

MANUAL DE PROJETOS DE SANEAMENTO

MPS

MÓDULO 09.11

DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SANEAMENTO

ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS

VERSÃO

2023

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE
PROJETOS DE SANEAMENTO
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

SUMÁRIO

1. OBJETIVO	3
2. *NORMAS	3
3. ANÁLISES DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS	3
4. *SOFTWARE	4
5. CONDIÇÕES DE CONTORNO	4
6. CENÁRIOS.....	6
7. ALTERNATIVA ÓTIMA.....	7
8. APRESENTAÇÃO	8
8.1. MEMORIAL DESCRITIVO.....	8
8.2. *ARQUIVO DIGITAL DA SIMULAÇÃO	10
8.3. LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO.....	10
8.4. PERFIL DA LINHA E ENVOLTÓRIAS DE PRESSÃO.....	10
8.5. *DETALHAMENTO	12
8.6. PLANO DE OPERAÇÃO DA LINHA	12

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE
PROJETOS DE SANEAMENTO
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

1. OBJETIVO

Definir critérios para elaboração de Estudo de Transitórios Hidráulicos em tubulações pressurizadas.

2. *NORMAS

Segue abaixo relação das normas utilizadas a serem utilizadas em sua última versão.

DOCUMENTO	TÍTULO
NBR 8196	Desenho técnico – Emprego de escalas
NBR 12211	Estudo de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água
NBR 12212	Projeto de poço para captação de água subterrânea
NBR 12214	Projeto de sistema de bombeamento e água para abastecimento público
NBR 12215	Projeto de adutora de água para abastecimento público
NBR 12218	Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público
NBR 12586	Cadastro de sistema de abastecimento de água
NBR 16682	Projeto de linha de recalque para sistemas de esgotamento sanitário
Lei Federal 11445	Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766 de 19 de dezembro de 1979, 8.036 de 11 de maio de 1990, 8.666 de 21 de junho de 1993, 8.987 de 13 de fevereiro de 1995, revoga a Lei nº 6.528 de 11 de maio de 1978 e dá outras providências
Resolução CONFEA nº 361	Dispõe sobre a conceituação de Projeto Básico em Consultoria de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
Portaria 2914 Ministério da Saúde	Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade

3. ANÁLISES DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS

Para elaboração do estudo, deve ser avaliada qualquer variação abrupta das características de vazão ou pressão do sistema, como por exemplo.

- Partida e parada de conjuntos moto-bomba;
- Fechamento de válvulas ou registros;
- Operação de válvulas de controle, entre outros.

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE
PROJETOS DE SANEAMENTO
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

As seguintes etapas devem ser consideradas:

- Escolha do software com aprovação prévia da SANEPAR;
- Definição das condições de contorno;
- Definição de cenários;
- Definição da Alternativa Ótima para a solução do transitório.

4. *SOFTWARE

As simulações de transitórios hidráulicos devem ser realizadas com o auxílio dos softwares Hammer (utilizado pela SANEPAR) ou Surge (outros com autorização da SANEPAR). Caso a empresa opte pela utilização do software Surge ou outro, deve ser entregue também o modelo hidráulico lançado no software WaterCAD para que a SANEPAR consiga utilizá-lo no Hammer caso necessite de estudos futuros.

Este modelo hidráulico montado no WaterCAD deve estar exatamente como montado no Surge e deve ser entregue calibrado e rodado em regime permanente, com todos os dispositivos de proteção de transitórios hidráulicos lançados conforme a simulação estudada no Surge ou outro.

5. CONDIÇÕES DE CONTORNO

As condições de contorno devem ser compatíveis com o projeto hidráulico no caso de linhas novas e compatíveis com as instalações reais no caso de linhas existentes e sistema de proteção existente.

*O lançamento da linha estudada deve ser em planta e georreferenciada. Não será aceito o lançamento do perfil no modelo hidráulico (o perfil deve ser gerado automaticamente pelo software).

*No caso de linhas existentes a confiabilidade no cadastro ou “as-built” irá garantir a qualidade do estudo e eventuais soluções, sendo fundamental a visita técnica já prevista no cronograma para levantamento de dados complementares

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE
PROJETOS DE SANEAMENTO
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

bem como confirmação dos materiais fornecidos. Caso necessário, serviços topográficos e de sondagem devem ser contratados ou elaborados paralelamente para subsidiar o estudo.

Para estações elevatórias e linhas de recalque existentes será exigido a calibração do sistema, com a apresentação da curva do sistema e descrição pormenorizada de todos os equipamentos instalados. Se no sistema em estudo não houver medições de vazão e/ou pressão, os mesmos serão providenciados pela área operacional da SANEPAR. Caso contrário, as informações serão fornecidas no Termo de Referência

A tubulação deve ser dividida em segmentos contendo todos os pontos altos e baixos, mudanças de material e/ou diâmetro, válvulas de retenção, válvulas de controle, ventosas, demais dispositivos de proteção e eventuais derivações.

Considerar as características de cada material, em cada segmento. Não adotar valores médios nos cálculos.

Após a definição do traçado da tubulação que resulte em ponto notável que seja necessária a execução de bloco de ancoragem ou outro elemento estrutural de travamento (curvas horizontais, verticais, pontos vizinhos a travessias aéreas, etc.), este ponto deverá ser apresentado em forma de tabela no memorial descritivo, com indicação das pressões em regime permanente, máximas e mínimas transitórias de modo a subsidiar o projeto estrutural da peça proposta.

A definição do material da linha deve levar em consideração os valores de pressões máximas e mínimas, com indicação da classe de pressão e outras características relevantes para atender às condições na ocorrência de transitórios.

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE
PROJETOS DE SANEAMENTO
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

6. CENÁRIOS

Para cada linha a ser estudada, deve-se analisar os seguintes cenários:

- a) **Sem dispositivos de proteção** – realizar o estudo transitório considerando somente a linha pressurizada, sem nenhum tipo de dispositivo de proteção contra efeitos transitórios. Para a avaliação das linhas existentes, as ventosas para retirada de ar no enchimento e operação da linha, caso existam, não devem ser consideradas neste cenário;
- b) **Com dispositivos de proteção existentes** – realizar o estudo de transitório considerando a linha pressurizada com os dispositivos existentes, apresentando um diagnóstico do sistema;
- c) ***Com dispositivos de proteção projetados** – realizar o estudo de transitório com os dispositivos de proteção projetados, em linha nova, ou com dispositivos projetados para complementar a proteção existente, como por exemplo: ventosas com dispositivo de fechamento lento, chaminé de equilíbrio, tanques híbridos, reservatório hidropneumático - RHO, tanque alimentador unidirecional – TAU, válvulas de alívio, válvulas de jusante com definição de tempo de fechamento (gravidade), entre outros. Todas as alternativas estudadas devem fazer parte do modelo hidráulico e do relatório;
- d) **Diferentes materiais** – para o caso de linha nova realizar o estudo de transitório considerando diferentes materiais com comparação dos resultados;

*Para as tubulações existentes e novas que operam em paralelo, o estudo deve compreender análise da operação conjunta e individual das linhas. Para estes casos, não serão permitidas a utilização de tubulações de diâmetros e materiais equivalentes para o estudo de transitórios.

Para elevatórias com inversor de frequência, deve-se considerar todas as condições de operação. Caso seja definida a necessidade de dispositivos de proteção, os mesmos devem ser dimensionados de modo a atender todas as

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE
PROJETOS DE SANEAMENTO
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

condições possíveis da elevatória, na faixa de menor até a máxima frequência (60Hz). Quando dimensionados tanques, como: RHO, TAU, chaminé de equilíbrio, entre outros, o manual de operação deverá conter ainda, um gráfico do nível de operação do tanque em relação à pressão de saída da elevatória, já que o mesmo será variável conforme a frequência de operação da elevatória. Deve ser avaliada todas as condições definidas com a combinação de bombas projetadas para a elevatória (1+1; 2+1; 3+1;...) e as operações entre os pontos, por exemplo, no caso de 3 bombas (2+1) deve ser avaliada a operação com uma bomba velocidade mínima até 2 bombas em velocidade máxima.

7. ALTERNATIVA ÓTIMA

Apresentar a alternativa ótima adotada em função dos cenários estudados, levando-se em consideração não somente critérios técnicos para atender as solicitações impostas pelo modelo hidráulico como também econômicos (custos de implantação, operação e manutenção) e principalmente operacionais suportados pela Sanepar (considerar a complexidade da solução em relação ao tipo de instalação, porte da unidade, distância e frequência para manutenção, isolamento da unidade (vandalismo) e importância no sistema em que está inserida).

Antes da definição do dispositivo de proteção a ser implantado no sistema, se o mesmo for de grande porte (RHO's, TAU's, outros), deverá ser realizada reunião com a área operacional (GEM's, GR's, GPDAG, GIDLD) para a consolidação do equipamento escolhido.

Na definição da solução ótima deverá ser considerada a importância da instalação no sistema em que ela está inserida de forma a definir a necessidade ou não de redundância da solução proposta (ex.: RHO + RHO, RHO + válvula de alívio, válvula de alívio + linha em PEAD, etc.).

*Outro fator a ser analisado é a necessidade de parada para vistorias e manutenção dos equipamentos constituintes do sistema de proteção (RHO, válvulas

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE
PROJETOS DE SANEAMENTO
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

de alívio, etc.). A concepção da solução deverá considerar a possibilidade de parada parcial, no caso de instalações redundantes, ou de parada total, no caso de o tempo de parada ser comportado pelo sistema. No caso de parada parcial, deve ser analisado e informado no relatório o limite da operação parcial da unidade.

Deve ser realizada uma avaliação específica das pressões negativas indicadas pela simulação, tais valores deverão ser confrontados com dados da literatura pertinente bem como dos fabricantes de dispositivos de proteção e tubulações. Caberá ainda análise detalhada da ocorrência de fenômenos de cavitação, formação de vapor e separação de coluna, bem como proposição de soluções para atenuar ou extinguir tais efeitos.

8. APRESENTAÇÃO

O Estudo dos transitórios hidráulicos faz parte do projeto básico de engenharia e deve ser apresentado conforme orientações a seguir:

- Memorial Descritivo;
- Arquivo digital da simulação;
- Localização dos dispositivos de proteção;
- Perfil reduzido da(s) linha(s) e envoltórias de pressão;
- Detalhamento;
- Plano de operação da(s) linha(s);

8.1. Memorial Descritivo

O memorial deve conter todas as condições de contorno consideradas na simulação e solicitadas pelo software utilizado. Informações como material da(s) tubulação(ões), diâmetro nominal e interno, nível do reservatório (fundo, mínimo e máximo), cota das tubulações e dispositivos, altura de entrada e saída das tubulações, celeridade de cada trecho, especificações das bombas (rotação, inércia,

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE
PROJETOS DE SANEAMENTO
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

curva da bomba, entre outros), diâmetro dos orifícios das ventosas, especificações de RHO's, TAU's, tempo de fechamento de válvulas de controle, entre outras, devem ser apresentadas.

As análises e considerações do projetista devem ser descritas de forma ampla e irrestrita, não sendo permitida a utilização de soluções que impliquem em coeficientes ou informações que não possam ser divulgadas pelo projetista.

Os resultados devem ser apresentados em forma de tabelas e gráficos juntamente com texto justificando os dispositivos adotados.

Ficará a critério do projetista ou do analista da SANEPAR a apresentação e/ou solicitação de estudos específicos de alguns pontos notáveis, tais como pontos ou trechos críticos que apresentem pressões máximas elevadas, pressões mínimas próximas ao vácuo (da ordem de -10 mca), válvula de retenção, válvula de controle, ventosa, entre outros, com utilização de gráficos e/ou tabelas específicos.

*Nas demais unidades existentes e propostas tais como TAU's, RHO's e chaminés de equilíbrio devem ser apresentados os resultados específicos destes dispositivos de proteção.

No memorial do estudo, apresentar os dados e resultados utilizando as seguintes unidades:

Vazão – L/s;

Pressão – mca;

Potência – CV;

Diâmetro – mm;

Extensão – km ou m;

Declividade – m/m;

Celeridade – m/s;

Rotação – rpm;

**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE
PROJETOS DE SANEAMENTO
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

Sobrepessão, Subpressão – mca;

Inércia – kg.m²

8.2. *Arquivo Digital da Simulação

A simulação hidráulica de transitórios deverá ser entregue em meio digital com todos os arquivos gerados pelo programa, incluindo os arquivos de resultados para todos os cenários estudados.

8.3. Localização dos Dispositivos de Proteção

Todos os dispositivos de proteção projetados e/ou existentes devem ser localizados na linha, mostrando a cota e localização em planta. A localização dos dispositivos deve estar compatibilizada nas peças gráficas do projeto hidráulico da linha.

8.4. Perfil da Linha e Envoltórias de Pressão

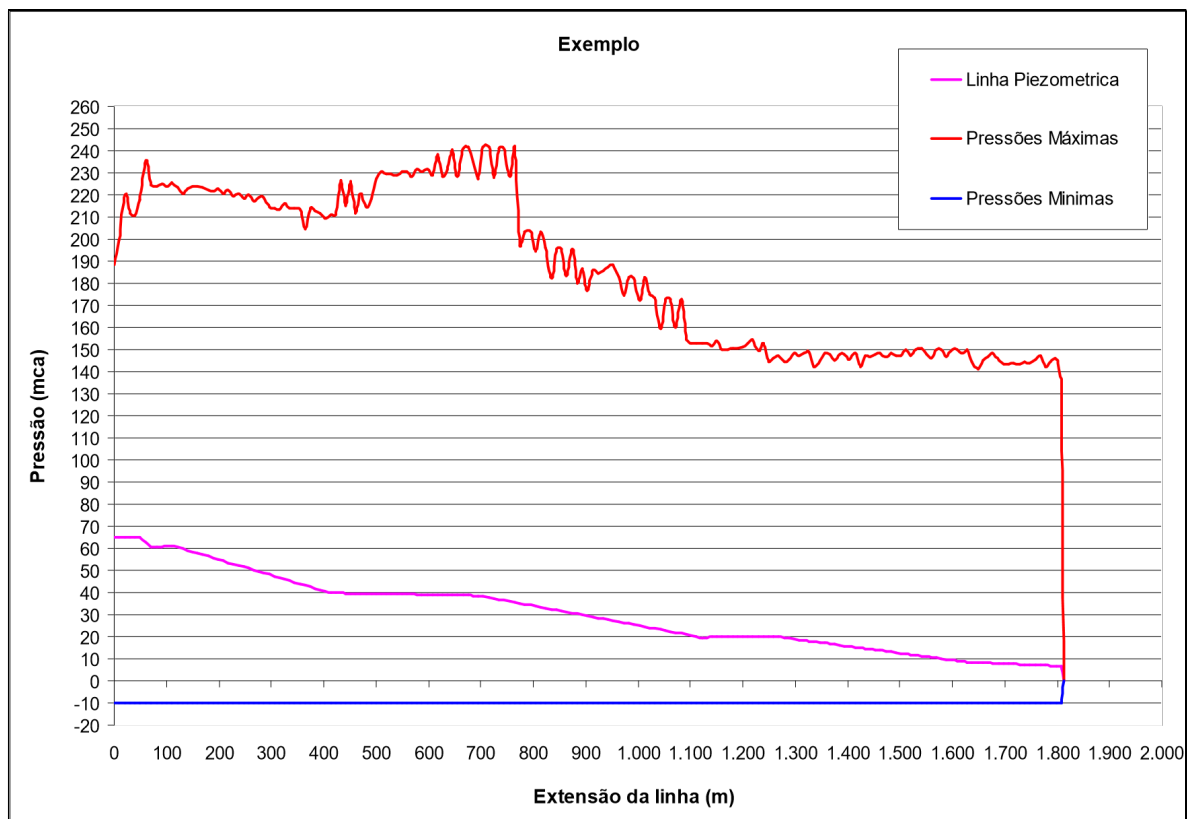
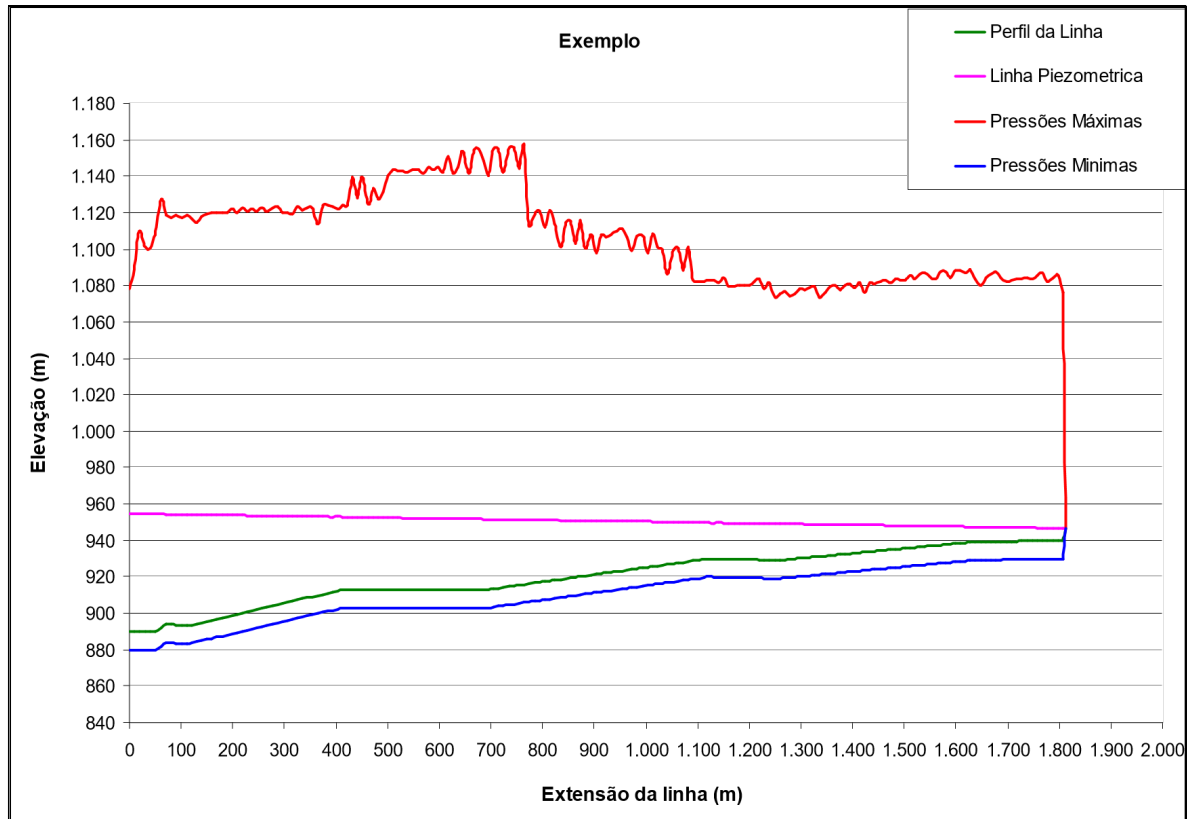
Junto com o memorial descritivo deve ser apresentado o perfil reduzido da linha nos diferentes cenários contendo as seguintes informações:

- Perfil da Linha;
- Linha Piezométrica no regime permanente;
- Envoltória das pressões máximas e mínimas durante o transitório sem dispositivos de proteção;
- Envoltória das pressões máximas e mínimas durante o transitório com dispositivos de proteção.

Deve também apresentar um gráfico contendo as envoltórias de pressão, sendo que no eixo das ordenadas (y) deve conter os valores das pressões em mca e no eixo das abscissas (x) conter a extensão da linha em m.

DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SANEAMENTO ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS

Verificar exemplos a seguir.



**DIRETRIZES PARA ELABORAÇÃO DE
PROJETOS DE SANEAMENTO
ESTUDO DOS TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS**

8.5. *Detalhamento

Deve ser desenvolvido o projeto dos dispositivos de proteção escolhido, contendo Memorial Descritivo, Peças Gráficas, Especificações Técnicas e Orçamento conforme Prescrições do MPS – Manual de Projetos de Saneamento.

8.6. Plano de Operação da Linha

O Plano de operação da linha deve conter todas as definições de operação dos equipamentos e/ou das peças especiais que possam provocar efeitos transitórios na linha, bem como para os equipamentos projetados para reduzir este efeito.

Deve ser definido o modo de funcionamento de cada válvula, indicando o tempo associado ao percentual (%) de abertura, nas operações de fechamento e de abertura.

Deve descrever a operação do sistema de proteção de cada trecho de tubulação. Indicar os cuidados na operação em série e/ou em paralelo, linha operando sozinha e linha com operação associada, quando existir.

Deve descrever a operação do sistema de proteção com operação de um conjunto moto-bomba e com mais conjuntos. No caso de operação de mais de um conjunto moto-bomba definir o intervalo de tempo para ligar/desligar os conjuntos.

*O Plano de Operação deverá incluir também as considerações para a operação de enchimento e esgotamento da linha.