

ANEXO F-II

ESTUDOS DE TRANSIENTES HIDRÁULICOS

SUMÁRIO

- 1. CONSIDERAÇÕES**
- 2. PREMISSAS PARA ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS**
 - 2.1. CONDIÇÕES DE CONTORNO**
 - 2.2. CENÁRIOS**
 - 2.3. ALTERNATIVA ÓTIMA**
- 3. ORGANIZAÇÃO DO PRODUTO**
 - 3.1. MEMORIAL DESCRITIVO E DE CALCULO**
 - 3.2. ARQUIVO DIGITAL DA SIMULAÇÃO**
 - 3.3. LOCALIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO**
 - 3.4. PERFIL DA LINHA E ENVOLTÓRIAS DE PRESSÃO**
 - 3.5. PEÇAS GRÁFICAS**
 - 3.6. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS**
 - 3.7. PLANO DE OPERAÇÃO DA LINHA**
- 4. APRESENTAÇÃO**

1. CONSIDERAÇÕES

Os Estudos de Transientes Hidráulicos têm por objetivo definir os critérios e detalhamento necessários quanto aos aspectos hidráulicos de efeitos transitórios em tubulações sob pressão, considerando-se as seguintes situações de operação que possam provocar eventuais riscos de rompimento da tubulação e/ou situações que coloquem o sistema projetado em risco:

- Partida e parada de conjuntos moto bomba;
- Fechamento de válvulas ou registros;
- Operação de válvulas de controle; e/ou
- Qualquer evento na linha que cause variação na velocidade do escoamento.

O projeto deverá também atender ao código de obras do(s) município(s), ao Caderno de Encargos da Embasa, aos requisitos de acessibilidade da NBR 9050, considerar e prever medidas e estruturas para evitar furtos e vandalismo (segurança patrimonial), considerar recomendações relativas à saúde e a segurança do trabalho com base nas Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho, demais exigências e recomendações técnicas e legais aplicáveis.

2. PREMISSAS PARA ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS

As seguintes etapas devem ser consideradas para elaboração do estudo de transientes:

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

2.1. ESCOLHA DO SOFTWARE

Os estudos de transientes hidráulicos deverão ser elaborados através da utilização de software livre, a exemplo do Allievi. Caso a contratada possua outro software para realização dos estudos, esta deverá solicitar aprovação prévia da Contratante quanto a sua utilização, antes de iniciar a elaboração dos estudos.

2.2. 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.

Para estações elevatórias e linhas de recalque existentes poderá ser exigida a calibração do sistema, com a apresentação da curva do sistema e descrição pormenorizada de todos os equipamentos instalados.

A tubulação deve ser dividida em segmentos para o cálculo dos transientes. Os segmentos não devem estar distantes em mais de 100 m e todos os pontos altos e baixos, válvulas de retenção, válvulas de manobra ao longo da linha, curvas, descargas, ventosas e eventuais derivações da linha devem ser considerados na simulação.

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 transientes.

2.3. CENÁRIOS

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

- a. **Sem dispositivos de proteção** – realizar o estudo de transiente considerando somente a linha pressurizada, sem nenhum tipo de dispositivo de proteção contra efeitos transitórios, sendo consideradas apenas as válvulas de retenção dos barriletes e a inércia natural dos conjuntos motor-bomba. 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 transiente considerando a linha pressurizada com os dispositivos existentes, apresentando um diagnóstico do sistema;
- c. **Com dispositivos de proteção projetados** – realizar o estudo de transiente com os dispositivos de proteção projetados, em linha nova, ou com dispositivos projetados para complementar a proteção existente, como por exemplo: chaminés de equilíbrio, ventosas com dispositivo de fechamento lento, reservatório hidropneumático - RHO, tanque alimentador unidirecional – TAU, válvulas de alívio, válvulas de jusante com definição de tempo de fechamento (gravidade), entre outros;
- d. **Diferentes materiais** – para o caso de linha nova realizar o estudo de transientes considerando diferentes materiais com comparação dos resultados;

- e. Para as tubulações existentes e novas, o estudo deve compreender a operação em separado de cada tubulação/trecho e operação conjunta e/ou em paralelo.

2.4. 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 (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).

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 (vasos de pressão do RHO, válvulas 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.

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.

Quando o fluido transportado for água tratada, não deverão ser admitidas pressões inferiores à pressão atmosférica ou à pressão máxima do solo onde está assentada a tubulação com o objetivo de evitar intrusão de contaminantes.

Deve ser desenvolvido o projeto dos dispositivos de proteção escolhido, contendo Memorial Descritivo, Peças Gráficas e Especificações Técnicas.

3. ORGANIZAÇÃO DO PRODUTO

Serão exigidos os seguintes elementos que irão compor os Estudos de Transiente Hidráulicos:

- Memorial Descritivo e de Cálculo;
- Arquivo digital da simulação;
- Localização dos dispositivos de proteção;
- Perfil reduzido da(s) linha(s) e envoltórias de pressão e gráficos das condições de operação das unidades do sistema;

- Peças Gráficas;
- Especificações Técnicas;
- Plano de operação da(s) linha(s).

3.1. MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO

Documento que deverá apresentar informações detalhadas dos estudos e todas as suas partes, descrevendo sua forma de implantação, materiais e equipamentos utilizados e quaisquer outras informações relevantes que possibilitem perfeita compreensão do sistema.

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 e pressão crítica de colapso de cada trecho, especificações das bombas (rotação, inércia, curva da bomba, entre outros), diâmetro dos orifícios das ventosas, especificações de RHOs, TAUs, tempo de fechamento de válvulas à jusante (gravidade), 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 Contratante 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 m.c.a), válvula de retenção, válvula de controle, ventosa, entre outros, com utilização de gráficos e/ou tabelas específicos.

O memorial do estudo de transientes deverá apresentar os dados e resultados utilizando as seguintes unidades:

- Vazão – l/s;
- Pressão – m.c.a;
- Potência – CV;
- Diâmetro – mm;
- Extensão – km ou m;
- Declividade – m/m;
- Celeridade – m/s;
- Rotação – rpm;
- Sobrepressão, Subpressão – m.c.a.

Em qualquer parte do dimensionamento técnico em que seja usado **programa de informática**, deverá a contratada dar todas as condições para que a fiscalização da SIHS faça as conferências dos trabalhos, fornecendo elementos necessários à sua interpretação.

3.2. ARQUIVO DIGITAL DA SIMULAÇÃO

Os arquivos digitais da simulação hidráulica do transiente devem ser fornecidos a Contratante com todos os cenários estudados.

Quando o *software* utilizado não for gratuito ou cuja licença a Contratante não possui, deverão ser inseridas, em anexo, as listagens numéricas extraídas do simulador hidráulico, com dados de entrada e resultados numéricos que produziram os gráficos apresentados.

3.3. 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.

3.4. PERFIL DA LINHA E ENVOLTÓRIAS DE PRESSÃO E GRÁFICOS

Junto com o memorial descritivo e de cálculo deve ser apresentado o perfil reduzido da linha, para cada cenário estudado, contendo as seguintes informações:

- Perfil da Linha;
- Linha Piezométrica no regime permanente;
- Envoltória das pressões máximas e mínimas durante o transiente;

Os perfis reduzidos, para cada cenário, contendo as informações supracitadas, devem ser apresentados em folha A4 ou A3, e estar em escala adequada. O eixo das ordenadas (y) deve conter os valores das cotas (elevação) em m e o eixo das abscissas (x) deve conter a extensão da linha em m, conforme Figura 1 abaixo.

Deve também apresentar um gráfico contendo as pressões máximas e mínimas ao longo da extensão da tubulação, em formato A4 ou A3, em escala adequada, sendo que no eixo das ordenadas (y) deve conter os valores das pressões em m.c.a e no eixo das abscissas (x), conter a extensão da linha em m conforme Figura 2 abaixo.

Quando pertinente, gráficos com as condições de operação dos dispositivos dimensionados deverão ser apresentados como, por exemplo, os listados na sequência:

- Variação da carga hidráulica (ou do nível de água) na chaminé de equilíbrio devido à parada e arranque dos conjuntos elevatórios;
- Variação da carga hidráulica nos TAU e/ou RHO após a parada dos conjuntos elevatórios;

- Variação da vazão na Chaminé de Equilíbrio, TAU e/ou RHO após a parada dos conjuntos elevatórios;
- Variação do volume útil no interior do RHO após o desligamento dos conjuntos elevatórios;
- Variação de pressão a jusante dos dispositivos de proteção projetados (válvulas de alívio, válvulas de retenção etc.).

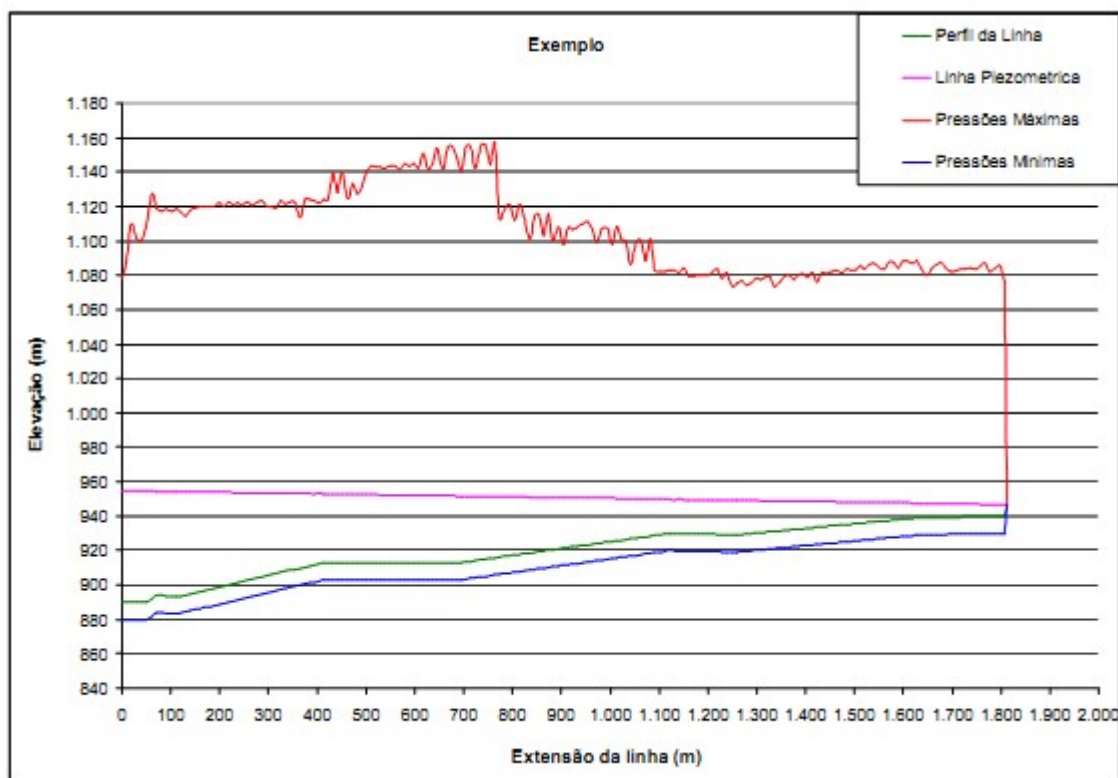


Figura 1 – Exemplo de perfil reduzido a ser apresentado nos estudos de transientes hidráulicos.

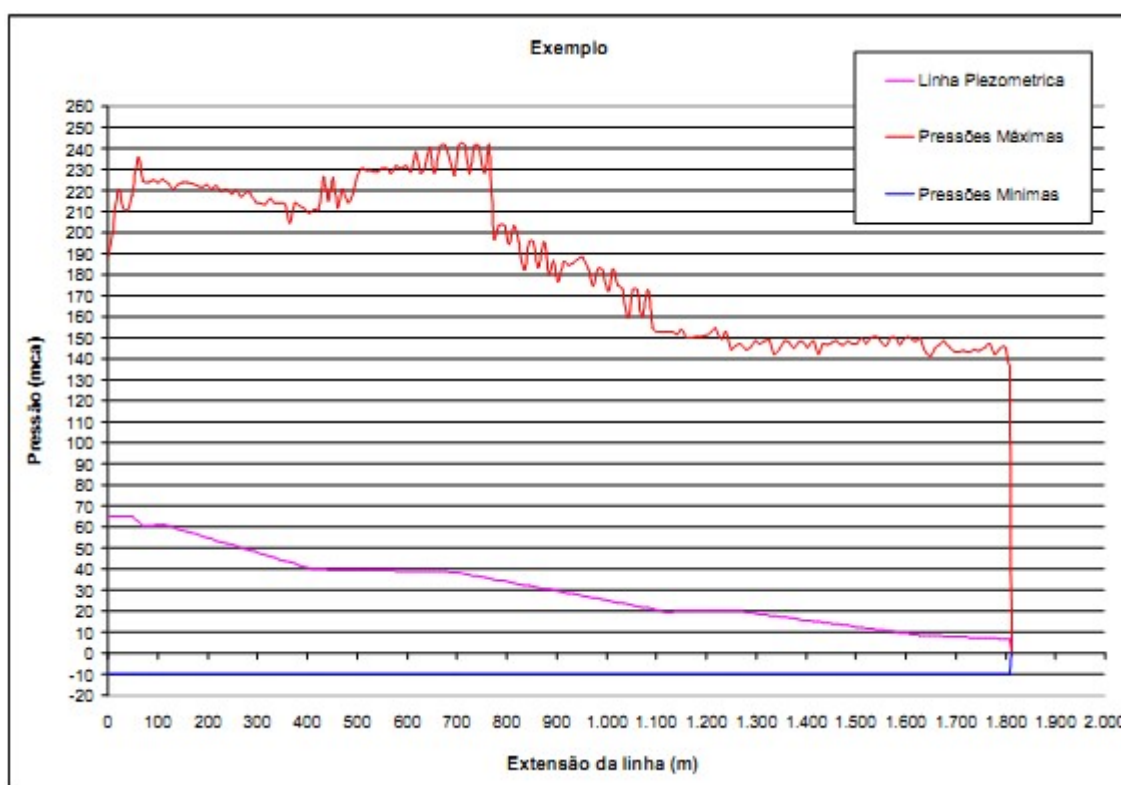


Figura 2 - Exemplo de perfil com envoltórias de pressões a ser apresentado nos estudos de transientes hidráulicos.

3.5. PEÇAS GRÁFICAS

Deverão ser apresentadas todas as plantas baixas, cortes, vistas, fachadas, coberturas, e demais detalhes necessários ao perfeito entendimento dos elementos a construir, na escala 1:50. Todas as plantas apresentadas deverão conter indicações dos materiais de acabamento de coberturas, paredes e pisos, com grau de detalhamento suficiente para orçamentação e construção de cada unidade.

Todos os desenhos deverão incluir lista de peças, tubos, válvulas, comportas, equipamentos e acessórios, convenientemente numerados, com indicações de diâmetros, materiais e comprimentos de peças e conexões.

Para as peças de aço carbono devem ser apresentados desenhos de fabricação, com dimensões e angulações.

3.6. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Deverão constar desse relatório as especificações detalhadas dos equipamentos e peças a serem adquiridos, com detalhes relacionados ao seu funcionamento, visando subsidiar à posterior execução da obra.

3.7. 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 da válvula, nas operações de fechamento e de abertura da válvula.

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.

4. APRESENTAÇÃO

O produto **Estudos de Transientes Hidráulicos** deverá ser entregue como um relatório anexo ao Projeto Hidráulico e Civil.

Os relatórios apresentados deverão obedecer ao estabelecido no Termo de Referência.