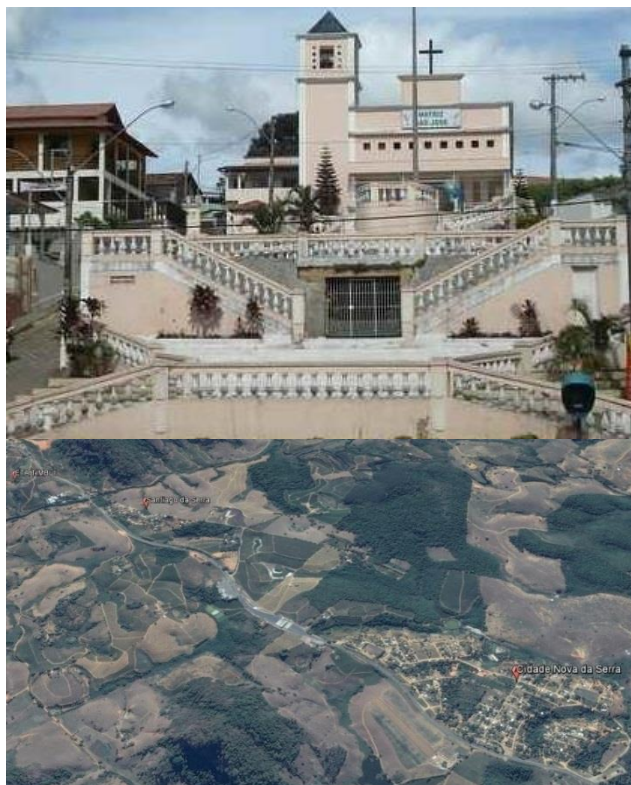




CONTRATO 174/2015
AS N°005/2016

**MUNICÍPIO DE FUNDÃO
DISTRITO DE TIMBUÍ**

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE CIDADE NOVA DA SERRA

VOLUME II – PROJETO HIDRÁULICO

TOMO A – MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO

C-034-002-00-5-MD-0001

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do contrato nº 174/2015, celebrado entre a **GANEM Engenharia EPP Ltda.** e a **Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN)**, em 20 de dezembro de 2015.

Este contrato visa atender as demandas de análise operacional e projetos da **Gerência do Interior (O-GIN)**, da **Diretoria Operacional (D-OP)**, e está sendo acompanhado pela **Divisão de Projetos Operacionais (E-DPO)**, da **Gerência de Projetos e Programas Estratégicos (E-GPP)**, da **Diretoria de Engenharia e Meio Ambiente (D-EM)**.

Quanto a operação do sistema a Gerência do Interior está dividida em quatro divisões, nomeadamente a **Divisão de Operação e Manutenção Noroeste (O-DNO)**, **Divisão de Operação e Manutenção Centro Norte (O-DCN)**, **Divisão de Operação e Manutenção Serrana (O-DSE)**, e **Divisão de Operação e Manutenção Sul (O-DSU)**. As divisões encontram-se ainda subdivididas em 9 polos de operação, conforme segue: Divisão Noroeste (Polo Barra de São Francisco e Polo São Gabriel da Palha); Divisão Centro Norte (Polo Nova Venécia, Polo Montanha e Polo Conceição da Barra); Divisão Serrana (Polo Santa Teresa e Polo Venda Nova do Imigrante); e Divisão Sul (Polo Muqui e Polo Castelo).

A **GANEM Engenharia EPP Ltda.** apresenta a seguir o memorial de cálculo do projeto hidráulico de adequação do SAA de Cidade Nova da Serra, localizada no município de Serra, através do sistema produtor de água de Timbuí, distrito de Fundão. Este estudo visa complementar o estudo de análise operacional do sistema e apresenta o dimensionamento das unidades previstas para os cenários emergencial e definitivo.

O estudo completo da adequação do SAA de Cidade Nova da Serra está apresentado em sete volumes, conforme descrito abaixo:

- Volume I – Análise Operacional do Sistema (C-034-002-00-5-RT-0001).
- Volume II – Projeto Hidráulico:
 - Tomo A – Memorial Descritivo e de Cálculo (C-034-002-00-5-MD-0001);
 - Tomo B – Desenhos (AAT, *Booster*, RAT e Rede).
- Volume III – Topografia:
 - Tomo A – Relatório Técnico (C-034-002-50-1-RT-0001);
 - Tomo B – Caderneta Topográfica (C-034-002-50-5-CT-0001);
 - Tomo C – Desenhos.

- Volume IV – Sondagem (C-034-002-50-5-SD-0001).
- Volume V – Projeto Estrutural:
 - Tomo A – Memorial de Cálculo;
 - Tomo B – Desenhos.
- Volume VI – Projeto Elétrico:
 - Tomo A – Memorial Descritivo, de Cálculo e Especificações Técnicas;
 - Tomo B – Desenhos.
- Volume VII – Orçamento.

Seguem listados abaixo os desenhos produzidos no projeto hidráulico e apresentados no Volume II – Tomo B deste trabalho.

	Número da CESAN	Referência do Desenho
01	C-034-002-50-5-XX-0001	SAA Cidade Nova da Serra – Cenário 1 (emergencial) e Cenário 2 (Definitivo) – Planta de concepção do sistema
02	C-034-002-50-5-XX-0002	AAT Cidade Nova da Serra – Cenário 1 (emergencial) – Planta e perfil 01/04
03	C-034-002-50-5-XX-0003	AAT Cidade Nova da Serra – Cenário 1 (emergencial) – Planta e perfil 02/04
04	C-034-002-50-5-XX-0004	AAT Cidade Nova da Serra – Cenário 1 (emergencial) – Planta e perfil 03/04
05	C-034-002-50-5-XX-0005	AAT Cidade Nova da Serra – Cenário 1 (emergencial) – Planta e perfil 04/04
06	C-034-002-50-5-XX-0006	AAT Cidade Nova da Serra – Cenário 1 (emergencial) – Detalhe típico de descargas e ventosas
07	C-034-002-50-5-XX-0007	AAT Cidade Nova da Serra – Cenário 1 (emergencial) – Interligação 03 e 04 – Planta de situação, Planta Baixa, cortes e LM
08	C-034-002-80-5-XX-0001	AAT Cidade Nova da Serra – Cenário 1 (emergencial) – Intervenções em rede 01 e 02 – Planta de situação, detalhe e LM
09	C-034-002-60-5-XX-0001	Booster Cidade Nova da Serra – Cenário 1 (emergencial) – Plantas, cortes e LM
10	C-034-002-50-5-XX-0008	AAT Cidade Nova da Serra – Cenário 2 (Definitivo) – Planta e perfil 01/01
11	C-034-002-50-5-XX-0009	AAT Cidade Nova da Serra – Cenário 2 (Definitivo) – Detalhe típico de descarga e ventosa
12	C-034-002-50-5-XX-0010	AAT Cidade Nova da Serra – Cenário 2 (Definitivo) – Interligação 01 – Planta de situação, planta baixa, cortes e LM
13	C-034-002-50-5-XX-0011	AAT Cidade Nova da Serra – Cenário 2 (Definitivo) – Travessia 01 – Planta de situação, planta baixa, corte e LM
14	C-034-002-50-5-XX-0012	AAT Cidade Nova da Serra – Cenário 2 (Definitivo) – Travessia 01 – Ampliação 01 e 02 e imagem esquemática
15	C-034-002-50-5-XX-0013	AAT Cidade Nova da Serra – Cenário 2 (Definitivo) – Interligação 02 e 03 e Travessia 02 – Plantas, Cortes e LM
16	C-034-002-50-5-XX-0014	AAT Cidade Nova da Serra – Cenário 2 (Definitivo) – Travessia 02 – Planta baixa e LM
17	C-034-002-50-5-XX-0015	AAT Cidade Nova da Serra – Cenário 2 (Definitivo) – Travessia 02 – Corte AA e corte BB
19	C-034-002-50-5-XX-0016	AAT Cidade Nova da Serra – Cenário 2 (Definitivo) – Travessia 02 – Corte CC e detalhe suporte metálico

	Número da CESAN	Referência do Desenho
20	C-034-002-60-5-XX-0002	Booster Cidade Nova da Serra – Cenário 2 (Definitivo) – Plantas, cortes, detalhes, imagem esquemática e LM
21	C-034-002-70-5-XX-0001	RAT R1 – Cenário 2 (Definitivo) – Planta de situação, urbanização, fachada 01 e 02
22	C-034-002-70-5-XX-0002	RAT R1 – Cenário 2 (Definitivo) – Planta baixa, cobertura, ampliação 01 e 02 e LM
23	C-034-002-70-5-XX-0003	RAT R1 – Cenário 2 (Definitivo) – Vista 01, corte AA e detalhes dos suportes metálicos
24	C-034-002-70-5-XX-0004	RAT R1 – Cenário 2 (Definitivo) – Vista 02, perspectivas e detalhes

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE TABELAS	VI
1 INTRODUÇÃO	8
2 CONCEPÇÃO DO SISTEMA	9
2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	9
2.2 CENÁRIO 1 (EMERGENCIAL)	10
2.2.1 Descrição do cenário	10
2.2.2 AAT Cidade Nova da Serra.....	11
2.2.3 Booster Cidade Nova da Serra	12
2.2.4 RAT R1	12
2.2.5 Rede de distribuição	14
2.3 CENÁRIO 2 (DEFINITIVO)	15
2.3.1 Descrição do cenário	15
2.3.2 AAT Cidade Nova da Serra.....	16
2.3.3 Booster Cidade Nova da Serra	17
2.3.4 RAT R1	18
2.3.5 Rede de distribuição	19
ANEXO 01 – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA AAT CIDADE NOVA DA SERRA	21
ANEXO 02 – DIMENSIONAMENTO DAS DESCARGAS E VENTOSAS.....	26
ANEXO 03 – MEMÓRIA DE CÁLCULO E ESPECIFICAÇÕES DO BOOSTER CIDADE NOVA DA SERRA NO CENÁRIO 1	34
ANEXO 04 – MEMÓRIA DE CÁLCULO E ESPECIFICAÇÕES DO BOOSTER CIDADE NOVA DA SERRA NO CENÁRIO 2	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Proposições do caminhamento da adutora nos dois cenários.	10
Figura 2 – Esquema geral em planta da proposição do Cenário 1 - Emergencial.....	11
Figura 3 – Variação de nível no reservatório R1 com 20 m ³ - Cenário 1.....	13
Figura 4 – Vazões de entrada e de saída do reservatório R1 no Cenário 1.....	13
Figura 5 – Intervenções em rede.....	15
Figura 6 – Esquema geral em planta da proposição do Cenário 2 (Definitivo).....	16
Figura 7 – Derivação existente para aglomerado residencial próximo à travessia da BR101.....	17
Figura 8 – Variação de nível no reservatório R1 com 80 m ³ no Cenário 2.....	18
Figura 9 – Vazões de entrada e de saída do reservatório R1 no Cenário 2.....	19
Figura A1 – Referência de bomba para o Cenário 1 (Emergencial).....	41
Figura A2 – Referência de tubo camisa para a bomba no Cenário 1 (Emergencial).....	42
Figura A3 – Referência de bomba para o Cenário 2 (Definitivo).....	50
Figura A4 – Referência de tubo camisa para a bomba no Cenário 2 (Definitivo).....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características da AAT Cidade Nova da Serra no Cenário 1.	12
Tabela 2 – Características dos conjuntos motobomba utilizados no dimensionamento do <i>booster</i> Cidade Nova da Serra no Cenário 1.	12
Tabela 3 – Características da AAT Cidade Nova da Serra no Cenário 2.	16
Tabela 4 – Características dos conjuntos motobomba utilizados no dimensionamento do <i>booster</i> Cidade Nova da Serra no Cenário 2.	17

MEMORIAL DESCRITIVO E DE CÁLCULO

1 INTRODUÇÃO

A localidade de Cidade Nova da Serra, localizada no município de Serra, vem sofrendo com falta de abastecimento de água devido à severa estiagem na região, que culminou com a seca do córrego Chapada Grande. Este manancial era responsável por abastecer a Estação de Tratamento de Água de Cidade Nova da Serra, que se encontra desativada.

Diante da incapacidade do manancial a CESAN estabeleceu que a localidade de Cidade Nova da Serra fosse abastecida então pelo sistema produtor de Timbuí, distrito de Fundão.

Foi então desenvolvido um estudo de análise operacional para a região, apresentado no Volume I, onde foram avaliadas as possibilidades de abastecimento do bairro Cidade Nova da Serra pelo sistema produtor de água de Timbuí. Este estudo, registrado sob nº C-034-002-00-5-RT-0001, estabeleceu dois cenários para a adequação do sistema de abastecimento de água de Cidade Nova da Serra, nomeadamente Cenário 1 e Cenário 2.

O Cenário 1 corresponde a um cenário emergencial, no qual se considerou as unidades essenciais para o satisfatório funcionamento do sistema. O intuito deste cenário é viabilizar a implantação do projeto da forma mais rápida possível, visando resolver o desabastecimento da região. Assim sendo, este cenário foi desenvolvido com base na demanda atual da região.

O Cenário 2 corresponde a um cenário definitivo. Seguindo a mesma concepção do cenário emergencial ele prevê o complemento ou ampliação de unidades e a substituição de equipamentos de forma a atender a uma demanda futura.

O presente trabalho visa dar continuidade ao projeto de adequação do sistema de abastecimento de água de Cidade Nova da Serra, apresentando o dimensionamento das unidades do sistema previstas para os dois cenários.

2 CONCEPÇÃO DO SISTEMA

2.1 Considerações gerais

O Cenário 1, tido como emergencial, foi dimensionado para a demanda atual, requerendo uma vazão máxima horária de 1,4 l/s.

Este cenário utiliza parte da adutora existente DN75 que sai da ETA Timbuí e segue até o bairro Santiago da Serra, localizado às margens da BR-101 no município de Serra, e a partir daí projeta uma adutora até Cidade Nova da Serra. O aproveitamento de parte desta adutora existente elimina a necessidade da construção das travessias na rodovia BR-101 e no Ribeirão Sauanha.

Verificou-se também, a necessidade de implantação de um *booster* para dar as condições de carga hidráulica necessárias para abastecer o RAT R1 de Cidade Nova da Serra.

O Cenário 2, considerado como definitivo, utiliza a demanda de final de plano, requerendo uma vazão máxima horária de 5,0 l/s.

Neste cenário propõe-se uma adutora projetada desde a ETA Timbuí até Santiago da Serra, uma vez que o incremento de vazão passa a ser muito condicionante ao sistema provocando perdas de carga inaceitáveis à rede DN75.

Nesta alternativa será preciso também aumentar a capacidade do *booster* Cidade Nova da Serra, em relação ao cenário emergencial.

A Figura 1 apresenta um croqui com a localização das principais unidades projetadas nos dois cenários, emergencial e definitivo.



Figura 1 – Proposições do caminhamento da adutora nos dois cenários.

2.2 Cenário 1 (Emergencial)

2.2.1 Descrição do cenário

Este cenário tem como objetivo estabelecer uma condição que propicie a execução das obras necessárias ao atendimento de Cidade Nova da Serra com água potável, da forma mais urgente possível. A Figura 2 apresenta o esquema da proposição deste cenário.

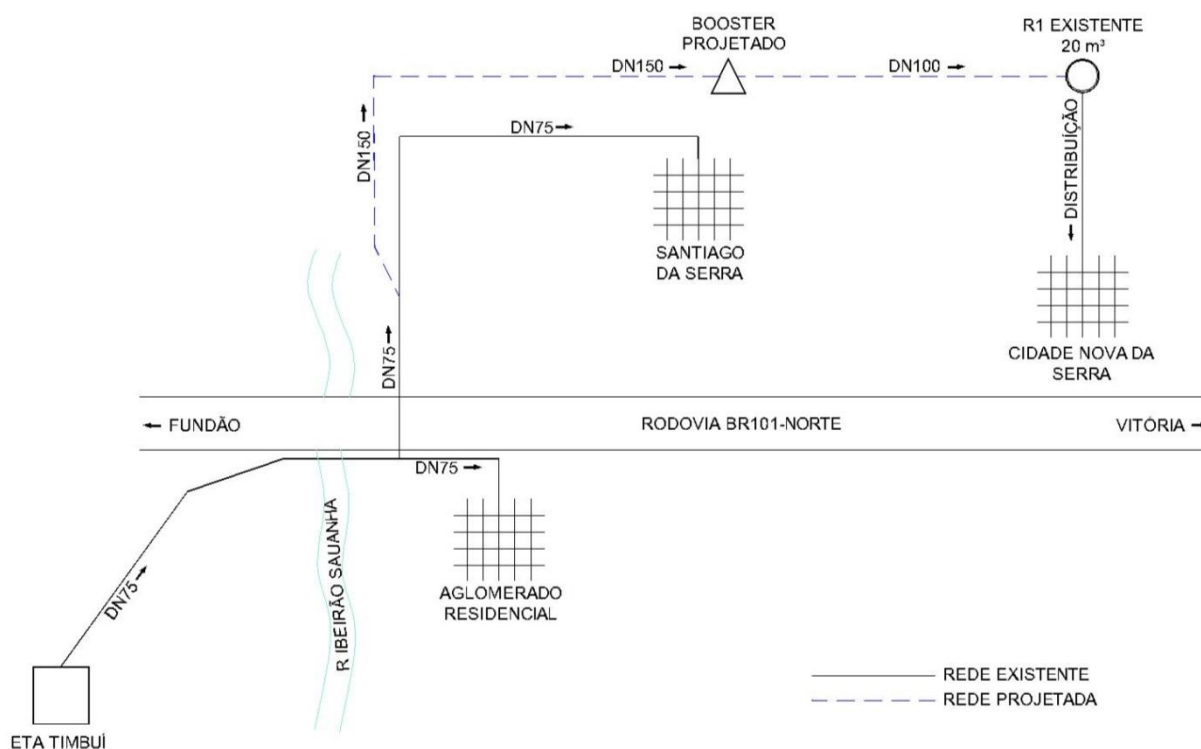


Figura 2 – Esquema geral em planta da proposição do Cenário 1 - Emergencial.

2.2.2 AAT Cidade Nova da Serra

Neste cenário utiliza-se um trecho da linha existente DN75 que atualmente abastece Santiago da Serra. Este trecho estende-se da ETA Timbuí até o ponto mais baixo após a travessia da BR-101. A partir deste ponto a adutora projetada que segue até a Praça de Santiago da Serra, onde ficará o *booster* projetado.

Do *booster* projetado até o reservatório elevado R1 de Cidade Nova da Serra, cerca de 3.203 m, a adutora de recalque segue em DN100. Apesar do cenário emergencial o dimensionamento desta adutora já prevê a demanda futura de 5,0 l/s, uma vez que não se justifica a construção de uma adutora tão extensa apenas para uma demanda atual.

As características principais da AAT Cidade Nova da Serra estão apresentadas na Tabela 1 e seu dimensionamento no Anexo 01.

Tabela 1 – Características da AAT Cidade Nova da Serra no Cenário 1.

Identificação do trecho	Extensão (m)	Diâmetro (mm)	Material
Partindo da interligação com adutora existente DN75 até o booster projetado em Santiago da Serra	347	150	DEF ^o F ^o
Do booster projetado até o RAT R1 em Cidade Nova da Serra	3.203	100	PVC-O

2.2.3 Booster Cidade Nova da Serra

O *booster* projetado, denominado Cidade Nova da Serra, será implantado na Praça de Santiago da Serra, no município de Serra. A Tabela 2 apresenta um resumo das características principais do conjunto motobomba utilizado no dimensionamento do mesmo, cuja memória de cálculo e demais especificações encontram-se apresentadas no Anexo 03.

Tabela 2 – Características dos conjuntos motobomba utilizados no dimensionamento do *booster* Cidade Nova da Serra no Cenário 1.

Vazão bomba (l/s)	2,09
Altura manométrica (m)	13,00
Potência do motor (cv)	0,75
Rotação (rpm)	3.450
Eficiência mínima do motor (%)	91
Eficiência mínima da bomba (%)	57,47
Marca	Leão
Modelo	4R6-03
Diâmetro do rotor (mm)	69,35
Número de conjuntos	1+1

Pondera-se que os dados de marca, modelo e rotor são apenas indicativos da curva utilizada no modelo matemático para simulação do sistema e não corresponde a uma indicação de preferência. A bomba deve atender as especificações de vazão, altura manométrica e eficiência mínima. Vale ressaltar que o conjunto motobomba, deverá ser fornecido juntamente com o tubo camisa específico para o modelo da bomba, respeitando as condições de sucção e de recalque conforme projeto.

2.2.4 RAT R1

O sistema de distribuição de água de Cidade Nova da Serra atualmente está dividido em dois setores. O Setor 1, que é abastecido pelo reservatório R1 com $NA_{m\acute{a}x}$ na cota 95,50 m, e o Setor 2, abastecido pelo reservatório R2 com $NA_{m\acute{a}x}$ na cota 88,05 m, cerca de 7 metros abaixo de R1. Ambos os reservatórios são em fibra de vidro, possuem capacidade de 20 m³, com 3,0 m de altura útil, estando instalados sobre base de concreto armado.

No cenário emergencial é possível abastecer toda a área de Cidade Nova da Serra (setores 1 e 2) somente através do reservatório R1, o que facilita a operação imediata do sistema, e o reservatório R2 será desativado. A Figura 3 apresenta a variação do nível da reserva no reservatório R1 (20 m^3).

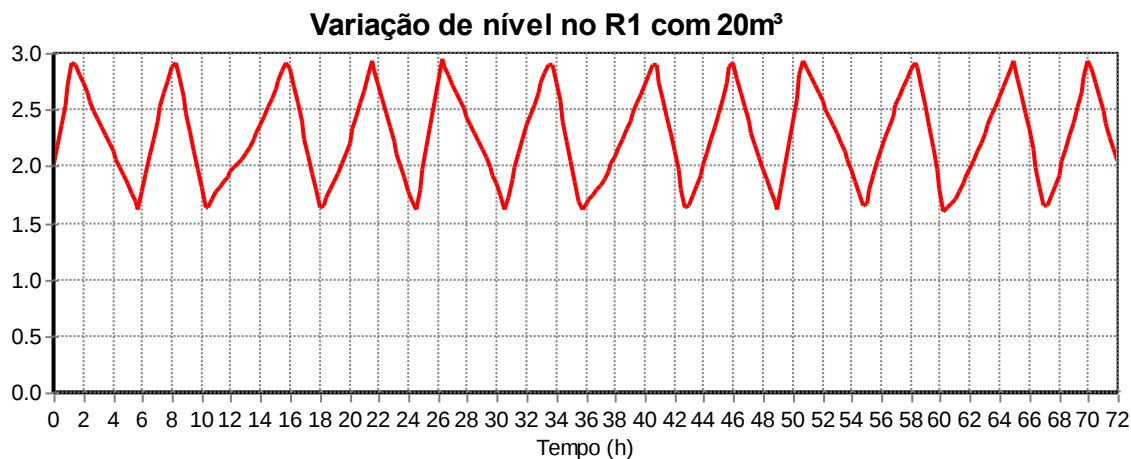


Figura 3 – Variação de nível no reservatório R1 com 20 m^3 - Cenário 1.

Verifica-se através do gráfico da Figura 3 que o reservatório apresenta 4 ciclos de enchimento diário, impondo esta frequência ao funcionamento do conjunto motobomba.

Segue apresentado na Figura 4 o gráfico das vazões de entrada e de saída no reservatório R1 (20 m^3).

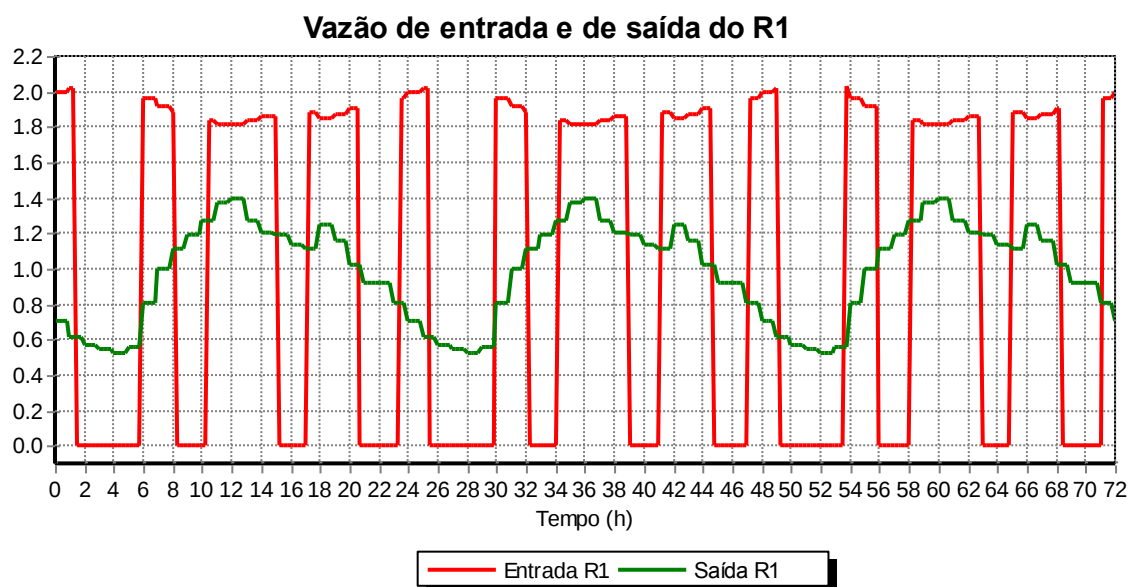


Figura 4 – Vazões de entrada e de saída do reservatório R1 no Cenário 1.

2.2.5 Rede de distribuição

Para o abastecimento imediato de Cidade Nova da Serra, optou-se em utilizar somente o RAT R1 para a reservação e distribuição de água para população, portanto o sistema que anteriormente era dividido em dois setores precisará ser unificado.

Para isso faz-se necessário a execução de duas intervenções no sistema de distribuição para promover a interligação dos dois setores de distribuição. Aproveitando-se inclusive, as linhas de recalque existentes dos dois reservatórios que perderão a função atual.

A intervenção 01 está localizada no cruzamento da Rua Porto Alegre com a Rua Fernando de Noronha, já a intervenção 02 será em frente ao RAT R2, que será desativado, na Rua Juscelino Kubitscheck de Oliveira, próximo à esquina com a Rua Alegre, conforme pode ser visto na figura Figura 5 a seguir.



Figura 5 – intervenções em rede.

2.3 Cenário 2 (Definitivo)

2.3.1 Descrição do cenário

Este cenário completa a solução definitiva para o abastecimento de Cidade Nova da Serra, considerando o alcance de projeto de 20 anos, proposto no projeto elaborado pelo Pró-Rural Saneamento Ambiental para Comunidades Rurais da CESAN, no ano 2012. A vazão média de final de plano de Santiago da Serra é de 1,33 l/s e a vazão média de Cidade Nova da Serra de 3,50 l/s. A Figura 6 apresenta o esquema da proposição deste cenário.

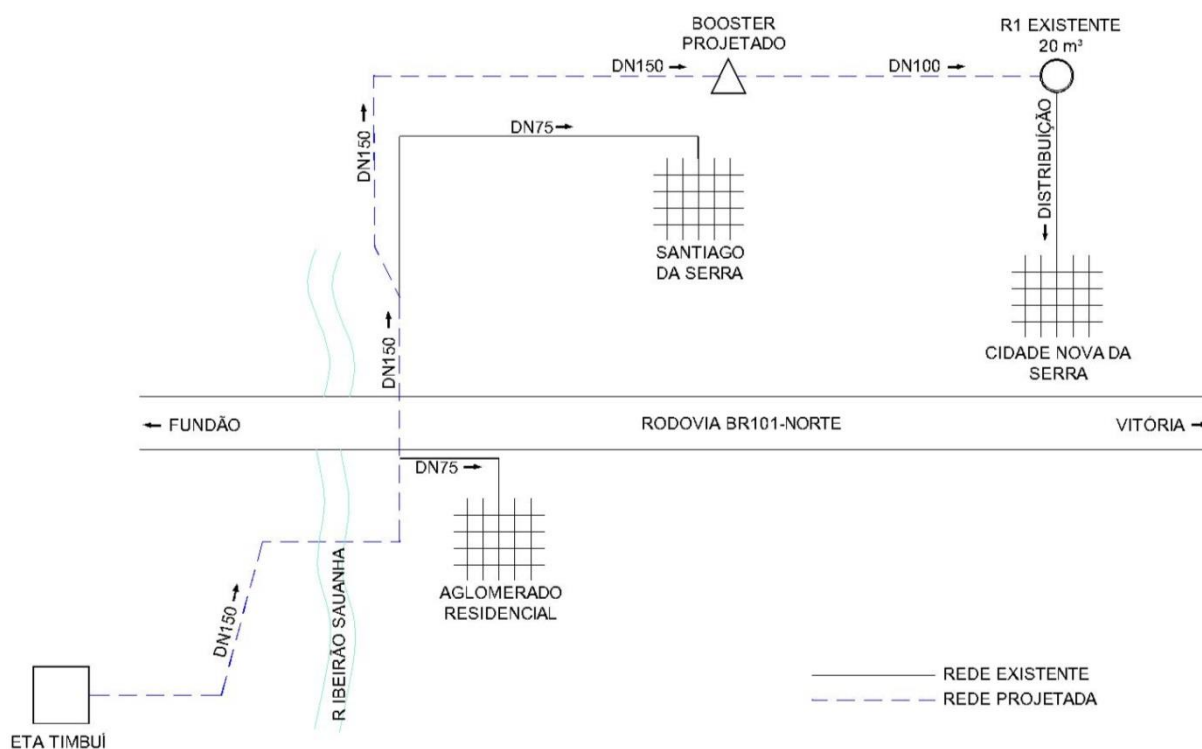


Figura 6 – Esquema geral em planta da proposição do Cenário 2 (Definitivo).

2.3.2 AAT Cidade Nova da Serra

Em relação ao cenário emergencial considera-se um complemento da adutora projetada DN150, desde a ETA Timbuí até o ponto de interligação com a tubulação existente DN75, onde se iniciou a adutora projetada no Cenário 1 (ponto mais baixo após a travessia da BR-101). Isso possibilita a desativação da linha existente DN75 compreendida neste trecho. O trecho projetado DN150 conta com aproximadamente 880 m e necessita de duas travessias, uma no ribeirão Sauanha e outra na BR-101 e não segue o mesmo traçado da DN75 existente.

As características principais da AAT Cidade Nova da Serra estão apresentadas na Tabela 1 e seu dimensionamento no Anexo 01.

Tabela 3 – Características da AAT Cidade Nova da Serra no Cenário 2.

Identificação do trecho	Extensão (m)	Diâmetro (mm)	Material
Partindo da ETA Timbuí até a interligação com adutora existente DN75 em Santiago da Serra	880	150	DEF ^o F ^o

Próximo à travessia da BR-101 existe um pequeno aglomerado de casas que é abastecido hoje pela adutora DN75 de Santiago da Serra. Esta ligação deve ser mantida a partir da adutora projetada DN150, quando da desativação da linha DN75 (Figura 7).



Figura 7 – Derivação existente para aglomerado residencial próximo à travessia da BR101.

Neste cenário a adutora DN150 precisa ser interligada a rede DN75 para manter o abastecimento de Santiago da Serra. A interligação foi proposta no mesmo ponto do cenário emergencial, ou seja, no ponto baixo logo após a travessia da BR-101.

2.3.3 *Booster Cidade Nova da Serra*

Para a demanda de final de plano, utilizada neste cenário, será preciso aumentar a capacidade do *booster* Cidade Nova da Serra em relação ao cenário emergencial. A Tabela 4 apresenta um resumo das características principais dos conjuntos motobomba utilizado no dimensionamento do *booster* para o Cenário 2, cuja memória de cálculo e demais especificações encontram-se apresentadas no Anexo 04.

Tabela 4 – Características dos conjuntos motobomba utilizados no dimensionamento do *booster* Cidade Nova da Serra no Cenário 2.

Vazão bomba (l/s)	4,45
Altura manométrica (m)	22,50
Potência do motor (cv)	2
Rotação (rpm)	3.450
Eficiência mínima do motor (%)	91
Eficiência mínima da bomba (%)	75,30
Marca	Leão
Modelo	R20A-02
Diâmetro do rotor (mm)	98,20
Número de conjuntos	1+1

Pondera-se que os dados de marca, modelo e rotor são apenas indicativos da curva utilizada no modelo matemático para simulação do sistema e não corresponde a uma indicação de preferência. A bomba deve atender as especificações de vazão, altura manométrica e eficiência mínima. Vale ressaltar que o conjunto motobomba, deverá ser

fornecido juntamente com o tubo camisa específico para o modelo da bomba, respeitando as condições de sucção e de recalque conforme projeto.

2.3.4 RAT R1

O consumo máximo diário previsto para Cidade Nova da Serra, segundo o memorial descritivo elaborado pelo Pró-Rural, é de 234 m³. Considerando uma reserva de 1/3 do consumo diário, será preciso um volume de reserva de 80 m³ para final de plano. Sabe-se que existem 4 (quatro) reservatórios de 20 m³ já instalados na área de Cidade Nova da Serra, dois deles estão na ETA e os dois outros nas respectivas áreas de reserva (R1 e R2). Será necessário então que seja executada uma nova base na área do reservatório R1, mantendo o nível atual desta unidade, para assentar as outras três unidades de reserva necessárias, ou qualquer outra opção que complete o volume demandado.

Considerando o R1 com a reserva necessária de 80 m³, a variação do nível ficará conforme Figura 8.

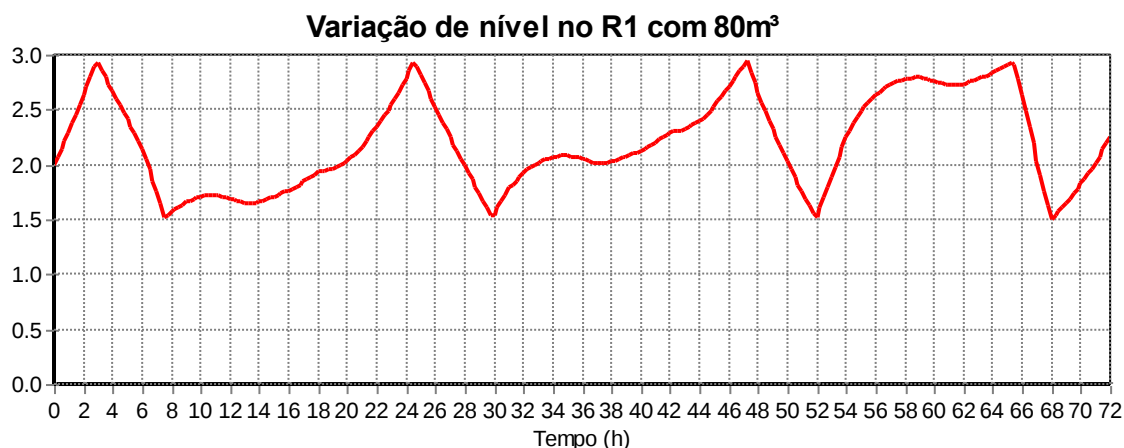


Figura 8 – Variação de nível no reservatório R1 com 80 m³ no Cenário 2.

Salienta-se que os reservatórios deverão ser interligados de forma a operar como uma única unidade. O gráfico da vazão de entrada e de saída do reservatório é mostrado na Figura 9.

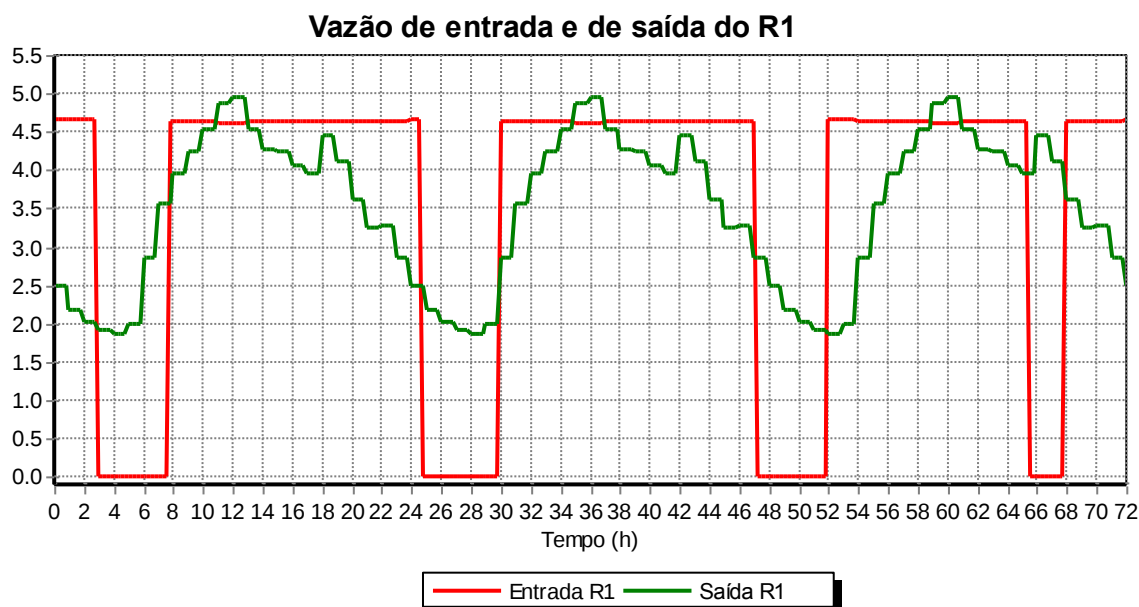


Figura 9 – Vazões de entrada e de saída do reservatório R1 no Cenário 2.

2.3.5 Rede de distribuição

Considerando que a distribuição de água em Cidade Nova da Serra é realizada em dois setores distintos, a integração dos mesmos deve ser promovida, conforme informado no Cenário 1. Salienta-se que com a implantação do cenário emergencial, esta adequação já estará resolvida e não haverá necessidade de nenhuma intervenção na rede de distribuição, quando da implantação do Cenário 2.

ANEXOS

ANEXO 01 – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA AAT CIDADE NOVA DA SERRA

Segue a planilha de dimensionamento da AAT Cidade Nova da Serra com trechos indicados para o Cenário 1 (Emergencial) e para o Cenário 2 (Definitivo).

Perfil da adutora														
Estaca		Cota Terreno (m)		Geratriz Inferior (m)		Profundidade (m)		Distância (m)		Decliv. (%)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Pavimento	Obs.
Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Trecho	Acum.					
00+00.00	01+01.35	91.58	91.06	90.92	89.95	0.66	1.11	21.35	21.35	-4.54	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 2
01+01.35	02+04.17	91.06	86.46	89.95	85.13	1.11	1.33	22.82	44.17	-21.10	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 2
02+04.17	03+19.22	86.46	80.90	85.13	79.70	1.33	1.21	35.05	79.22	-15.51	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 2
03+19.22	05+04.43	80.90	78.14	79.70	77.09	1.21	1.05	25.21	104.43	-10.35	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 2
05+04.43	07+11.65	78.14	69.67	77.09	68.62	1.05	1.05	47.22	151.65	-17.94	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 2
07+11.65	13+00.00	69.67	50.27	68.62	48.95	1.05	1.32	108.35	260.00	-18.15	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 2
13+00.00	14+16.02	50.27	44.24	48.95	42.77	1.32	1.47	36.02	296.02	-17.15	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 2
14+16.02	17+08.37	44.24	41.23	42.77	40.19	1.47	1.04	52.35	348.37	-4.93	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 2
17+08.37	19+17.71	41.23	38.53	40.19	36.97	1.04	1.56	49.34	397.71	-6.53	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 2
19+17.71	20+19.59	38.53	37.45	36.97	36.42	1.56	1.03	21.88	419.59	-2.50	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 2
20+19.59	21+02.61	37.45	36.72	36.42	38.01	1.03	-1.28	3.02	422.61	52.48	150	6.5	AÉREO	CENÁRIO 2
21+02.61	22+11.76	36.72	33.82	38.01	37.88	-1.28	-4.07	29.15	451.76	-0.42	150	6.5	AÉREO	CENÁRIO 2
22+11.76	22+17.38	33.82	35.40	37.88	34.05	-4.07	1.35	5.62	457.38	-68.24	150	6.5	AÉREO	CENÁRIO 2
22+17.38	27+11.76	35.40	34.54	34.05	33.43	1.35	1.11	94.38	551.76	-0.65	150	6.5	AÉREO	CENÁRIO 2
27+11.76	32+13.10	34.54	36.87	33.43	34.92	1.11	1.95	101.34	653.10	1.47	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 2
32+13.10	35+09.97	36.87	36.21	34.92	35.08	1.95	1.13	56.87	709.97	0.28	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 2
35+09.97	37+04.22	36.21	37.38	35.08	36.03	1.13	1.35	34.25	744.22	2.76	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 2

Perfil da adutora

Estaca		Cota Terreno (m)		Geratriz Inferior (m)		Profundidade (m)		Distância (m)		Decliv. (%)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Pavimento	Obs.
Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Trecho	Acum.					
37+04.22	38+10.92	37.38	40.83	36.03	39.78	1.35	1.05	26.70	770.92	14.06	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 2
38+10.92	38+18.69	40.83	36.77	39.78	39.75	1.05	-2.98	7.77	778.69	-0.44	150	6.5	AÉREO	CENÁRIO 2
38+18.69	38+19.85	36.77	35.90	39.75	38.39	-2.98	-2.49	1.16	779.85	-116.72	150	6.5	AÉREO	CENÁRIO 2
38+19.85	39+04.63	35.90	35.23	38.39	38.37	-2.49	-3.14	4.78	784.63	-0.42	150	6.5	AÉREO	CENÁRIO 2
39+04.63	39+07.97	35.23	35.77	38.37	39.98	-3.14	-4.21	3.34	787.97	48.08	150	6.5	AÉREO	CENÁRIO 2
39+07.97	39+10.37	35.77	41.17	39.98	40.12	-4.21	1.05	2.40	790.37	5.79	150	6.5	AÉREO	CENÁRIO 2
39+10.37	41+05.56	41.17	37.28	40.12	36.03	1.05	1.26	35.19	825.56	-11.62	150	6.5	AÉREO	CENÁRIO 2
41+05.56	42+09.08	37.28	35.89	36.03	34.71	1.26	1.18	23.52	849.08	-5.59	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 2
42+09.08	44+00.00	35.89	36.68	34.71	35.34	1.18	1.34	30.92	880.00	2.02	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 2
44+00.00	45+09.26	36.68	39.40	35.34	38.06	1.34	1.33	29.26	909.26	9.31	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 2
45+09.26	48+04.20	39.40	47.98	38.06	46.93	1.33	1.05	54.94	964.20	16.14	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
48+04.20	50+05.28	47.98	53.19	46.93	52.18	1.05	1.02	41.08	1 005.28	12.76	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
50+05.28	52+12.54	53.19	57.55	52.18	56.44	1.02	1.11	47.26	1 052.54	9.02	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
52+12.54	55+10.86	57.55	61.21	56.44	60.11	1.11	1.10	58.32	1 110.86	6.30	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
55+10.86	57+19.12	61.21	62.33	60.11	61.28	1.10	1.05	48.26	1 159.12	2.42	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
57+19.12	59+19.34	62.33	61.43	61.28	60.32	1.05	1.12	40.22	1 199.34	-2.40	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
59+19.34	61+07.00	61.43	61.28	60.32	60.14	1.12	1.14	27.66	1 227.00	-0.63	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
61+07.00	61+14.75	61.28	61.33	60.14	60.07	1.14	1.26	7.75	1 234.75	-0.95	150	6.5	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
61+14.75	63+10.45	61.33	62.37	60.07	61.21	1.26	1.17	35.70	1 270.45	3.19	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
63+10.45	64+14.77	62.37	63.85	61.21	62.74	1.17	1.11	24.32	1 294.77	6.29	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
64+14.77	67+11.82	63.85	68.56	62.74	67.44	1.11	1.12	57.05	1 351.82	8.24	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
67+11.82	68+18.80	68.56	71.82	67.44	70.64	1.12	1.18	26.98	1 378.80	11.86	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1

Perfil da adutora

Estaca		Cota Terreno (m)		Geratriz Inferior (m)		Profundidade (m)		Distância (m)		Decliv. (%)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Pavimento	Obs.
Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Trecho	Acum.					
68+18.80	70+04.05	71.82	74.27	70.64	73.22	1.18	1.05	25.25	1 404.05	10.25	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
70+04.05	71+02.04	74.27	75.00	73.22	73.95	1.05	1.05	17.99	1 422.04	4.04	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
71+02.04	73+09.00	75.00	73.84	73.95	72.69	1.05	1.15	46.96	1 469.00	-2.68	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
73+09.00	75+08.75	73.84	73.08	72.69	71.69	1.15	1.39	39.75	1 508.75	-2.52	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
75+08.75	78+15.05	73.08	76.12	71.69	74.70	1.39	1.42	66.30	1 575.05	4.54	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
78+15.05	82+17.00	76.12	81.65	74.70	80.59	1.42	1.06	81.95	1 657.00	7.19	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
82+17.00	84+04.88	81.65	82.78	80.59	81.73	1.06	1.05	27.88	1 684.88	4.09	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
84+04.88	86+01.86	82.78	83.18	81.73	82.15	1.05	1.04	36.98	1 721.86	1.13	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
86+01.86	87+11.09	83.18	81.14	82.15	80.08	1.04	1.06	29.23	1 751.09	-7.07	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
87+11.09	90+08.13	81.14	73.70	80.08	72.62	1.06	1.08	57.04	1 808.13	-13.08	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
90+08.13	91+04.53	73.70	72.48	72.62	71.34	1.08	1.14	16.40	1 824.53	-7.81	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
91+04.53	92+04.39	72.48	72.57	71.34	71.22	1.14	1.34	19.86	1 844.39	-0.58	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
92+04.39	94+14.40	72.57	78.21	71.22	77.13	1.34	1.09	50.01	1 894.40	11.80	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
94+14.40	96+15.19	78.21	80.68	77.13	79.61	1.09	1.07	40.79	1 935.19	6.09	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
96+15.19	99+06.76	80.68	81.32	79.61	80.25	1.07	1.07	51.57	1 986.76	1.24	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
99+06.76	102+01.13	81.32	76.15	80.25	74.99	1.07	1.16	54.37	2 041.13	-9.67	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
102+01.13	104+01.88	76.15	73.78	74.99	72.61	1.16	1.18	40.75	2 081.88	-5.85	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
104+01.88	105+16.75	73.78	72.57	72.61	71.44	1.18	1.13	34.87	2 116.75	-3.33	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
105+16.75	109+14.54	72.57	71.34	71.44	69.99	1.13	1.35	77.79	2 194.54	-1.87	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
109+14.54	113+10.29	71.34	72.25	69.99	70.89	1.35	1.36	75.75	2 270.29	1.19	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
113+10.29	120+12.78	72.25	76.27	70.89	74.97	1.36	1.30	142.49	2 412.78	2.86	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
120+12.78	125+02.06	76.27	81.32	74.97	80.14	1.30	1.19	89.28	2 502.06	5.79	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1

Perfil da adutora

Estaca		Cota Terreno (m)		Geratriz Inferior (m)		Profundidade (m)		Distância (m)		Decliv. (%)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Pavimento	Obs.
Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Trecho	Acum.					
125+02.06	127+11.39	81.32	82.58	80.14	81.40	1.19	1.18	49.33	2 551.39	2.56	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
127+11.39	128+13.46	82.58	83.88	81.40	82.81	1.18	1.07	22.07	2 573.46	6.38	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
128+13.46	130+14.87	83.88	82.44	82.81	81.38	1.07	1.06	41.41	2 614.87	-3.45	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
130+14.87	133+09.95	82.44	77.61	81.38	76.38	1.06	1.22	55.08	2 669.95	-9.07	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
133+09.95	136+04.52	77.61	72.41	76.38	71.20	1.22	1.21	54.57	2 724.52	-9.50	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
136+04.52	138+13.98	72.41	69.69	71.20	68.27	1.21	1.42	49.46	2 773.98	-5.92	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
138+13.98	141+19.19	69.69	73.62	68.27	72.41	1.42	1.20	65.21	2 839.19	6.35	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
141+19.19	144+15.00	73.62	76.60	72.41	75.30	1.20	1.30	55.81	2 895.00	5.17	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
144+15.00	146+03.17	76.60	79.25	75.30	78.13	1.30	1.12	28.17	2 923.17	10.05	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
146+03.17	147+11.37	79.25	81.89	78.13	80.63	1.12	1.26	28.20	2 951.37	8.85	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
147+11.37	149+00.51	81.89	84.42	80.63	83.37	1.26	1.06	29.14	2 980.51	9.39	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
149+00.51	150+18.73	84.42	86.37	83.37	85.14	1.06	1.23	38.22	3 018.73	4.63	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
150+18.73	152+14.84	86.37	86.77	85.14	85.72	1.23	1.05	36.11	3 054.84	1.61	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
152+14.84	155+05.19	86.77	85.46	85.72	84.40	1.05	1.06	50.35	3 105.19	-2.62	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
155+05.19	157+01.41	85.46	82.42	84.40	81.16	1.06	1.26	36.22	3 141.41	-8.94	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
157+01.41	157+03.19	82.42	80.59	81.16	79.33	1.26	1.26	1.78	3 143.19	-103.03	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
157+03.19	158+14.98	80.59	78.44	79.33	77.33	1.26	1.11	31.79	3 174.98	-6.30	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
158+14.98	160+04.40	78.44	64.17	77.33	62.76	1.11	1.40	29.42	3 204.40	-49.50	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
160+04.40	160+14.19	64.17	62.20	62.76	60.84	1.40	1.37	9.79	3 214.19	-19.66	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
160+14.19	161+11.15	62.20	60.95	60.84	59.73	1.37	1.23	16.96	3 231.15	-6.54	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
161+11.15	162+07.57	60.95	61.99	59.73	60.75	1.23	1.24	16.42	3 247.57	6.22	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
162+07.57	164+08.65	61.99	70.18	60.75	68.87	1.24	1.31	41.08	3 288.65	19.78	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1

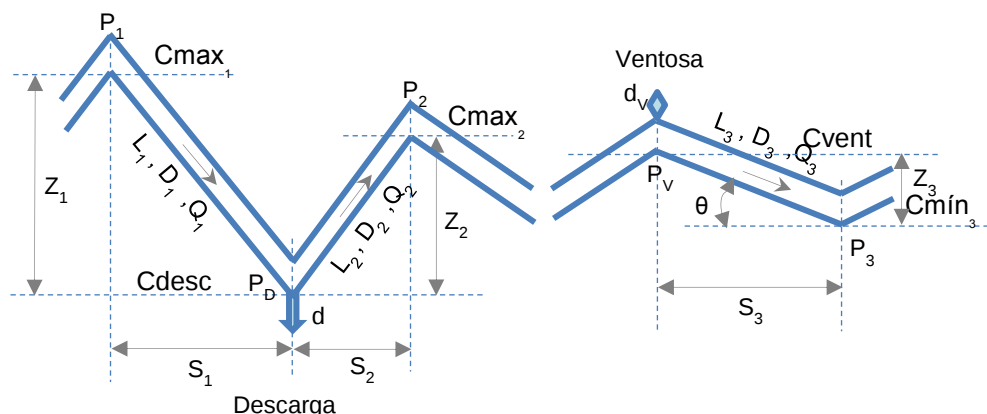
Perfil da adutora

Estaca		Cota Terreno (m)		Geratriz Inferior (m)		Profundidade (m)		Distância (m)		Decliv. (%)	Diâmetro (mm)	Vazão (l/s)	Pavimento	Obs.
Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Trecho	Acum.					
164+08.65	167+05.28	70.18	82.96	68.87	81.60	1.31	1.36	56.63	3 345.28	22.47	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
167+05.28	171+05.28	82.96	83.96	81.60	82.91	1.36	1.05	80.00	3 425.28	1.64	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
171+05.28	174+05.28	83.96	83.56	82.91	82.50	1.05	1.06	60.00	3 485.28	-0.67	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
174+05.28	176+05.28	83.56	82.50	82.50	81.46	1.06	1.04	40.00	3 525.28	-2.62	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
176+05.28	178+05.28	82.50	80.22	81.46	79.17	1.04	1.05	40.00	3 565.28	-5.71	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
178+05.28	180+05.28	80.22	75.83	79.17	74.78	1.05	1.05	40.00	3 605.28	-10.99	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
180+05.28	183+12.13	75.83	63.27	74.78	61.80	1.05	1.47	66.85	3 672.13	-19.41	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
183+12.13	185+11.18	63.27	61.19	61.80	59.76	1.47	1.43	39.05	3 711.18	-5.25	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
185+11.18	187+09.19	61.19	62.49	59.76	60.75	1.43	1.73	38.01	3 749.19	2.63	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
187+09.19	190+17.68	62.49	72.64	60.75	71.59	1.73	1.05	68.49	3 817.68	15.82	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
190+17.68	194+01.83	72.64	70.54	71.59	69.49	1.05	1.05	64.15	3 881.83	-3.28	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
194+01.83	196+17.89	70.54	67.65	69.49	66.60	1.05	1.05	56.06	3 937.89	-5.16	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
196+17.89	198+14.04	67.65	63.51	66.60	62.45	1.05	1.06	36.15	3 974.04	-11.47	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
198+14.04	200+13.99	63.51	55.94	62.45	54.53	1.06	1.41	39.95	4 013.99	-19.83	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
200+13.99	202+10.46	55.94	54.86	54.53	53.50	1.41	1.36	36.47	4 050.46	-2.81	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
202+10.46	203+14.62	54.86	56.34	53.50	54.94	1.36	1.39	24.16	4 074.62	5.97	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
203+14.62	207+05.28	56.34	69.71	54.94	68.66	1.39	1.05	70.66	4 145.28	19.41	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
207+05.28	210+07.92	69.71	76.67	68.66	75.62	1.05	1.05	62.64	4 207.92	11.11	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
210+07.92	215+05.28	76.67	79.81	75.62	78.76	1.05	1.05	97.36	4 305.28	3.23	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1
215+05.28	221+10.00	79.81	83.17	78.76	82.12	1.05	1.05	124.72	4 430.00	2.70	100	4.7	TERRENO NATURAL	CENÁRIO 1

ANEXO 02 – DIMENSIONAMENTO DAS DESCARGAS E VENTOSAS

Segue a memória de cálculo do dimensionamento das descargas e ventosas da AAT Cidade Nova da Serra.

1. Geometria dos Trechos



onde:

- P_D = Ponto da descarga a ser calculada (mm)
- P_V = Ponto da ventosa a ser calculada (mm)
- P_1 = Ponto mais alto à montante da descarga (mm)
- P_2 = Ponto mais alto à jusante da descarga (mm)
- P_3 = Ponto mais baixo à jusante da ventosa (mm)
- D_1 = Diâmetro da adutora à montante da descarga (mm)
- D_2 = Diâmetro da adutora à jusante da descarga (mm)
- D_3 = Diâmetro da adutora à jusante da ventosa (mm)
- d = Diâmetro da descarga (mm)
- d_v = Diâmetro da ventosa (mm)
- C_{desc} = Cota da GI da adutora no ponto de descarga (m)
- C_{max_1} = Cota máxima da GI da adutora à montante da descarga (m)
- C_{max_2} = Cota máxima da GI da adutora à jusante da descarga (m)
- C_{vent} = Cota da GI da adutora no ponto da ventosa (m)
- $C_{mín_3}$ = Cota mínima da GI da adutora à jusante da ventosa, (m)
- S_1 = Distância horizontal entre a descarga e o ponto alto à montante (m)
- S_2 = Distância horizontal entre a descarga e o ponto alto à jusante (m)
- S_3 = Distância horizontal entre a ventosa e o ponto baixo à jusante (m)
- Z_1 = Distância vertical entre a descarga e o ponto alto à montante (m)
- Z_2 = Distância vertical entre a descarga e o ponto alto à jusante (m)
- Z_3 = Distância vertical entre a ventosa e o ponto baixo à jusante (m)
- D_1 = Diâmetro da adutora à montante da descarga (m)
- D_2 = Diâmetro da adutora à jusante da descarga (m)

D_3 = Diâmetro da adutora à jusante da ventosa (m)
 L_1 = Comprimento do trecho à montante da descarga (m)
 L_2 = Comprimento do trecho à jusante da descarga (m)
 L_D = Comprimento a ser descarregado (m)
 L_3 = Comprimento do trecho à jusante da ventosa (m)
 Q_1 = Vazão na adutora à montante da descarga (l/s)
 Q_2 = Vazão na adutora à jusante da descarga (l/s)
 Q_3 = Vazão na adutora à jusante da ventosa (l/s)

As alturas máximas de cada trecho, assim como a altura média de descarga é dada pelas equações 1 a 4:

$$Z_1 = C_{\text{máx}_1} - C_{\text{desc}} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$Z_2 = C_{\text{máx}_2} - C_{\text{desc}} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$Z_3 = C_{\text{vent}} - C_{\text{mín}_3} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$Z_m = \frac{Z_1 + Z_2}{2} \quad (\text{Eq. 4})$$

O comprimento dos trechos é calculado pelas equações 5 a 8:

$$L_1 = \sqrt{S_1^2 + Z_1^2} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$L_2 = \sqrt{S_2^2 + Z_2^2} \quad (\text{Eq. 6})$$

$$L_3 = \sqrt{S_3^2 + Z_3^2} \quad (\text{Eq. 7})$$

$$L_D = L_1 + L_2 \quad (\text{Eq. 8})$$

2. Dimensionamento da Descarga

O diâmetro da descarga pode ser dado pela equação abaixo:

$$\frac{D}{d} = 65 \sqrt{\frac{T}{60} \frac{\sqrt{Z_m}}{L_D}} \quad (\text{Eq. 9})$$

onde:

T = Tempo efetivo de descarga (min)

Arbitra-se um tempo máximo de descarga com base nas condições de descarga que se pretende e verifica-se a velocidade na tubulação.

As velocidades máxima, mínima, e média são dadas pelas equações seguintes:

$$V_{\text{máx}} = 2.50 \sqrt{Z_{\text{máx}}} \left(\frac{d}{D} \right)^2 \quad (\text{Eq. 10})$$

$$V_{\text{mín}} = 1.25 \sqrt{Z_{\text{mín}}} \left(\frac{d}{D} \right)^2 \quad (\text{Eq. 11})$$

$$V_{\text{méd}} = \frac{(V_{\text{máx}} + V_{\text{mín}})}{2} \quad (\text{Eq. 12})$$

onde:

$Z_{\text{máx}}$ = Altura máxima entre Z1 e Z2 (m)

$Z_{\text{mín}}$ = Altura mínima entre Z1 e Z2 (m)

A velocidade média de descarga deve ser superior a 0.35 m/s, atendendo às condições de arraste.

2. Dimensionamento da Ventosa

Inicialmente determina-se os pontos altos da adutora que necessitam de ventosa. As ventosas devem ser utilizadas quando a velocidade no trecho à jusante do ponto alto apresentar velocidade inferior a velocidade crítica ou sempre que a declividade desse trecho for superior a 30°.

As velocidades crítica e de operação podem ser calculadas com base nas equações 13 a 15:

$$V_3 = \frac{Q_3}{A_3} \quad (\text{Eq. 13})$$

$$A_3 = \frac{\pi \times D_3^2}{4} \quad (\text{Eq. 14})$$

$$V_C = (3\sqrt{\sin \theta} - 2.1 \sin \theta) \sqrt{g \times D_3} \quad (\text{Eq. 15})$$

onde:

A_3 = Seção da adutora à jusante da ventosa (m²)

V_3 = Velocidade na adutora à jusante da ventosa (m/s)

V_C = Velocidade crítica para expulsão do ar no trecho (m/s)

g = Aceleração da gravidade (m²/s)

Em resumo tem-se que:

se $V3 > VC$ e $\theta < 30^\circ$: não é necessário o uso de ventosa no ponto,

se $V3 < VC$: é necessário o uso de ventosa no ponto.

No entanto, é prática comum da CESAN o uso de ventosa em todos os pontos altos das adutoras, e assim sendo, em muitos casos as mesmas serão aplicadas mesmo que desaconselhadas pela verificação acima.

Uma vez definidos os pontos altos onde serão aplicados os dispositivos de ventosa parte então para o seu dimensionamento.

Uma regra prática utilizada para o dimensionamento de ventosas considera uma seção de passagem de ar igual ou maior a 1/8 da seção da adutora. Segundo este critério temos:

$$dv > \frac{D_3}{8} \quad (\text{Eq. 16})$$

No entanto, com a evolução construtiva desses dispositivos, que vem aumentando a sua eficiência, é prática comum a utilização de catálogos de fabricantes para a determinação do diâmetro a ser utilizado. Segue uma tabela de seleção comercial de ventosas de tríplex função como referência.

dv (mm)	Qmáx (l/s)
50	148
75	278
100	677
150	3320
200	5460

Com base no exposto adota-se o diâmetro da ventosa.

Todas as descargas e ventosas da referida adutora foram calculadas com base na presente metodologia. Segue a tabela com os dados de cálculo e os resultados de todas as descargas e ventosas dimensionadas.

Descargas												
Cenário 1 (emergencial) / Cenário 2 (definitivo)	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Localização no projeto:	TRAV. 01	AAT	TRAV. 02	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT
Estaca no ponto da descarga (P_D):	20+19.59	27+11.76	39+04.63	42+09.08	61+14.75	75+08.75	92+04.39	109+14.54	138+13.98	161+11.15	185+11.18	202+10.46
Estaca no ponto alto à montante da descarga (P_1):	00+00.00	22+11.76	38+10.92	39+10.37	57+19.12	71+02.04	86+01.86	99+06.76	128+13.46	152+14.84	171+05.28	190+17.68
Estaca no ponto alto à jusante da descarga (P_2):	22+11.76	38+10.92	39+10.37	57+19.12	71+02.04	86+01.86	99+06.76	128+13.46	152+14.84	171+05.28	190+17.68	221+10.00
Diâmetro da adutora a montante da descarga, D_1 (mm):	150	150	150	150	150	100	100	100	100	100	100	100
Diâmetro da adutora a jusante da descarga, D_2 (mm):	150	150	150	150	100	100	100	100	100	100	100	100
Cota do terreno no ponto de descarga, CT_{desc} (m):	37.45	34.54	35.23	35.89	61.33	73.08	72.57	71.34	69.69	60.95	61.19	54.86
Cota do ponto de descarga, C_{desc} (m):	36.42	33.43	38.37	34.71	60.07	71.69	71.22	69.99	68.27	59.73	59.76	53.50
Cota máxima à montante, C_{max_1} (m):	90.92	37.88	39.78	40.12	61.28	73.95	82.15	80.25	82.81	85.72	82.91	71.59
Cota máxima à jusante, C_{max_2} (m):	37.88	39.78	40.12	61.28	73.95	82.15	80.25	82.81	85.72	82.91	71.59	82.12
Distância horizontal entre a descarga e o ponto alto à montante, S_1 (m):	419.59	100.00	13.71	58.71	75.63	86.71	122.53	207.78	200.52	176.31	285.90	232.78
Distância horizontal entre a descarga e o ponto alto à jusante, S_2 (m):	32.17	219.16	5.74	310.04	187.29	213.11	142.37	378.92	280.86	194.13	106.50	379.54

Descargas												
Altura máxima à montante, Z_1 (m):	54.50	4.45	1.41	5.40	1.21	2.26	10.92	10.26	14.54	25.99	23.15	18.09
Altura máxima à jusante, Z_2 (m):	1.46	6.35	1.75	26.57	13.88	10.46	9.02	12.82	17.45	23.18	11.84	28.62
Altura média, Z_m (m):	27.98	5.40	1.58	15.99	7.55	6.36	9.97	11.54	15.99	24.59	17.49	23.36
Comprimento do trecho à montante, L_1 (m):	423.11	100.10	13.78	58.96	75.64	86.74	123.02	208.03	201.05	178.22	286.84	233.48
Comprimento do trecho à jusante, L_2 (m):	32.20	219.25	6.00	311.18	187.80	213.37	142.66	379.14	281.40	195.51	107.16	380.62
Comprimento total a ser descarregado, L (m):	455.32	319.35	19.78	370.13	263.44	300.11	265.67	587.17	482.45	373.72	393.99	614.10
Tempo máximo de descarregamento adotado, $T_{\text{máx}}$ (min):	20	20	15	15	15	10	10	10	10	10	10	10
Diâmetro da descarga, d (mm):	37.08	46.86	18.32	44.41	45.20	41.11	34.56	49.54	41.39	32.72	36.58	42.48
Diâmetro comercial adotado, DN (mm):	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Tempo efetivo de descarregamento, T (min):	11.00	17.56	2.01	11.83	12.26	6.76	4.78	9.82	6.85	4.28	5.35	7.22
Valor máximo entre Z_1 e Z_2 , $Z_{\text{máx}}$ (m):	54.50	6.35	1.75	26.57	13.88	10.46	10.92	12.82	17.45	25.99	23.15	28.62
Valor mínimo entre Z_1 e Z_2 , $Z_{\text{mín}}$ (m):	1.46	4.45	1.41	5.40	1.21	2.26	9.02	10.26	14.54	23.18	11.84	18.09
Velocidade máxima, $V_{\text{máx}}$ (m/s):	2.05	0.70	0.37	1.43	1.03	2.02	2.07	2.24	2.61	3.19	3.01	3.34
Velocidade mínima, $V_{\text{mín}}$ (m/s):	0.17	0.29	0.16	0.32	0.15	0.47	0.94	1.00	1.19	1.50	1.08	1.33
Velocidade média, $V_{\text{méd}}$ (m/s):	1.11	0.50	0.27	0.88	0.59	1.25	1.50	1.62	1.90	2.35	2.04	2.34

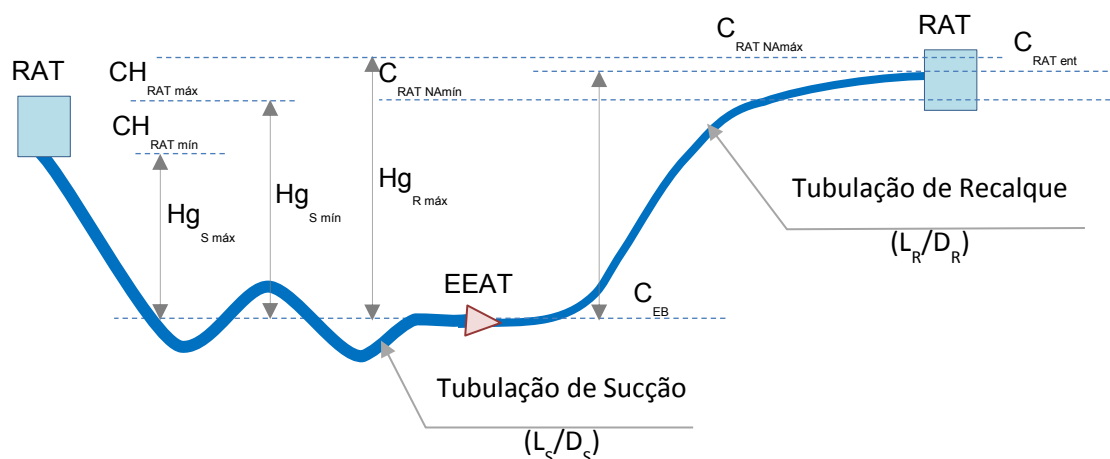
Ventosas												
Cenário 1 (emergencial) / Cenário 2 (definitivo)	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Localização no projeto:	INTERL. 01	TRAV. 01	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT	AAT
Estaca no ponto da ventosa (P _V):	00+00.00	22+11.76	38+10.92	39+10.37	57+19.12	71+02.04	86+01.86	99+06.76	128+13.46	152+14.84	171+05.28	190+17.68
Estaca no ponto baixo à jusante da ventosa (P ₃):	20+19.59	27+11.76	39+04.63	42+09.08	61+14.75	75+08.75	92+04.39	109+14.54	138+13.98	161+11.15	185+11.18	202+10.46
Vazão na adutora, Q ₃ (l/s):	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	5	5
Diâmetro da adutora, D ₃ (mm):	150	150	150	150	150	100	100	100	100	100	100	100
Cota do terreno no ponto de ventosa, CTvent (m):	91.58	33.82	40.83	41.17	62.33	75.00	83.18	81.32	83.88	86.77	83.96	72.64
Cota do ponto da ventosa, Cvent (m):	90.92	37.88	39.78	40.12	61.28	73.95	82.15	80.25	82.81	85.72	82.91	71.59
Cota mínima à jusante da ventosa, Cmín ₃ (m):	36.42	33.43	38.37	34.71	60.07	71.69	71.22	69.99	68.27	59.73	59.76	53.50
Distância horizontal entre a ventosa e o ponto baixo à jusante, S ₃ (m):	419.59	100.00	13.71	58.71	75.63	86.71	122.53	207.78	200.52	176.31	285.90	232.78
Altura máxima à jusante da ventosa, Z ₃ (m):	54.50	4.45	1.41	5.40	1.21	2.26	10.92	10.26	14.54	25.99	23.15	18.09
Comprimento do trecho à jusante da ventosa, L ₃ (m):	423.11	100.10	13.78	58.96	75.64	86.74	123.02	208.03	201.05	178.22	286.84	233.48
Ângulo com a horizontal, θ (°):	7.40	2.55	5.86	5.26	0.92	1.49	5.09	2.83	4.15	8.39	4.63	4.44
Seção da adutora a jusante da ventosa, A ₃ (m ²):	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Ventosas												
Velocidade no trecho a jusante da ventosa, V_3 (m/s):	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Velocidade crítica, V_C (m/s):	0.98	0.65	0.90	0.87	0.42	0.43	0.70	0.56	0.65	0.83	0.68	0.67
Verificação da necessidade de ventosa no ponto:	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM
Diâmetro mínimo da ventosa, $d_{mínv}$ (mm):	18.75	18.75	18.75	18.75	18.75	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50
Diâmetro adotado para ventosa, d_v (mm):	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

ANEXO 03 – MEMÓRIA DE CÁLCULO E ESPECIFICAÇÕES DO BOOSTER CIDADE NOVA DA SERRA NO CENÁRIO 1

Segue a memória de cálculo do *booster* Cidade Nova da Serra, localizado na Praça de Santiago da Serra, para o Cenário 1 (Emergencial). A Figura A1 apresenta a curva da bomba utilizada na simulação deste cenário.

1. Geometria do Sistema



Cota do eixo da bomba, C_{EB} (m):		61.400
Cota do ponto de interligação na sucção, $C_{PI S}$ (m)		91.000
Carga hidráulica máxima no RAT, $CH_{RAT \text{ máx}}$ (m)		91.200
Carga hidráulica mínima no RAT, $CH_{RAT \text{ mín}}$ (m)		91.200
Cota de entrada no RAT, $C_{RAT \text{ ent}}$ (m):		95.700
Cota do NAMáx no RAT, $C_{RAT \text{ NAMáx}}$ (m):		95.500
Cota do NAMín no RAT, $C_{RAT \text{ NAMín}}$ (m):		93.000
Sucção	Comprimento da tubulação, L_S (m):	636.86 354.19
	Diâmetro, D_S (mm):	75 150
Recalque	Comprimento da tubulação, L_R (m):	3 206
	Diâmetro, D_R (mm):	100

As alturas geométricas de sucção, máxima e mínima, são calculadas pelas equações 1 e 2:

$$Hg_{Smáx} = C_{EB} - CH_{RAT \text{ mín}} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$Hg_{Smin} = C_{EB} - CH_{RAT \text{ máx}} \quad (\text{Eq. 2})$$

As alturas geométricas de recalque dependem da forma de entrada no reservatório e podem ser calculadas pelas equações 3 a 5:

Se a entrada no reservatório for acima do NAM_{áx} de operação as alturas geométricas de recalque, máxima e mínima, são dadas por:

$$Hg_{Rmáx} = Hg_{Rmín} = C_{RAT\ ent} - C_{EB} \quad (Eq. 3)$$

Se a entrada no reservatório for abaixo do NAM_{ín} de operação, as alturas geométricas de recalque, máxima e mínima, são dadas por:

$$Hg_{Rmáx} = C_{RAT\ NAMáx} - C_{EB} \quad (Eq. 4)$$

$$Hg_{Rmín} = C_{RAT\ NAMín} - C_{EB} \quad (Eq. 5)$$

Se a entrada no reservatório for entre o NAM_{áx} e o NAM_{ín} de operação (retratado no desenho acima), as alturas geométricas de recalque, máxima e mínima, são dadas por:

$$Hg_{Rmáx} = C_{RAT\ NAMáx} - C_{EB} \quad (Eq. 6)$$

$$Hg_{Rmín} = C_{RAT\ ent} - C_{EB} \quad (Eq. 7)$$

As alturas geométricas totais, máxima e mínima, são calculadas pelas equações 8 e 9:

$$Hg_{máx} = Hg_{Rmáx} + Hg_{Smáx} \quad (Eq. 8)$$

$$Hg_{mín} = Hg_{Rmín} + Hg_{Smín} \quad (Eq. 9)$$

Altura geométrica máxima de sucção, Hg _{Smáx} (m):	-29.80
Altura geométrica mínima de sucção, Hg _{Smín} (m):	-29.80
Altura geométrica máxima de recalque, Hg _{Rmáx} (m):	34.30
Altura geométrica mínima de recalque, Hg _{Rmín} (m):	34.30
Altura geométrica máxima total, Hg _{máx} (m):	4.50
Altura geométrica mínima total, Hg _{mín} (m):	4.50

As alturas manométricas máxima e mínima são dadas pelas equações 10 e 11 abaixo:

$$Hm_{máx} = Hg_{máx} + Hf \quad (Eq. 10)$$

$$Hm_{mín} = Hg_{mín} + Hf \quad (Eq. 11)$$

onde a perda de carga total (sucção + recalque), e suas parcelas, contínua e localizada, são dadas pelas equações 12 a 16:

$$Hf = Hf_S + Hf_R = (Hf_{SC} + Hf_{SL}) + (Hf_{RC} + Hf_{RL}) \quad (Eq. 12)$$

$$Hf_{SC} = K_{1S} \times Q^{1.85} \quad (Eq. 13)$$

$$H_{f_{SL}} = K_{2S} \times Q^2 \quad (\text{Eq. 14})$$

$$H_{f_{RC}} = K_{1R} \times Q^{1.85} \quad (\text{Eq. 15})$$

$$H_{f_{RL}} = K_{2R} \times Q^2 \quad (\text{Eq. 16})$$

onde K_1 e K_2 correspondem aos coeficientes de perda de carga contínua e localizada, respectivamente, e podem ser calculadas pelas equações 17 e 18:

$$K_1 = 10.643 \times c^{-1.85} \times D^{-4.87} \times L \quad (\text{Eq. 17})$$

$$K_2 = \frac{8 \times K}{g \times \pi^2 \times D^4} \quad (\text{Eq. 18})$$

sendo K o coeficiente de perda de carga localizada da conexão, e c o coeficiente adimensional de perda de carga da fórmula de Hazen-Williams. D correspondem ao diâmetro da conexão ou tubulação, e L o comprimento da tubulação de sucção ou recalque.

Assim sendo, as curvas máxima e mínima do sistema podem ser escritas pelas equações 19 e 20:

$$H_{m_{\max}} = H_{g_{\max}} + K_1 \times Q^{1.85} + K_2 \times Q^2 \quad (\text{Eq. 19})$$

$$H_{m_{\min}} = H_{g_{\min}} + K_1 \times Q^{1.85} + K_2 \times Q^2 \quad (\text{Eq. 20})$$

Determinação do coeficiente de perda de carga contínua, para a sucção e para o recalque, com base na equação 21, onde K_1 também pode ser dado por:

$$K_1 = K_{1S} + K_{1R} \quad (\text{Eq. 21})$$

Coeficiente adimensional de perda de carga, c :	110
Coeficiente de perda de carga contínua na sucção, K_{1S} (m):	347668.45
Coeficiente de perda de carga contínua no recalque, K_{1R} (m):	423076.21
Coeficiente de perda de carga contínua, K_1 (m):	770744.66

Consoante o número de bombas em funcionamento, o recalque apresenta conexões com diâmetros diferenciados e submetidas a vazões diferentes. Assim sendo, o coeficiente K_2 deve ser calculado individualmente para cada conexão e levar em consideração o fator de correção em relação a vazão total de recalque. A tabela a seguir apresenta a relação de peças utilizadas no barrilete de recalque, com seus diâmetros e a relação com a vazão máxima de recalque permitindo a determinação de K_2 .

Determinação do coeficiente de perda de carga localizada, para a sucção e para o recalque, com base na equação 22, onde K_2 também pode ser dado por:

$$K_2 = \sum_{i=1}^{NS} K_{2S} + \sum_{i=1}^{NR} K_{2R} \quad (\text{Eq. 22})$$

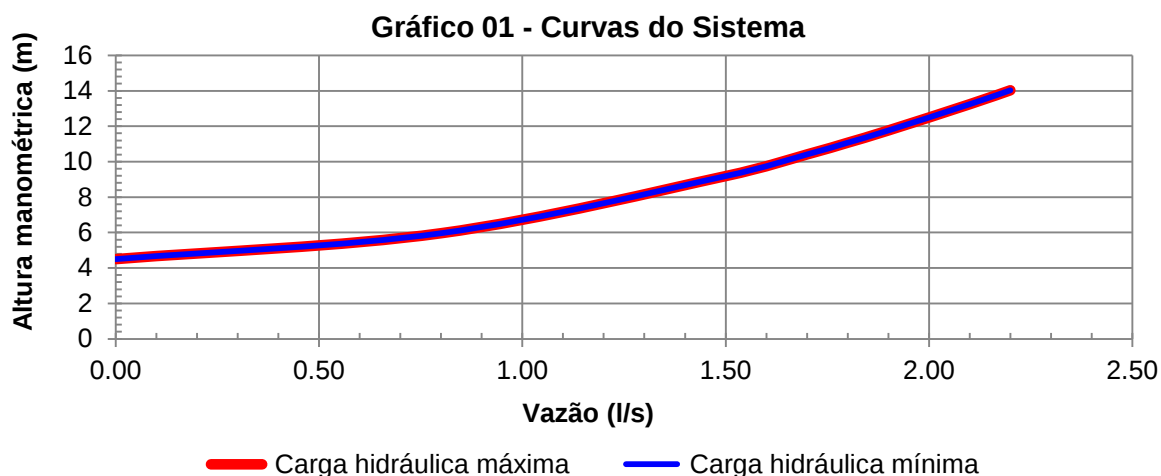
onde NS e NR correspondem ao número de conexões na sucção e no recalque, respectivamente.

Discriminação das conexões utilizadas no barrilete	Quant.	K	Diâmetro (mm)	Relação Q_R/Q_{conex}	K_2
Sucção					
Curva de 11°	5	0.05	150	1.00	40.80
Curva de 22°	3	0.10	150	1.00	48.96
Tê passagem direta	1	0.60	150	1.00	97.93
Tê saída lateral	2	1.30	150	1.00	424.36
Curva de 11°	1	0.05	75	1.00	130.57
Curva de 22°	2	0.10	75	1.00	522.28
Curva de 45°	9	0.20	75	1.00	4700.55
Tê saída lateral	2	1.30	75	1.00	6789.68
Válvula de gaveta aberta	1	0.40	75	1.00	1044.57
Redução gradual excêntrica	1	0.15	100	1.00	123.94
Válvula de gaveta aberta	1	0.40	100	1.00	330.51
Redução gradual excêntrica	1	0.15	50	1.00	1983.04
Coeficiente de perda de carga localizada na sucção, K_{2S} (m):					16237.20
Recalque					
Curva de 11°	14	0.05	100	1.00	578.39
Curva de 22°	7	0.10	100	1.00	578.39
Curva de 45°	10	0.20	100	1.00	1652.53
Tê passagem direta	15	0.60	100	1.00	7436.38
Válvula de gaveta aberta	1	0.40	100	1.00	330.51
Redução gradual excêntrica	2	0.15	100	1.00	247.88
Redução gradual excêntrica	1	0.15	32	1.00	11819.81
Tê saída lateral	1	1.30	150	1.00	212.18
Válvula de gaveta aberta	1	0.40	150	1.00	65.29
Coeficiente de perda de carga localizada na sucção, K_{2R} (m):					22921.34
Coeficiente de perda de carga localizada, K_2 (m):					39158.54

com base nos resultados acima as equações 19 e 20, que descrevem as curvas máxima e mínima do sistema, podem ser reescritas como a seguir:

$$H_{m_{\max}} = 4.50 + 770744.66 \times Q^{1.85} + 39158.54 \times Q^2 \quad (\text{Eq. 23})$$

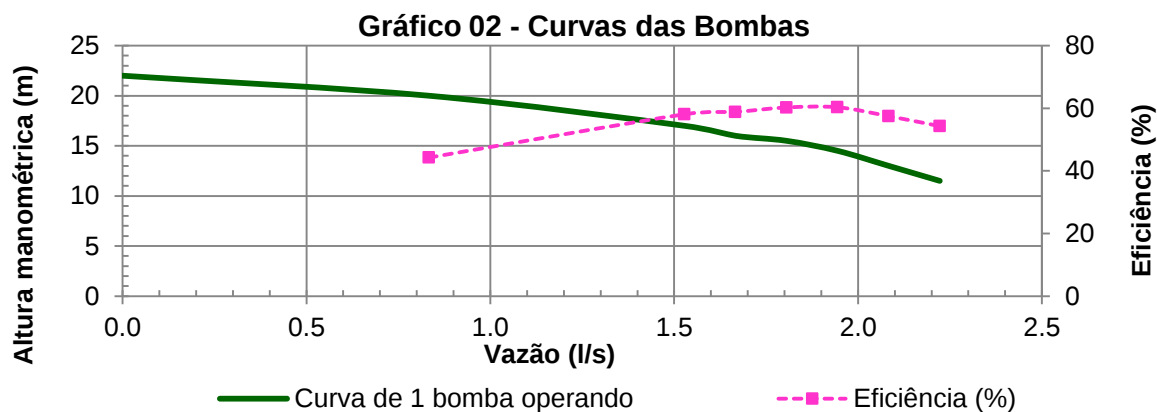
$$H_{m_{\min}} = 4.50 + 770744.66 \times Q^{1.85} + 39158.54 \times Q^2 \quad (\text{Eq. 24})$$



2. Dados do conjunto motobomba selecionado

Marca da Bomba:	LEÃO
Modelo da Bomba:	4R6-03
Diâmetro do rotor (mm):	69.35
Rotação (rpm):	3450
Número de conjuntos motobomba operando:	1+1

Curvas da bomba				
1 bomba operando	Vazão (l/s)		Altura Manom. (m)	Eficiência (%)
	2 bombas operando	3 bombas operando		
0.00	-	-	22.00	0
0.83	-	-	20.00	44
1.53	-	-	17.00	58
1.67	-	-	16.00	59
1.81	-	-	15.50	60
1.94	-	-	14.50	60



A potência requerida por cada unidade de bombeamento é dada pela equação 25:

$$P_r = \frac{Q \times H_m}{75 \times \eta_b \times \eta_m} \quad (\text{Eq. 25})$$

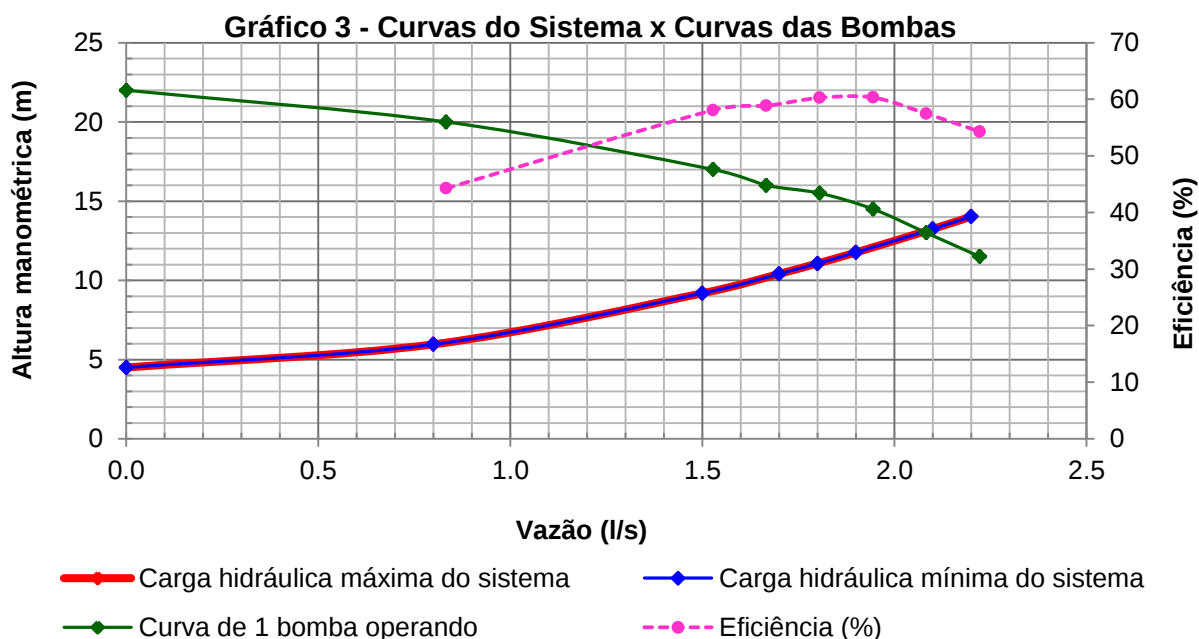
onde η_b e η_m correspondem às eficiências da bomba e do motor, respectivamente.

Eficiência considerada para o motor, η_m (%):

91

3. Condição de Trabalho

O Gráfico a seguir apresenta a interseção entre as curvas da bomba e as curvas do sistema.



O Gráfico 03 permite identificar o ponto de trabalho dos conjuntos elevatórios, que corresponde a interseção das curvas do sistema (máxima e mínima) com a curva das bombas, para cada situação (número de conjuntos motobomba em funcionamento).

As informações de vazão, altura manométrica e eficiência da bomba são obtidas a partir de leitura no Gráfico 03.

A seguir estão apresentados os resultados obtidos para as bombas propostas, incluindo a determinação da potência a ser instalada.

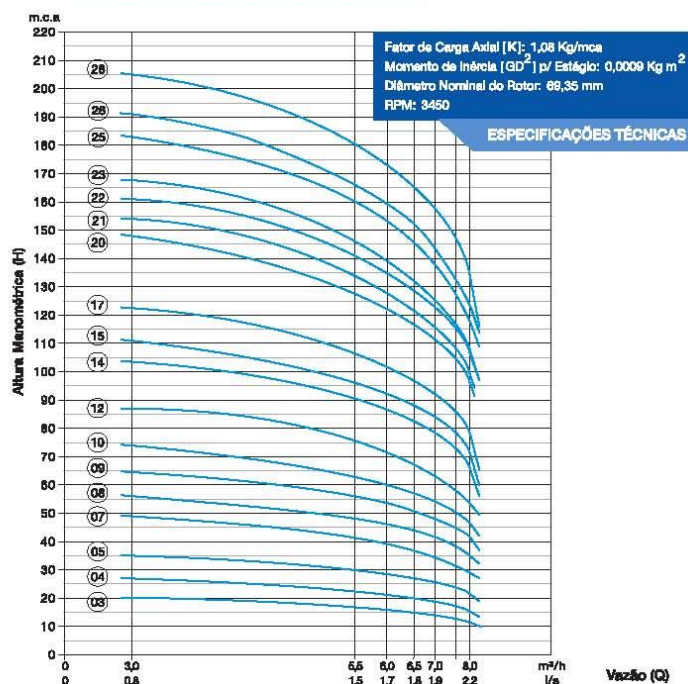
Resultados do ponto de trabalho da bomba em cada condição de operação	1 bomba operando		2 bombas operando	
	Minima	Máxima	Minima	Máxima
Carga hidráulica do sistema				
Vazão total de recalque, Q_R (l/s)	2.09	2.09	-	-
Vazão de recalque por bomba, Q_{RB} (l/s)	2.09	2.09	-	-
Altura manométrica total, H_m (m)	13.00	13.00	-	-
Eficiência da bomba, η_b (%)	57.47	57.47	-	-
Eficiência do motor, η_m (%)	91	91	-	-
Potência requerida (cv)	0.69	0.69	-	-
Potência instalada (cv)	0.75		-	



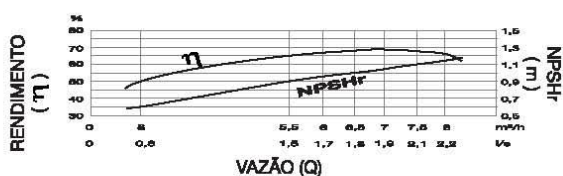
MODELO 4R6

CURVA DE PERFORMANCE

60 Hz



CURVA DE EFICIÊNCIA E NPSHr



PARA POÇOS COM Ø MÍNIMO 4"

CURVA DE POTÊNCIA



Os valores de "η" e "PR" apresentados são médios esperados, sujeitos a alterações sem prévio aviso. Para valores garantidos consultar a fábrica.

Figura A1 – Referência de bomba para o Cenário 1 (Emergencial).

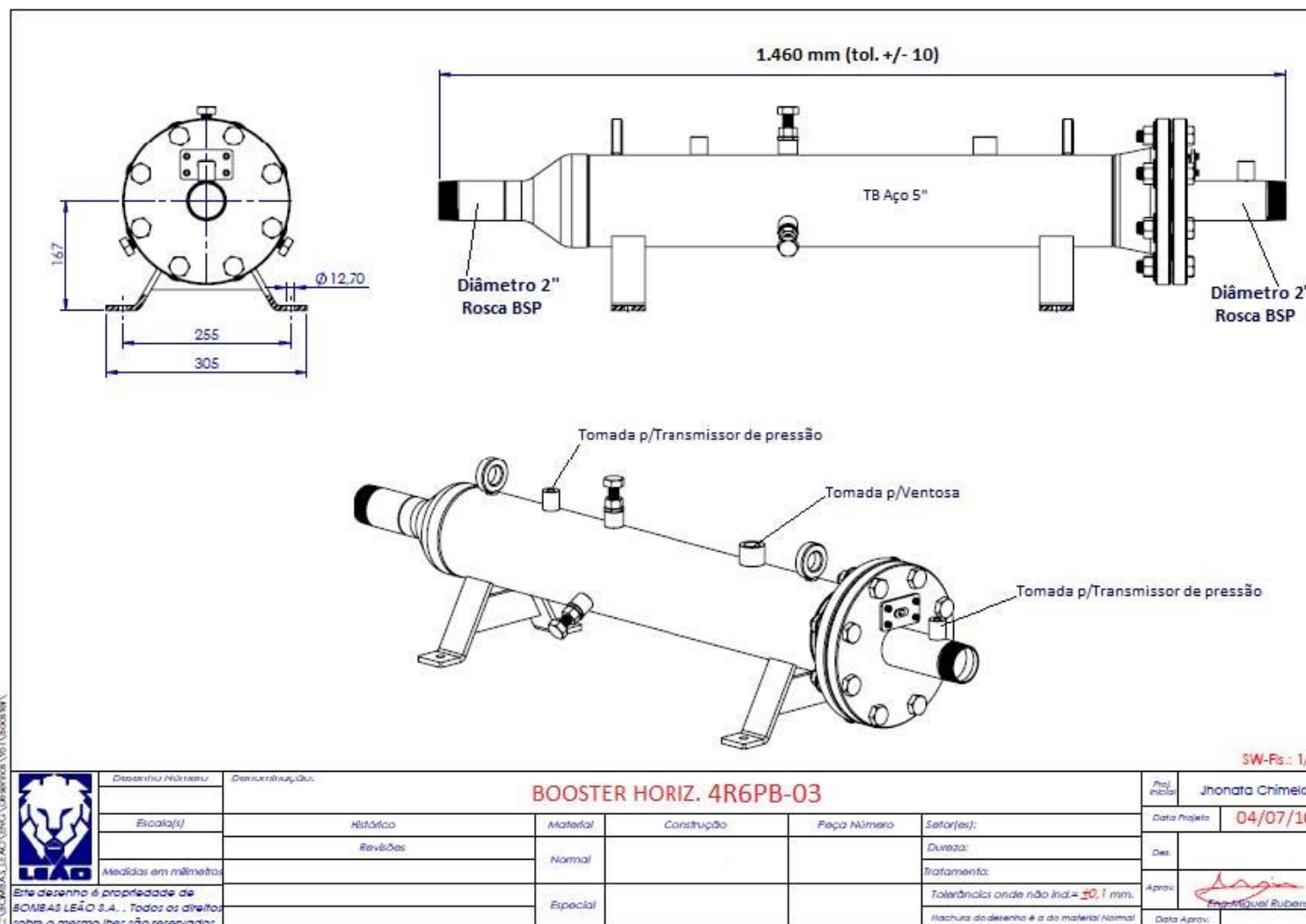


Figura A2 – Referência de tubo camisa para a bomba no Cenário 1 (Emergencial).

Se a entrada no reservatório for acima do $N_{Amáx}$ de operação as alturas geométricas de recalque, máxima e mínima, são dadas por:

$$Hg_{Rmáx} = Hg_{Rmín} = C_{RAT\ ent} - C_{EB} \quad (Eq. 3)$$

Se a entrada no reservatório for abaixo do $N_{Amín}$ de operação, as alturas geométricas de recalque, máxima e mínima, são dadas por:

$$Hg_{Rmáx} = C_{RAT\ NAmáx} - C_{EB} \quad (Eq. 4)$$

$$Hg_{Rmín} = C_{RAT\ NAmín} - C_{EB} \quad (Eq. 5)$$

Se a entrada no reservatório for entre o $N_{Amáx}$ e o $N_{Amín}$ de operação (retratado no desenho acima), as alturas geométricas de recalque, máxima e mínima, são dadas por:

$$Hg_{Rmáx} = C_{RAT\ NAmáx} - C_{EB} \quad (Eq. 6)$$

$$Hg_{Rmín} = C_{RAT\ ent} - C_{EB} \quad (Eq. 7)$$

As alturas geométricas totais, máxima e mínima, são calculadas pelas equações 8 e 9:

$$Hg_{máx} = Hg_{Rmáx} + Hg_{Smáx} \quad (Eq. 8)$$

$$Hg_{mín} = Hg_{Rmín} + Hg_{Smín} \quad (Eq. 9)$$

Altura geométrica máxima de sucção, $Hg_{Smáx}$ (m):	-29.80
Altura geométrica mínima de sucção, $Hg_{Smín}$ (m):	-29.80
Altura geométrica máxima de recalque, $Hg_{Rmáx}$ (m):	34.30
Altura geométrica mínima de recalque, $Hg_{Rmín}$ (m):	34.30
Altura geométrica máxima total, $Hg_{máx}$ (m):	4.50
Altura geométrica mínima total, $Hg_{mín}$ (m):	4.50

As alturas manométricas máxima e mínima são dadas pelas equações 10 e 11 abaixo:

$$Hm_{máx} = Hg_{máx} + Hf \quad (Eq. 10)$$

$$Hm_{mín} = Hg_{mín} + Hf \quad (Eq. 11)$$

onde a perda de carga total (sucção + recalque), e suas parcelas, contínua e localizada, são dadas pelas equações 12 a 16:

$$Hf = Hf_S + Hf_R = (Hf_{SC} + Hf_{SL}) + (Hf_{RC} + Hf_{RL}) \quad (Eq. 12)$$

$$Hf_{SC} = K_{1S} \times Q^{1.85} \quad (Eq. 13)$$

$$H_{f_{SL}} = K_{2S} \times Q^2 \quad (\text{Eq. 14})$$

$$H_{f_{RC}} = K_{1R} \times Q^{1.85} \quad (\text{Eq. 15})$$

$$H_{f_{RL}} = K_{2R} \times Q^2 \quad (\text{Eq. 16})$$

onde K_1 e K_2 correspondem aos coeficientes de perda de carga contínua e localizada, respectivamente, e podem ser calculadas pelas equações 17 e 18:

$$K_1 = 10.643 \times c^{-1.85} \times D^{-4.87} \times L \quad (\text{Eq. 17})$$

$$K_2 = \frac{8 \times K}{g \times \pi^2 \times D^4} \quad (\text{Eq. 18})$$

sendo K o coeficiente de perda de carga localizada da conexão, e c o coeficiente adimensional de perda de carga da fórmula de Hazen-Williams. D correspondem ao diâmetro da conexão ou tubulação, e L o comprimento da tubulação de sucção ou recalque.

Assim sendo, as curvas máxima e mínima do sistema podem ser escritas pelas equações 19 e 20:

$$H_{m_{\max}} = H_{g_{\max}} + K_1 \times Q^{1.85} + K_2 \times Q^2 \quad (\text{Eq. 19})$$

$$H_{m_{\min}} = H_{g_{\min}} + K_1 \times Q^{1.85} + K_2 \times Q^2 \quad (\text{Eq. 20})$$

Determinação do coeficiente de perda de carga contínua, para a sucção e para o recalque, com base na equação 21, onde K_1 também pode ser dado por:

$$K_1 = K_{1S} + K_{1R} \quad (\text{Eq. 21})$$

Coeficiente adimensional de perda de carga, c :	110
Coeficiente de perda de carga contínua na sucção, K_{1S} (m):	22397.55
Coeficiente de perda de carga contínua no recalque, K_{1R} (m):	423076.21
Coeficiente de perda de carga contínua, K_1 (m):	445473.75

Consoante o número de bombas em funcionamento, o recalque apresenta conexões com diâmetros diferenciados e submetidas a vazões diferentes. Assim sendo, o coeficiente K_2 deve ser calculado individualmente para cada conexão e levar em consideração o fator de correção em relação a vazão total de recalque. A tabela a seguir apresenta a relação de peças utilizadas no barrilete de recalque, com seus diâmetros e a relação com a vazão máxima de recalque permitindo a determinação de K_2 .

Determinação do coeficiente de perda de carga localizada, para a sucção e para o recalque, com base na equação 22, onde K_2 também pode ser dado por:

$$K_2 = \sum_{i=1}^{NS} K_{2S} + \sum_{i=1}^{NR} K_{2R} \quad (\text{Eq. 22})$$

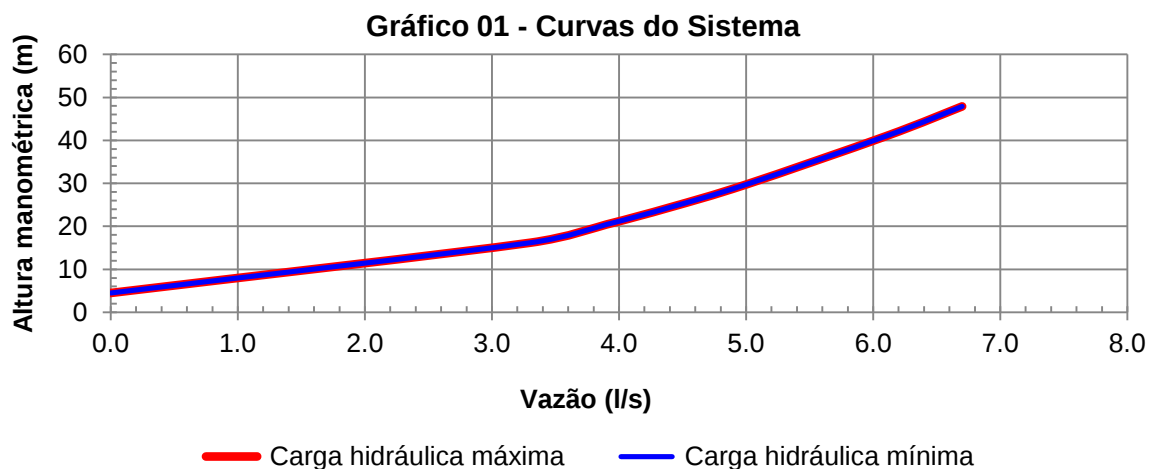
onde NS e NR correspondem ao número de conexões na sucção e no recalque, respectivamente.

Discriminação das conexões utilizadas no barrilete	Quant.	K	Diâmetro (mm)	Relação Q_R/Q_{conex}	K_2
Sucção					
Curva de 11°	10	0.05	150	1.00	81.61
Curva de 22°	9	0.10	150	1.00	146.89
Curva de 45°	15	0.20	150	1.00	489.64
Curva de 90°	1	0.40	150	1.00	65.29
Tê saída lateral	2	1.30	150	1.00	424.36
Tê passagem direta	6	0.60	150	1.00	587.57
Válvula de gaveta aberta	1	0.40	150	1.00	65.29
Redução gradual excêntrica	1	0.15	100	1.00	123.94
Válvula de gaveta aberta	1	0.40	100	1.00	330.51
Redução gradual excêntrica	2	0.15	75	1.00	783.43
Tê saída lateral	1	1.30	75	1.00	3394.84
Redução gradual excêntrica	1	0.15	65	1.00	694.32
Coeficiente de perda de carga localizada na sucção, K_{2S} (m):					7187.67
Recalque					
Curva de 11°	14	0.05	100	1.00	578.39
Curva de 22°	7	0.10	100	1.00	578.39
Curva de 45°	10	0.20	100	1.00	1652.53
Tê passagem direta	15	0.60	100	1.00	7436.38
Válvula de gaveta aberta	1	0.40	100	1.00	330.51
Redução gradual excêntrica	2	0.15	100	1.00	247.88
Redução gradual excêntrica	1	0.15	40	1.00	4841.39
Tê saída lateral	1	1.30	150	1.00	212.18
Válvula de gaveta aberta	1	0.40	150	1.00	65.29
Coeficiente de perda de carga localizada na sucção, K_{2R} (m):					15942.92
Coeficiente de perda de carga localizada, K_2 (m):					23130.59

com base nos resultados acima as equações 19 e 20, que descrevem as curvas máxima e mínima do sistema, podem ser reescritas como a seguir:

$$Hm_{\max} = 4.50 + 445473.75 \times Q^{1.85} + 23130.59 \times Q^2 \quad (\text{Eq. 23})$$

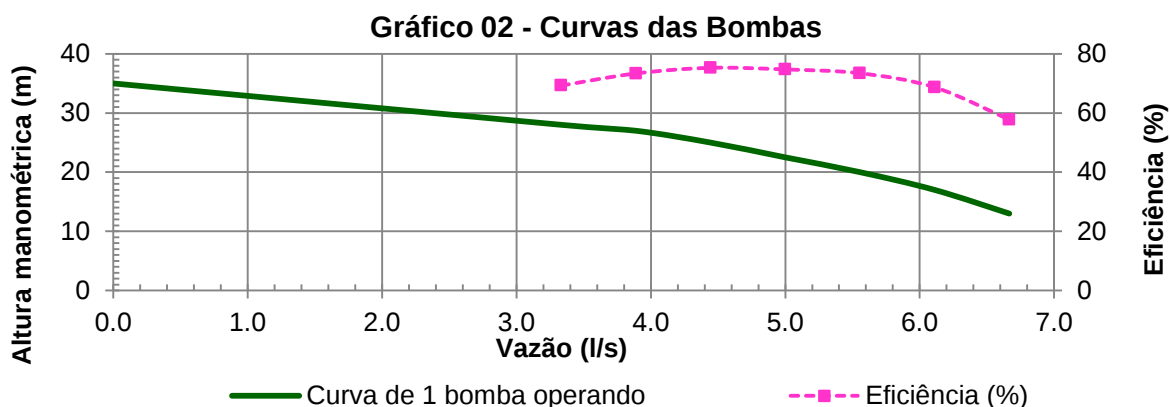
$$Hm_{\min} = 4.50 + 445473.75 \times Q^{1.85} + 23130.59 \times Q^2 \quad (\text{Eq. 24})$$



2. Dados do conjunto motobomba selecionado

Marca da Bomba:	LEÃO
Modelo da Bomba:	R20A-02
Diâmetro do rotor (mm):	98.2
Rotação (rpm):	3450
Número de conjuntos motobomba operando:	1+1

Curvas da bomba				
Vazão (l/s)			Altura Manom. (m)	Eficiência (%)
1 bomba operando	2 bombas operando	3 bombas operando		
0.00	-	-	35.00	0
3.33	-	-	28.00	69
3.89	-	-	27.00	73
4.44	-	-	25.00	75
5.00	-	-	22.50	75
5.56	-	-	20.00	73



A potência requerida por cada unidade de bombeamento é dada pela equação 25:

$$P_r = \frac{Q \times H_m}{75 \times \eta_b \times \eta_m} \quad (\text{Eq. 25})$$

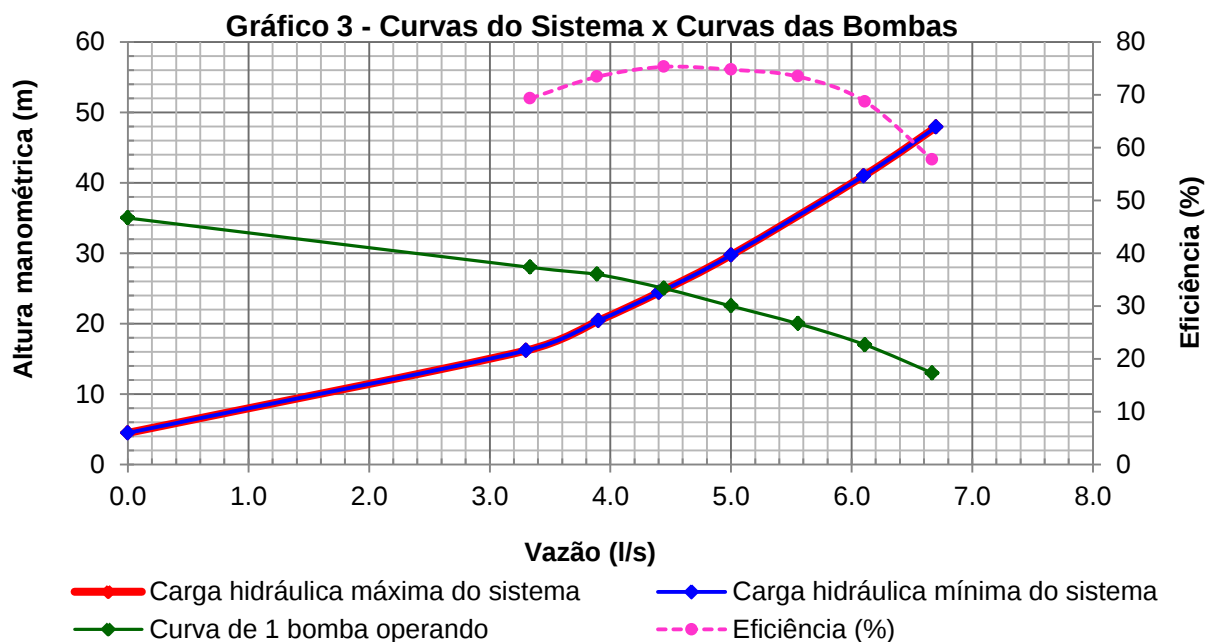
onde η_b e η_m correspondem às eficiências da bomba e do motor, respectivamente.

Eficiência considerada para o motor, η_m (%):

91

3. Condição de Trabalho

O Gráfico a seguir apresenta a interseção entre as curvas da bomba e as curvas do sistema.



O Gráfico 03 permite identificar o ponto de trabalho dos conjuntos elevatórios, que corresponde a interseção das curvas do sistema (máxima e mínima) com a curva das bombas, para cada situação (número de conjuntos motobomba em funcionamento).

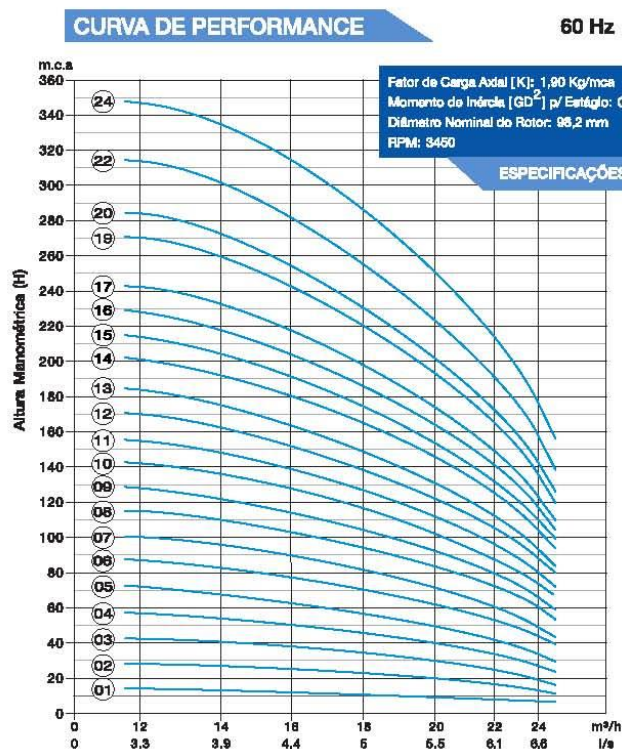
As informações de vazão, altura manométrica e eficiência da bomba são obtidas a partir de leitura no Gráfico 03.

A seguir estão apresentados os resultados obtidos para as bombas propostas, incluindo a determinação da potência a ser instalada.

Resultados do ponto de trabalho da bomba em cada condição de operação	1 bomba operando		2 bombas operando	
	Minima	Máxima	Minima	Máxima
Carga hidráulica do sistema				
Vazão total de recalque, Q_R (l/s)	4.45	4.45	-	-
Vazão de recalque por bomba, Q_{RB} (l/s)	4.45	4.45	-	-
Altura manométrica total, H_m (m)	22.50	22.50	-	-
Eficiência da bomba, η_b (%)	75.30	75.30	-	-
Eficiência do motor, η_m (%)	91	91	-	-
Potência requerida (cv)	1.95	1.95	-	-
Potência instalada (cv)	2.00		-	

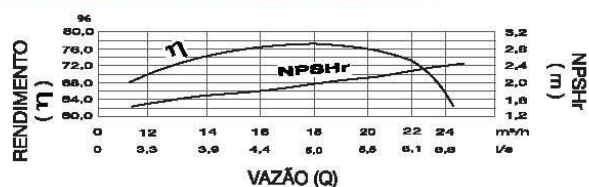


MODELO R20A

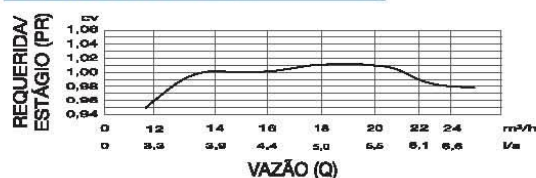


PARA POÇOS COM Ø MÍNIMO 6"

CURVA DE EFICIÊNCIA E NPSHr



CURVA DE POTÊNCIA



Os valores de "η" e "PR" apresentados são médios esperados, sujeitos a alterações sem prévio aviso. Para valores garantidos consultar a fábrica.

Figura A3 – Referência de bomba para o Cenário 2 (Definitivo).

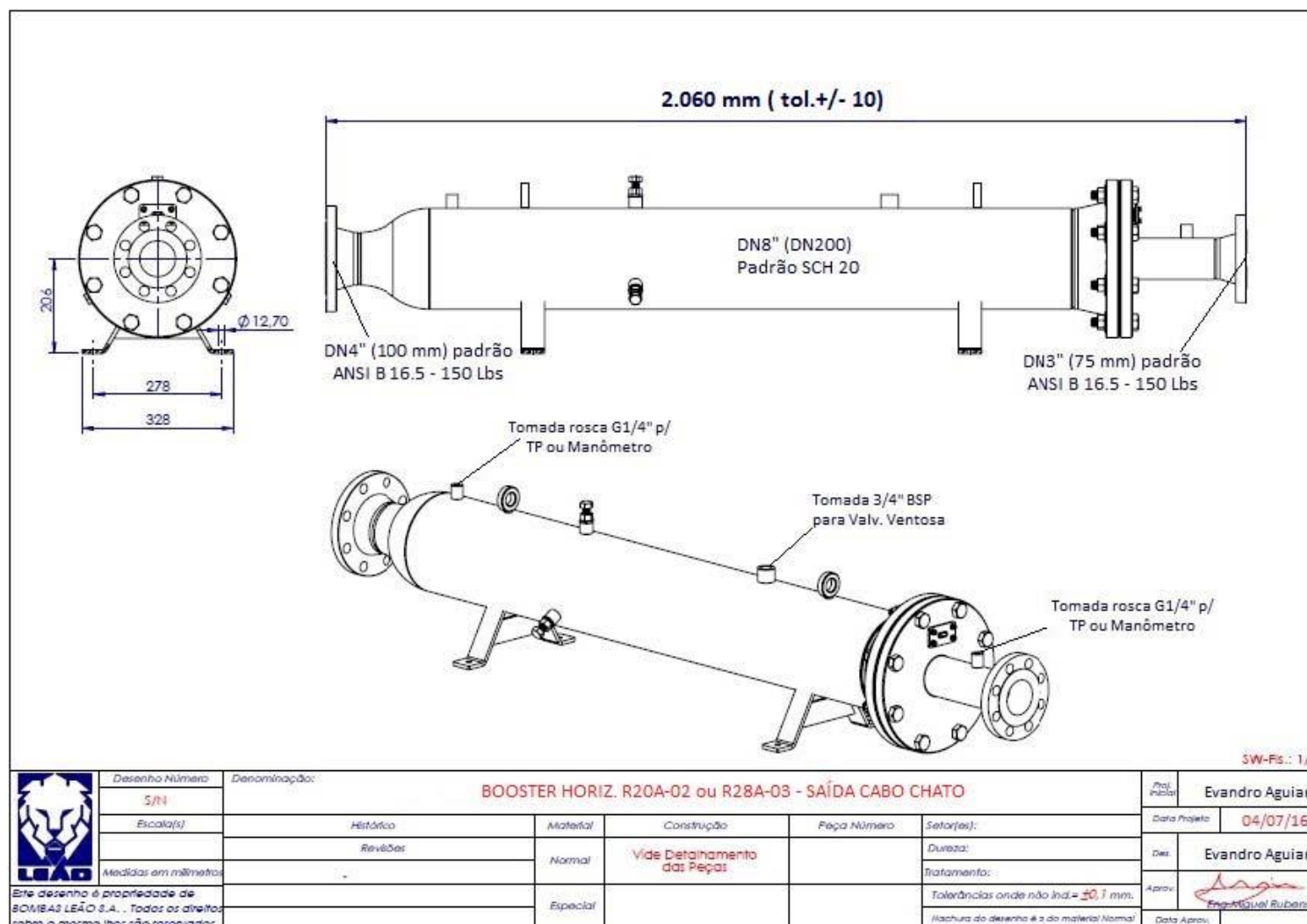


Figura A4 – Referência de tubo camisa para a bomba no Cenário 2 (Definitivo).