PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTOS

DISPENSA DE LICITAÇÃO N° 032/2024

CONTRATO N° 24.10.000007886-4-32

**Prestação de serviços técnicos especializados de assessoramento e engenharia consultiva para elaboração de estudos, levantamentos, ensaios, planos de trabalho, anteprojetos, projetos básicos e executivos em EBEs afetadas pelos eventos climáticos de Maio/2024 em Porto Alegre**

# RELATÓRIO ESPECÍFICO DE CONSULTORIA

## TRANSIENTES HIDRÁULICOS-TOMO III – EBE 3S

## EG0280-R-RE-THD-01-00-EBE3S

MAR/2026

ENGEPLUS ENGENHARIA E CONSULTORIA

QUADRO DE CODIFICAÇÃO DO DOCUMENTO

| | |
|---|---|
| Código: | EG0280-R-RE-THD-01-00-EBE3S |
| Título do Documento: | Relatório Específico Nº 01 – Estudo Transientes Hidráulicos – TOMO III - EBE-3S |
| Aprovador: | Luiz Gustavo Astigarraga Silveira |
| Data da Aprovação: | 30/03/2026 |

| Controle de Revisões | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Nº da Revisão | Natureza/Justificativa | Aprovação | | |
| | | Data | Responsável | Rubrica |
| 00 | Emissão Inicial | 02/03/26 | Sidnei Barth | S.B. |
| 01 | | | | |
| | | | | |

# ÍNDICE

**1 APRESENTAÇÃO ..... 4**
**2 ESCOPO DOS SERVIÇOS ..... 5**
**3 INTRODUÇÃO ..... 6**
**4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA ..... 6**
**5 DESCRIÇÃO DAS SIMULAÇÕES ..... 7**
**6 SISTEMA SEM PROTEÇÃO ..... 8**
**7 SISTEMA COM PROTEÇÃO ..... 9**
7.1 Características do dispositivo utilizado ..... 11
**8 CONCLUSÃO ..... 12**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Mapa de Situação ..... 5
Figura 6.1: Envoltórias de Pressões - Parada GMB ..... 8
Figura 6.2: Pressões resultantes - Parada GMB ..... 9
Figura 7.1: Envoltórias de Pressões - Parada GMB ..... 10
Figura 7.2: Pressões resultantes - Parada GMB ..... 11

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1: Localização das EBEs ..... 6

# 1 APRESENTAÇÃO

A ENGEPLUS Engenharia e Consultoria Ltda., contratada pelo DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre por meio do Contrato nº 24.10.000007886-4-32, apresenta este Relatório Específico de Estudos de Transientes Hidráulicos– TOMO III – EBE-3S.

O objetivo é avaliar as condições de trabalho das linhas de recalque e seus equipamentos considerando-se as variações de pressão acima e abaixo do valor de funcionamento normal dos condutores forçados. Esta aparência transitória ocorre geralmente no momento de uma intervenção em um aparelho da rede, como por exemplo, bombas e válvulas.

O conjunto de relatórios Técnicos dos Transientes Hidráulicos da linha de recalque que atende individualmente a cada unidade estão ordenado da seguinte forma:

- TOMO I – Linha de Recalque EBE 1S – SES Zona Sul;
- TOMO II – EBE 2S – SES Zona Sul;
- **TOMO III – EBE 3S – SES Zona Sul;**
- TOMO IV – EBE 4S – SES Zona Sul;
- TOMO V – EBE 5S – SES Zona Sul;
- TOMO VI – EBE Belém Novo – SES Belém Novo;
- TOMO VII – EBE Baronesa do Gravataí – SES Ponta da Cadeia;
- TOMO VIII – EBE Ponta da Cadeia – SES Ponta da Cadeia;
- TOMO IX – EBE Asa Branca – SES Sarandi.

Este documento serve como base de tomada de decisão para o desenvolvimento dos projetos básicos, executivos e planos de ação que visam assegurar a confiabilidade do sistema de esgotamento sanitário em situação de eventos extremos.

Porto Alegre, 30 de março de 2026.

gov.br Documento assinado digitalmente
SIDNEI FAERMANN BARTH
Data: 30/03/2026 16:36:35-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Sidnei Faermann Barth

Engenheiro Civil - CREA/RS 85.244

Consultor

gov.br Documento assinado digitalmente
LUIZ GUSTAVO ASTIGARRAGA SILVEIRA
Data: 30/03/2026 14:50:37-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Luiz Gustavo Astigarraga Silveira

Engenheiro Civil – CREA/RS 65.338

Coordenação Geral

# 2 ESCOPO DOS SERVIÇOS

O presente trabalho constitui parte do objeto do Contrato de Prestação de Serviços nº 24.10.000007886-4-32, firmado entre a ENGEPLUS e o DMAE Porto Alegre, visando a prestação de serviços técnicos especializados de assessoramento e engenharia consultiva para elaboração de estudos, levantamentos, ensaios, planos de trabalho, anteprojetos, projetos básicos e executivos em Estações de Bombeamento de Esgotos Sanitários - EBEs afetadas pelos eventos climáticos de Maio/2024, nas condições estabelecidas nas Especificações Técnicas do Projeto constante no documento SEI nº 30058065.

São integrantes do contrato, 12 EBEs distribuídas na cidade de acordo com a Figura 2.1.

Figura 2.1: Mapa de Situação




Fonte: Google Earth, Elaboração própria

A Identificação e localização das EBEs estão apresentadas no Quadro 2.1.

Quadro 2.1: Localização das EBEs

| NOME | Endereço |
|---|---|
| EBE 01 - Belém Novo | Rua Euclides Goulart, Nº 50 - quase esquina Av. Beira Rio - Belém Novo |
| EBE 5S | Av. Orleães Nº 85, esq. Araranguá |
| EBE 4S | Av. Guaíba, 2031, esq. Rua dos Tabajaras - Zona Sul |
| EBE 3S | Travessa do Prata. Rua Cel. Marcos, 990, frente AABB. |
| EBE 2S | Rua Otaviano de Oliveira, ao lado Nº 77, quase esq. Almirante Câmara |
| EBE 1S | Avenida Guaíba, 4921, próx. Av. Copacabana |
| EBE - ASA BRANCA | Rua Jorge Valmor Gonçalves, frente ao Nº 369, quase esquina Rua Quinze de fevereiro - Vila Asa Branca |
| EBE - NOVA BRASÍLIA | Rua Aderbal Rocha Fraga, ao lado Nº 1173 – Sarandi |
| EBE - PONTA DA CADEIA | Rua Whashington Luiz, Nº 35 |
| EBE - BARROS CASSAL | Rua Barros Cassal, 38 |
| EBE - GASPAR MARTINS | Rua Gaspar Martins, 387 |
| EBE - BARONESA DO GRAVATAÍ | Rua Baronesa do Gravataí, 779 - Próx. Shopping Praia de Belas |

# 3 INTRODUÇÃO

Este estudo tem por objetivo avaliar o comportamento do recalque de esgoto EBE-3S do DMAE quanto à ocorrência de transientes hidráulicos, determinando as medidas e dispositivos necessários à sua proteção, caso necessário.

A simulação da ocorrência de escoamentos transitórios no recalque foi feita através de modelagem matemática com base no método das características, levando em consideração os parâmetros e características considerados na modelagem do sistema de bombeamento em regime permanente.

# 4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

A elevatória de esgoto terá as seguintes características:

- Número de GMBs: 1 operativo e 1 reserva;
- Modelo adotado como paradigma: Flygt Concertor 6030 XPC N80;
- Q= 23,3 l/s;
- AMT= 20,10 mca.;
- Rotação: 2866 rpm;
- Potência /GMB = 10 cv;
- N.A. mínimo na sucção: -3,20 – 0,96= -4,16 m (corrigido pela diferença de RN);
- N.A. máximo na sucção: -2,60 – 0,96= -3,56 m (corrigido pela diferença de RN);

- N.A. PV: 13,24 m (cota da geratriz superior do tubo; OBS: *mesmo que na operação o NA do PV esteja abaixo desta cota, não irá influir no transiente, pois o tubo estará a seção plena vertendo a vazão de projeto, ou seja, correspondente a taquicarga de $v^2/2g$*);
- Perfil também foi corrigido pela diferença de RN;
- Desnível geométrico mínimo: 16,80 m;
- Desnível geométrico máximo: 17,40 m;

Celeridade:

$$a = \sqrt{\frac{K}{\rho\left(1+\frac{K \times D}{E \times e}\right)}}$$

- ρ=1000 kg/m³- massa específica da água;
- k=2,05E+09 N/m²- módulo de elasticidade da água;
- E=1,70E+11 N/m²- módulo de elasticidade para canalizações em FD;
- D=0,150 m - diâmetro interno, CLASSE K7, Pressão de Serviço Admissível (PSA – regime permanente)= 6,4 MPa e Pressão Máxima de Serviço (PMS – transiente hidráulico)= 7,7 MPa;
- a=1.355,24 m/s - velocidade de propagação da onda (m/s);

Momento de Inércia:

O momento de inércia calculado do conjunto motor-bomba é o seguinte:

- Momento de Inércia do conjunto ($WR^2$) = 0,027 Kg.m²

# 5 DESCRIÇÃO DAS SIMULAÇÕES

A modelagem do sistema para o estudo dos transitórios hidráulicos considerou as características do recalque conforme o relatório do projeto **EG0280-R-RE-HMC-01-01-EBE3S – Hidromecânico / Tomo III – EBE3S**. Portanto, estudou-se o sistema de acordo com o que lá foi preconizado, ou seja, a utilização da bomba Flygt como paradigma de projeto, apontando um ponto de pior situação operacional (23,3 l/s x 20,10 mca), e que será utilizado nas simulações de transientes.

Vale salientar que a literatura técnica de engenharia hidráulica — incluindo autores como Azevedo Netto, Tomaz (2010) e Macintyre (2013) — estabelece o limite de -8,00 mca como o ponto crítico para o início da separação de coluna líquida em projetos de esgoto e águas servidas. Este valor atua como uma margem de segurança necessária para evitar que o sistema atinja o vácuo absoluto, o que poderia comprometer a integridade estrutural da tubulação.

Primeiramente se simulou o sistema sem proteção, para se avaliar as amplitudes de pressões geradas na parada brusca do bombeamento (queda de energia, por exemplo). Em seguida, em função dos resultados se partiu para atenuação das envoltórias de pressões.

Nas figuras a seguir, as envoltórias de pressões estão na cor azul claro, o regime permanente na azul escura e a linha da geratriz superior da tubulação na cor verde.

# 6 SISTEMA SEM PROTEÇÃO

A seguir são apresentados os gráficos da simulação sem dispositivos de proteção.

Figura 6.1: Envoltórias de Pressões - Parada GMB

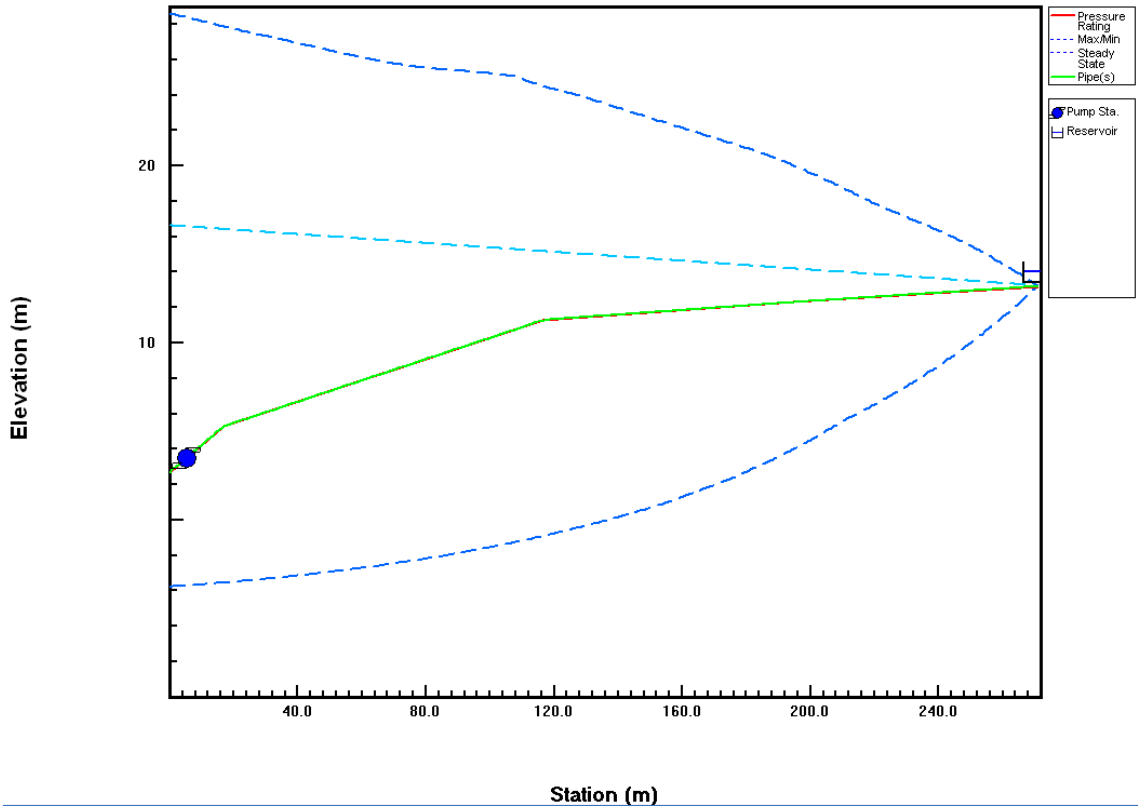
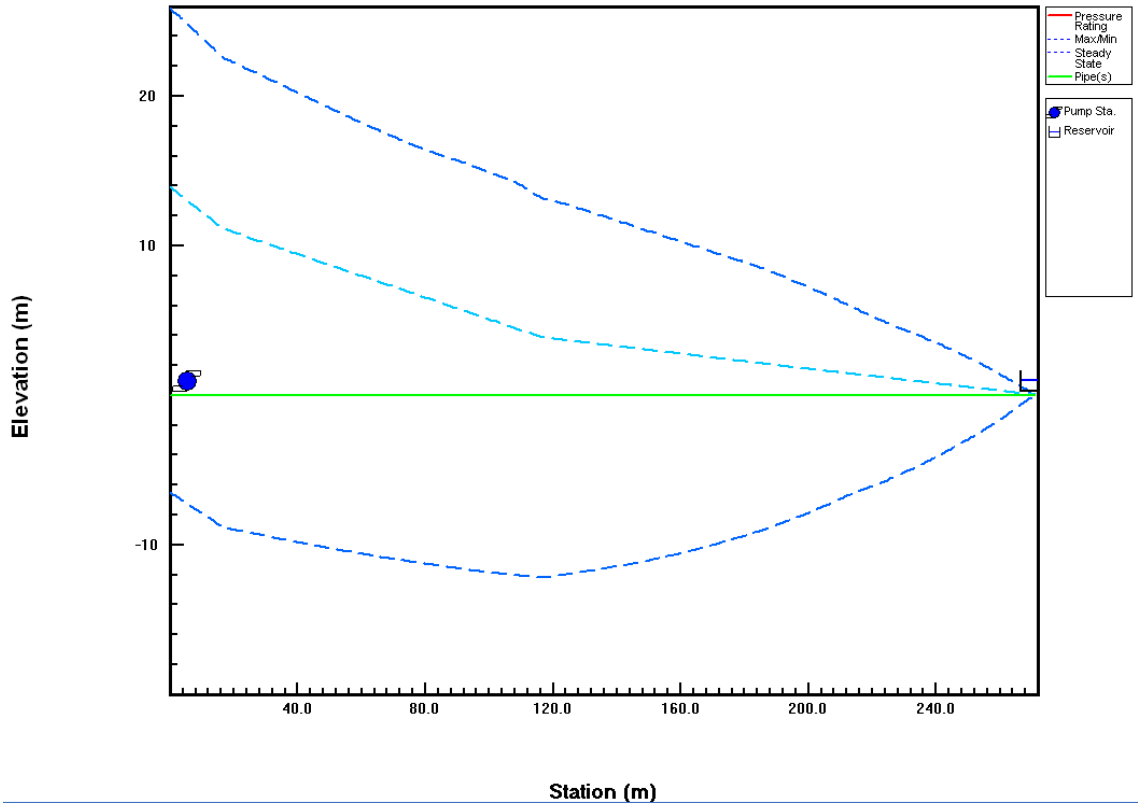


Figura 6.2: Pressões resultantes - Parada GMB




Verifica-se que há ocorrência de depressão, porém não há sobrepressão transiente significativa, sendo os valores mínimos e máximos de -12,20 mca e 25,90 mca, respectivamente.

É importante ressaltar que pressões negativas com magnitudes superiores a -10,0 mca (em termos relativos – para água, para esgoto já foi apresentada a justificativa de -8,0 mca) possuem caráter puramente teórico, visto que o vácuo absoluto ocorre aproximadamente a -10,33 mca ao nível do mar — valor que oscila conforme a altitude e a temperatura local, sendo convencionado como -10,0 mca para este estudo. Portanto, a manutenção de valores inferiores a esse limite nas simulações visa apenas oferecer maior sensibilidade analítica na identificação e espacialização de fenômenos de depressão transiente.

# 7 SISTEMA COM PROTEÇÃO

A seguir são apresentados os gráficos da simulação adicionando-se duas ventosas, o que reduziu a pressão negativa no sistema a ponto de desparecer a depressão transiente, porém não foi capaz de anular totalmente a pressão negativa. Cabe salientar que se tentou utilizar apenas uma ventosa, porém ela sozinha não trouxe o resultado esperado, portanto, optou-se por utilizar as duas ventosas conforme abaixo.

Figura 7.1: Envoltórias de Pressões - Parada GMB

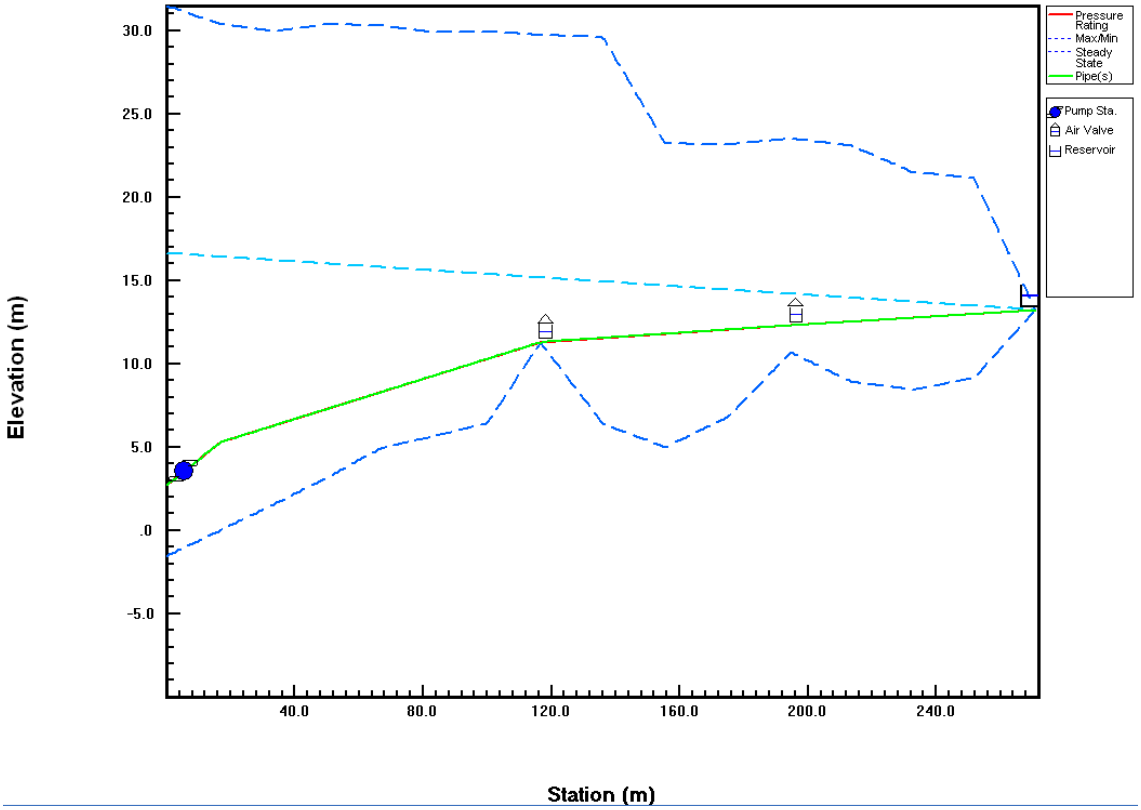
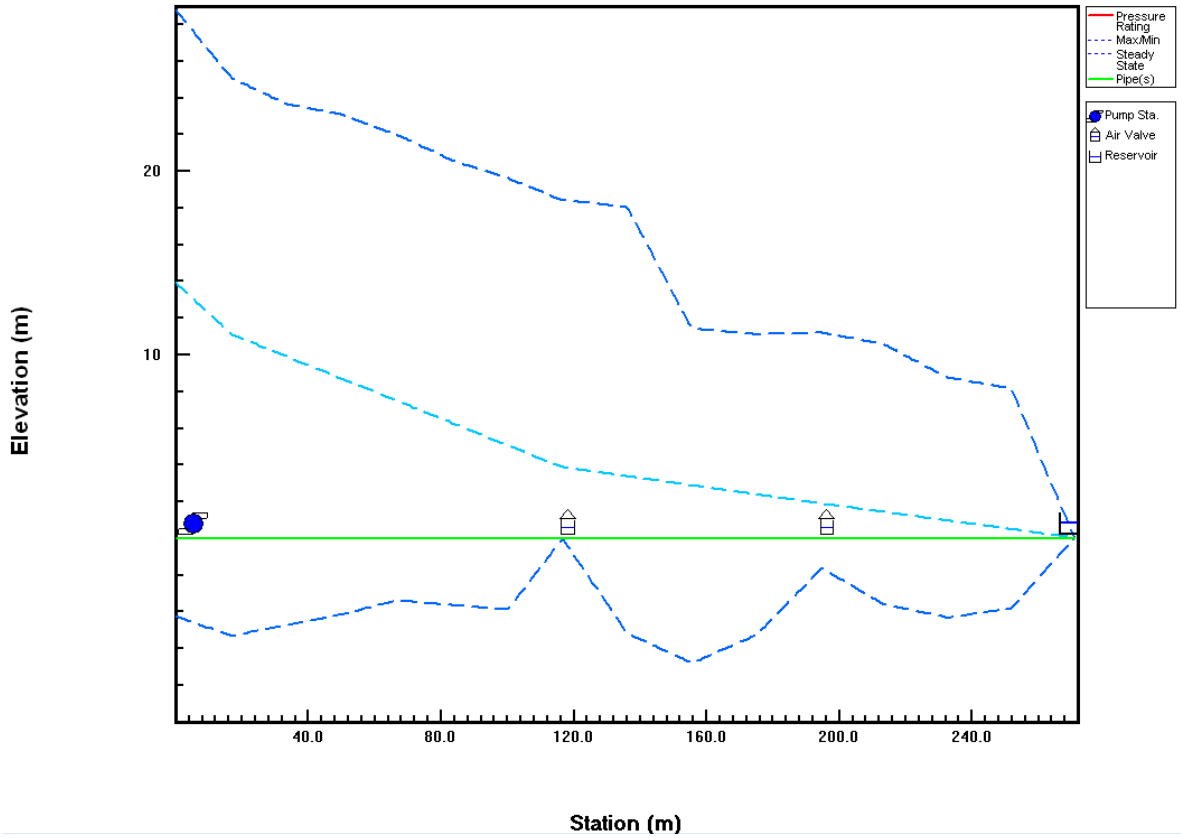


Figura 7.2: Pressões resultantes - Parada GMB




Verifica-se que há ocorrência de subpressão com valor de -6,80 mca, e também há sobrepressão transiente máxima de 28,80 mca.

## 7.1 Características do dispositivo utilizado

As duas ventosas indicadas pelo estudo de transientes são da ARI para esgoto, **modelo D-020**, DN 50 mm, com componente *NO SLAM* (NS), para implantação no recalque da EBE-3S, e deverá seguir as seguintes características:

- MARCA: ARI ou equivalente;
- **MODELO: D-020 Non Slam de Orifício Único - Simples, para esgoto**;
- Diâmetro do orifício de descarga: 37,5 mm;
- Diâmetro do orifício Non Slam (NS) - anti golpe: 4,0 mm (1 orifício – 12,6 $mm^2$);
- Acionamento do Orifício NS: mola - normalmente fechada (*"spring loaded normally closed"*);
- Posição ventosa 1: distante 117 m da EBE-3S;
- Cota da geratriz superior do tubo neste ponto: 11,33 m;
- Posição ventosa 2: distante 195 m da EBE-3S;
- Cota da geratriz superior do tubo neste ponto: 12,30 m;
- Pressão mínima estabelecida pelo fabricante para evitar gotejamento: 0,2 Bar.

# 8 CONCLUSÃO

Conforme os estudos desenvolvidos e apresentados acima, quando ocorrer uma parada não programada do recalque, a ação das ventosas atenuará o aparecimento de pressões negativas.

Apesar das ventosas não impedirem a ocorrência de subpressões, as quais não causam vaporização da água, isso não deverá causar riscos ao sistema, pois, aliado ao fato de não haver sobrepressão transiente significativa, não deverá ocorrer macrocavitação na linha de recalque, já que a depressão transiente fica controlada.

Atualmente, conforme desenho EBE 912, da câmara de manobras, está prevista uma válvula de retenção de portinhola única, além de duas válvulas de alívio, que não são mais necessárias, conforme se percebe por este estudo, podendo ser suprimidas. Na saída de cada bomba está prevista uma válvula de retenção de portinhola dupla.