório visando a evitar inundações à montante. Um exemplo clássico desta situação ocorre com o reservatório de Foz do Areia, onde, em função da vazão do Rio Iguaçu, este reservatório pode influenciar os níveis de água em União da Vitória.

Cabe destacar que no setor elétrico brasileiro, a coleta e a disponibilização de dados hidrológicos e meteorológicos são realizadas através de redes telemétricas. Estas redes são formadas por sensores em campo, que coletam informações hidrometeorológicas (nível, precipitação, vento, temperatura etc.) em intervalos de até 15 minutos, e transmitem as mesmas automaticamente para bancos de dados digitais, os quais por sua vez disponibilizam as informações nas redes de computadores. Estas informações são disponibilizadas praticamente em tempo real, para as entidades interessadas (empresas concessionárias, órgãos operadores do sistema, agências reguladoras, centro de previsão de clima etc.).



2.4 PESQUISA SOBRE DIRETRIZES EXISTENTE

A literatura internacional indica os Trs conforme as tabelas abaixo.

Tabela 3- Tr de projeto para pequenas obras hidráulicas

Tipo de Obra	Tempo de retorno (anos)
Drenagem que atravessa rodovias de acordo com a intensidade do tráfego	10 a 50
Pista do aeroporto	5
Drenagem pluvial	2 a 10
Pequenos diques	2 a 50
Drenagem agrícola	5 a 50

(Viessman et al, 1977 citado em Tucci, 1993)



Tabela 4:
Fragmento da
tabela - critérios
gerais para projeto
de estruturas de
controle de água.
Fonte: (Chow et al,
1988)

Tipo de estrutura	Tempo de recorrência (anos)
Bueiros rodoviários	
Baixo tráfego	5-10
Médio tráfego	10-25
Alto tráfego	50-100
Pontes rodoviárias	
Sistema secundário	10-50
Sistema primário	50-100
Drenagem rural	
Bueiros	5-50
Valetas	5-50
Drenagem urbana	
Bueiros em cidades pequenas	2-25
Bueiros em cidades grandes	25-50
Diques	
Em área rural	2-50
Em área urbana	50-200
Barragens sem provável perda de vida	
Pequeno porte	50-100
Médio porte	100+
Grande porte	---
Barragens com provável perda de vida	
Pequeno porte	100+
Médio porte	---
Grande porte	---



2.4 PESQUISA SOBRE DIRETRIZES EXISTENTE

Os tempos de recorrência indicados nas notas de aulas do professor Heinz Dieter Fill, professor de hidrologia da UFPR há mais de 25 anos.

- Barragens: GP vertedores $Tr=10.000$ (decamilenar). PP vertedores $Tr=1.000$ é admitido.
- Canalizações de rios em zonas urbanas: TR entre 20 a 100 anos.
- Galerias de AP: Tr entre 5 e 15 anos.
- Pontes : $Tr=100$ anos;
- Calhas pluviais: $Tr=10$ a 25 anos.
- Bueiros de estrada: Tr entre 10 a 50 anos.
- Diques : $Tr=200$ anos.
- Obras de desvio de rios têm tempo de retorno em projeto de 10 a 100 anos.



3. PROPOSTAS PARA OS CASOS ONDE É IMPERATIVA A INSTALAÇÃO DE UNIDADES EM ÁREA COM RISCO DE INUNDAÇÃO

Sabe-se que em alguns casos a disponibilidade de terreno limita-se à margem de rios, onde a cota do terreno disponível para o assente das unidades de saneamento encontra-se abaixo da cota de inundação.

Nestes casos, sugere-se a realização de um projeto que contemple esta situação, devendo ser utilizados equipamentos que possam ser inundados sem prejuízos ao seu funcionamento e/ou elaboração de projeto geotécnico que contemple tal condição.



3.1 PROPOSTA PARA ESPECIFICAÇÕES DE EQUIPAMENTOS

Utilização de bombas submersas e submersíveis, uma vez que as mesmas podem operar submersas sem danos ao equipamento.

No caso de bombas dosadoras, o único tipo que aceita submersão é a pneumática com duplo diafragma, em que se deve atentar para o fato de que sua descarga de ar deve ser elevada de forma com que fique acima da cota de inundação.

Na necessidade de utilização de mixers, pode-se lançar mão de equipamentos submersíveis.

Válvulas com atuadores elétricos não podem ser submersas, atuadores manuais suportam submersão, em caso de atuadores pneumáticos a solenóide deve estar locada acima da linha d'água.



3.2 PROPOSTA PARA PROJETOS ELÉTRICOS

Existem equipamentos com grau de proteção ou IP elevados (estanque à água) que aceitam submersão.

A tabela a seguir apresenta uma indicação de grau de proteção (IP) adequado para cada tipo de exposição à água.

Todavia, seus custos são extremamente elevados e não são todos os equipamentos elétricos que podem ser fornecidos com este grau de proteção.



Tabela 5 – Indicação de grau de proteção (IP) adequado para cada tipo de exposição à poeira e água.

		2º ALGARISMO Grau de proteção contra penetração de água no interior do motor.								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
		Sem proteção	Protegido contra pingos de água na vertical	Protegido contra pingos de água até a inclinação de 15° com a vertical	Protegido contra água de chuva até a inclinação de 60° com a vertical	Protegido contra respingos em todas as direções	Protegido contra jatos d'água de todas as direções	Protegido contra ondas do mar ou jatos potentes	Protegido contra imersão temporária	Protegido contra imersão permanente
Sem proteção	0	IP 00	IP 01	IP 02						
Protegido contra corpos estranhos de dimensões acima de 50 mm	1	IP 10	IP 11	IP 12	IP 13					
Protegido contra corpos estranhos de dimensões acima de 12 mm	2	IP 20	IP 21	IP 22	IP 23					
Protegido contra corpos estranhos de dimensões acima de 2,5 mm	3	IP 30	IP 31	IP 32	IP 33	IP 34				
Protegido contra corpos estranhos de dimensões acima de 1,0 mm.	4	IP 40	IP 41	IP 42	IP 43	IP 44	IP 45	IP 46		
Protegido contra acúmulo de poeiras prejudiciais ao motor	5					IP 54	IP 55	IP 56		
Totalmente protegido contra poeira	6						IP 65	IP 66	IP 67	IP 68



Em alguns casos, a manutenção da Sanepar relatou situações onde, numa inundação, alguns equipamentos sem proteção que foram submersos, mas não estavam energizados, voltaram a funcionar após manutenção corretiva.

Todavia, os eq. elétricos que não são especificados com IP para submersão, não devem entrar em contato com água, pois além da danificá-los o mesmo poderá colocar em risco pessoas próximas a estes.

Sugere-se que, na medida do possível em projetos desenvolvidos em áreas com risco de inundação, os equipamentos sejam especificados com grau de proteção IP compatível. Nos casos de utilização de equipamentos sem proteção à submersão, prever instalação em cota superior à de inundação, numa torre ou em outro local, onde seja garantida à proteção contra inundações.

Em termos operacionais, em caso de risco eminente de inundação, a sugestão é a desenergização dos equipamentos.



3.3 PROPOSTA PARA PROJETOS GEOTÉCNICOS

Nos projetos geotécnicos, pode-se prever a elevação da edificação, construção de estruturas de proteção e sistemas de redução de nível.

Estruturas de proteção

- **Aterramento com cota superior à cota de inundação.**

Esta deve ser a primeira alternativa a ser estudada, pois suspende todas as unidades, evitando o contato com a inundação. Porém, em função de diversas características locais (topografia, tipo de solo, disponibilidade de jazidas etc) e do tempo de recorrência adotado esta solução pode se tornar cara, para tanto é necessário realizar uma análise de viabilidade técnica e econômica.

- **Construção de diques**

Ao longo da margem do rio quando a mesma apresenta declividade acentuada de modo a confinar a água dentro do canal natural do rio. Dependendo da topografia local e do Tr adotado, o dique pode resultar em uma extensão demasiada e esta solução pode ser inviável economicamente.

No entorno das unidades de saneamento, quando a margem do rio é plana com o objetivo de isolar as instalações das águas das cheias. Porém, há necessidade de estudar a drenagem de águas pluviais que incidem diretamente sobre toda a área isolada pelo dique, sendo seu esgotamento feito com bombas.



3.3 PROPOSTA PARA PROJETOS GEOTÉCNICOS

Estruturas de proteção

•Amortecimento das cheias

Pode ser construída barragem à montante do empreendimento ou lagoa de amortecimento.

Nos dois casos o barramento ou a lagoa formaram um reservatório capaz de amortecer determinado volume de água, regulando o nível a ser atingido na seção da estrutura que se quer proteger. Para isso, esta barragem/lagoa, deve operar a mais vazia possível, de forma a manter este volume disponível para alocar a cheia.

Exemplo deste sistema de proteção foi implantado recentemente pela Suderhsa na Vila Zumbi dos Palmares, tendo em vista à proteção desta comunidade aos eventos de cheias do rio Palmital. Nesta obra utilizou-se o material escavado na conformação da lagoa para construção de um dique. Uma solução inteligente com associação de dois sistemas de proteção.

Entretanto, deve-se ressaltar que o uso de sistemas de amortecimento dificilmente será uma opção viável economicamente para a realidade da Sanepar, em que, na maior parte dos casos, será mais econômico elevar a cota de assente da estrutura que se pretende implantar através de aterramento do terreno. Estes métodos têm maior aplicação aos casos onde se deseja proteger toda uma cidade e/ou comunidade já instalada.



3.3 PROPOSTA PARA PROJETOS GEOTÉCNICOS

Sistemas de redução de nível.

- **Retificação e dragagem do leito do rio.**

Realizada para eliminar depósitos do fundo e das margens, aumentando a área da seção do canal aumentando a declividade do canal com aumento da capacidade de escoamento, conseqüentemente, para a mesma vazão, incorre-se numa redução de cota através da alteração da curva de descarga.

- **Canal adicional de enchente ou canal extravasor**

Aplicável em casos onde as áreas urbanas das cidades localizam-se junto dos rios. Isto pode gerar alguns estrangulamentos provocados, por exemplo, pelas pontes, áreas aterradas etc. Nestes casos não se pode alargar o canal do rio pelo alto custo, sendo a solução a construção de um canal paralelo, em torno da cidade, para extravasar as enchentes. Exemplo deste método existe na RMC que conta com canal extravasor do Rio Iguaçu construído pela Suderhsa.

Em novos projetos de saneamento, sist. de proteção dificilmente serão viáveis economicamente, pois na maior parte dos casos, provavelmente será mais econômico a elevação da estrutura a ser implantada mediante aterramento, que a modificação dos níveis de cheia. A implantação de métodos de amortecimento tem aplicação aos casos de proteção de estruturas e comunidades existentes.



CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Não foram identificados critérios existentes para o setor de saneamento;

Não se pode estabelecer uma regra única. Cada caso deve ser avaliado em função de características como: porte, cond. físicas e ambientais e importância estratégica, tipo de estrutura que se pretende implantar, dados hidrológicos disponíveis etc.

Todavia uma regra única pode ser estabelecida. Esta regra é de que em todos os projetos os aspectos hidrológicos sejam avaliados e que este estudo seja realizado por um profissional habilitado (hidrólogo).

Para a definição segura da cota de assente, são necessários o desenvolvimento de estudos hidrológicos, esforços e investimentos de várias áreas das empresas de saneamento. Nas áreas de projetos, há que se prever a inclusão de um hidrólogo nos projetos a serem desenvolvidos. Em abrangência corporativa, investimentos precisam ser realizados na implantação de uma rede de monitoramento para coleta, armazenamento e disponibilização de dados hidrológicos.

Para os casos onde é imperativa a instalação de unidades em áreas com risco de inundação, a concepção de projeto deve levar em consideração tal fato, podendo ser utilizadas as recomendações contidas neste trabalho.



Para formatar uma proposta, este grupo classificou as estruturas de saneamento normalmente locadas em proximidades de rios segundo seu porte e função.

Para o estabelecimento das diretrizes de Tr a serem investigados em cada caso, partiu-se do princípio de que, quanto maior o porte da estrutura que se pretende implantar, maiores são os valores envolvidos e menores devem ser os riscos assumidos. Isto posto, após discussões entre os membros do grupo uma proposta foi formatada.

Considera-se que, após avaliação dos custos e riscos de cada um dos Tr, propostos, pode-se definir qual será o Tr ou risco adequado para cada projeto.

Isso não significa que todas as unidades e equipamentos da estrutura que se deseja implantar, devam ser instalados na cota de segurança definida, mas com base no estudo de cheias e em função da importância e do valor dos equipamentos, pode-se, através de uma análise de custo X risco admissível, definir quais deverão ser mais ou menos protegidos.

As tabelas 6 e 7, apresentas a seguir, apresentam esta classificação e riscos admissíveis propostos para as unidades de água e esgoto respectivamente



Tabela 6: Proposta de riscos a serem assumidos em função do porte de Sistemas de Captação e Tratamento de Água.

TIPO	Vazão	Probabilidades de ocorrência a cada ano ou riscos admissíveis	Tempos de recorrência a serem investigados
TIPO I	$Q \geq 400$ l/s	1% e 0,5%	100 e 200 anos
TIPO II	$115 \leq Q < 400$ l/s	2% e 1%	50 e 100 anos
TIPO III	$31 \leq Q \leq 114$ l/s	4% e 2%	25 e 50 anos
TIPO IV	$Q \leq 30$ l/s	10% e 4%	10 e 25 anos

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



Tabela 7: Proposta de riscos a serem assumidos em função do porte de ETEs e EE de esgoto.

TIPO	Vazão	Probabilidades de ocorrência a cada ano ou riscos admissíveis	Tempos de recorrência a serem investigados
TIPO I	$Q \geq 400$ l/s	2% e 1%	50 e 100 anos
TIPO II	$115 \leq Q < 400$ l/s	4% e 2%	25 e 50 anos
TIPO II	$31 \leq Q \leq 114$ l/s	10% e 4%	10 a 25 anos
TIPO III	$Q \leq 30$ l/s	10%	10 anos

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



Para o estabelecimento de diretrizes quanto à métodos hidrológicos a serem utilizados em função dos dados disponíveis, foi elaborado um fluxograma de apoio à decisão. Este fluxograma, apresentado a seguir, mostra um resumo de como se deve proceder para a definição de métodos apropriados em cada caso.

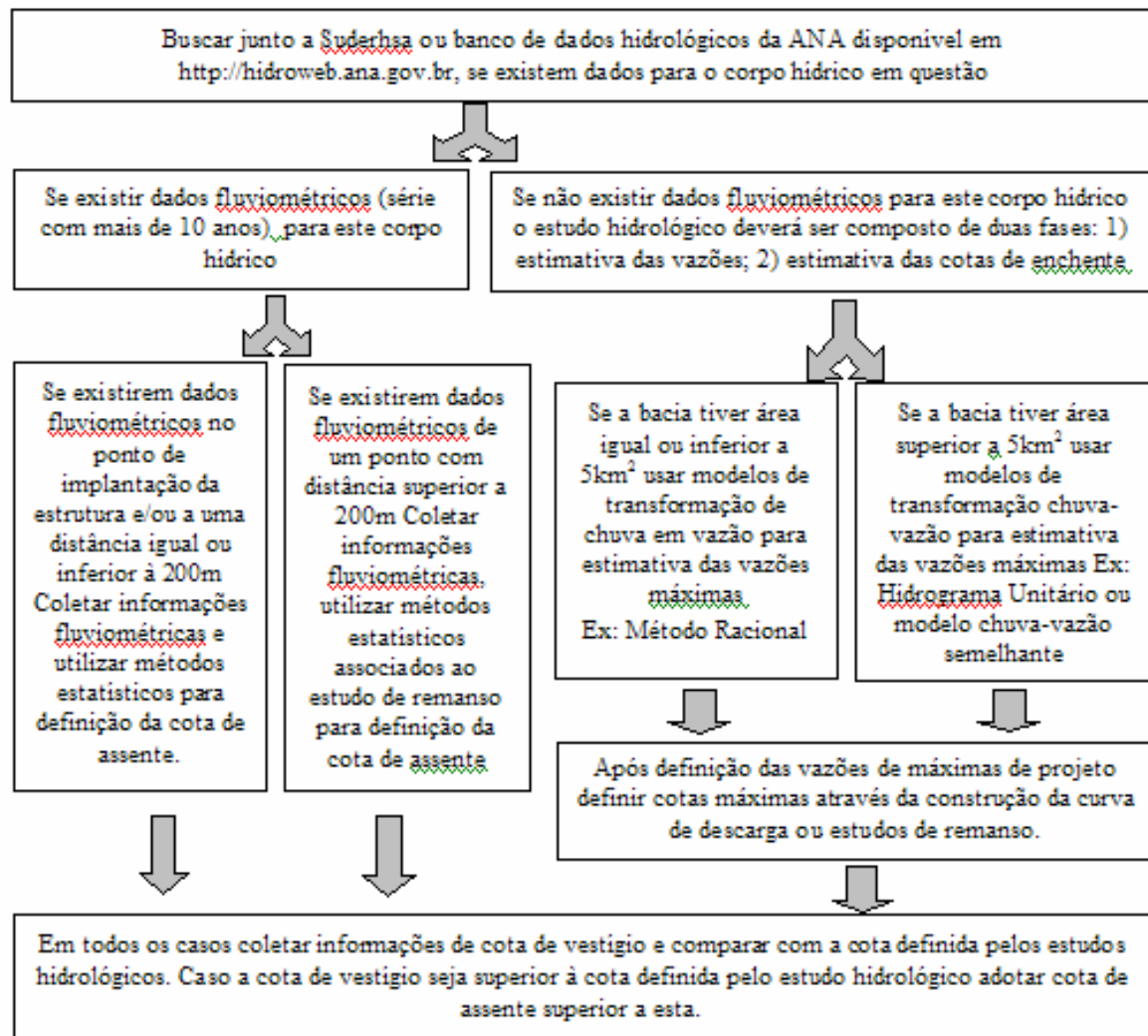
Destaca-se que as medidas aqui propostas incorrerão em maior segurança às unidades operacionais, mas impactarão nos custos dos projetos e obras.

Enfatizamos que este trabalho não se encerra na versão e conteúdo atuais, pelo contrário, sempre demandará de aprimoramento, revisão e inovação, para que possa estar permanentemente servindo como referência às companhias de saneamento.



Figura 2:
Fluxograma de apoio à decisão - Roteiro de análise para definição de métodos hidrológicos a serem utilizados em função dos dados disponíveis:

Figura 2: Fluxograma de apoio à decisão - Roteiro de análise para definição de métodos hidrológicos a serem utilizados em função dos dados disponíveis:





REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Dos Anjos; ary Haro. Estudo de cheias em bacias hidrográficas desprovidas de observações pluviométricas. Publicação interna Sanepar. 1978.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A.. Hidrologia Aplicada. Editora McGraw-Hill do Brasil Ltda.1975.

PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. Hidrologia Básica. Editora Edgard Blücher Ltda. 1976.

CHOW, V. T; MAIDMENT, D. R; MAYS. L. W. Aplied Hydrology. Editora McGraw-Hill, International Edition. 1988.

TUCCI, C. E. M.(organizador). Hidrologia – Ciência e Aplicação. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Segunda Edição, 2001.