

PROJETO

BÁSICO E EXECUTIVO

**SISTEMA COMPLETO DE BOMBEAMENTO
ANFÍBIO PARA DRENAGEM URBANA**



HIGRA



CONTRATO EMERGENCIAL 064/24 - ENCHENTES 2024

*"O futuro não nos pertence,
mas torná-lo melhor faz parte
de nosso presente"*

Manifesto HIGRA

PROJETO BÁSICO E EXECUTIVO

OBJETO:

PROJETO BÁSICO E EXECUTIVO DE SISTEMA COMPLETO DE BOMBEAMENTO ANFÍBIO PARA DRENAGEM URBANA

Cliente:	SEMAE/SL
Contato	Eng. Ronan Jesus
Telefone	-
E-mail	ronan.jesus@semae.rs.gov.br

Responsáveis HIGRA
Ismael Nicholas Schroer CREA RS235927
Gustavo Fischborn Pohren CREA RS244433
Matheus Souza Barbosa CREA SP70556692

Contrato:	064/24
Aprovador por:	HIGRA – CNPJ 04.124.390/0001-62
Revisão:	REV 00
Data:	Junho/2024



1. SUMÁRIO

Sumário

2. JUSTIFICATIVA	5
3. CONTEXTO HIDROLÓGICO	6
4. HIDRÁULICA	13
5. CONJUNTO MOTOBOMBA	19
6. ARRANJOS	64
7. CASAS DE BOMBAS MÓVEIS - CIVIL	70
8. IÇAMENTO	72
9. ELÉTRICA	85
10. GRÁFICO DE PERFORMANCE DO CONJUNTO MOTOBOMBA	94
11. DIMENSIONAL DO CONJUNTO MOTOBOMBA	95
12. REFERÊNCIAS DE PROJETOS ANTERIORES	96



2. JUSTIFICATIVA

O incidente de chuvas ocorrido no mês de maio de 2024 gerou consequências catastróficas com graves danos ao sistema de macrodrenagem de São Leopoldo. Devido a elevação do Rio dos Sinos, em alguns pontos acima da cota do dique, houve extravasamento da lâmina de água acarretando a abertura do maciço de terra, e conseqüentemente a inundação das áreas protegidas.

São Leopoldo possui um sistema de proteção contra cheias construído pelo extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS) na década de 70 formado por diques, canais de macrodrenagem, comportas e casas de bombas. Em situação normal, estas áreas são drenadas pelas casas de bombas instaladas dentro das áreas protegidas, porém com a inundação, os equipamentos elétricos e mecânicos ficaram submersos e conseqüentemente avariados, sem a possibilidade da imediata utilização.

Se tem a necessidade, neste momento, de que os níveis da água nas casas de bombas sejam reduzidos, ao mínimo, até que não haja contato direto com os equipamentos elétricos, para que possam voltar a operar normalmente.

Frente a isso, a prefeitura municipal em conjunto com a autarquia Serviço Municipal de Água e Esgotos (SEMAE), decidiram em implementar estruturas de bombeamento provisórias de modo a drenar às áreas alagadas. Tais estruturas devem exigir o mínimo de obra civil, poderem operar de forma submersa e serem de fácil instalação. A HIGRA foi contratada de forma emergencial para atuar no estado de calamidade pública que o município se encontra e trazer dignidade a uma população que está passando por uma situação crítica extrema.

O objetivo deste presente documento é justamente nortear a instalação do sistema de bombeamento para drenagem das águas pluviais, que terão como coração o conjunto motobomba anfíbio da HIGRA, tecnologia já consolidada nacionalmente para captação e recalque de água bruta.

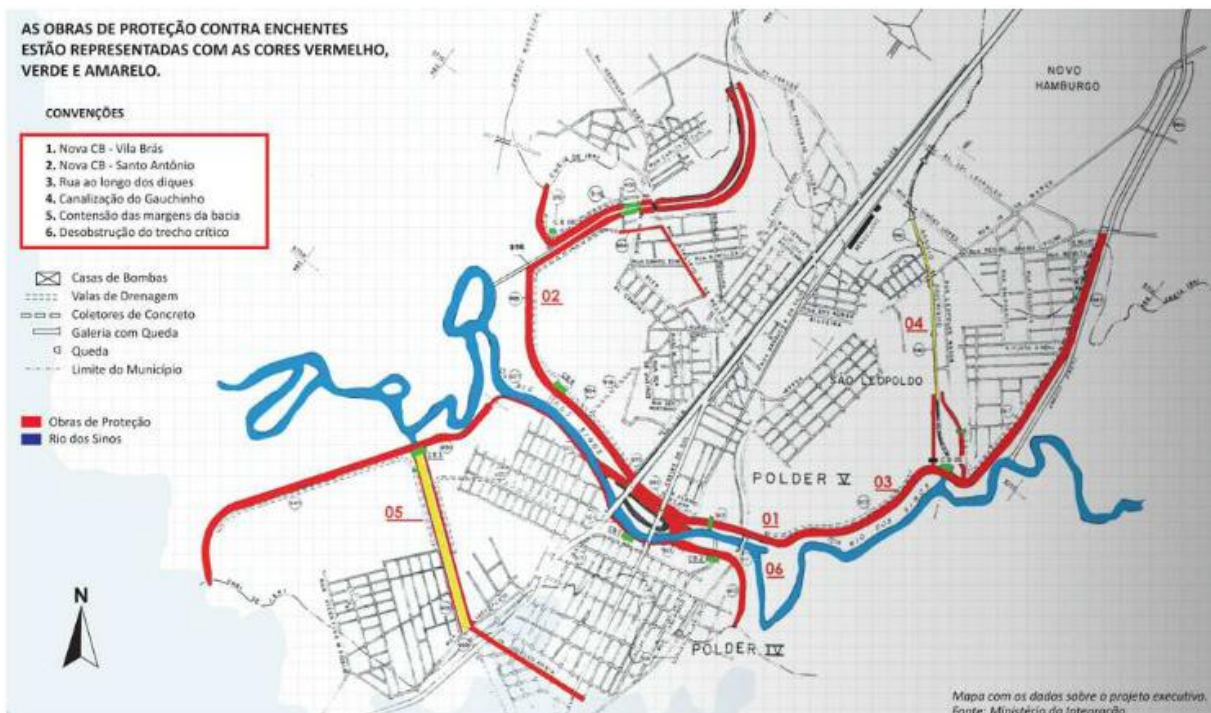
A partir dos estudos aqui demonstrados, se terá um panorama hidrológico, definição de locais estratégicos para bombeamento, dimensionamento completo e especificação e caracterização do escopo do projeto emergencial a ser executado em São Leopoldo, trazendo celeridade na retirada de água dos bairros e normalizando a situação do sistema de drenagem urbana do município.



3. CONTEXTO HIDROLÓGICO

São Leopoldo configura-se esquematicamente como um vale onde bacias localizadas nas porções norte e sul do município drenam suas águas em direção ao Rio dos Sinos. Parte do município possui sistema de proteção contra cheias composto por dique, pelas margens direita e esquerda do Rio dos Sinos, canais condutores internos e externos e casa de bombas.

O sistema protege boa parcela do município, conforme apresentado pela figura abaixo, onde constam algumas obras executadas visando à manutenção preventiva do sistema de proteção contra cheias.



Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico de São Leopoldo (2021)

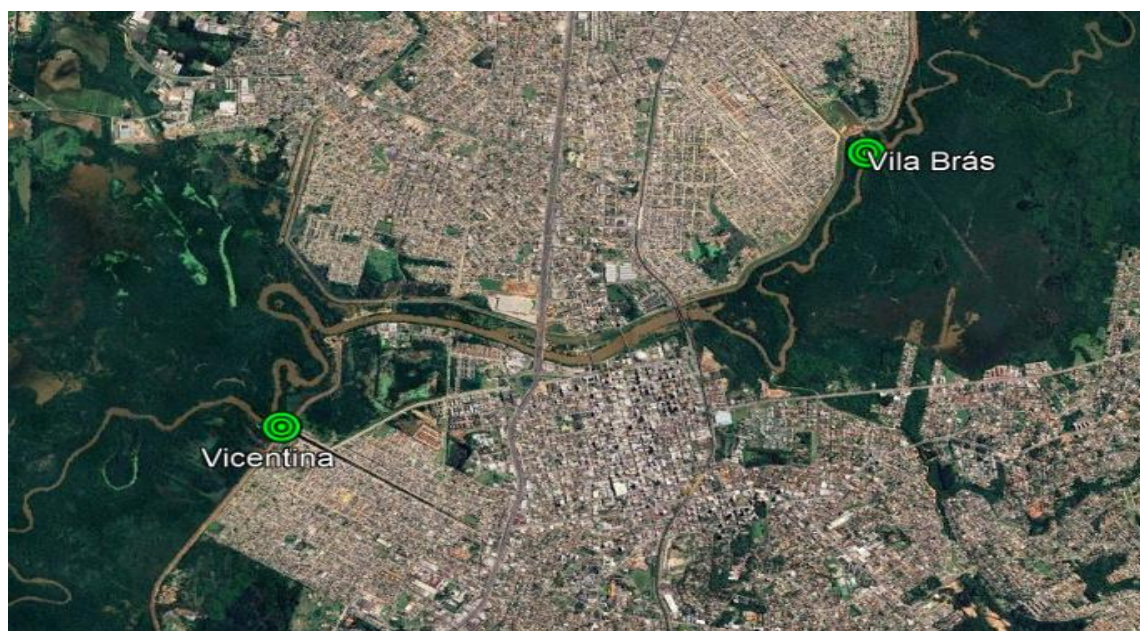
As casas de bombas, denominados DNOS, desempenham papel fundamental no sistema de proteção contra enchentes, sendo fundamental a provisão de equipamentos eletromecânicos capazes de manter a operação em eventos críticos de elevação do nível do Rio dos Sinos.

No evento de maio de 2024 a situação do município é conforme a imagem abaixo:



Fonte: Própria

Dois rompimentos nos diques aconteceram, um na Vila Brás e outro na Vicentina. Abaixo segue mapa que ilustra a localização desses pontos que serviram de acesso da água do Rio dos Sinos para os bairros.



Fonte: Google Earth

A partir de dados levantados pelo Coastal Climate Central, o qual mapeou a mancha de inundação, pode-se entender a amplitude do alagamento no município:



+55 51 3778-2929



www.HIGRA.com.br
contato@higra.com.br



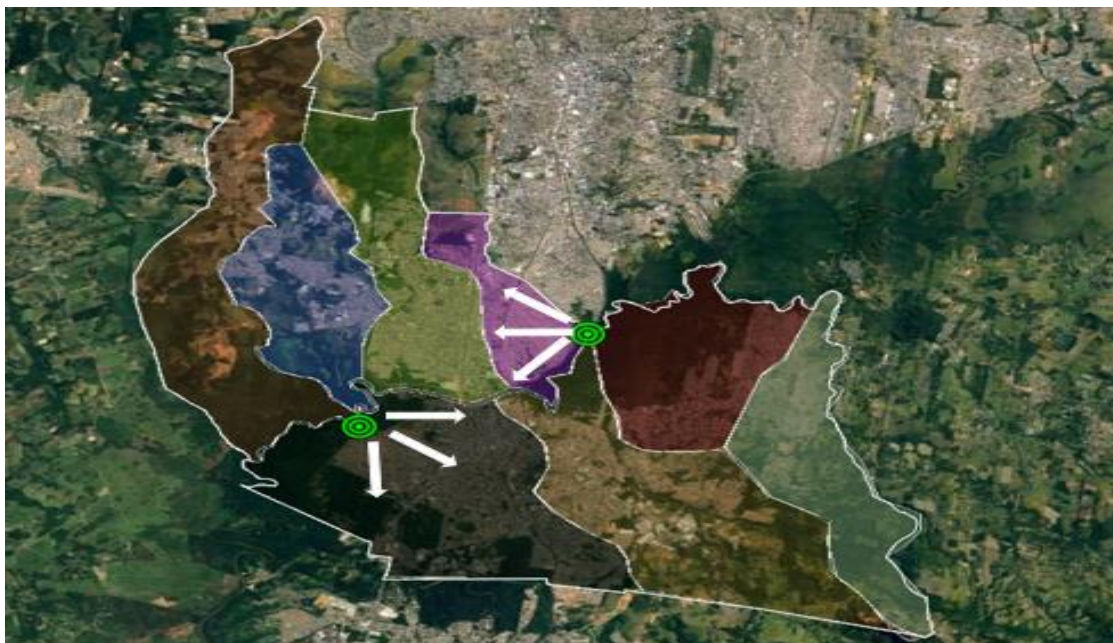
Rua Dilceu Elias de Moura, 345
Arroio da Manteiga - São Leopoldo/RS - Brasil



Fonte: Google Earth, Coastal Climate Central

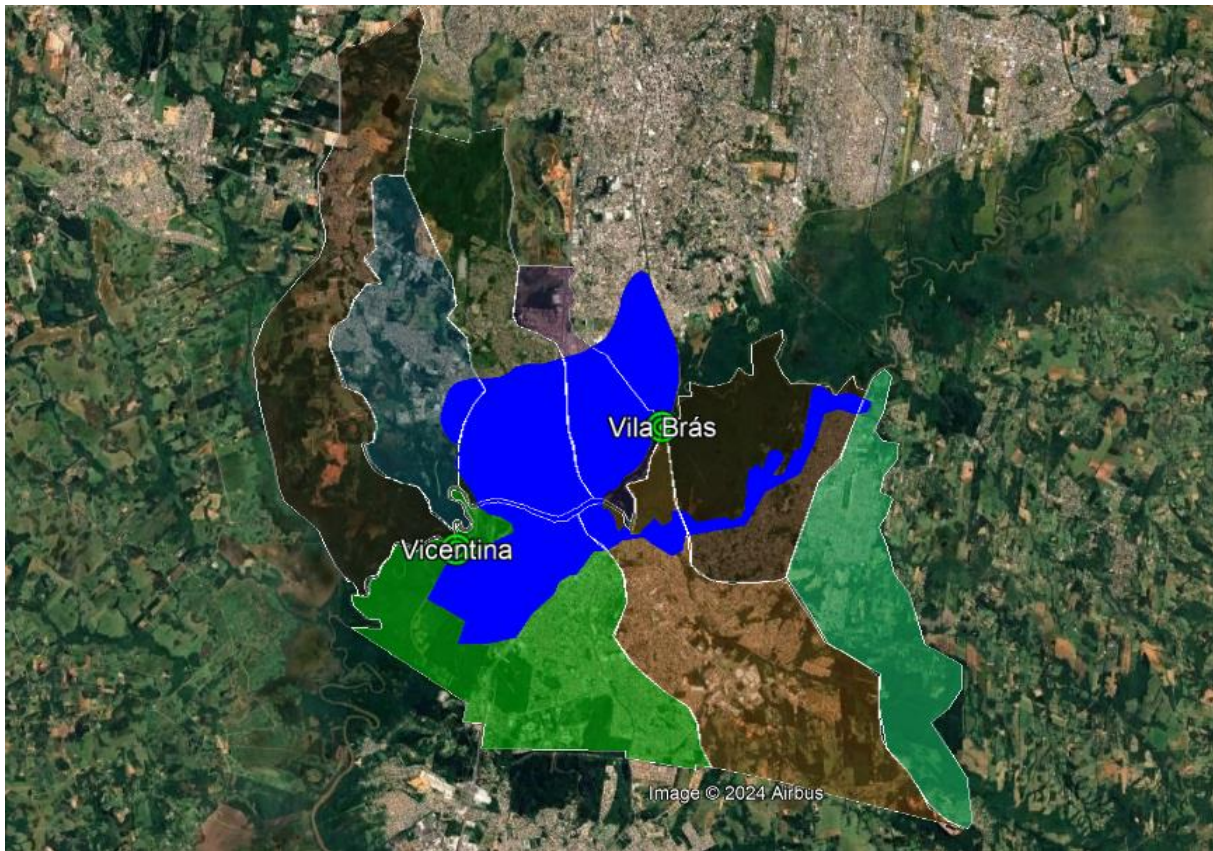
Com o objetivo de entender em termos de volume água a ser bombeado novamente para o Rio dos Sinos e possíveis locais de instalação do sistema, foi delimitado as sub-bacias do município.

O rompimento do dique da Vila Brás escoo a água para a porção norte do município e o rompimento no dique da Vicentina para a parte sul, sendo o eixo divisor o próprio Rio dos Sinos.



Fonte: Google Earth

A partir do tratamento de dados e sobreposições de mapas, foi possível entender qual a área útil de alagamento represado nas áreas habitadas do município, totalizando aproximadamente 1800 hectares (poligonal em azul na imagem abaixo).



Fonte: Google Earth

A instalação do sistema de bombeamento na Vicentina e na Vila Brás promoverão uma resposta imediata após a contenção do dique que está sendo feita pelo poder público, ou seja, são locais que possuem casas de bombas, mas mesmo com o conserto do dique elas não voltarão a funcionar. A Vila Brás e o bairro Rio dos Sinos são limítrofes. Verificou-se também que há uma divisão de sub-bacias entre o bairro Campina e Rio dos Sinos que pode impactar a drenagem.

O bairro Campina está inserido na sub-bacia do Arroio Cerquinha e o bairro Rio dos Sinos inserido na sub-bacia Arroio Gauchinho. Ou seja, tendo o sistema de bombeamento instalado na Vila Brás, ele drenará até o limite da divisa das sub-bacias, captando somente a água presa no bairro Rio dos Sinos.



Fonte: Google Earth

De modo a promover o escoamento da água do bairro Campina, optou-se justamente por promover a instalação do terceiro sistema de drenagem na localidade denominada Dalleação, as margens da BR-116, uma vez que, além do aspecto já mencionado de divisão de sub-bacias, possui uma facilidade operacional de acesso a região.

Abaixo uma ilustração da situação de alagamento dos locais selecionados para receberem o sistema drenagem emergencial.

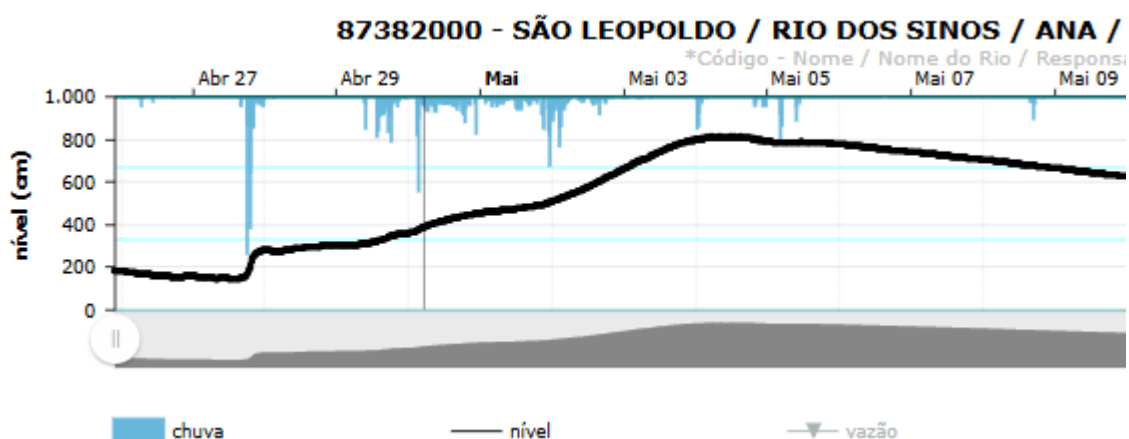


Fonte: Própria

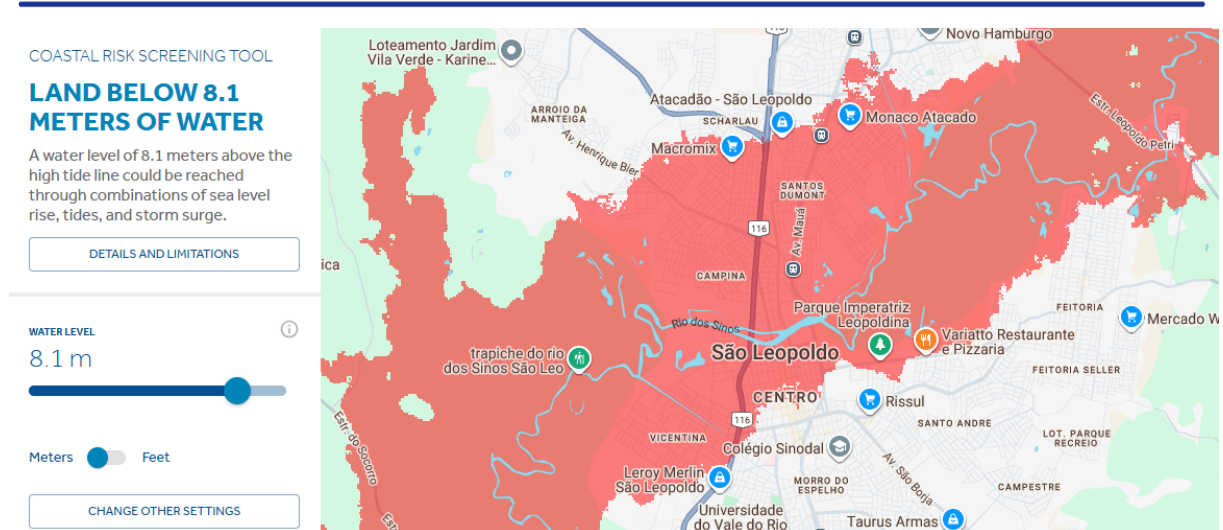
Portanto, o sistema de bombeamento de drenagem urbana será composto por 03 estruturas/casas de bombas provisórias/móveis:

- Dalleação;
- Vila Brás;
- Vicentina;

Como já mencionado, a área urbana útil alagada considerada para este projeto é de 1800 hectares. Para definição do volume médio de recalque do sistema de bombeamento foi necessário utilizar a base de dados da Agência Nacional das Águas, por meio da Rede Hidrometeorológica Nacional, a qual o município possui uma estação fluviométrica automatizada e se faz possível o entendimento do nível de água do Rio dos Sinos – Estação 87382000.

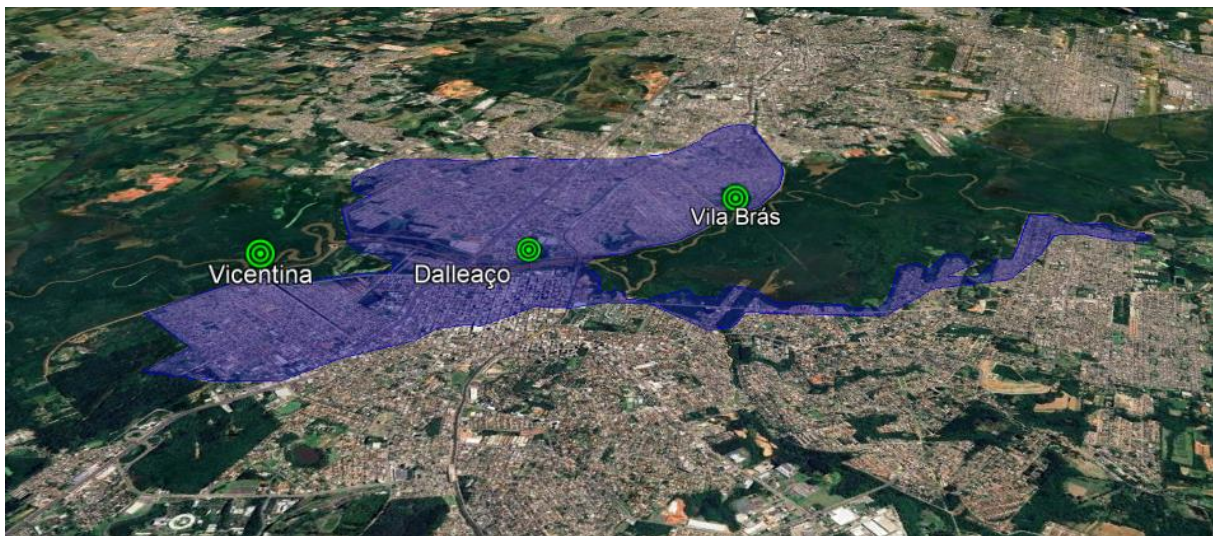


No epicentro do alagamento já é possível observar o nível do Rio dos Sinos em 8,1 metros de elevação. A partir desta informação e utilizando-se da ferramenta da Coastal Climate Central, pode-se simular e balizar a condição de lâmina d'água com o nível de referência obtido da estação fluviométrica do Rio dos Sinos.



Fonte: Coastal Climate Central

A partir da delimitação da área útil alagada, criou-se um polígono de elevação de modo a calibrar com a informação de nível do Rio dos Sinos.



Fonte: Google Earth

A altura média deste polígono, que corresponde a altura média de alagamento considerada foi de 1,5 m de lâmina d'água.

Volume bruto a ser drenado = Área útil alagada x Altura média de alagamento

Volume bruto a ser drenado = 18000000 m² x 1,5 m

Volume bruto a ser drenado = 27000000 m³

Considerando o clima do Rio Grande do Sul, dados do INMET e o uso e ocupação da bacia hidrográfica em questão, foi induzido uma perda deste volume bruto via evapotranspiração e infiltração no solo, respectivamente 5% e 7,5%, chegando ao volume útil a ser bombeado 23625000 m³.

O objetivo deste projeto não é secar a cidade, mas sim reduzir o mais rápido possível o nível de água, para que os DNOS possam voltar a operar normalmente. Com a utilização de 03 equipamentos de 3000 L/s, um instalado em cada localidade, ou seja, a capacidade total de bombeio do sistema será de 9000 L/s. Projeta-se uma operação continua por 30 dias por 24 h/dia para redução total do volume, mas como já mencionado a necessidade real é de redução imediata do nível para que seja possível o recomissionamento do sistema de proteção atual.

Estima-se que em 15 dias de operação do sistema o volume já represente uma lâmina de água passível de voltar com o sistema de bombeamento DNOS.

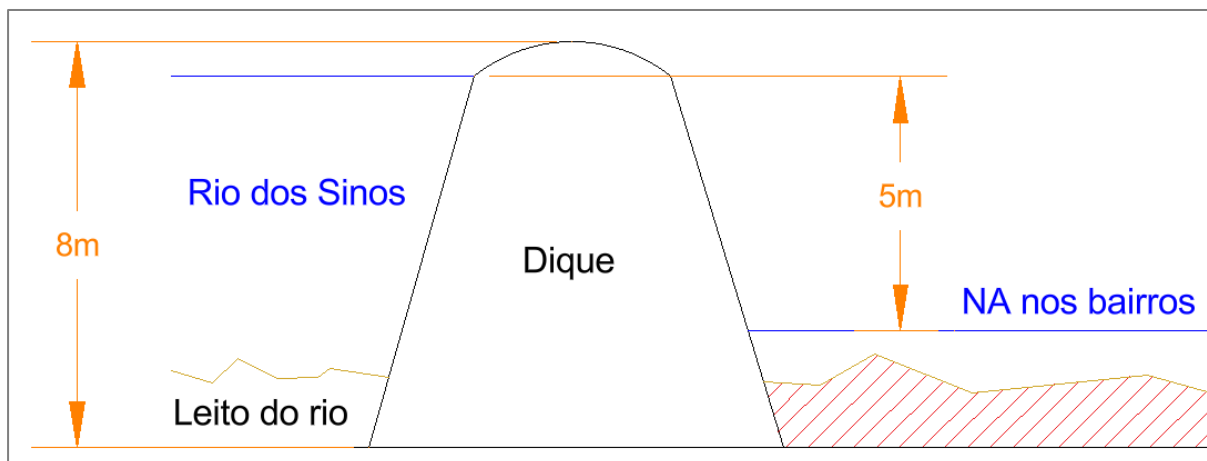
4. HIDRÁULICA

A determinação das bombas presentes no sistema se dá pela avaliação da vazão de dimensionamento e da altura manométrica total nas linhas de recalque que conduzem o fluxo.

A vazão total a ser atendida pelo o conjunto de equipamentos foi identificada no capítulo anterior, definida como 3 m³/s ou 3000 L/s por conjunto motobomba.

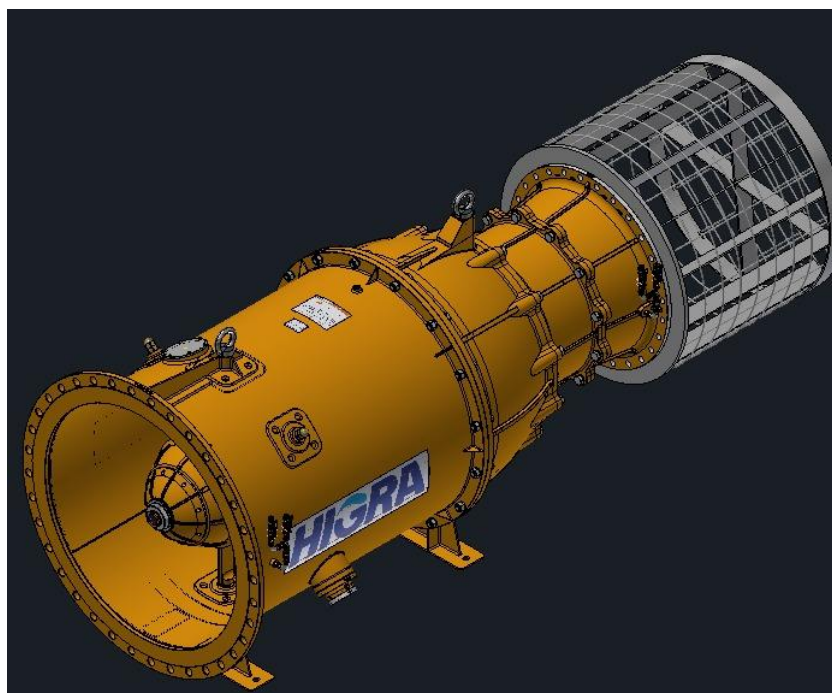
A altura manométrica total foi determinada a partir do cálculo da perda de carga distribuída através da fórmula Hazen Williams, a ser apresentada detalhadamente nos tópicos subsequentes, do cálculo das perdas localizadas, e da altura geométrica máxima, função do nível d'água no local de sucção e da elevação do ponto de lançamento por cima do dique em retorno ao Rio dos Sinos.

Medições in loco foram realizadas para determinação das variáveis topográficas envolvidas. Abaixo segue o dimensional que se repete nas três localidades, apontando um desnível geométrico de pelo menos 5 metros de coluna d'água a ser vencido para que a água seja drenada dos bairros e retornada ao Rio dos Sinos.



Fonte: Própria

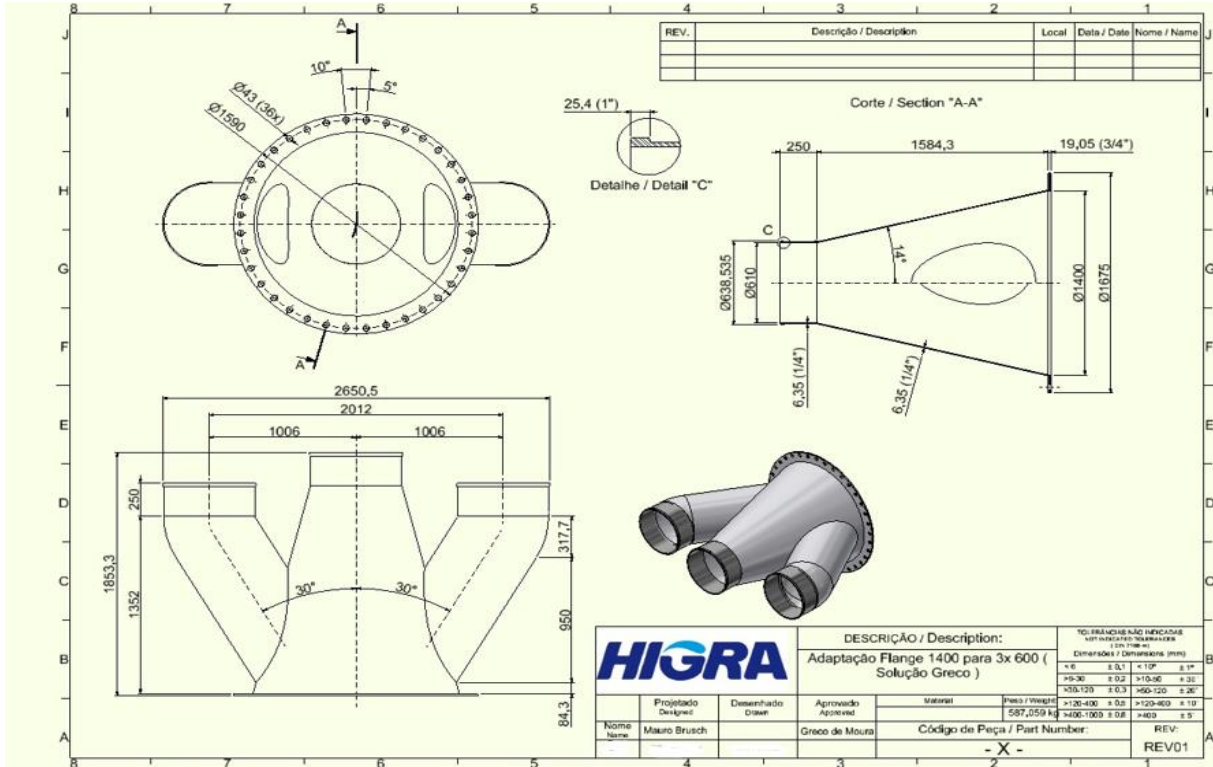
No decorrer deste estudo será apontado o dimensional do conjunto motobomba HIGRA projetado, o qual possui um diâmetro de recalque DN 1400 mm e crivo DN1000 na sucção, conforme imagem abaixo. No entanto, frente as dificuldades logísticas de suprimentos na região no período da enchente, o sistema hidráulico ficará mercê dos materiais e diâmetros disponíveis neste período.



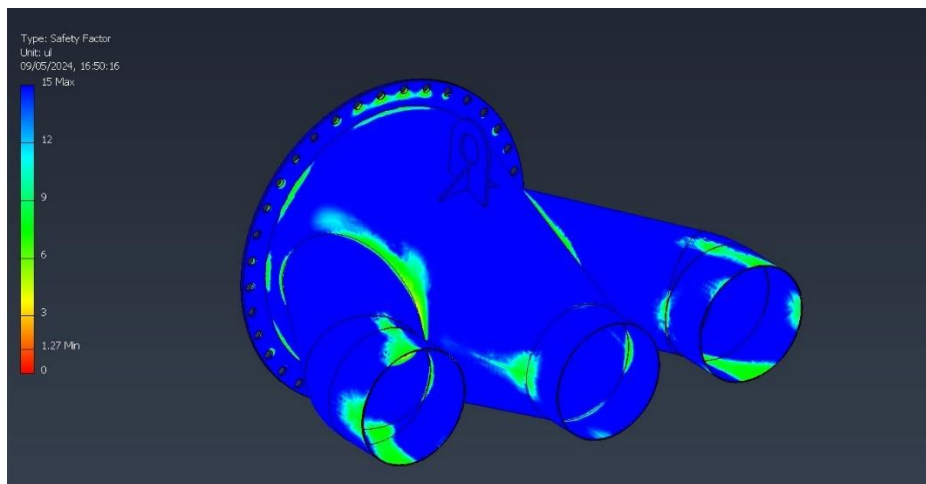
Fonte: Própria

Assim como a HIGRA, diversas empresas se solidarizaram com a situação do município. Verificou-se na região a disponibilidade de tubulação em PEAD DN 500. A

partir disso iniciou-se o processo de dimensionamento hidráulico da linha de recalque, de modo a entender o impacto das conexões hidráulicas e adaptadores no conjunto motobomba na altura manométrica do sistema. De modo a atender a hidrodinâmica exigida na redução de diâmetro, a HIGRA projetou uma trifurcação metálica, conforme projetos abaixo:

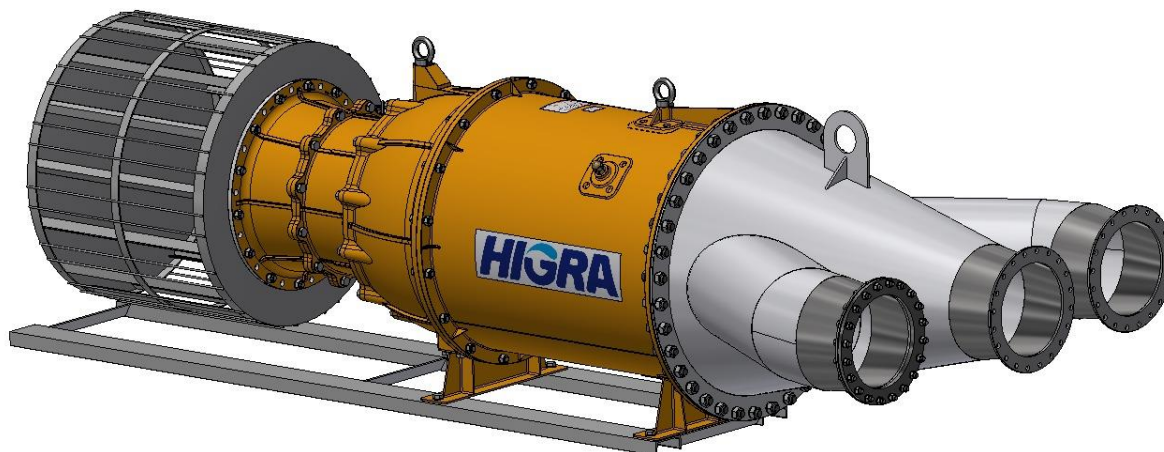


Fonte: Própria



Fonte: Própria

Frente as simulações 3D dos esforços envolvidos, verifica-se que a peça possui capacidade de suportar a conexão entre o conjunto motobomba e as tubulações DN500, bem como possui capacidade de suportar a pressão de recalque a partir do flange desenvolvido. Abaixo segue uma vista isométrica do conjunto motobomba desenvolvido com as devidas conexões.



O dimensionamento das perdas de carga e altura manométrica se mantém como padrão para as 3 aplicações, visto que as diferenças locais são passíveis de serem desprezadas. Para a determinação das perdas de carga nas tubulações de sucção e recalque, localizadas e distribuídas, têm-se inicialmente os dados do fluido a ser recalcado:

Dados do Fluido	
Temperatura	25 ° C
Massa específica	1.000 Kg/m ³
Viscosidade	0,001 Pa.s

Com base nos parâmetros até aqui elencados, pode-se determinar a perda de carga unitária nas tubulações a partir da fórmula de Hazen Williams, apresentada na equação abaixo:

$$J = 10,643.Q^{1,852}.C^{-1,852}.D^{-4,87}$$

Em que:

J = Perda de carga unitária (m/m);

$Q =$ Vazão (m³/s);

$C =$ Coeficiente que depende do material e estado das paredes dos tubos;

$D =$ Diâmetro interno da tubulação (m).

A perda de carga distribuída é calculada multiplicando a perda de carga unitária pelo comprimento da tubulação.

$$\Delta H = J \times L$$

Em que:

$L =$ Comprimento total da tubulação (m).

Para quantificar as perdas de carga localizadas, será utilizado o fator K para cada tipo de conexão, válvula ou acessório presente na tubulação, seja de sucção ou recalque. Com o coeficiente de cada item, utilizou-se a abaixo para determinar a perda de carga decorrente destas conexões.

$$\Delta h = K \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Em que:

$\Delta h =$ Perda de carga localizada (m);

$K =$ Coeficiente de perda de carga;

$v =$ Velocidade de escoamento (m/s);

$g =$ Aceleração da gravidade (m/s²).

Assim, perdas de carga distribuída (ΔH) e localizada (Δh) compõe parte da altura manométrica do sistema.

Altura manométrica total (AMT)

A altura manométrica total do sistema é composta conforme a equação abaixo:

$$AMT = \Delta H + \Delta h + H_g$$



Em que:

AMT = Altura manométrica (m);

ΔH = Perda de carga distribuída (m);

Δh = Perda de carga localizada (m);

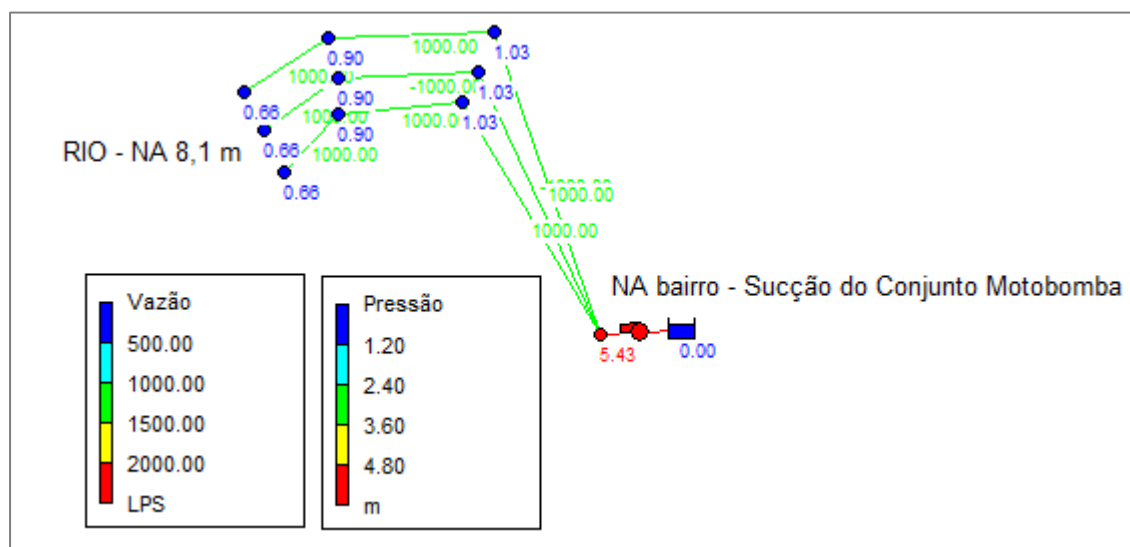
H_g = Altura geométrica (m).

Considerando as seguintes variáveis hidráulicas:

Tubulação de Recalque	
Diâmetro Nominal	500 mm
Número de vias	03
Coefficiente de Hazen Williams	140
Material da tubulação	PEAD
Comprimento total (L)	20 m

Acessório	Material	Quantidade	K
Trifurcação	Aço	1	1,0
Crivo	Aço	1	1,5
Curva de 22,5°	PEAD	4	0,15

Tendo-se a definição das variáveis hidráulicas e singularidades do sistema hidráulico, foi utilizado software de modelagem hidráulica EPANET para simulação e cálculo da altura manométrica exigida para a vazão de 3000 L/s.



Observa-se que a altura manométrica total necessária para recalcar 3000 L/s via um conduto forçado trifurcado DN500 é de 5,5 mca.

5. CONJUNTO MOTOBOMBA

A potência da conjunto motobomba é dada por:

$$P = \frac{1000 * Q * Hm}{75 * \eta}$$

Em que:

P = potência da bomba (cv)

Q = vazão no trecho de recalque (m³/s)

H = altura manométrica (m)

η = rendimento

As definições dos rendimentos hidráulico, mecânico e elétrico se dão a partir das etapas de dimensionamento do conjunto conforme a seguir:

Projeto Hidráulico da Máquina via CFD

Segundo Versteeg e Malalasekera (2007), Dinâmica Computacional dos Fluidos ou em inglês “*Computational Fluid Dynamics*”, mencionada como CFD, é a análise de sistemas que envolvem escoamentos de fluidos, transferência de calor e reações químicas. A técnica CFD tem sido usada na indústria e na academia, quando são estudadas as seguintes áreas:

- Aerodinâmica de veículos e aeronaves: Sustentação e Arrasto;
- Hidrodinâmica de navios;
- Combustão interna e turbinas a gás;
- Turbomáquinas: escoamentos internos em passagens rotativas, entre outros.

Os escoamentos em aplicações como as citadas acima, possuem soluções analíticas muito complexas ou extensas, devido aos fenômenos físicos envolvidos, geometrias complexas, propriedade dos fluidos e forças externas. As físicas dos escoamentos são previstas e analisadas resolvendo as equações de Navier-Stokes e

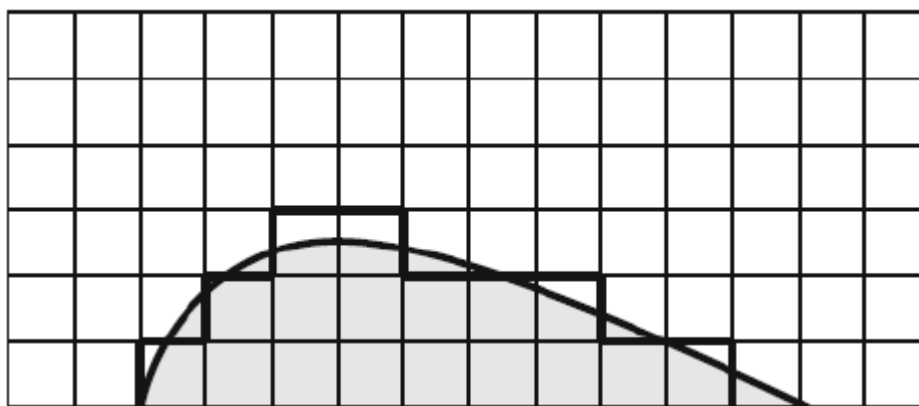


conservação da energia, reproduzindo desta maneira o comportamento do fluido ou escoamento (KAJISHIMA; TAIRA, 2017).

O CFD vem sendo aplicado desde a década de 60 na indústria aeronáutica, na pesquisa e desenvolvimento de aviões e turbinas a jato. Depois, começou a ser aplicado em estudos de combustão interna de motores, câmaras de combustão de turbinas a gás. Mais recentemente, as empresas automotivas começaram a empregar o CFD nos estudos de arrasto sobre os carros. Desta forma o CFD tem se tornado vital para os estudos, desenvolvimentos e melhorias de produtos (VERSTEEG; MALALASEKERA, 2007).

Soluções analíticas envolvem a resolução das equações governantes sobre um domínio, no entanto os domínios precisam ser discretizados. Discretização dos domínios significa dividi-los em mais partes, para que as equações governantes possam ser aplicadas em todos os pontos da malha discretizada. A discretização pode ser feita de três maneiras: Diferenças finitas, elementos finitos ou volumes finitos. Para simulações em CFD são utilizados volumes finitos (ANDERSON, 1995).

Os métodos para simulação e análise de escoamentos são baseados no procedimento de discretização, onde um domínio será dividido em pedaços menores, com intuito de capturar detalhes do domínio e geometria. A maneira mais simples é utilizar malhas cartesianas. Muitos problemas de engenharia envolvem geometrias complexas e quando a geometria e a malha não coincidem, é possível aproximar e/ou simplificar a geometria, conforme demonstrado na figura abaixo (VERSTEEG; MALALASEKERA, 2007).

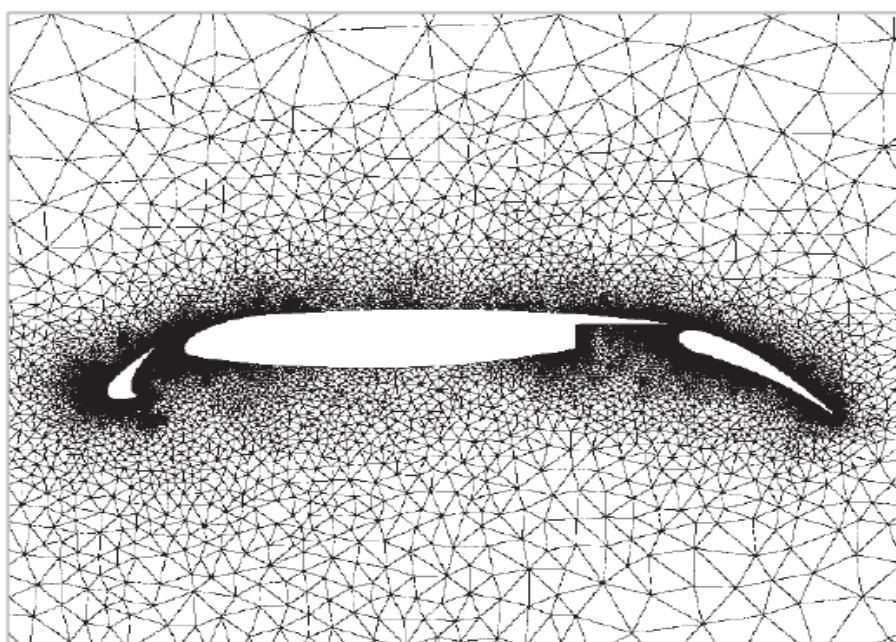


Malha cartesiana estruturada para perfil aerodinâmico

Fonte: Adaptada de Versteeg e Malalasekera, 2007.

A figura acima representa uma malha cartesiana estruturada e a geometria de meio perfil de um perfil aerodinâmico, mostrando que a malha não coincide com a geometria.

Como as malhas cartesianas estruturadas são bem limitadas quanto a aplicações, a solução para isso é utilizar malhas não estruturadas. Essas malhas não estruturadas são de fácil elaboração, visto que se adaptam mais facilmente as geometrias complexas dos problemas citados anteriormente. Com esse tipo de malha, é possível concentrar a parte mais refinada da malha na região de maior interesse, melhorando a resolução do problema onde interessa e simplificando a malha na região de menor interesse, conforme pode ser visto na figura abaixo (VERSTEEG; MALALASEKERA, 2007).



Malha cartesiana estruturada para perfil aerodinâmico

Fonte: Adaptada de Versteeg e Malalasekera, 2007.

A figura acima mostra o perfil complexo de uma asa de avião, onde foi aplicada uma malha não estruturada, de modo que a malha ficou mais refinada nas regiões da parede, que é a região de maior interesse para a simulação.

Para este tipo de malha, um dos métodos mais utilizados é o método de volumes finitos, no qual as equações não são colocadas nos pontos de intersecção de malha, mas sim no centro de cada volume de malha. Isso faz com que a simulação de fluido tenha mais estabilidade e possa ser utilizada com malhas não estruturadas para geometrias complexas (KAJISHIMA; TAIRA, 2017).

Na prática da engenharia, todos os escoamentos se tornam instáveis acima de um valor de Reynolds. Em valores baixos de Reynolds, os escoamentos são laminares. Em valores maiores, o escoamento sofre uma mudança brusca no comportamento, passando a turbulento. Escoamentos turbulentos são caracterizados por um comportamento caótico e aleatório, provocado pela presença de turbilhões, onde a velocidade e pressão mudam constantemente com o tempo em algumas regiões do escoamento (VERSTEEG; MALALASEKERA, 2007).

Para a grande maioria das turbomáquinas, o escoamento é turbulento. Esses escoamentos turbulentos não podem ser descritos precisamente por simples métodos analíticos em geometrias complexas, sendo tratados por métodos estatísticos. Eles são resolvidos por características de similaridade através de coeficientes adimensionais.

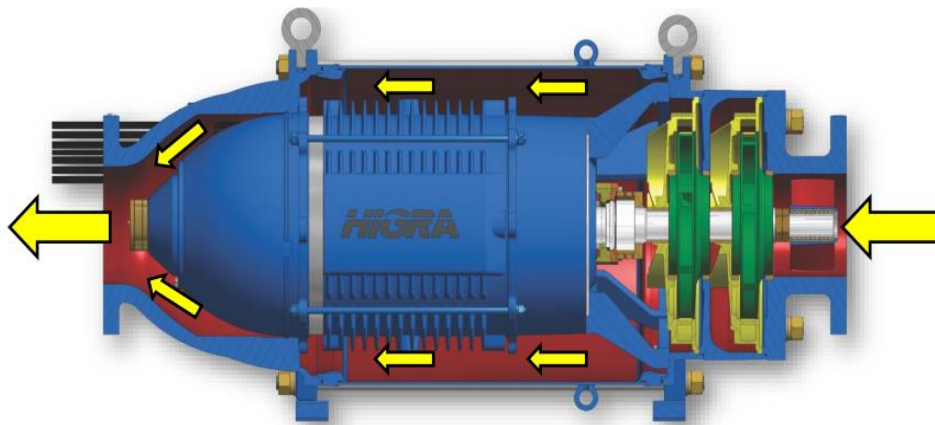
Para resolver esse tipo de escoamento em bombas, são usados modelos de turbulência de duas equações, por exemplo o K- ϵ (K-epsilon), onde K é a energia cinética específica e o ϵ é a taxa de dissipação turbulenta. Este modelo tem sido o mais popular nas aplicações pois admite um tamanho de malha menos refinado (GÜLICH, 2008).

Os processos de simulação podem estar sujeitos a variações físicas que não são previstas ou consideradas na simulação, visto que o processo de simulação faz algumas simplificações de geometrias por exemplo, podem ocorrer situações que a malha ou simulação também não conseguem prever, somente através de métodos mais complexos de simulação, não previstos nesta análise por não se julgar serem necessários.

Conjunto HIGRA

O conceito de bombeamento anfíbio é um desenvolvimento pioneiro e exclusivo da HIGRA. A capacidade de operar dentro e fora da água com o mesmo equipamento é consequência do design adotado pela engenharia da empresa, sempre buscando apresentar diversos benefícios técnicos, operacionais, financeiros e institucionais.

O anfibismo destas bombas é consequência do design adotado, onde o fluxo da água é admitido pela sucção axial flangeada, passando por um rotor centrífugo onde todo o volume de fluido bombeado passa ao longo do motor garantindo uma excelente troca térmica.



O projeto destas Bombas foi concebido para atender as novas necessidades do mercado de captação e movimentação de fluidos. As Bombas HIGRA contam com uma baixíssima emissão de ruído (menos de 60dB), são fabricadas com materiais 100% recicláveis e foram desenvolvidas para ocupar o menor espaço possível dentro das unidades de captação.

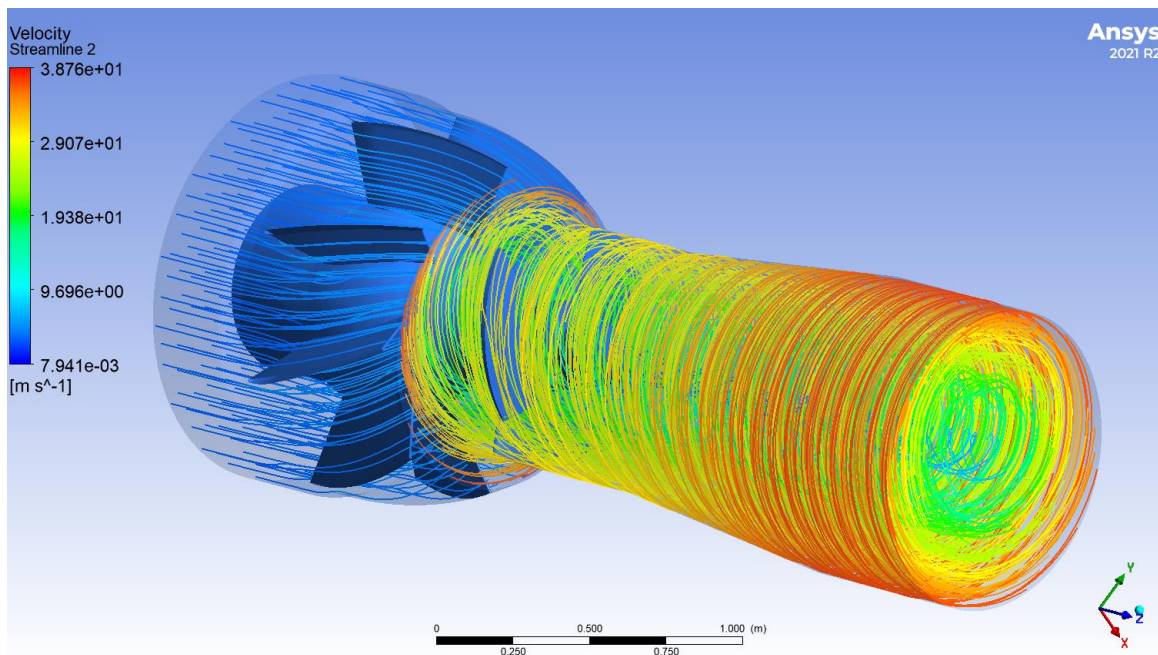
A refrigeração interna do motor é feita com água. Para tanto, o bobinado deste é feito com espiras de fio encapado, que garante a isolamento e permite rebobinagem. Os mancais axiais e radiais de deslizamento asseguram a centralização e absorção das vibrações e esforços resultantes do movimento rotatório, empuxo e pressões hidráulicas atuantes no rotor centrífugo. É um conjunto totalmente hermético evitando qualquer tipo de vazamento que agrida o ambiente externo.

A facilidade e simplicidade de instalação e manuseio apresentada pelas Bombas Anfíbias e permitem que se reduza ao mínimo obras civis e intervenção nas áreas de instalação, reduzindo significativamente o impacto ambiental e os custos totais da obra.

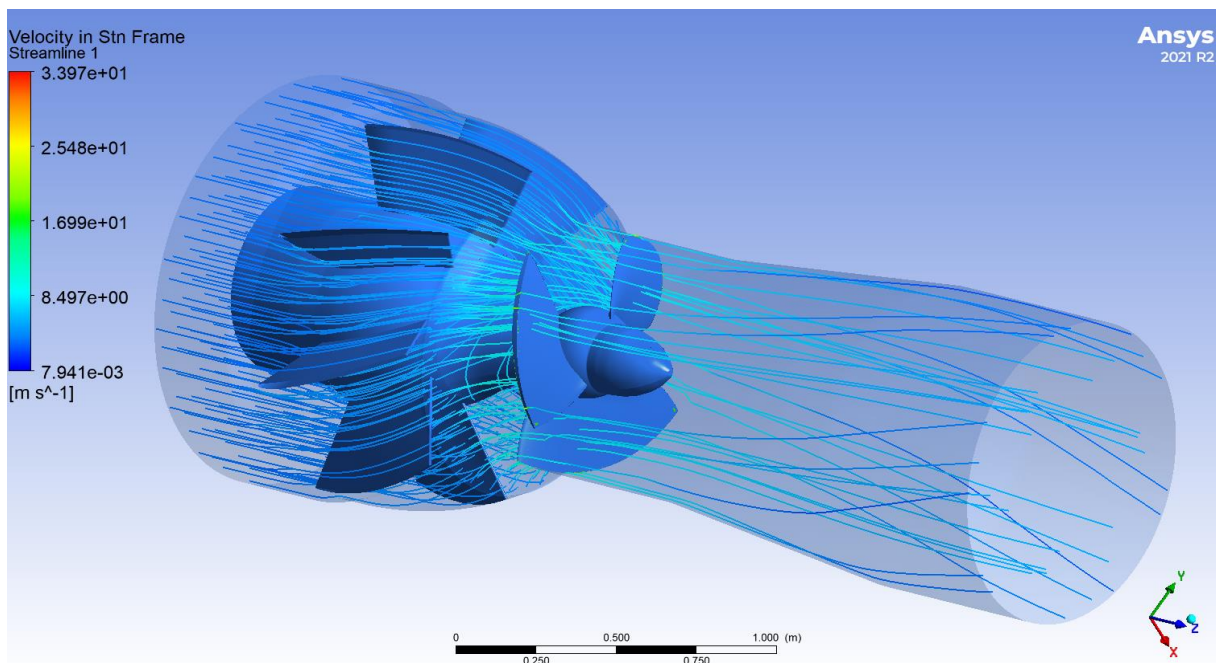
O desenvolvimento hidrodinâmico do conjuntos foi feito projetando e simulando várias geometrias de turbina, otimizando para as mesmas para obter o melhor rendimento e a maior geração possível, tendo em vista os valores mínimos combinados.

Simulação para 5,5 mca

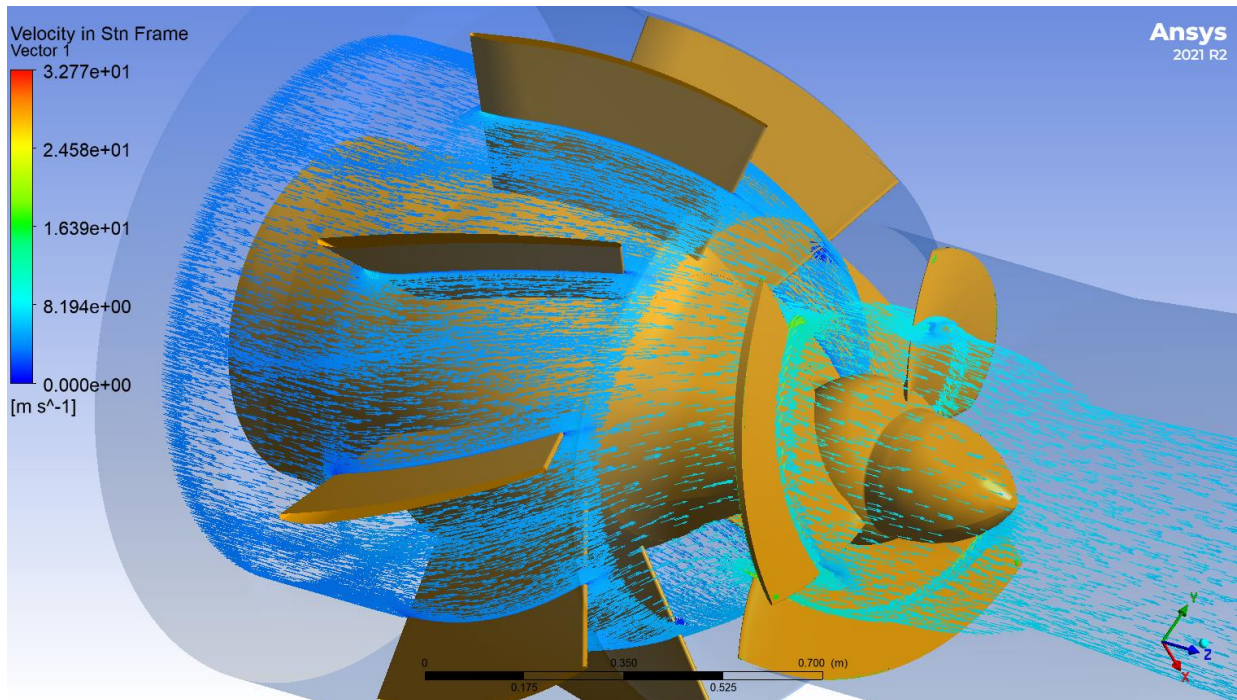
Após várias simulações iniciais não mostradas nesse relatório, foi desenvolvido a geometria ideal para as condições de campo previstas. A simulação final foi feita para 5,5 mca, com 3,0 m³/s. Pode ser visto as linhas de fluxo resultante do escoamento.



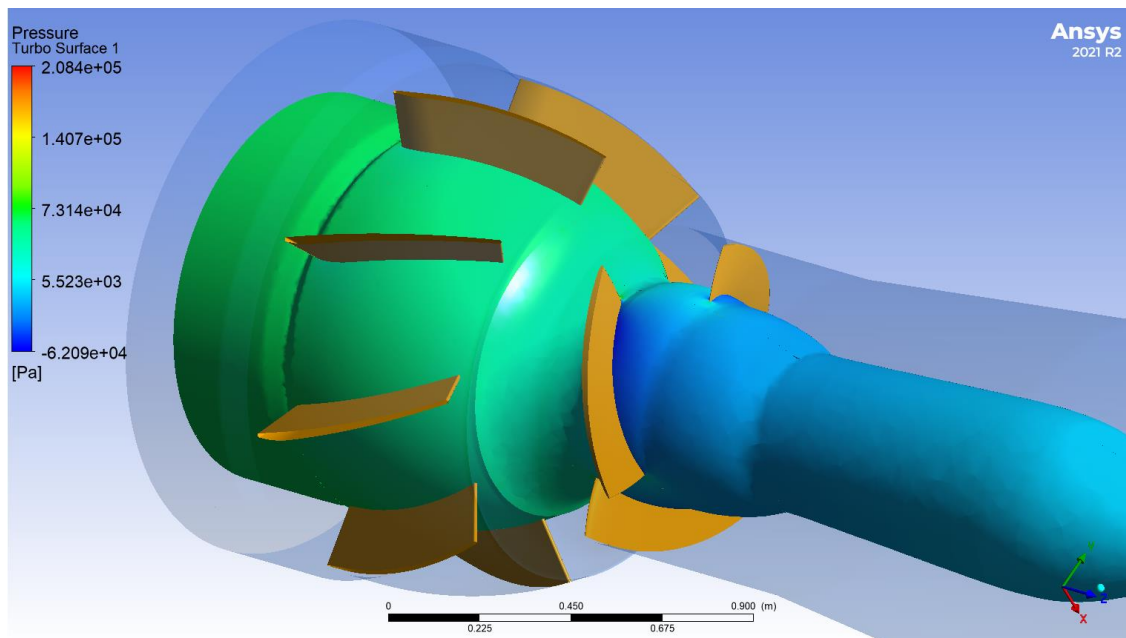
Esse escoamento também pode ser visto através de linhas de fluxo resultantes dentro do difusor e rotor na figura abaixo, onde percebe-se a uniformidade do escoamento através deste domínio, sem recirculações.



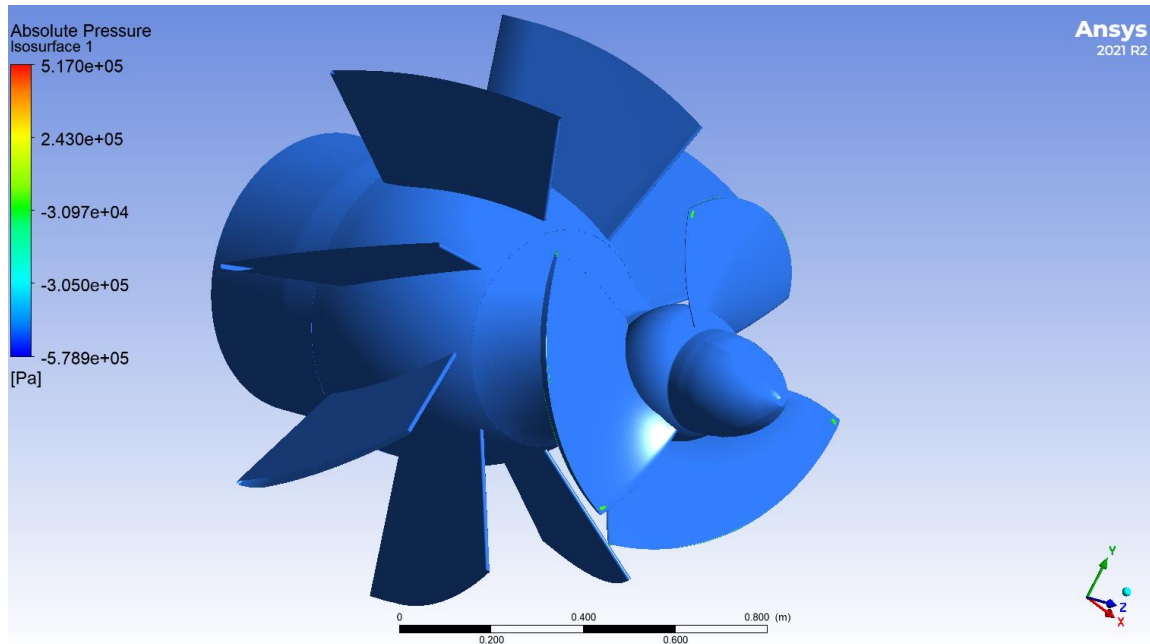
Na figura abaixo, estão plotados os vetores resultantes do escoamento mostrando a uniformidade e linearidade do mesmo, inclusive na transição para o rotor e no contato com as pás.



O plot de pressão no plano médio da seção do rotor pode ser visto na figura abaixo, onde percebe-se que não há recirculação no difusor, assim como não há no rotor.



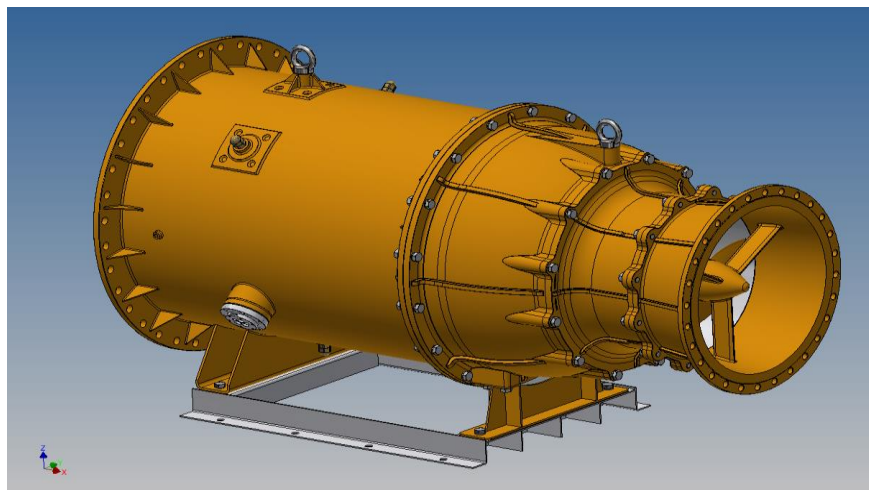
Cavitação mínima, apenas na parte superior do bordo de fuga da do rotor, conforme pode ser visto na figura abaixo:



Com isso, os dados finais projetados do rotor do tipo axial em 5,5 mca são:

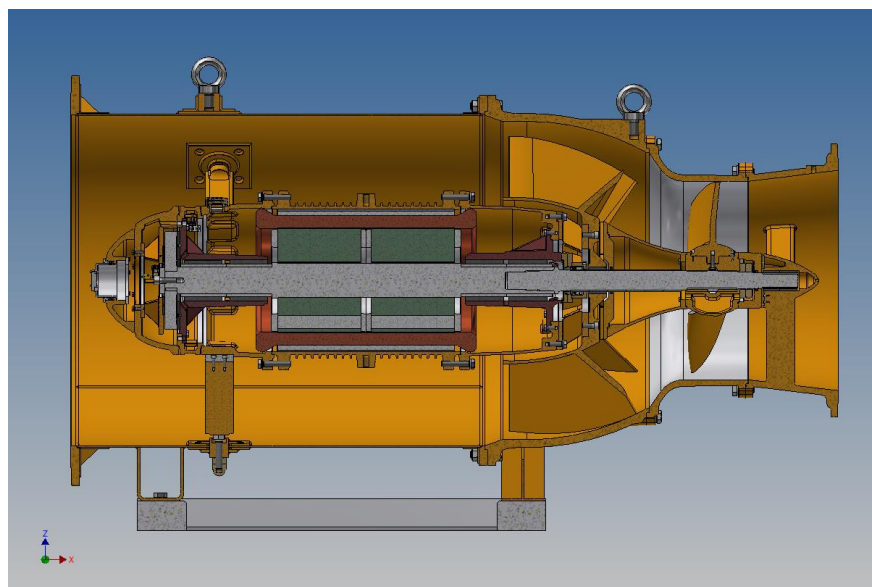
- Vazão = 3,0 m³/s
- Altura Manométrica = 5,5 mca
- Rendimento Hidráulico da máquina: 75,6%
- Potência Hidráulica: 291 cv

Projeto Mecânico da máquina



Desenho em perspectiva do conjunto motobomba

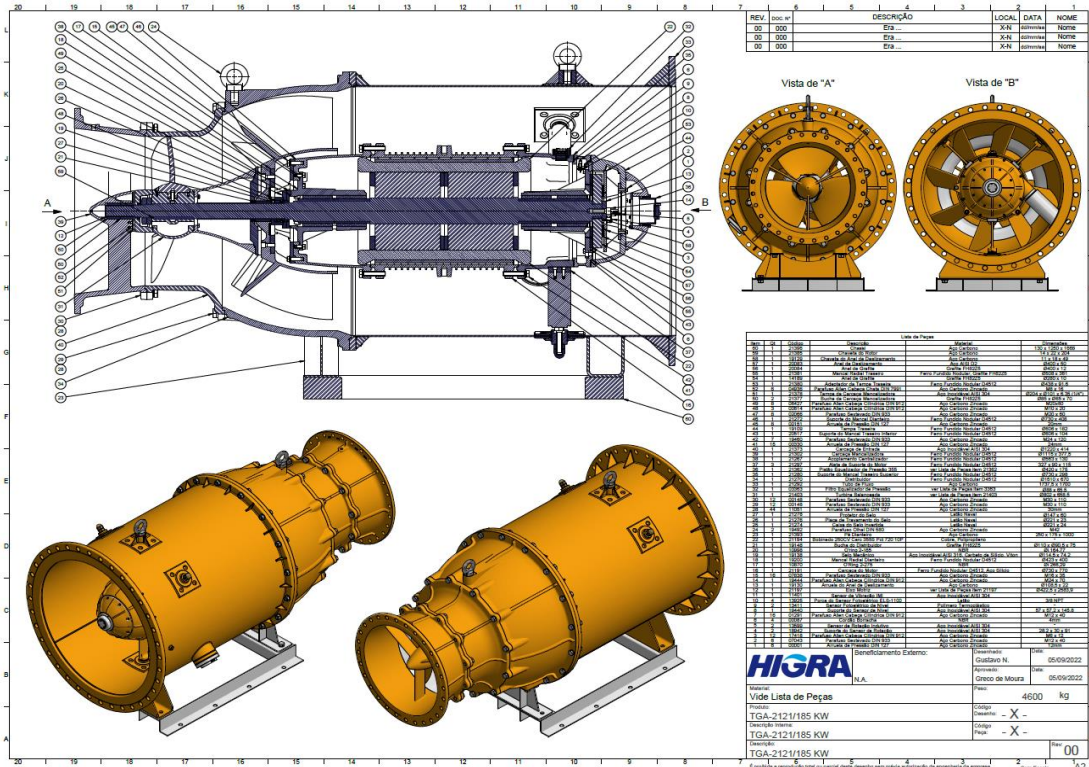
Fonte: Engenharia HIGRA



Desenho em corte do conjunto motobomba

Fonte: Engenharia HIGRA

O desenho com lista de peças inclui todos os componentes internos da máquina, contemplando a revisão final, contendo a listagem completa de todos os itens estudados, destacando suas quantidades, materiais de fabricação e sua localização na montagem da máquina.

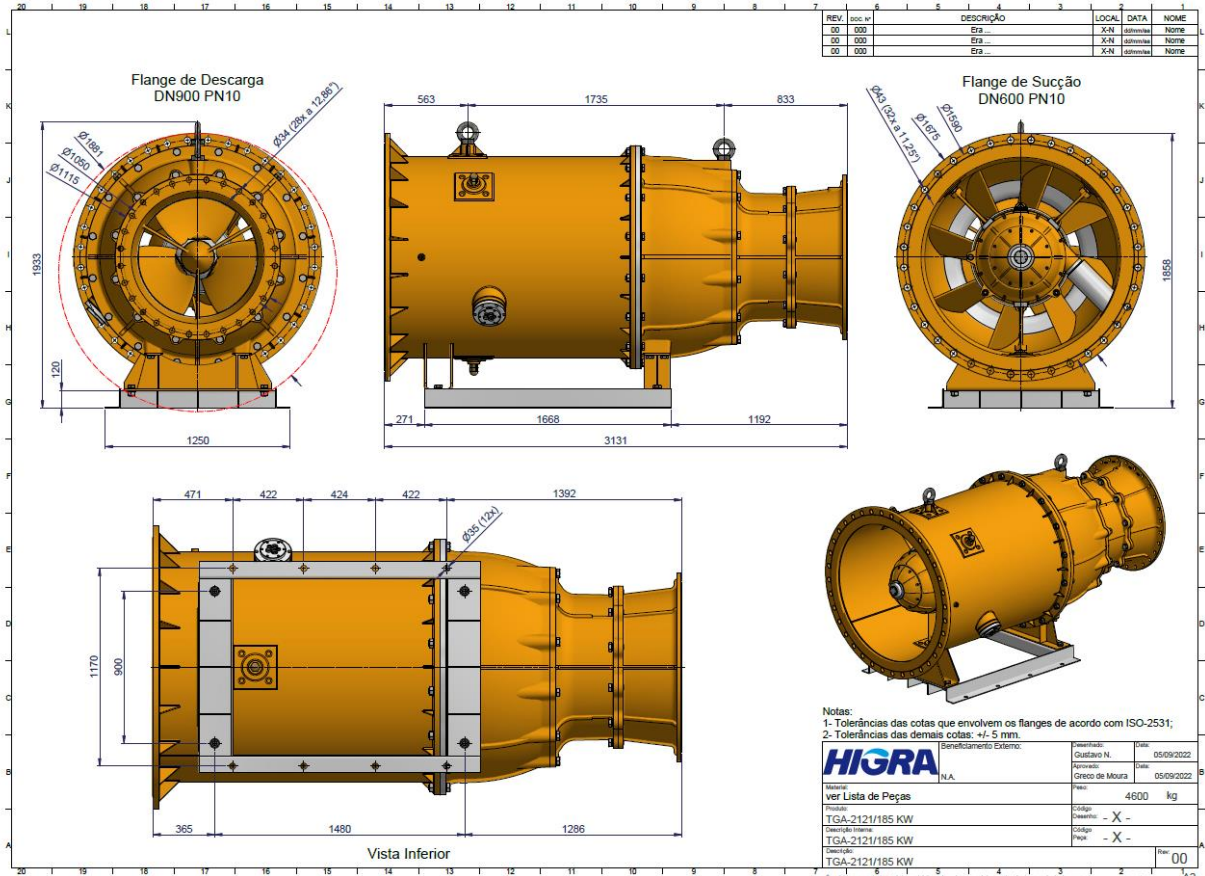


Lista de peças do equipamento
Fonte: Engenharia HIGRA

Item	Qt	Código	Descrição	Material	Dimensões
60	1	21396	Chassi	Aço Carbono	130 x 1250 x 1668
59	1	21385	Chaveta do Rotor	Aço Carbono	14 x 22 x 204
58	1	19129	Chaveta do Anel de Deslizamento	Aço Carbono	11 x 18 x 49
57	1	20083	Anel de Deslizamento	Aço AISI D2	Ø400 x 50
56	1	20084	Anel de Grafite	Grafite FH82Z5	Ø400 x 12
55	1	21381	Mancal Radial Traseiro	Ferro Fundido Nodular, Grafite FH82Z5	Ø508 x 361
54	1	14189	Anel de Grafite	Grafite FH82Z5	Ø280 x 10
53	1	21380	Adaptador da Tampa Traseira	Ferro Fundido Nodular D4512	Ø438 x 91,6
52	6	04936	Parafuso Allen Cabeça Chata DIN 7991	Aço Carbono Zincado	M8 x 16
51	1	21378	Tampa da Carcaça Mancalizador	Aço Inoxidável AISI 304	Ø204 x Ø101 x 6,35 (1/4")
50	2	21377	Bucha da Carcaça Mancalizador	Grafite FH82Z5	Ø85 x Ø65 x 70
49	8	06427	Parafuso Allen Cabeça Cilíndrica DIN 912	Aço Carbono Zincado	M20x50
48	3	00614	Parafuso Allen Cabeça Cilíndrica DIN 912	Aço Carbono Zincado	M10 x 20
47	8	02066	Parafuso Sextavado DIN 933	Aço Carbono Zincado	M20 x 60
46	1	21272	Suporte do Mancal Dianteiro	Ferro Fundido Nodular D4512	Ø730 x 408
45	8	00151	Arruela de Pressão DIN 127	Aço Carbono Zincado	20mm
44	1	19109	Tampa Traseira	Ferro Fundido Nodular D4512	Ø606 x 182
43	1	20517	Suporte do Mancal Traseiro Inferior	Ferro Fundido Nodular D4512	Ø606 x 104
42	7	19460	Parafuso Sextavado DIN 933	Aço Carbono Zincado	M24 x 120
41	15	00330	Arruela de Pressão DIN 127	Aço Carbono Zincado	24mm
40	1	21373	Carcaça de Entrada	Aço Inoxidável AISI 304	Ø1220 x 414
39	1	21302	Carcaça Mancalizador	Ferro Fundido Nodular D4512	Ø1115 x 377,5
38	1	21267	Acoplamento Centralizador	Ferro Fundido Nodular D4512	Ø563 x 130
37	3	21297	Aleta de Suporte do Motor	Ferro Fundido Nodular D4512	327 x 90 x 115
36	1	21362	Pistão Equalizador de Pressão 355	ver Lista de Peças Item 21362	Ø420 x 175
35	1	21280	Suporte do Mancal Traseiro Superior	Ferro Fundido Nodular D4512	Ø730 x 298
34	1	21270	Distribuidor	Ferro Fundido Nodular D4512	Ø1510 x 670
33	1	21292	Tubo de Fluxo	Aço Carbono	1737,5 x 1700
32	1	03363	Filtro Equalizador de Pressão	ver Lista de Peças Item 3363	Ø88 x 65,5
31	1	21403	Turbina Balanceada	ver Lista de Peças Item 21403	Ø802 x 658,5
30	12	00148	Parafuso Sextavado DIN 933	Aço Carbono Zincado	M30 x 110
29	12	00148	Parafuso Sextavado DIN 933	Aço Carbono Zincado	M30 x 110
28	44	11051	Arruela de Pressão DIN 127	Aço Carbono Zincado	30mm
27	1	21278	Proletor do Selo	Latão Naval	Ø147 x 60
26	1	21276	Placa de Travamento do Selo	Latão Naval	Ø221 x 23
25	1	21274	Caixa do Selo Invertida	Latão Naval	Ø221 x 24
24	2	19492	Parafuso Olhal DIN 580	Aço Carbono Zincado	M42
23	1	21393	Pé Dianteiro	Aço Carbono	250 x 175 x 1000
22	1	21194	Bobinado 250CV Carc 355S Pct 720 10P	Cobre, Polipropileno	-
21	1	19148	Bucha do Distribuidor	Grafite FH82Z5	Ø110 x Ø90,5 x 75
20	1	10998	O'ring 2-165	NBR	Ø164,77
19	1	19138	Selo Mecânico	Aço Inoxidável AISI 316, Carbeto de Silício, Viton	Ø114,5 x 74,2
18	1	19200	Mancal Radial Dianteiro	Ferro Fundido Nodular D4512	Ø423 x 400
17	1	10870	O'Ring 2-275	NBR	Ø266,29
16	1	21191	Carcaça do Motor	Ferro Fundido Nodular D4512, Aço Silício	Ø730 x 770
15	16	07838	Parafuso Sextavado DIN 933	Aço Carbono Zincado	M16 x 35
14	1	19444	Parafuso Allen Cabeça Cilíndrica DIN 912	Aço Carbono Zincado	M24 x 70
13	1	19130	Arruela do Anel de Deslizamento	Aço Carbono	Ø108,5 x 22
12	1	21197	Eixo Motriz	ver Lista de Peças Item 21197	Ø422,5 x 2583,9
11	1	11401	Sensor de Vibração IMI	Aço Inoxidável AISI 304	-
10	4	13925	Porca do Sensor Fotoelétrico ELS-1100	Latão	3/8 NPT
9	2	13411	Sensor Fotoelétrico de Nível	Polímero Termoplástico	-
8	1	19440	Suporte do Sensor de Nível	Aço Inoxidável AISI 304	57 x 57,2 x 145,8
7	16	01291	Parafuso Allen Cabeça Cilíndrica DIN 912	Aço Carbono Zincado	M12 x 40
6	4	00087	Cordão Borracha	NBR	4mm
5	2	13599	Sensor de Rotação Indutivo	Aço Inoxidável AISI 304	-
4	2	18942	Suporte do Sensor de Rotação	Aço Inoxidável AISI 304	28,2 x 30 x 91
3	12	17418	Parafuso Allen Cabeça Cilíndrica DIN 912	Aço Carbono Zincado	M6 x 12
2	6	07043	Parafuso Sextavado DIN 933	Aço Carbono Zincado	M12 x 40
1	6	00001	Arruela de Pressão DIN 127	Aço Carbono Zincado	12mm

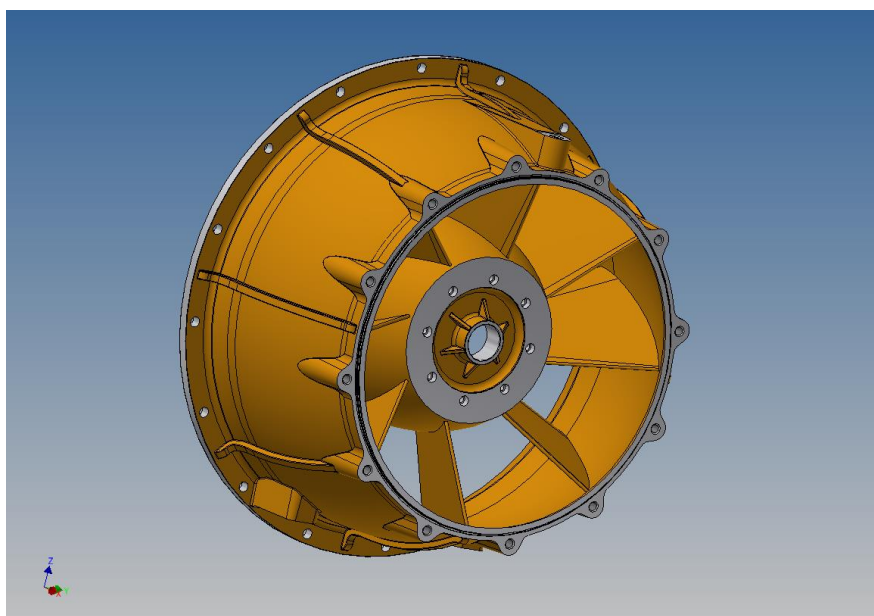
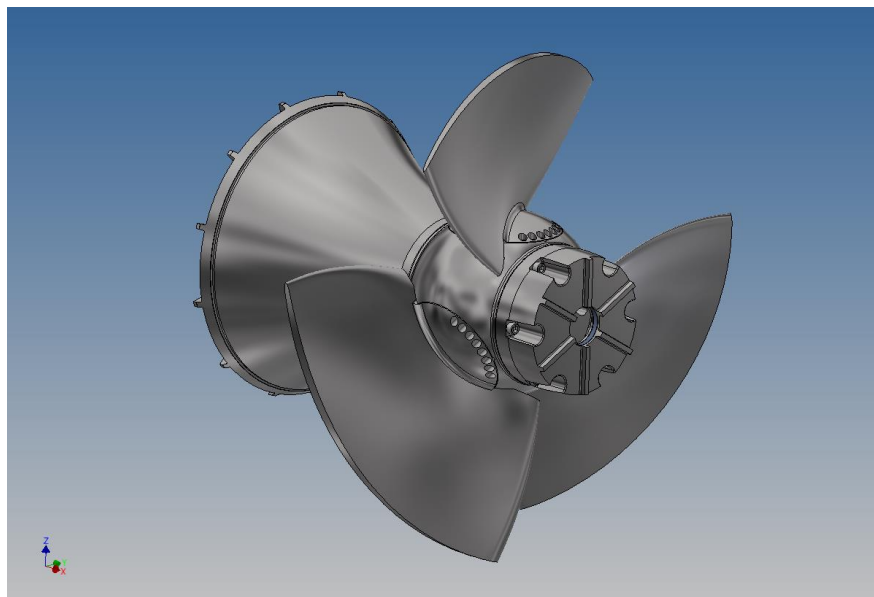
Dimensional Final

O desenho dimensional final da máquina pode ser visto na figura abaixo, contendo todas as dimensões externas da máquina, inclusive o dimensionamento dos flanges.



Componentes isolados

Mostrar os componentes de forma isolada, tem com o intuito de poder apresentar mais vistas ou detalhes do que no desenho técnico. As figuras abaixo mostram vistas do rotor e difusor.



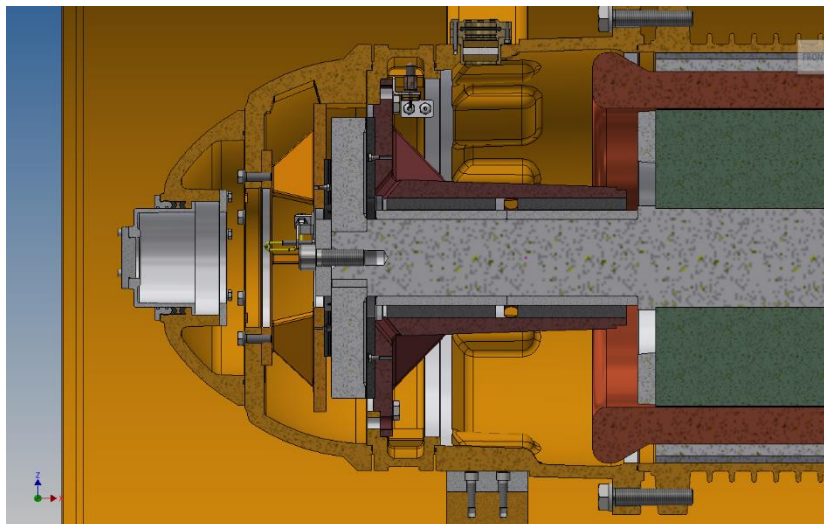
Cargas axiais

A carga axial da bomba é a soma do empuxo axial mais o efeito pistão que acontece no eixo do motor. O limite de carga específica dos mancais de grafite utilizados pela HIGRA são de 5 kg/cm².

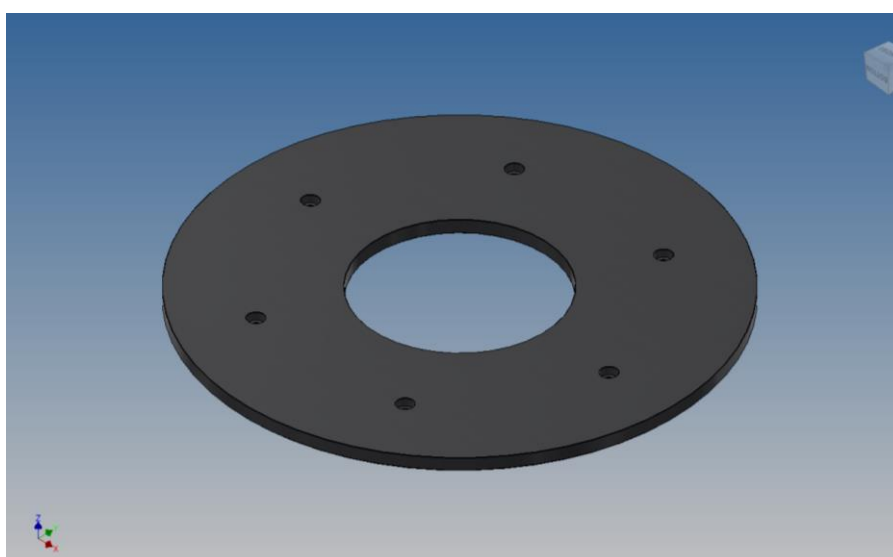
Mancalização Axial

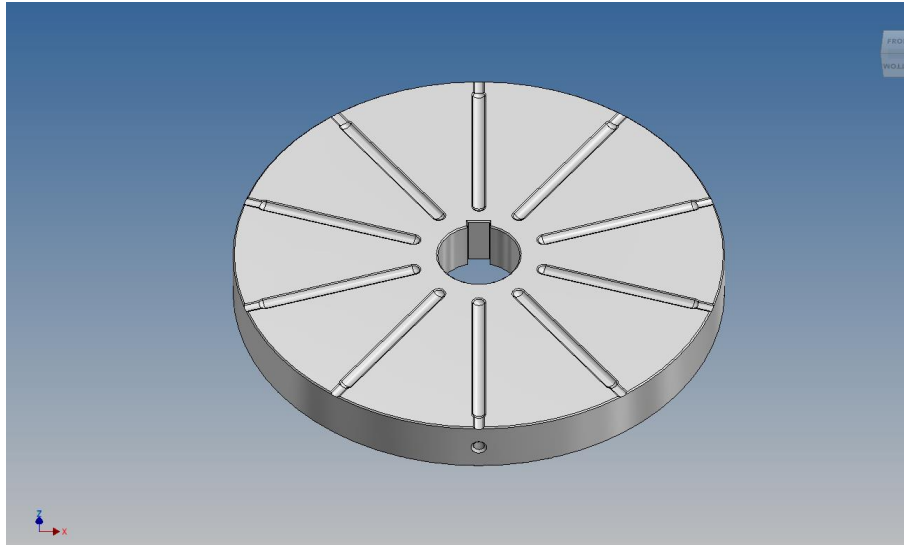
O mancal axial é composto por um anel de deslizamento em aço Aisi D2 e dois anéis de grafite. O anel de deslizamento ranhurado, com isso tendo uma lubrificação forçada e maior refrigeração. Os grafites são lisos, para maior área de mancalização.

Nesse sistema de mancal, os grafites são assentados e fixados em bases de FoFo Nodular e o Anel de deslizamento é solidário ao eixo, com um sistema de compensação angular. O sistema completo pode ser visto na figura abaixo:



Para fazer um mancal “oilfree” a ser lubrificado somente com água em partida ou plena carga, os canais das peças foram invertidos, fazendo grafites lisos e ranhuras no anel de deslizamento (ver figuras abaixo) e com isso fazer uma lubrificação forçada do sistema.

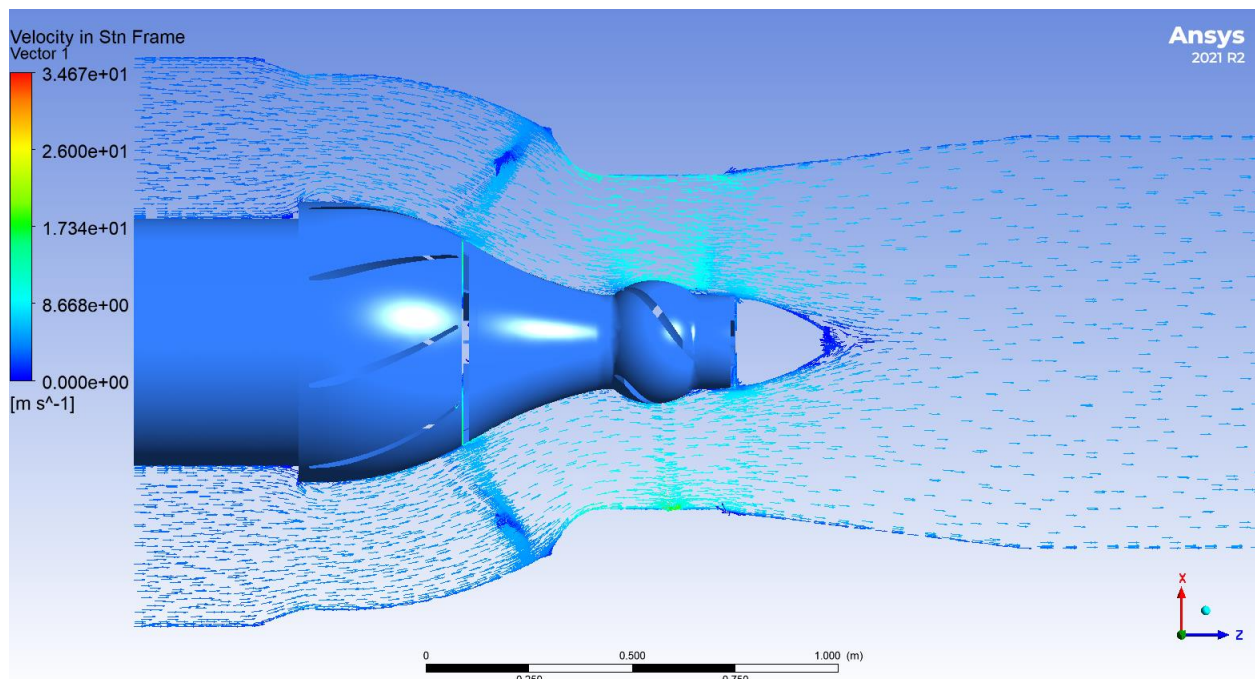




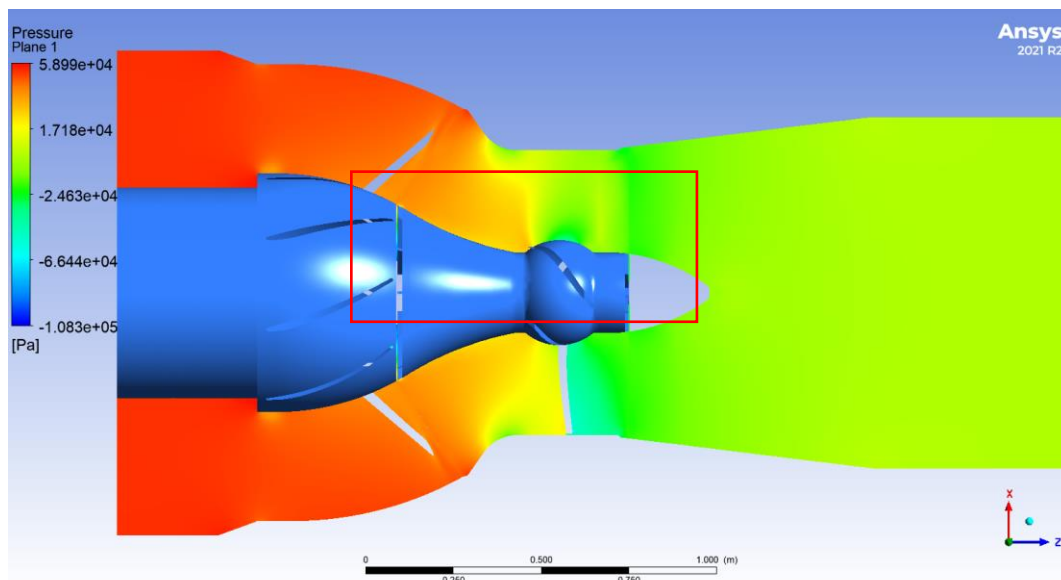
Simulação de Carga axial

As aletas dinâmicas, em algumas aplicações funcionam melhor do que aletas estáticas, podendo reduzir ainda mais a força de empuxo em turbomáquinas.

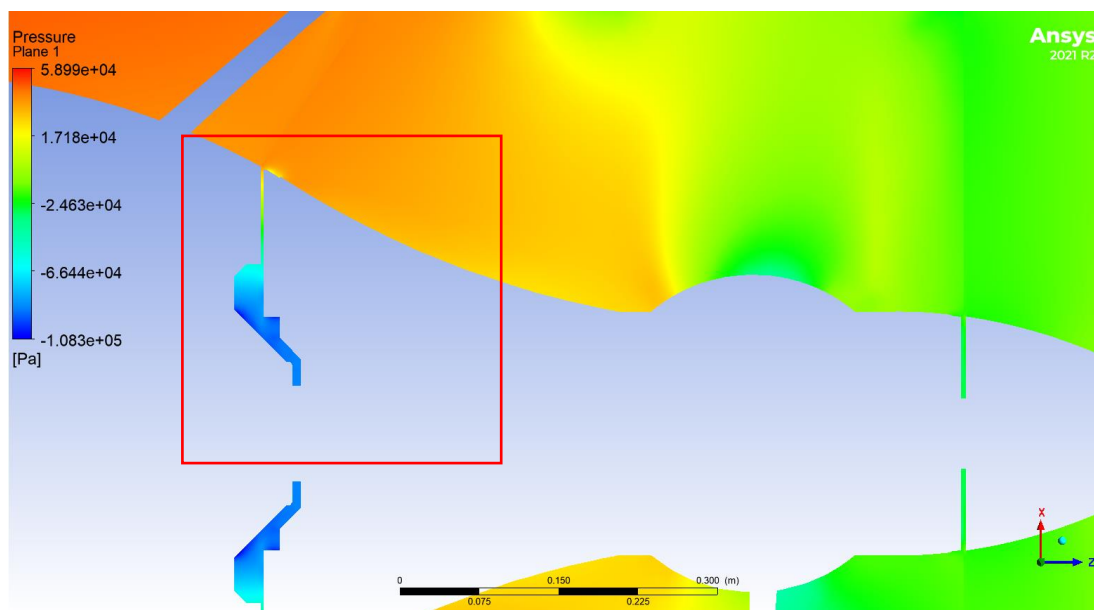
Para validar essa hipótese, o projeto foi realizado com a inclusão de aletas dinâmicas colocadas na câmara de alívio hidráulico, conforme mostrado na figura abaixo.



Um ponto interessante no uso de aletas dinâmicas é que com as aletas, não se faz necessário a utilização do anel de ajuste no rotor, conforme pode ser observado na figura abaixo.



A redução de pressão com as aletas dinâmicas acontece conforme mostrado na figura abaixo. Seção com detalhe para o alívio hidráulico de cargas axiais:



A força de empuxo resultante desta situação é 2150 kgf, que apesar de ser menor do que o valor inicial, reduz aproximadamente a metade da versão das aletas estáticas, ficando um valor de carga axial bem mais alto.

Carga Específica

A carga axial total do conjunto é de 2150 kgf, que é a soma das forças atuantes sobre o rotor.

Para essa carga, o mancal deveria ter no mínimo 420 cm² de área útil e o mancal previamente dimensionado está bem folgado para essa carga axial, chegando a uma carga específica baixa conforme mostrado abaixo.

Com isso, a carga específica sobre o mancal pode ser calculada conforme equação abaixo.

$$Ce = \frac{Fe}{A}$$

Onde:

Ce = Carga específica

Fe = Força de empuxo

A = Área útil do mancal

Utilizando a força de empuxo na pior situação (2150 kgf), a carga específica pode ser calculado conforme abaixo.

$$Ce = \frac{2150 \text{ kgf}}{1017 \text{ cm}^2}$$

$$Ce = 2,11 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Com base com a carga específica dos mancais HIGRA de 5 kg/cm², o fator de segurança do mancal está na faixa de 2,3 e com isso, com bastante segurança e folga para operação do conjunto.



Simulações estruturais

Foram feitas simulações estruturais dos principais componentes para definição do projeto final da máquina, entre eles os esforços sobre as pás do rotor, eixo e carcaça externa.

Simulação estrutural Pá do Rotor

Analyzed File:	Pá do Rotor - 21256 REV00 - FEA.ipt
Autodesk Inventor Version:	2020 (Build 240168000, 168)
Creation Date:	05/09/2022, 11:31
Study Author:	Ismael Schroer
Summary:	

▣ **Project Info (iProperties)**

▣ **Project**

Part Number	Pá da Turbina V12
Description	STEP Version 203
Revision Number	NONE
Designer	Ismael Schroer

▣ **Physical**

Material	Stainless Steel
Density	8 g/cm ³
Mass	23,4047 kg
Area	357325 mm ²
Volume	2925580 mm ³
Center of Gravity	x=0,674878 mm y=213,329 mm z=-5,45753 mm

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.

General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Study Type	Static Analysis
Last Modification Date	04/08/2022, 17:00
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No



Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,03
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,07
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	Yes

Material(s)

Name	Stainless Steel	
General	Mass Density	8 g/cm ³
	Yield Strength	250 MPa
	Ultimate Tensile Strength	540 MPa
Stress	Young's Modulus	193 GPa
	Poisson's Ratio	0,3 ul
	Shear Modulus	74,2308 GPa
Part Name(s)	Pá do Rotor - 21256 REV00 - FEA.ipt	

Operating conditions

Force:1

Load Type	Force
Magnitude	11000,000 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	0,000 N
Vector Z	-11000,000 N

Results

Reaction Force and Moment on Constraints

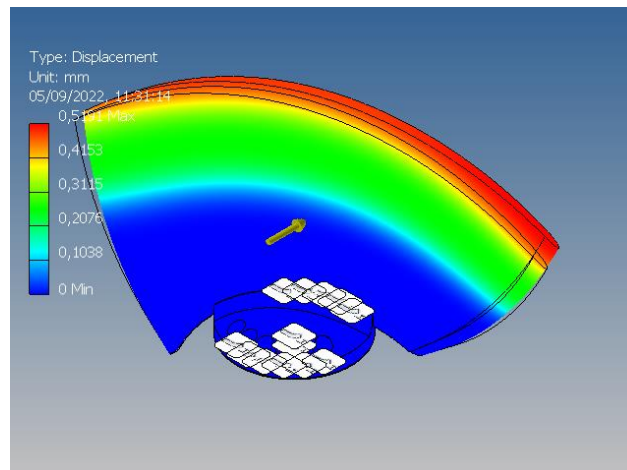
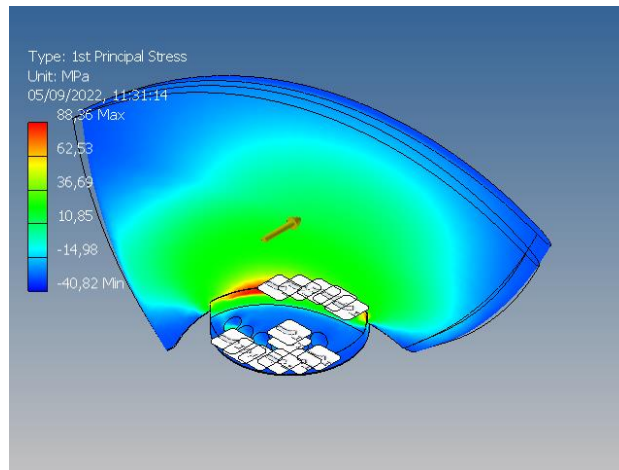
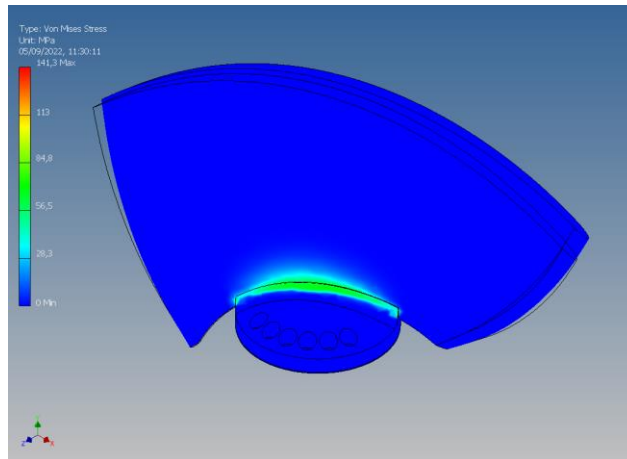
Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	11000 N	0 N	1697,69 N m	1695,63 N m
		0 N		-83,4382 N m
		11000 N		0 N m

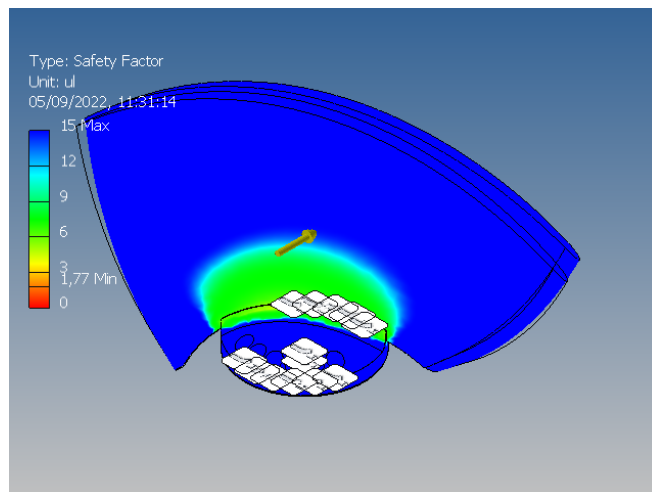
Result Summary

Name	Minimum	Maximum
Volume	2926100 mm ³	
Mass	23,4088 kg	
Von Mises Stress	0,0112244 MPa	141,259 MPa
1st Principal Stress	-40,8204 MPa	88,3636 MPa
3rd Principal Stress	-190,267 MPa	17,9831 MPa
Displacement	0 mm	0,519092 mm
Safety Factor	1,76979 ul	15 ul

O resultado da tensão de Von Misses pode ser visto na figura abaixo, onde a tensão máxima encontrada foi de 141,3 MPa, mas isso em pontos que podem ser desconsiderados como problemas de qualidade de malha.

Analisando a tensão detalhadamente, a tensão máxima de fato encontrada é na ordem de 90 MPa.





Com base nos dados acima, conclui-se que a pá está bem dimensionada estruturalmente, com tensão máxima encontrada bem abaixo da tensão de escoamento do material.

Simulação estrutural do Tubo de Fluxo

Analyzed File:	Tubo de Fluxo Usi - 21293 REV01 - Pos Original.iam
Autodesk Inventor Version:	2020 (Build 240168000, 168)
Creation Date:	05/09/2022, 13:30
Study Author:	Ismael Schroer
Summary:	

☐ Project Info (iProperties)

☐ Summary

Author	Gustavo N.
Comments	Este .iam foi aproveitado do item 21293 REV00 Gustavo N. 18/08/22

☐ Project

Part Number	21293
Description	Tubo de Fluxo 121 Usi
Revision Number	01
Project	Tubo de Fluxo 121 Usi
Designer	Gustavo N.

☐ Physical

Mass	654,967 kg
Area	21189300 mm ²
Volume	84354600 mm ³
Center of Gravity	x=653,216 mm y=-4,43335 mm z=-61,824 mm

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.

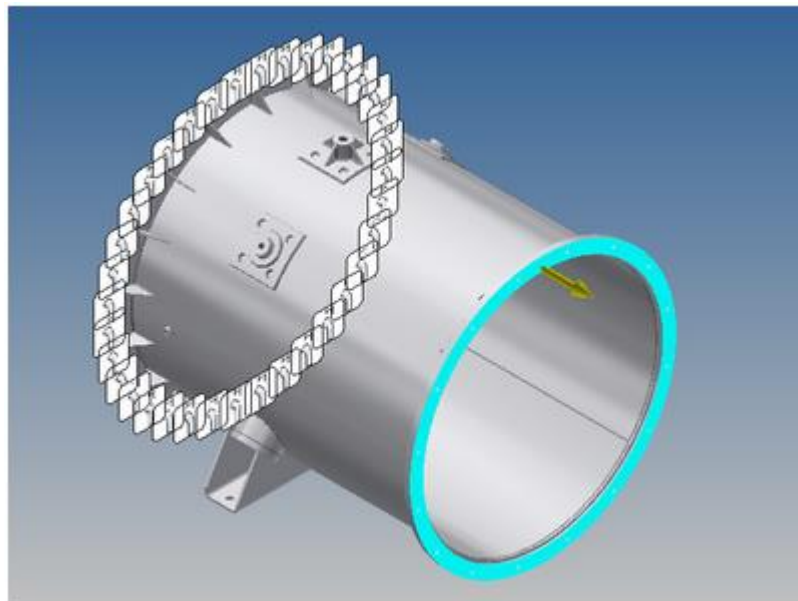
General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Study Type	Static Analysis
Last Modification Date	05/09/2022, 13:27
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No
Separate Stresses Across Contact Surfaces	No
Motion Loads Analysis	No

Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	No
Use part based measure for Assembly mesh	Yes

Load Type	Force
Magnitude	100000,000 N
Vector X	100000,000 N
Vector Y	0,000 N
Vector Z	0,000 N



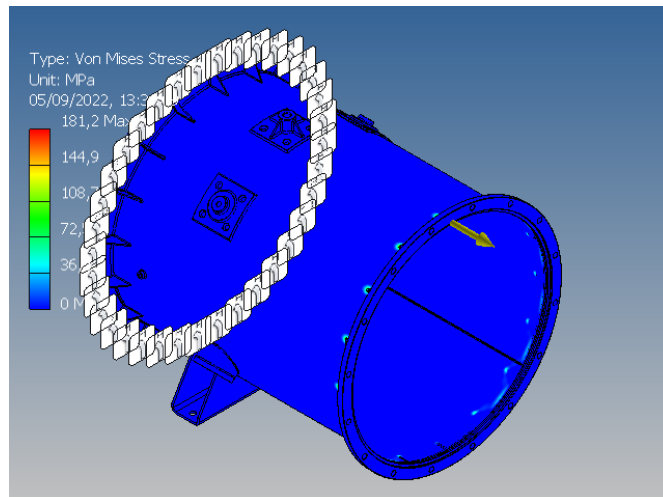
☐ Reaction Force and Moment on Constraints

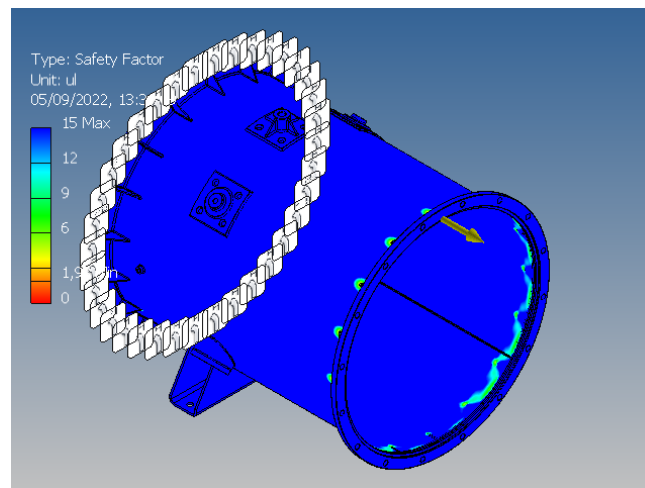
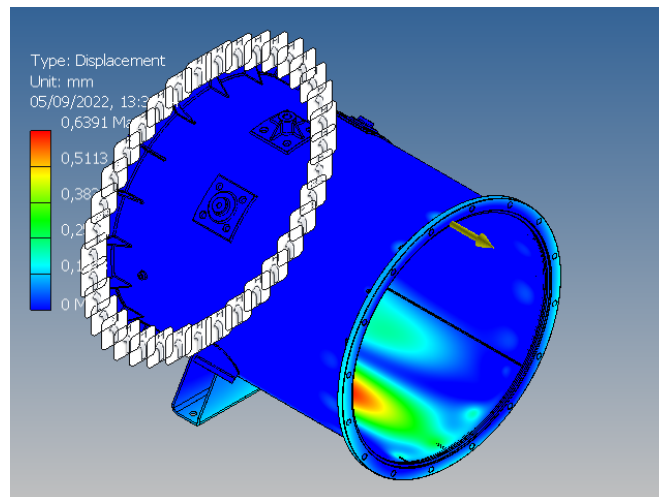
Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	101980 N	-100000 N	11677,9 N m	0 N m
		0 N		-11677,9 N m
		20000 N		0 N m

☐ Result Summary

Name	Minimum	Maximum
Volume	84354900 mm ³	
Mass	654,968 kg	
Von Mises Stress	0,0105141 MPa	181,157 MPa
1st Principal Stress	-61,6977 MPa	227,556 MPa
Displacement	0 mm	0,639065 mm
Safety Factor	1,93202 ul	15 ul

O resultado da tensão de Von Mises pode ser visto na figura abaixo, onde a tensão máxima encontrada foi de 182 MPa.





Simulação estrutural do Eixo Motriz

Para a simulação do eixo motriz, foi considerado uma carga extra de 30% como fator de segurança adicional.

Analyzed File:	Eixo Motriz TGA-2121_185 - XXXXX REV03 (Ponta).ipt
Autodesk Inventor Version:	2020 (Build 240168000, 168)
Creation Date:	05/09/2022, 14:18
Study Author:	Ismael Schroer
Summary:	

☐ Project Info (iProperties)

☐ Summary

Title	
Author	Gustavo N.

☐ Project

Part Number	Eixo Motriz TGA-2121_185 - 21201 REV00 (Ponta)
Designer	Gustavo N.

☐ Physical

Material	Stainless Steel, 440C
Density	7,75 g/cm ³
Mass	43,03 kg
Area	305952 mm ²
Volume	5552260 mm ³
Center of Gravity	x=540,842 mm y=-0,237889 mm z=0 mm

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.

General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Study Type	Static Analysis
Last Modification Date	05/09/2022, 14:16
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No

Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	Yes

☐ Operating conditions

☐ Force:1

Load Type	Force
Magnitude	27391,000 N
Vector X	27391,000 N
Vector Y	0,000 N
Vector Z	0,000 N



☐ Moment:1

Load Type	Moment
Magnitude	3197740,000 N mm
Vector X	-3197740,000 N mm
Vector Y	0,000 N mm
Vector Z	0,000 N mm

☐ Results

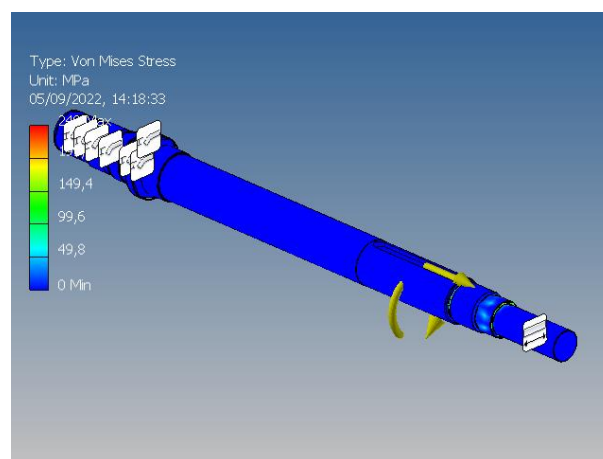
☐ Reaction Force and Moment on Constraints

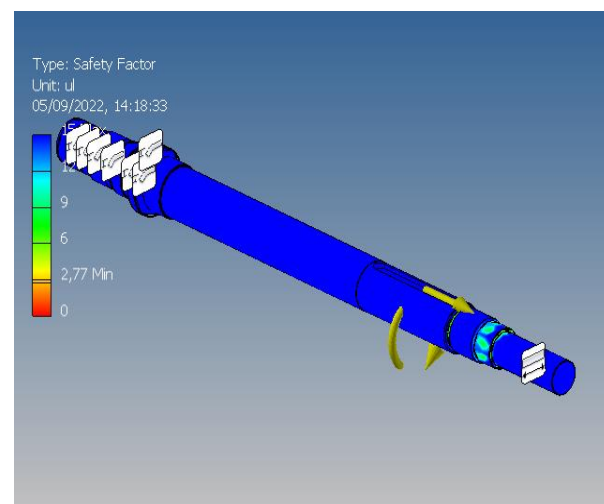
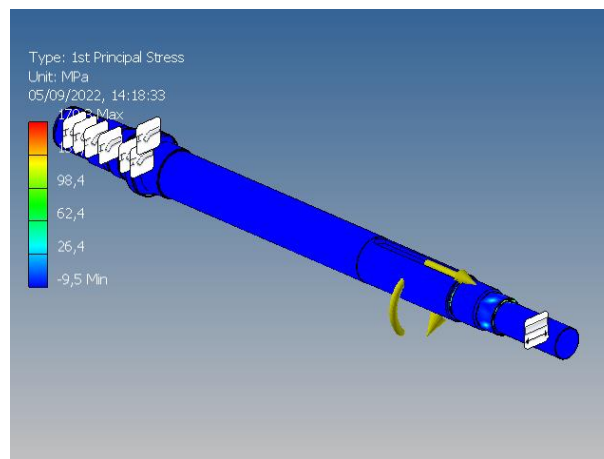
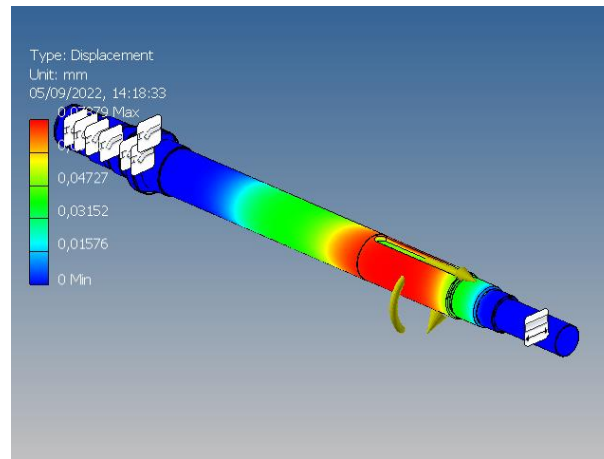
Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	5258,95 N	-5258,08 N	1141,33 N m	1140,68 N m
		-94,2804 N		-4,7074 N m
		16,8166 N		-38,4773 N m
Frictionless Constraint:1	22127,2 N	-22127 N	2057,76 N m	2056,96 N m
		99,614 N		-4,14056 N m
		22,1943 N		-57,0297 N m

☐ Result Summary

Name	Minimum	Maximum
Volume	5552250 mm ³	
Mass	43,0299 kg	
Von Mises Stress	0,000115127 MPa	248,969 MPa
1st Principal Stress	-9,53671 MPa	170,329 MPa
3rd Principal Stress	-172,42 MPa	9,09708 MPa
Displacement	0 mm	0,0787906 mm
Safety Factor	2,76741 ul	15 ul

O resultado da tensão de Von Misses pode ser visto na figura abaixo, onde a tensão máxima encontrada foi de 249 MPa.





As simulações estruturais demonstram o bom dimensionamento dos componentes, onde todos os itens críticos analisados com elementos finitos resultaram em bons fatores de segurança.

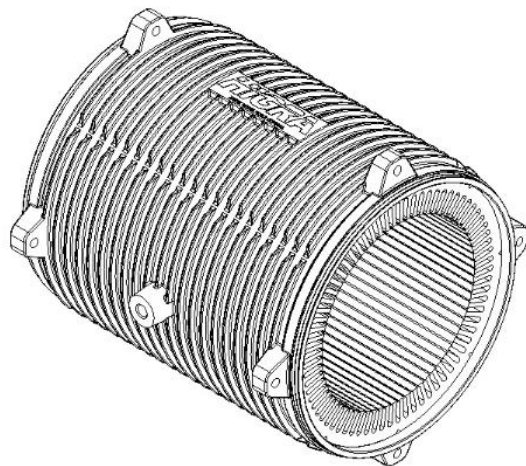
A mancalização axial irá trabalhar com uma carga específica baixa, com menos de 50% da capacidade do mancal axial.

Com base na experiência da HIGRA o rendimento mecânico desse conjunto está em torno de 95% de eficiência.

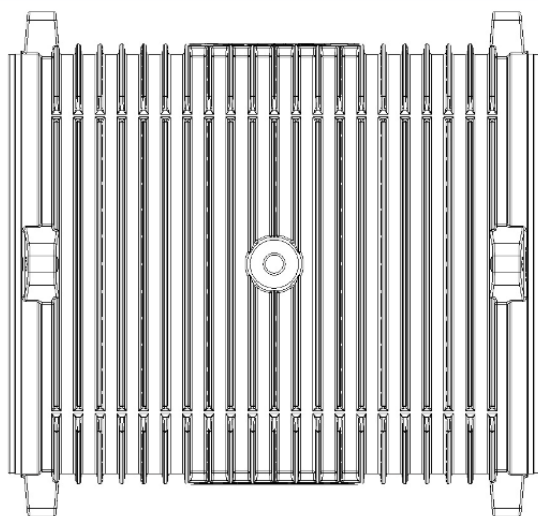
Projeto Elétrico da Máquina

Carcaça do motor

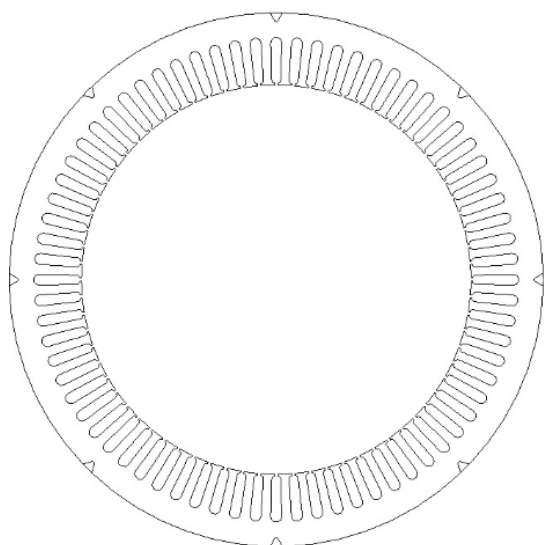
A carcaça do motor é desenvolvida pela HIGRA, atendendo as necessidades de trabalho submerso e demais características de saídas de cabos e aletas para melhor troca térmica com o fluido turbinado. Na figura abaixo, é ilustrada a carcaça do motor sendo em específico para este projeto a carcaça 355T.



Na figura abaixo é apresenta a vista lateral da carcaça do motor, mostrando a posição das aletas na vertical.



Na figura abaixo é ilustrado o estator de 72 ranhuras utilizado no motor.



Circuito Equivalente

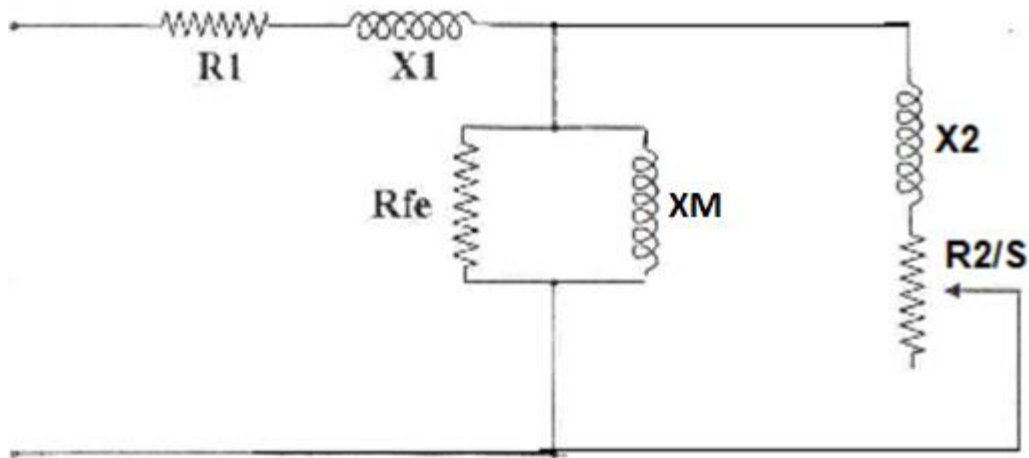
Conforme dados de projeto da máquina assíncrona e circuito equivalente com gaiola dupla, é apresentado os principais dados dos motores a serem utilizados.

Na tabela abaixo é apresentado os dados as principais características elétricas referente as máquinas assíncronas a serem utilizadas.

Manufacturer	-	HIGRA
Nominal Power	HP	350
Frequency	Hz	60
Nominal Tension	V	380
Number of Poles	-	10
Load Speed	RPM	713
Rated Current	A	401
Efficiency (50%/75%/100%)	%	92.8 / 93.5 / 93.4
Power Factor (50%/75%/100%)	%	60.3 / 70.5 / 74.6
Service Factor	-	1.15
I_p / I_n	-	4.5
Rated Motor Torque	kgfm	251.0
Starting Torque	%	132.9
Maximum Torque	%	181.6

Dados de Projeto da Máquina Assíncrona

A figura abaixo ilustra o circuito equivalente da máquina assíncrona com gaiola dupla.



- **Parâmetros:**

S	0,00903
R1	0,0123
X1	0,0822
Rfe	52,6595
XM	1,1320
X2	0,1092
R2	0,0053

- **Valores equivalentes em regime nominal:**

Impedância

$$Z = 0.41 \angle -17.87^\circ \Omega$$

Resistência

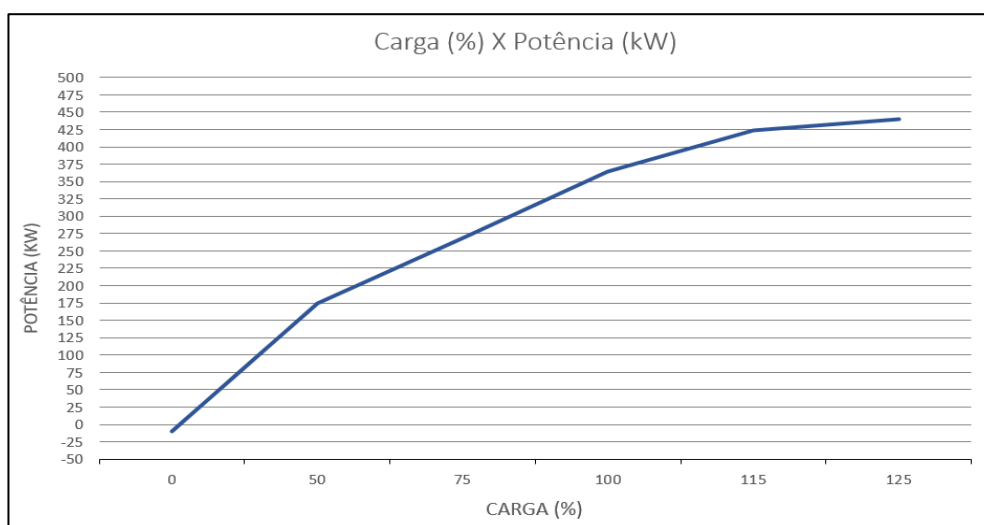
$$R = 0.3990 \Omega$$

Reatância

$$X = 0.1286 \Omega$$

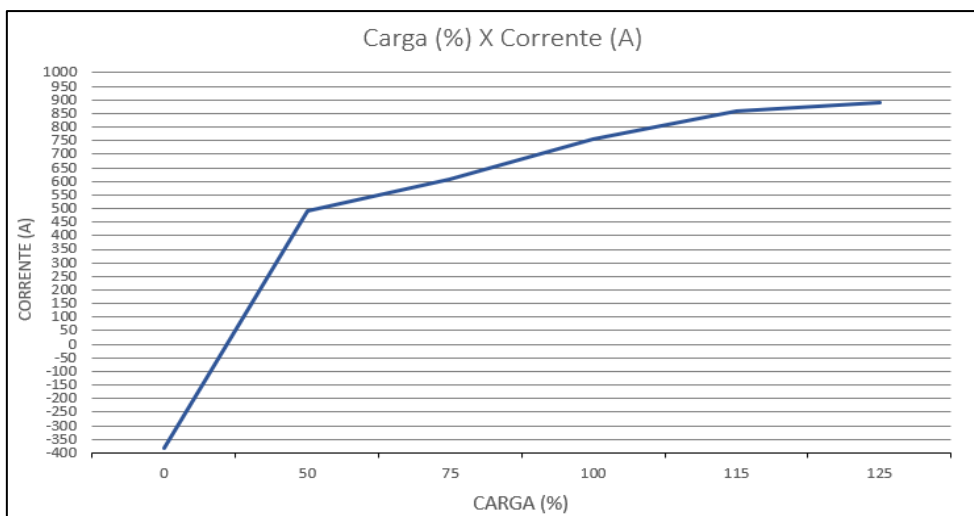
Curvas de Desempenho

Considerando os dados de projeto da máquina assíncrona é possível visualizar a alteração das variáveis elétricas conforme a carga aplicada sobre o eixo do motor nos gráficos a seguir. Na figura abaixo é apresentado o gráfico de Potência por Carga sobre o equipamento.



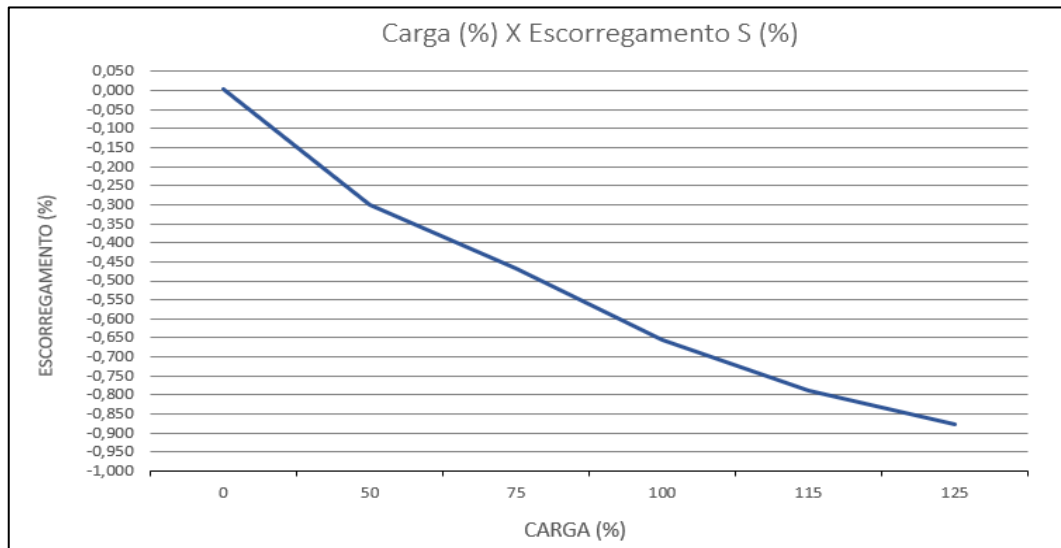
Carga (%) X Potência (kW)

Na figura abaixo, é apresentado o gráfico de Corrente elétrica por Carga sobre o equipamento.



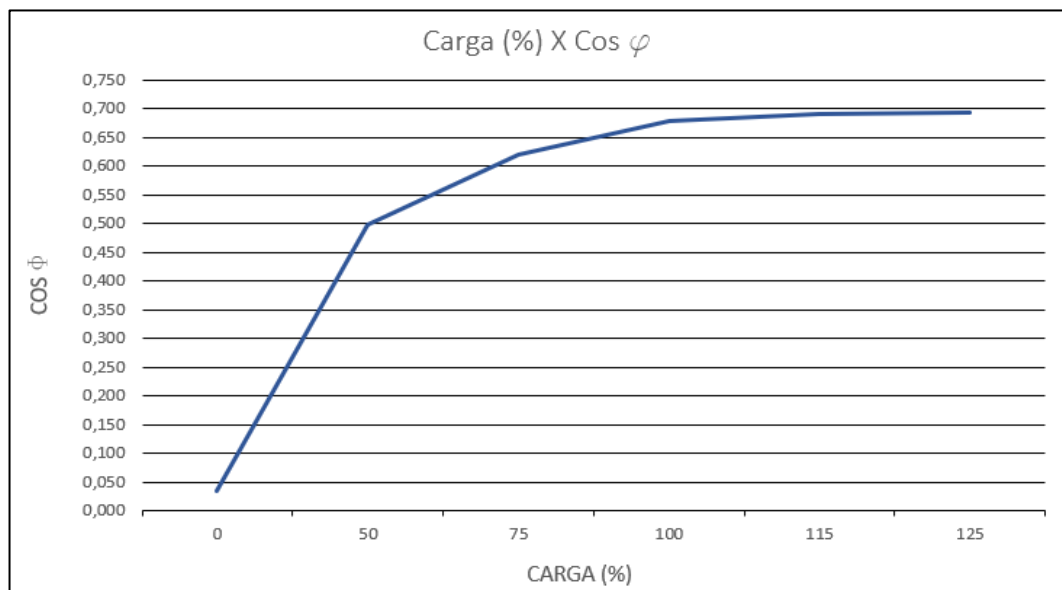
Carga (%) X Corrente (A)

Na figura abaixo, é apresentado o gráfico de Escorregamento do motor por Carga sobre o equipamento.



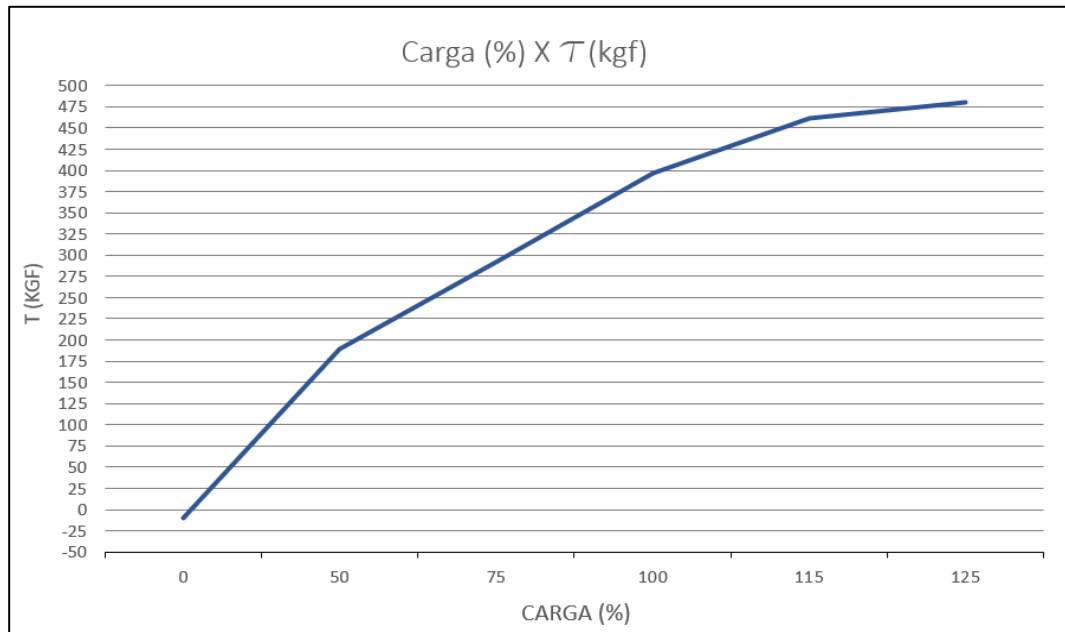
Carga (%) X Escorregamento (%)

Na figura abaixo, é apresentado o gráfico de Fator de Potência (Cos ϕ) do motor por Carga sobre o equipamento.



Carga (%) X Cos ϕ

Na figura abaixo, é apresentado o gráfico de Torque do motor por Carga sobre o equipamento.



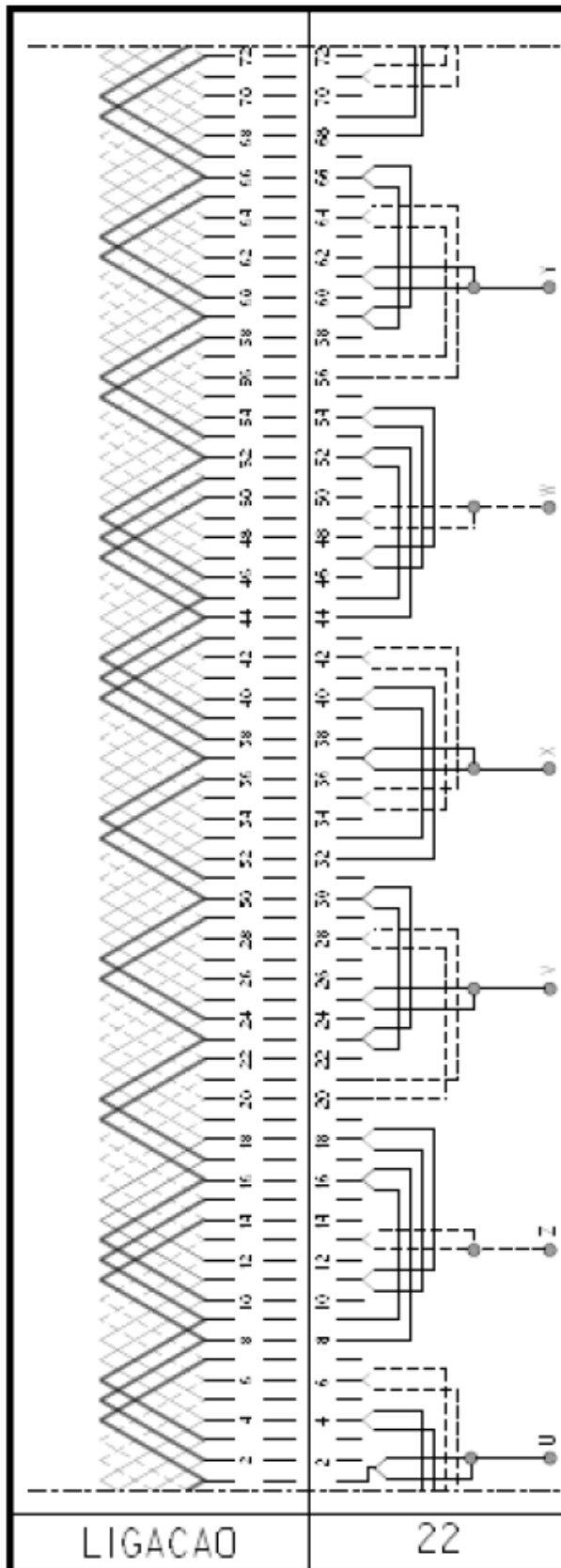
Carga (%) X Torque (kgf)

Bobinado

Os dados de projeto são adquiridos juntamente ao arranjo do bobinado, sendo número de ranhuras, número de condutores, diâmetro dos condutores, espiras por bobina, passo de bobina, forma de ligação e disposição das bobinas.

O bobinado para o motor deste projeto é apresentado na figura abaixo e os dados construtivos são os seguintes:

- Número de ranhuras: 72;
- Quantidade e diâmetro dos condutores: 2x1,9mm e 5x2,0mm;
- Espiras por Bobina: 3;
- Passo de bobina: 1:7;
- Forma de ligação: 2 paralelos.



Desenho de Bobinado

Fio do Bobinado

Os fios são utilizados nas bobinas dos motores para trabalho submerso, contendo também, água no seu interior, em que a temperatura de operação pode variar de 10°C a 90°C.

O elemento condutor é de cobre eletrolítico, em têmpera mole, encordoamento classe 1. O elemento isolante é de polietileno, seguindo as características descritas na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Características dos Testes	Normas Utilizadas	Unidade	Dados Típicos em PE
Resistência a tração a 23 °C ±5	IEC 60811-1-1	N/mm ²	≥10
Alongamento de ruptura a 23 °C ±5	IEC 60811-1-1	%	≥100
Resistência a tração após envelhecimento (7 x 24 h, 80°C)	IEC 60811-1-1 IEC 60811-1-2	N/mm ²	≥10
Alongamento de ruptura após envelhecimento (7 x 24 h, 80°C)	IEC 60811-1-1 IEC 60811-1-2	%	≥100
Retração por temperatura	IEC 60811-1-3	°C %	90≤4
Resistência a Fissuração	IEC 60811-3-1	°C %	90≤25
Constante Dielétrica (a 20°C, 800 Hz)	DIN 53483 DIN 53483-1 DIN 53483-2		2,3
Resistência Específica de Isolamento (a 20 °C)	IEC 60093	Ω.cm	1,0E+18
Força de Ruptura Dielétrica (a 20°C, 50 Hz)	DIN VDE 0303-21	kV/mm	70

Características mecânicas e elétricas do Isolante



Cabos de Potência

Considerando a potência de geração e porte dos motores utilizam cabos de potência com seção de 185 mm², sendo a conexão com 3 cabos e forma de ligação estrela para a tensão de 380 Vca.

Os cabos utilizados seguem as características da norma NBR 7286, sendo seção de 185 mm², flexível, classe de encordoamento 5, isolamento de EPR 90°, 0,6/1,0 kV, capa externa em PVC ST2 e blindagem em malha de cobre.

Instrumentação

Os conjuntos HIGRA possuem no interior de seus motores um sensor de temperatura do tipo RTD-PT100, que é instalado no enrolamento das fases, diretamente na ranhura do estator, para monitorar a temperatura e evitar o aquecimento excessivo que possa vir a danificar a isolação da máquina.

Também são aplicados sensores de temperatura em mancais, nível de fluido interno da máquina, medição de rotação e medição de vibração Axial.

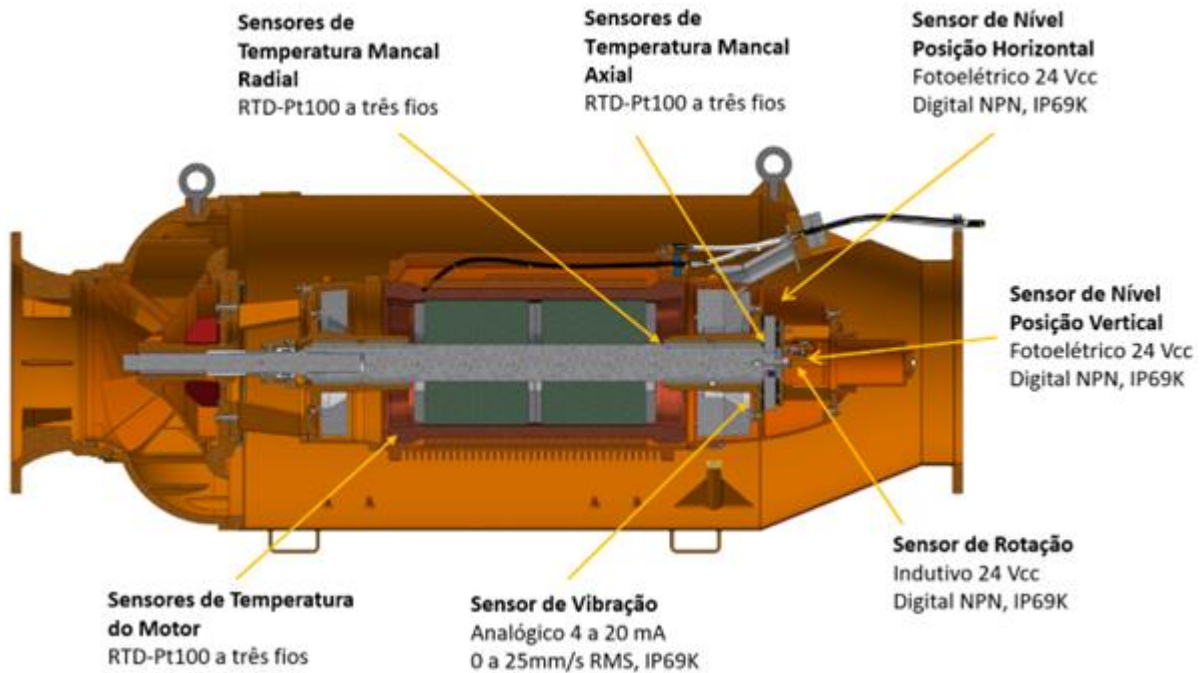
Sensoriamento do conjunto

No sensoriamento do motor são aplicados os seguintes sensores:

- Sensores de temperatura nos três enrolamentos do estator.
- Sensores de temperatura no mancal radial traseiro.
- Sensores de temperatura no disco de deslizamento de grafite.
- Sensores de nível de fluido interno, sendo um para nível na vertical e outro na horizontal.
- Transdutor de vibração.
- Sensor de rotação.



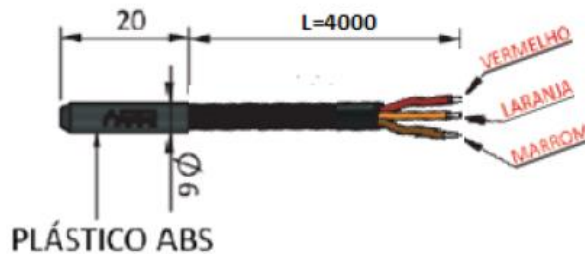
Os locais onde são instalados os sensores são ilustrados na figura abaixo.



Variável de Monitoramento	Sensor
Temperatura Enrolamento de das três fases	PT100, leitura analógica de temperatura no enrolamento das três fases.
Temperatura Mancal Radial Traseiro (Radial)	PT100, leitura analógica de temperatura no Mancal radial traseiro.
Temperatura Mancal Axial	PT100, leitura analógica de temperatura no Mancal Axial, instalado no disco de deslizamento de grafite.
Nível de fluido interno	Sensor fotoelétrico 24 V NPN.
Vibração	Sensor de saída analógica 4-20 mA proporcional ao nível de vibração RMS.
Rotação	Sensor indutivo 24 V NPN, saída por pulsos

Sensor de Temperatura

O sensor RTD-Pt100, **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, é uma termoresistência. Esse tipo de sensor tem por característica a variação de sua resistência proporcional a variação da temperatura do meio.



Os dados técnicos referentes aos sensores Pt100 utilizados estão apresentados na tabela a seguir:

Especificações	Valores
Temperatura de operação	-20°C a 100°C
Tolerância	Classe B conforme IEC 60751
Cabo	PP e 3 vias de 22AWG
Material da capsula	Plástico ABS
Diâmetro externo da capsula	6mm

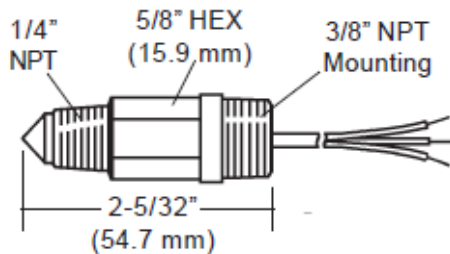
Medições de operação características e algumas análises de falhas podem ser consultadas na tabela a seguir:

Medição em Operação Normal	Valores Indicativos de Falha
Resistência: <ul style="list-style-type: none">• 100 ohm à 0°C (32°F).• 107.79 ohm à temperatura ambiente (20°C, 68°F).• 138.5 ohm à 100°C (212°F). O sensor Pt100 não deve ser conectado a tensão superior a 2,5 V.	> 200 ohms (aprox.) pode indicar as seguintes situações: <ul style="list-style-type: none">• Sensor quebrado.• Mau contato. < 70 ohms (aprox.) indicar: <ul style="list-style-type: none">• Curto-circuito.

Sensor de Nível

O sensor de nível ELS-1100, figura abaixo é um sensor fotoelétrico NPN, instalado na parte traseira do conjunto motor.

São posicionados dois sensores desse modelo, um do sentido vertical e outro no sentido horizontal de operação do conjunto.



Os dados técnicos referentes ao sensor ELS-1100 estão na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** a seguir:

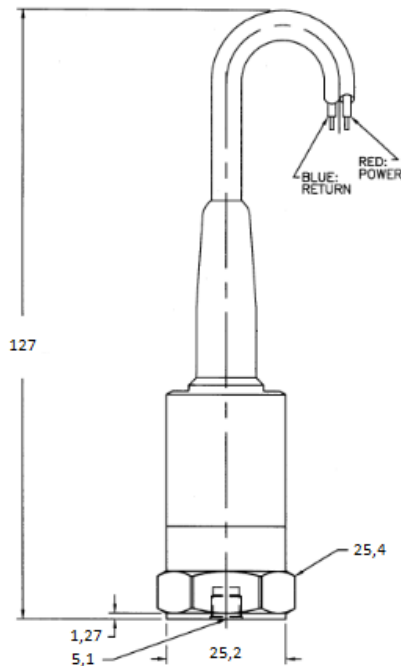
Especificações	Valores
Temperatura de operação	-17,8°C a 80°C
Pressão de operação	0 a 150 psig
Tensão de alimentação	10VDC a 28 VDC
Padrão de saída	0V ou 24V
Material da carcaça externa e prisma	Polissulfona ou Nylon
Norma	EN 61326
Grau de Proteção	IP69K

Medições de operação características e algumas análises de falhas podem ser consultadas na tabela a seguir:

Medição	em	Valores Indicativos de Falha
Sinal de tensão +24 V, indicando atuado e não atuado.		Não indicar sua atuação: <ul style="list-style-type: none">• Sensor quebrado.• Mau contato.• Curto-circuito.

Sensor de Vibração

O transdutor de vibração na figura abaixo, é instalado no mancal traseiro, região que permite o monitoramento da vibração axial. A alimentação do transdutor é em “loop”, ou seja, alimentado em 24V com o sinal de retorno no padrão de 4-20mA, de forma proporcional ao nível de vibração.



Os dados técnicos referentes ao transdutor 641B11 estão na tabela a seguir:

Especificações	Valores
Temperatura de operação	-40°C a 85°C
Tensão de alimentação	24VDC
Padrão de Saída	4mA a 20mA
Faixa de medição	0,0 a 25,4 mm/s rms
Resolução	0,13mm/s rms
Material da carcaça externa	Aço inoxidável
Grau de proteção	IP69K

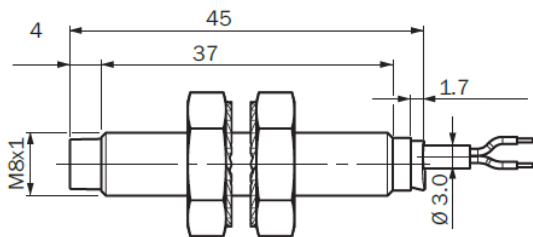
Medições de operação características e algumas análises de falhas podem ser consultadas na tabela a seguir:

Medição em	Valores Indicativos de Falha
Operação Normal	
Sinal de corrente de 4 a 20mA proporcional a vibração.	<ul style="list-style-type: none"> • >> 20 mA indica curto-circuito • << 4 mA indica falha. • Se indicar valor zero, pode ser por fio rompido ou mau contato.

Sensor de Rotação

O sensor de rotação é um sensor de proximidade indutivo NPN, instalado na extremidade traseira do eixo.

A característica mecânica interna do turbomotor foi desenvolvida para permitir que a cada rotação completa do eixo, um pulso de 24V seja gerado na saída do sensor. O incremento desses pulsos permite a verificação de rotação do turbomotor.



Os dados técnicos referentes ao sensor de rotação estão na tabela a seguir:

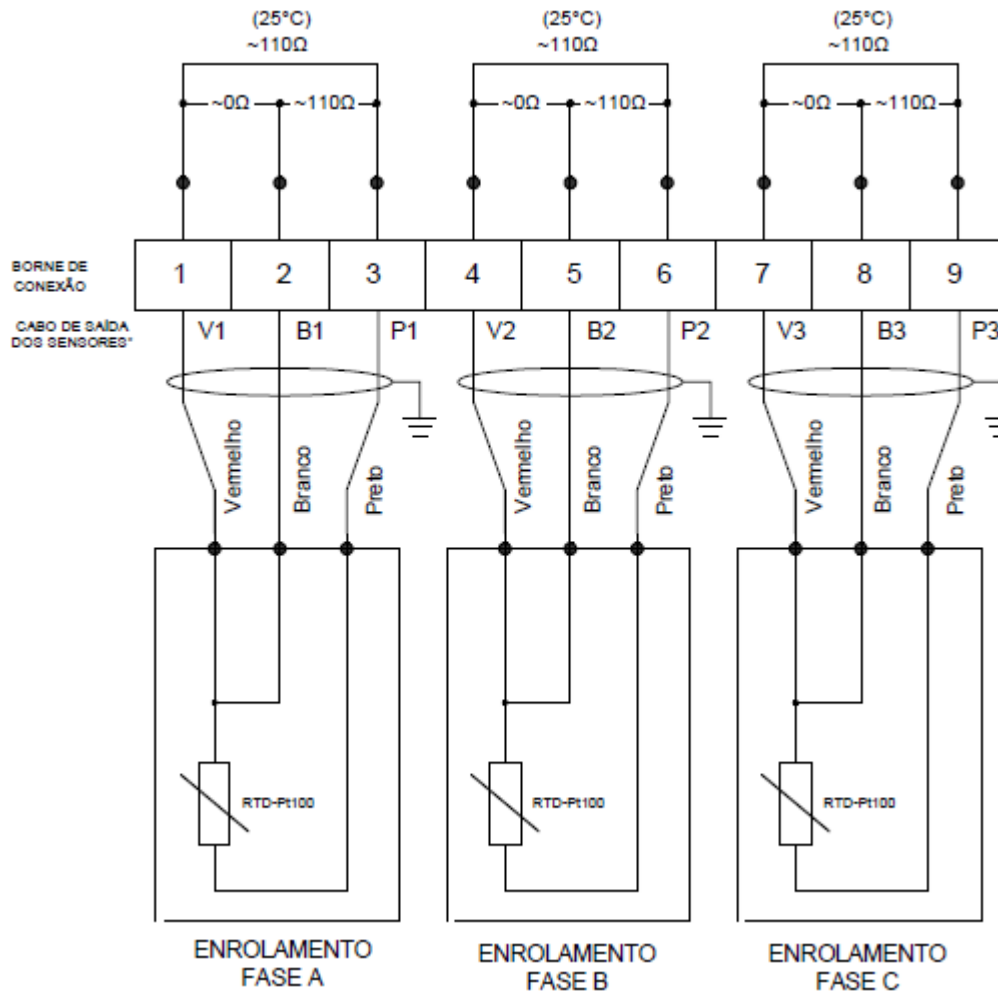
Especificações	Valores
Temperatura de operação	-40°C a 100°C
Tensão de alimentação	10VDC a 30VDC
Padrão de Saída	0V ou 24V (pulsada)
Material da carcaça externa	Aço inoxidável
Normas	EM 60529 / EN 60947-5-2 / DIN 1.4305
Grau de proteção	IP69K

Medições de operação características e algumas análises de falhas podem ser consultadas na tabela a seguir:

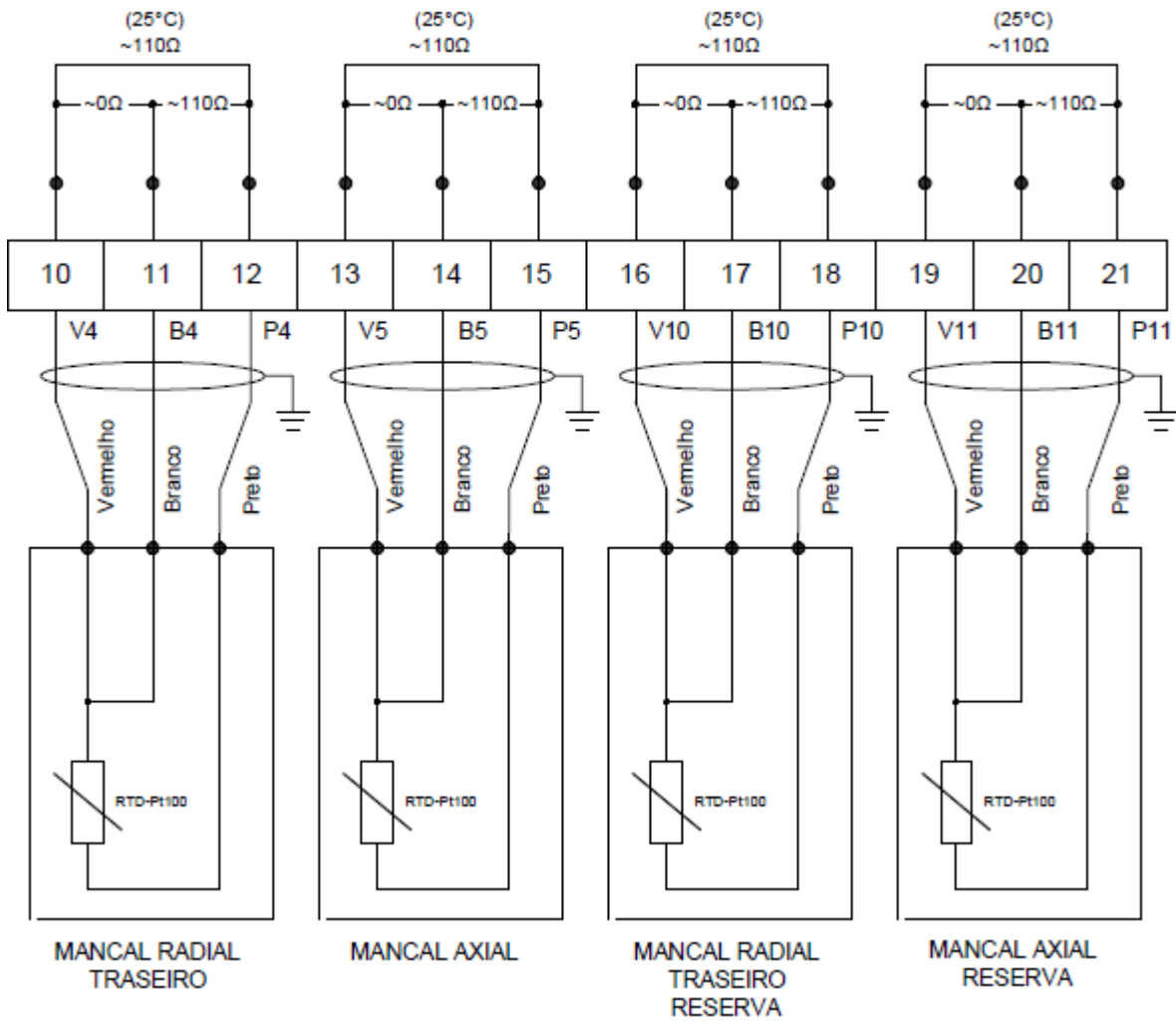
Medição em	Valores Indicativos de Falha
Operação Normal	
Pulsos de tensão +24 V, um pulso por rotação.	• Equipamento em funcionamento não fornecer os pulsos.

Conexões do Sensoriamento

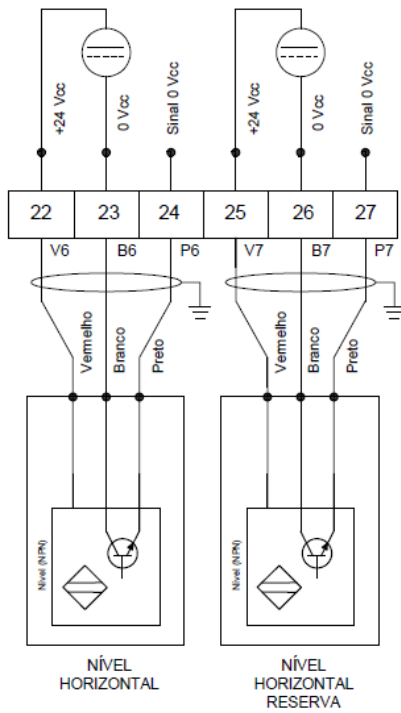
- Sensor de temperatura Estator



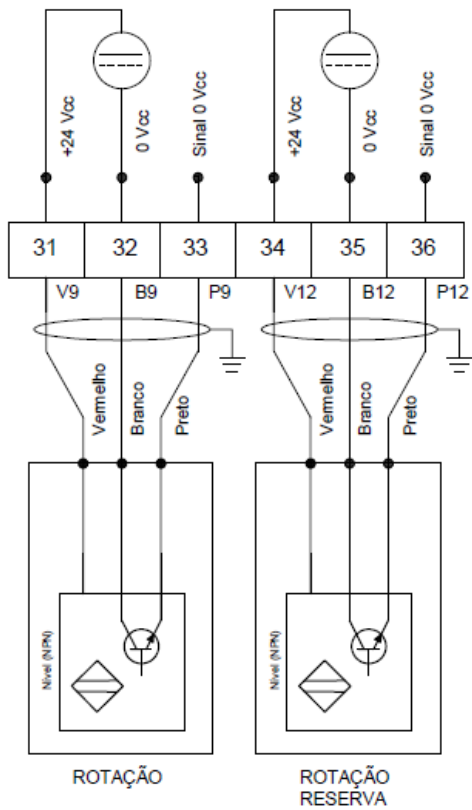
- Sensor de temperatura Mancal Radial e Axial:



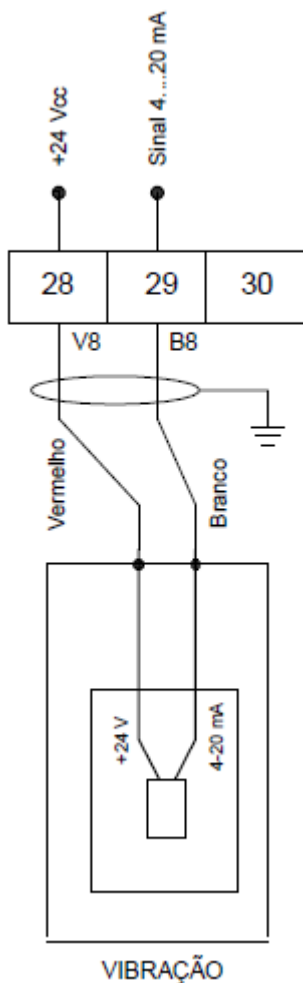
- Sensor de Nível de Fluido



- Sensor de Rotação



- Transdutor de Vibração



Cabo de Instrumentação do conjunto

Na instrumentação dos conjuntos são utilizados cabos que seguem as características da norma NBR10300, flexíveis, vias com classe de encordoamento 2, isolamento em PVC, 90°C, 300V, com 36 vias separadas em conjuntos de três condutores de 0,5mm².

Este cabo possui blindagem contra interferências em cada conjunto e blindagem total. O cabo utilizado para os sensores, possui numeração e cor em cada via, cada conjunto é utilizado para um sensor específico.

Conclusões

Os dados apresentados constituem as principais características elétricas construtivas para os motores em questão, dados de projeto referente a parte de potência do motor, curvas de algumas grandezas e dados referentes a instrumentação embarcada no conjunto.

A rendimento elétrico do motor, conforme projeto é 93,4%, portanto quando se retoma o cálculo do início desse capítulo:

A potência da conjunto motobomba é dada por:

$$P = \frac{1000 * Q * Hm}{75 * \eta}$$

Em que:

P = potência da bomba (cv)

Q = 3,0 m³/s

H = 5,5 mca

η = 75,6% (hidráulico) * 95% (mecânico) * 93,4% (elétrico), considerando ainda que a instalação elétrica + inversor de frequência de partida do conjunto possua também uma eficiência de 95%.

Potência nominal unitária do conjunto motobomba anfíbio = 350 cv



6. ARRANJOS

O sistema completo de bombeamento anfíbio para drenagem urbana será dividido em 03 sites inicialmente (Dalleação, Vila Brás e Vicentina), a serem aprovados e confirmados com o SEMAE a partir da aprovação deste projeto. Por se tratar de casas de bombas móveis e provisórias para a questão emergencial, tais infrações terão as características essenciais que garantirão sua eficiência, mobilidade e adaptabilidade. As principais características são:

1. Mobilidade Anfíbia

- **Operação terrestre e aquática:** Equipados com o conjunto motobomba anfíbio, será possível garantir a operação de forma totalmente submersa e também durante o recuo da lâmina d'água, visto que o equipamento poderá bombear ainda parcialmente afogado ou até em sucção, dependendo da condição hidráulica.

2. Capacidade de Bombeamento

- **Alta vazão:** Bombas com capacidade de drenagem superior, projetadas para movimentar grandes volumes de água rapidamente.
- **Autoescorvamento:** Permite iniciar o bombeamento sem a necessidade de preencher previamente a bomba com água.
- **Versatilidade:** Capacidade de lidar com diferentes graus de detritos, como lama, resíduos sólidos e material orgânico, sem comprometer a operação.

3. Estrutura Compacta e Resistente

- **Funcionamento ao Tempo:** Traz em seu coração o conjunto motobomba anfíbia que não exige grande estrutura civil, nem cobertura para abrigo, tornando uma casa de bombas muito mais tecnológica e adaptável as existentes no mercado.
- **Compactação:** Projetado para acesso a ambientes urbanos de difícil alcance.
- **Resistência:** Engenharia robusta para suportar impactos e a ação corrosiva da água contaminada.

4. Sistemas de Energia e Autonomia

- **Energia independente:** Equipado com geradores diesel ou alimentação via subestação, garantindo operação autônoma em locais com ou sem fornecimento de energia.



5. Facilidade de Instalação

- **Design modular:** Passível de ser replicado no mesmo local ou até mesmo em outros sites de município.
- **Resposta rápida:** Estrutura otimizada para rápida mobilização e desmobilização.

6. Monitoramento e Controle Remoto

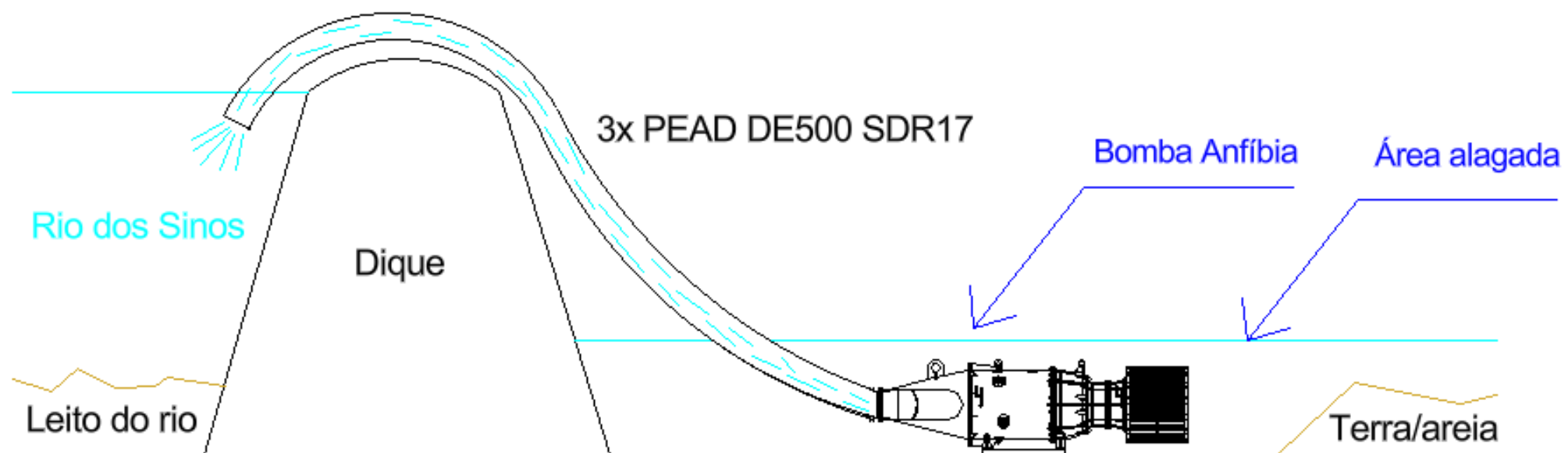
- **Controle remoto ou in loco:** Sistema que permite operar remotamente ou localmente, garantindo segurança em áreas de alto risco.
- **Sensores integrados:** Medição em tempo real de níveis de água, velocidade de fluxo e detecção de obstruções.

7. Flexibilidade Operacional

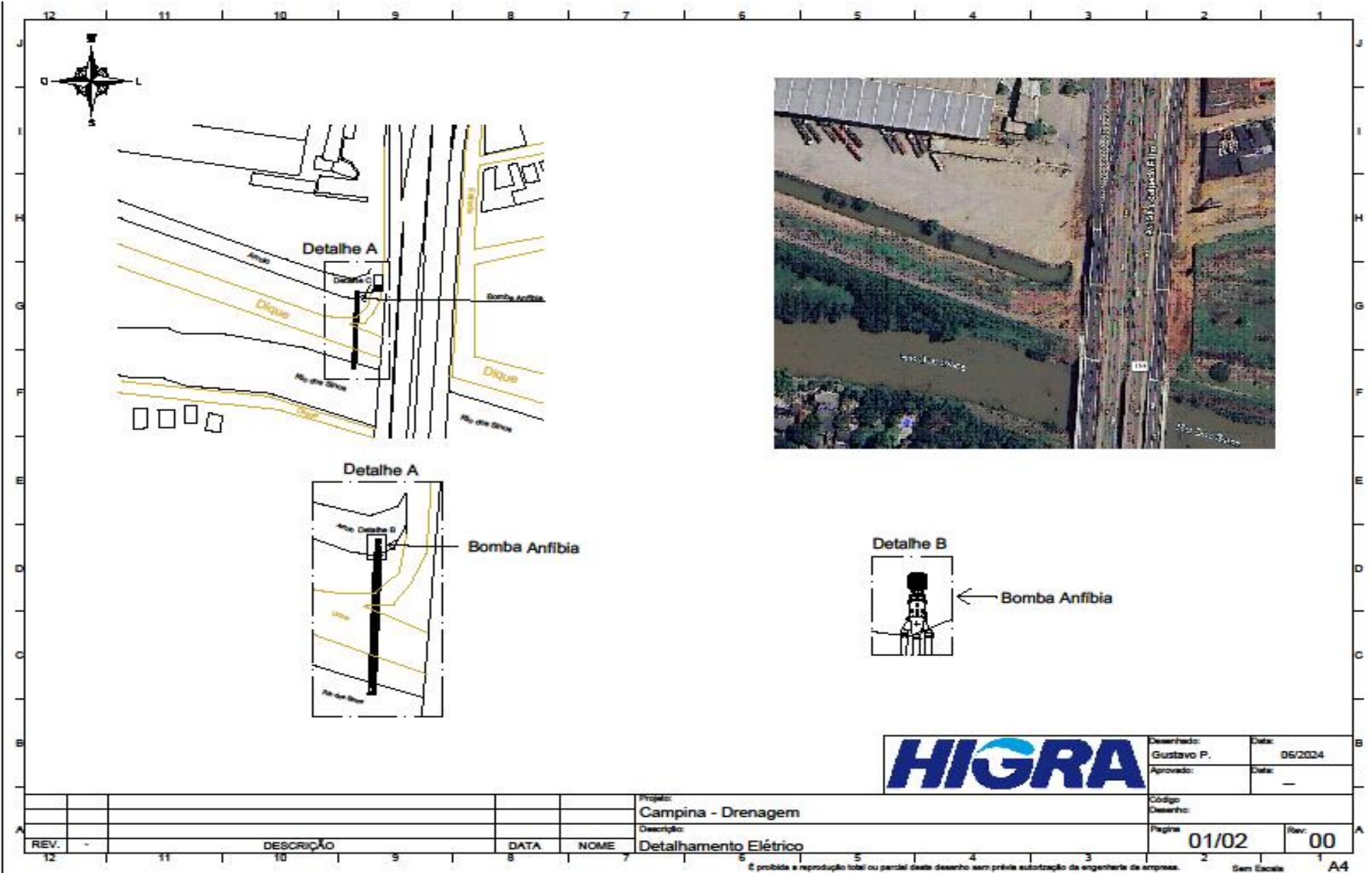
- **Modularidade:** Capacidade de acoplar equipamentos adicionais, se necessário. A infra hidráulica, como já mencionado, possuirá 01 conjunto por site. No entanto, por solicitação do SEMAE, a alimentação elétrica já será prevista para no mínimo 02 conjuntos por site.
- **Configurações ajustáveis:** Adaptação para trabalhar em diferentes profundidades de água e condições de terreno.

Essas características garantem que o sistema seja eficiente, rápido e adaptável para minimizar os impactos de enchentes e restaurar rapidamente a funcionalidade urbana em caráter emergencial.

Abaixo segue a elucidação, bem como a caracterização locacional dos sites que farão parte do sistema completo anfíbio de drenagem.



Arranjo Dalleação – Bairro Campina



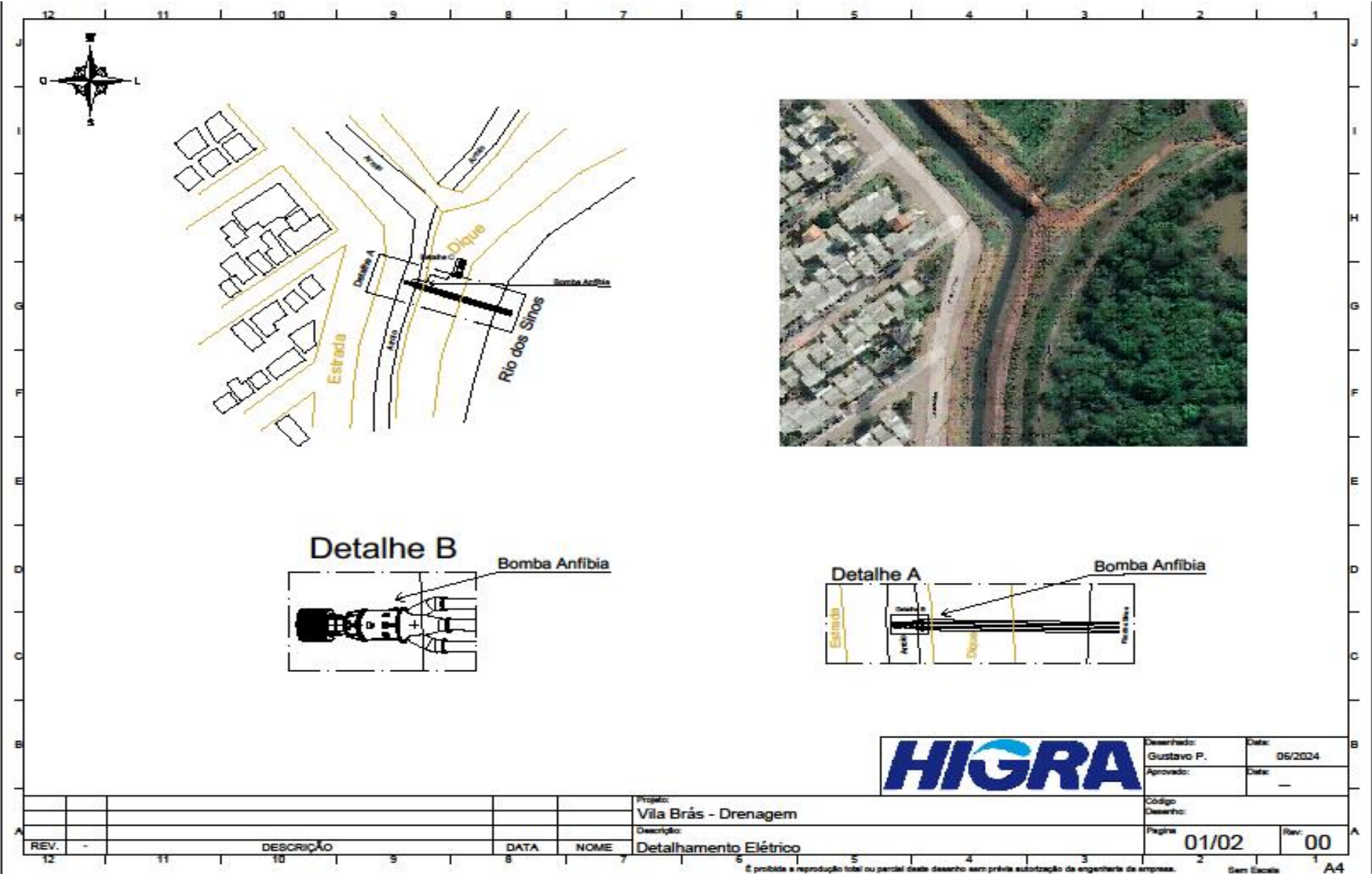
Desenhado: Gustavo P.	Data: 05/2024
Aprovado:	Data: —

Código Desenho:	Página 01/02	Rev: 00
--------------------	-----------------	------------

REV.	DESCRÇÃO	DATA	NOME
-			

Projeto: Campina - Drenagem
Descrição: Detalhamento Elétrico

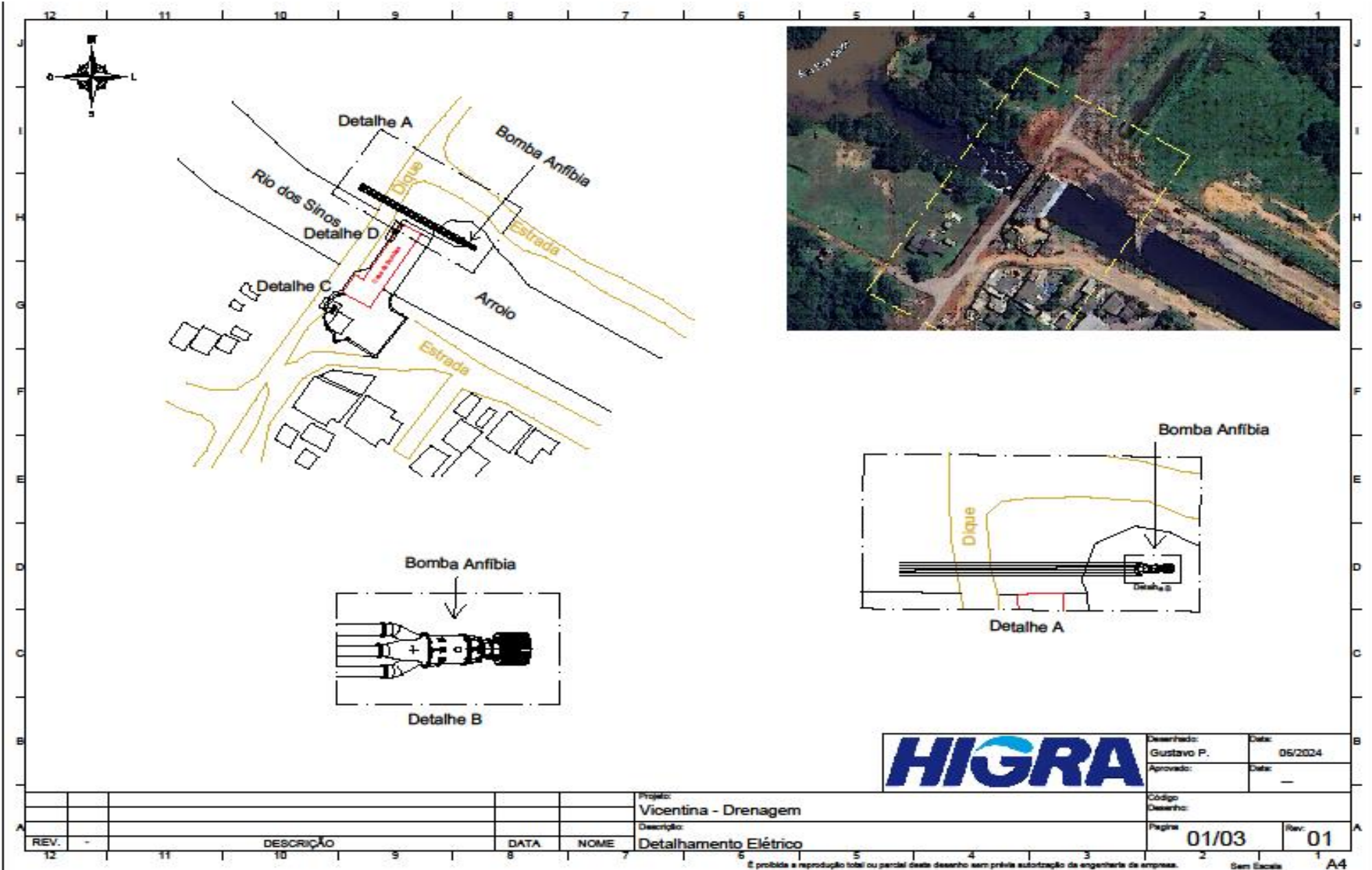
Arranjo Vila Brás



Desenhado:	Gustavo P.	Data:	06/2024
Aprovado:		Data:	—

Projeto:	Vila Brás - Drenagem	Código:	
Descrição:	Detalhamento Elétrico	Desenho:	
REV.	-	Descrição	
		DATA	
		NOME	
		Projeto	01/02
		Rev.	00

Arranjo Vicentina



Desenhado:	Gustavo P.	Data:	06/2024
Aprovado:		Data:	-
Código			
Desenho:			
Página	01/03	Rev:	01

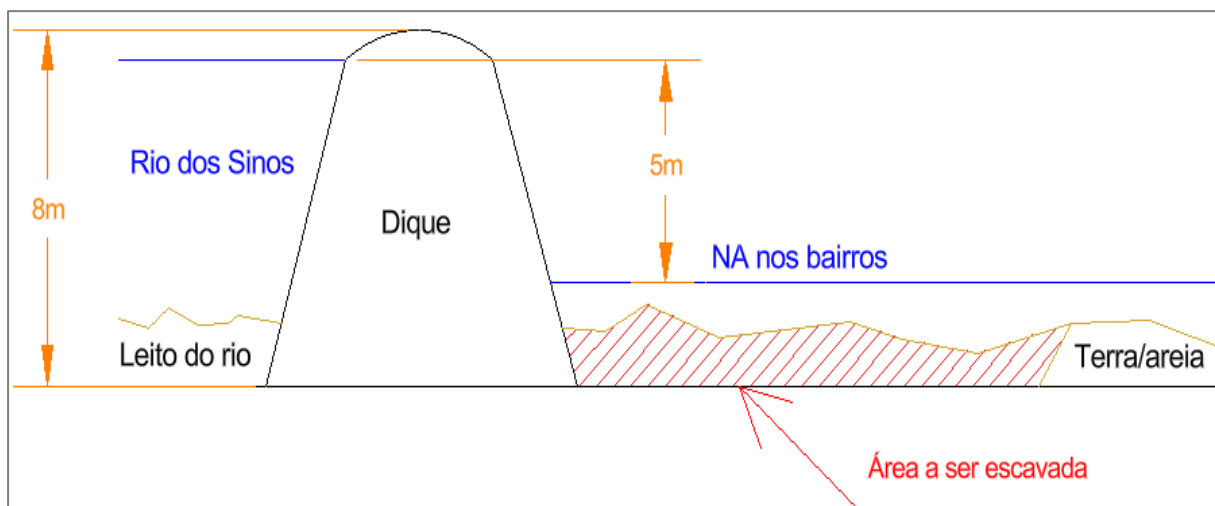
REV.	DESCRICO	DATA	NOME

Projeto:
Vicentina - Drenagem
Descrição:
Detalhamento Elétrico

7. CASAS DE BOMBAS MÓVEIS - CIVIL

Após visita a campo foi possível identificar que as localidades possuem similaridades no que se diz respeito a necessidade de alocação da casa de bombas móveis/provisórias que compõem o sistema completo anfíbio de drenagem urbana, dentre elas:

- Possuem um canal com cota de fundo do leito mais inferior, o que possibilita a instalação do conjunto de forma submersa;
- Possuem área disponível para instalação do sistema;
- Necessitam de limpeza da área;
- Necessitam de escavação para regularização do leito de fundo do canal para que o conjunto possa ser alocado no fundo do canal e ainda possua uma lâmina d'água, por mais que mínima inicialmente.



Fonte: Própria

Definição da Área Útil

- A área deverá ser de fácil acesso para transporte dos equipamentos.
- Estar localizada em regiões estratégicas entre o rio e o dique.
- Possuir inclinação natural ou adequada para facilitar o escoamento da água.

Dimensões Necessárias

- A área deverá acomodar os conjuntos de motobombas e os acessórios de operação.
- Espaço mínimo para cada conjunto motobomba:



- Comprimento: 6 m
- Largura: 3 m
- Altura para regularização: 1,5 m

Infraestrutura Complementar

- Não será necessária construção civil.
- Alocação será feita em terreno nivelado e compactado.

Cálculo do Volume de Escavação

- Determinar o nível médio de enchente e o volume de água a ser drenado.
 - A profundidade máxima da escavação será definida pela necessidade de acesso direto ao curso de água.
1. Definir área da base: Multiplicar o comprimento e a largura total dos equipamentos considerando espaços de manutenção.
 - Exemplo: Para 1 conjunto motobomba:
 - Área da base = (4 m) x (3 m) x 1 conjuntos = 12 m²
 2. Calcular profundidade de escavação: Com base na altura requerida para operação e no nível de acesso ao curso d'água.
 - Exemplo: Profundidade = 1,5 m
 3. Determinar volume de escavação: Multiplicar a área da base pela profundidade.
 - Volume = 12 m² x 1,5 m = 18 m³

Todo material deverá ser deixado na encosta do dique, de modo que possa ser devolvido ao canal após a desmobilização do sistema de drenagem proposto.

A utilização de retroescavadeiras ou máquinas de escavação deverá seguir os padrões de normas NBR, ABNT, e práticas de segurança de trabalho.

8. IÇAMENTO

Por se tratarem de equipamentos emergenciais e para funcionamento imediato, a HIGRA terá que montar uma operação de guerra, mesmo possuindo os componentes no estoque de São Leopoldo, a montagem prévia desses equipamentos ocorre nas outras instalações do grupo HIGRA, ou seja, para atender a necessidade do SEMAE a HIGRA deverá fazer uma adaptação e reprojeto de sua estrutura de ponte rolante interna para que seja possível lidar com o manuseio e montagem dos equipamentos, bem como transportá-los internamente e para expedição.

Ainda, após sair da fábrica, os equipamentos deverão ser transportados até as barrancas do Rio dos Sinos e, posteriormente, após todas as conexões hidráulicas prontas, serem içados via guindaste para dentro d'água, o plano de Rigging dessas movimentações também foi previsto neste projeto.

Movimentação de Carga Interna

Equipamento: Perfil para Ponte Rolante

Capacidade de carga total de içamento: 6500 kg (6,5 ton)

Comprimento total: 14 m

Normas:

Norma regulamentadora NBR 8800:2008: Os calculos aqui apresentados estão conforme prescrições da Norma Brasileira ABNT NBR 8800, Projeto de estrutura de aço e de estruturas mistas de aço e concrete de ediffcios, de setembro de 2008.

Procedeu-se como Consulta o *Steel Design Guide numero 7 - Industrial Buildings Roofs to Anchor Rods*, do *American Institute of Steel Construction (AISC)*.

Norma regulamentadora NBR 8400: Esta Norma, alem da classificação em grupos, estabelece as cargas e suas combinações a serem levadas em consideração ao projetar equipamentos ou partes de equipamentos de elevação de carga, bem coma as condições de resistencia e estabilidade a serem observadas para as varias combinações de carga.

UNE EN 13155: 2004 + A2: 2009 trata de Guindastes - Segurança - Acessórios de elevação de carga nao fixa e classificada nestas categorias ICS:

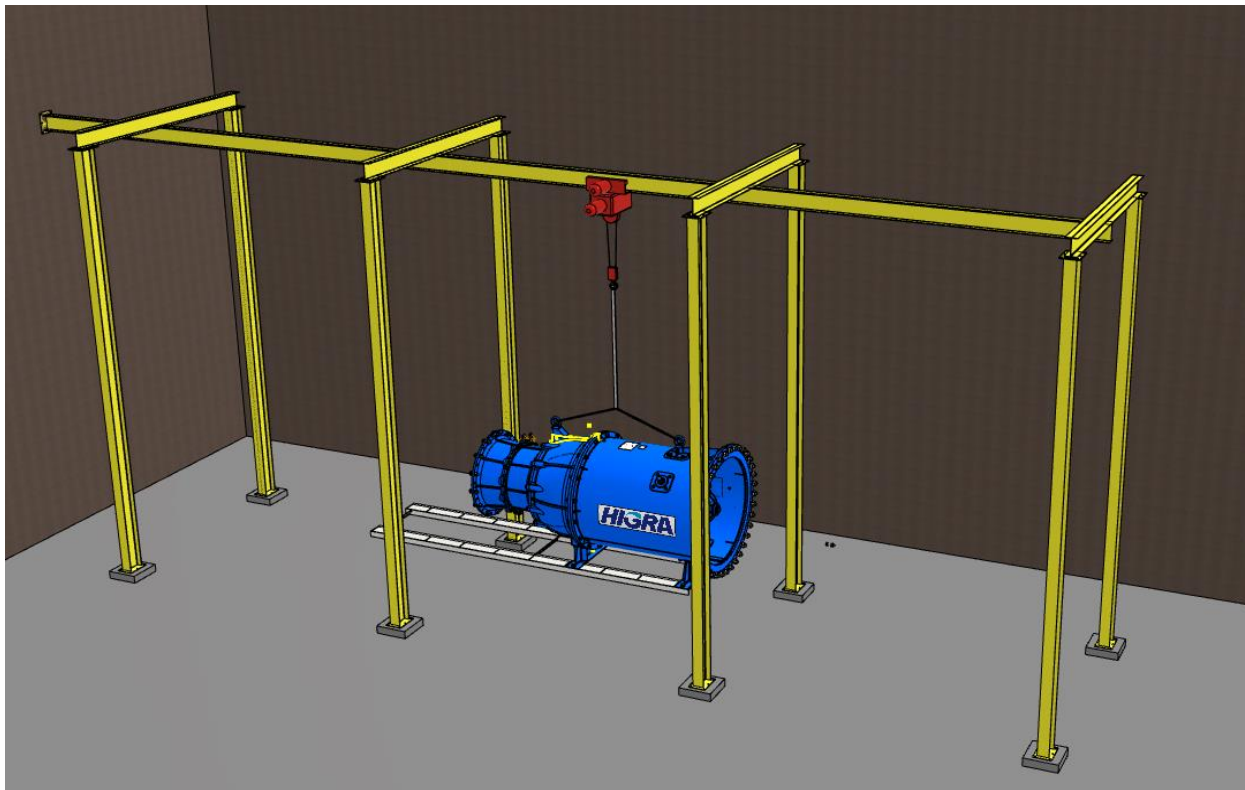
ASME B 30.20 diz respeito a dispositivos de elevação padrão de segurança para telefericos, guindastes, torres, guinchos, ganchos, alavancas e eslingas.



Entende-se que o equipamento atende as solicitações necessárias conforme a norma regulamentadora NBR 8800 e NBR 8400.

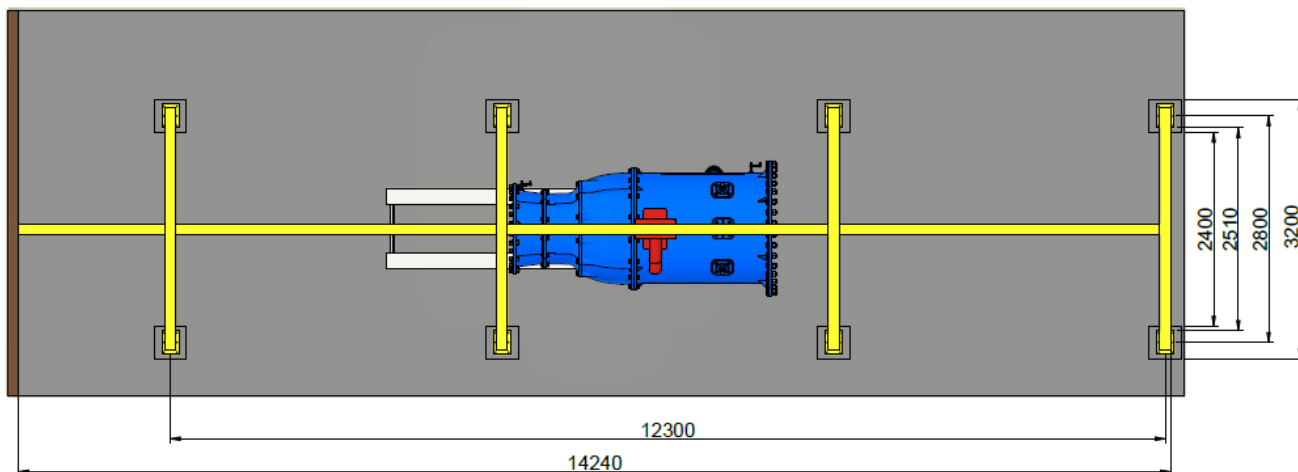
Permissas para Dimensionamento:

Seguem as variáveis para pre-dimensionamento.

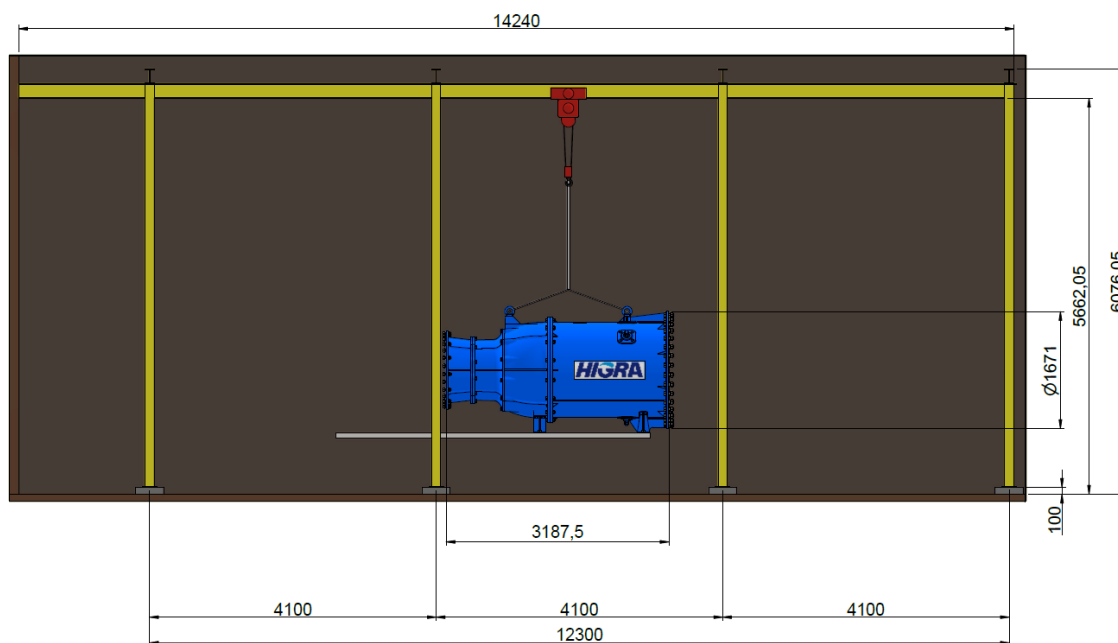


Esquema de vigas de rolamento.

- Vão livre da viga de rolamento;
- Comprimento destravado máxima da viga de rolamento;
- Capacidade de içamento da ponte rolante;
- Carga vertical máxima por roda do trole;
- Espaçamento entre rodas do trole
- Peso do trole e dos dispositivos de içamento
- Peso da Ponte rolante



Vista superior



Vista lateral

Para dimensionamento do Perfil de Rolamento, e precise determinar parâmetros descritivos:

- Deformação máxima admissível (vertical e transversal);
- Coeficiente de impacto vertical para ponte rolante;
- Coeficiente de ponderação para combinação de carregamentos (permanente e móvel);

- Coeficiente de ponderação da resistência do aço estrutural para estado-limite último (ELU) ao escoamento, a flambagem e a instabilidade

Calculo de resistencia ponte rolante

Caracteristica da ponte rolante

- Capacidade da Ponte Rolante: 6,5 tf;
- Vão livre da Ponte Rolante: 8.200 mm;
- Peso do Equipamento: 2.500 kgf;
- Carga Maxima: 6.500 kgf

$$CV = \frac{Carga\ Máximo + (Peso\ do\ equipamento/2)}{2}$$

$$CV = \frac{6.500 + (\frac{2.500}{2})}{2}$$

$$CV = 3.875\ kgf.m$$

Carga Vertical máxima por roda do trole (CV): 3.875 kgf.m;

Espaçamento entre rodas do trole (Dr): 2.500 m;

Diâmetro roda: 190mm;

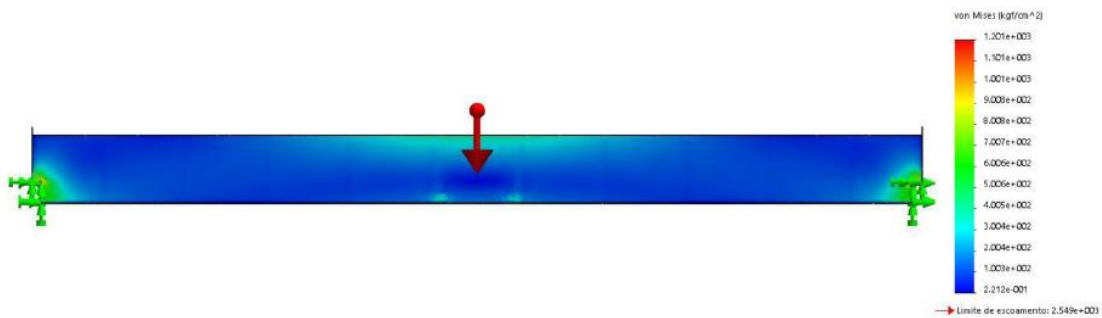
$$MF = ((Carga\ Máximo + Peso\ do\ equipamento)/2) * (Dr/2)$$

$$MF = ((6.500 + 2.500)/2) * (2.500/2)$$

$$MF = 5.625\ kgf.m$$

Momento Fletor máximo: 5.625 kgf.m

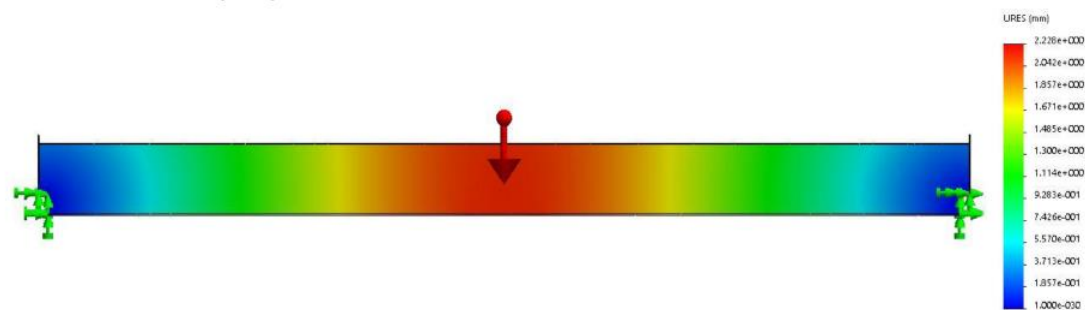
Tensão de Von Mises



Limite de escoamento: 2.549,275 kgf/cm².

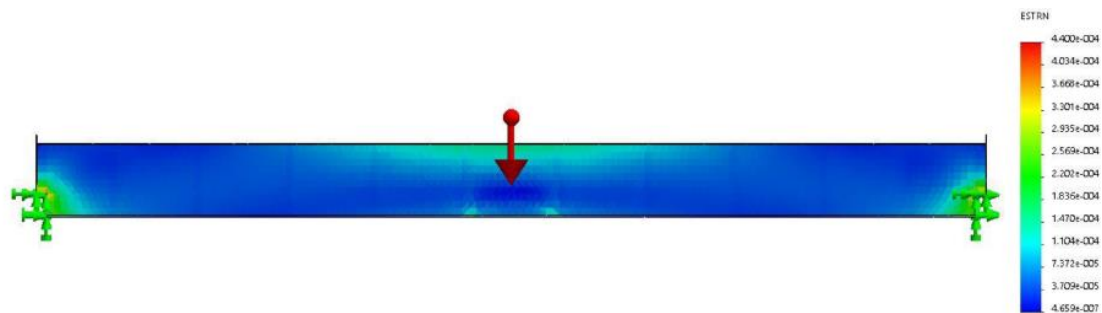
Escoamento máximo: 1.201,03 kgf/cm².

Deslocamento



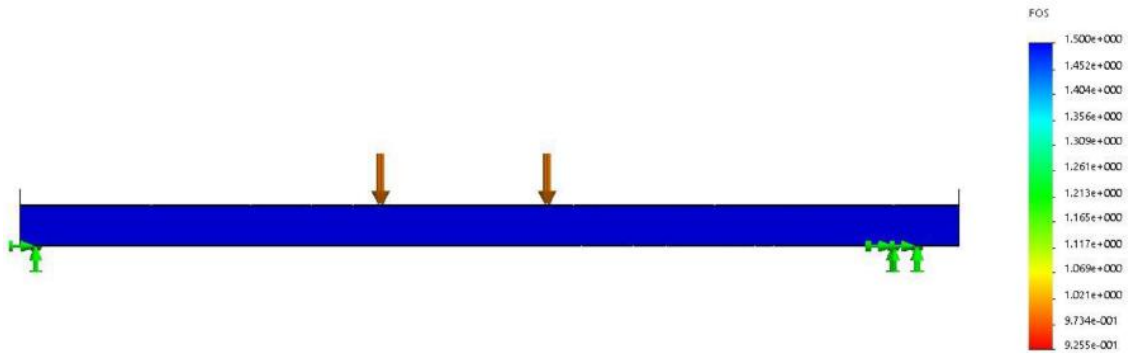
Deslocamento no ponto crítico: 2,22786.

Deformação



Deformação equivalente máxima: 0,000440012 mm

Deformação (ESTRN)



Fator de Segurança: 1,5

Resumo do resultado

NOME	TIPO	MIN	MÁX
Tensão	Tensão de Von Mises	0,221198 kgf/cm ²	1.201,03 kgf/cm ²
Deslocamento	URES: Deslocamento resultante	0 mm	0,22786 mm
Deformação	ESTRN: Deformação equivalente	4,65914e-007	0,000440012
Fator de Segurança	Automático	1,5	1,5

Calculos de resistencia do perfil A

Caracteristica do Perfil A

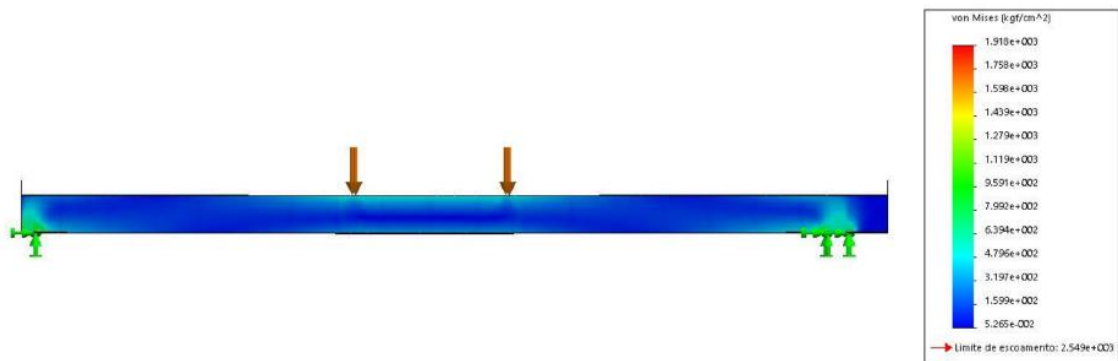
Espaçamento entre rodas do trole: 2.500 m;

Análise estática para uma carga de total de 9.000 kg (6.500 kg+ 2.500 kg), distribuídos nos dois perfis A e B.

Conforme Anexo B da NBR 8.800:2008, item B.7.2, a força transversal ao caminho de rolamento, decorrente da movimentação da ponte rolante comandada por pendente ou controle remoto, a ser aplicada no topo do trilho, deve ser igual a 10% da soma da carga içada e do peso do trole e dos dispositivos de içamento



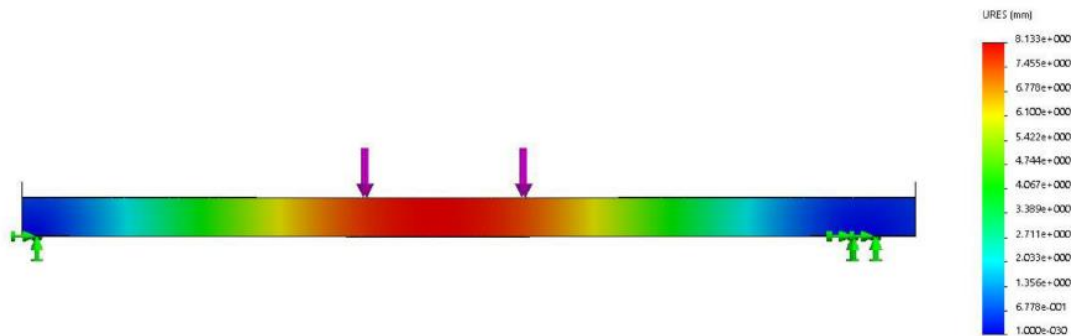
Tensão de Von Mises



Limite de escoamento: 2.549,275 kgf/cm².

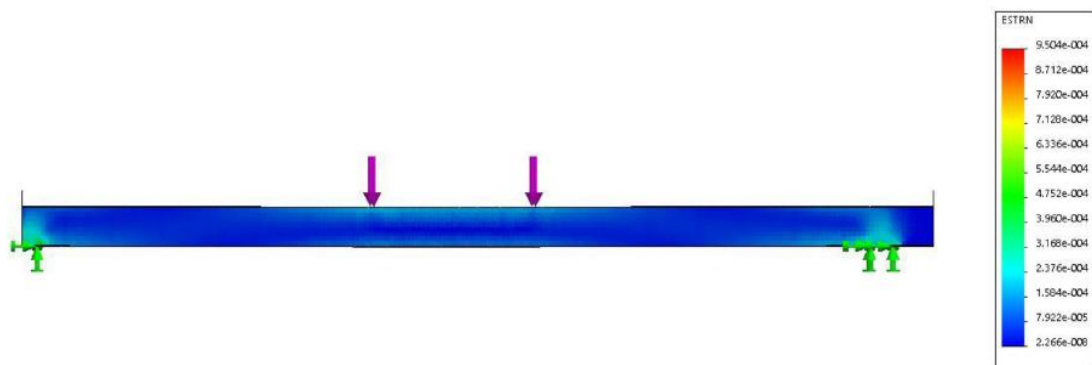
Escoamento máximo: 1.918,2 kgf/cm².

Deslocamento (mm)



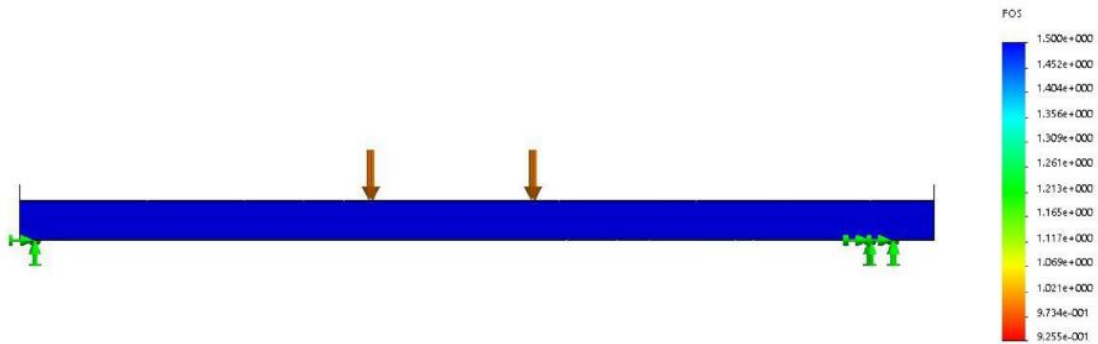
Deslocamento do ponto crítico: 8.13316mm.

Deformação (ESTRN)



Deformação equivalente máxima: 0000950409mm.

Deformação (ESTRN):



Fator de segurança: 1,5

Resumo do resultado:

Nome	Tipo	Min	Max
Tensão	Tensão de von Mises	0,0526547 kgf/cm ²	1.918,12 kgf/cm ²
Deslocamento	URES: Deslocamento resultante	0 mm	8,13316 mm
Deformação	ESTRN: Deformação equivalente	2,26555e-008	0,000950409
Fator de segurança	Automático	0,925519	1,5

Calculo de resistencia perfil B

Caracteristica do Perfil B

Espaçamento entre rodas do trole: 2.500 m;

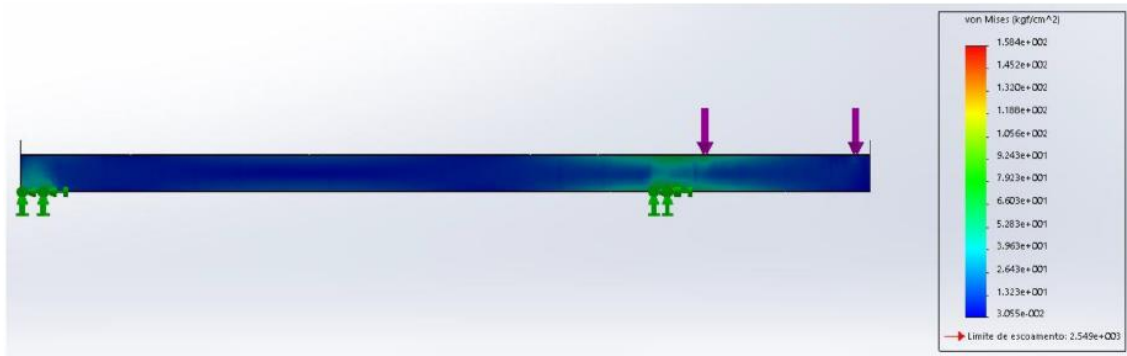
Análise estática para uma carga de total de 9.000 kg (6.500 kg+ 2.500 kg), distribuídos nos dois perfis A e B.

Para o Perfil B, a análise estática demonstrada é para o ponto em balanço.

Conforme Anexo B da NBR 8.800:2008, item B.7.2, a força transversal ao caminho de rolamento, decorrente da movimentação da ponte rolante comandada por

pendente ou controle remoto, a ser aplicada no topo do trilho, deve ser igual a 10% da soma da carga içada e do peso do trole e dos dispositivos de içamento

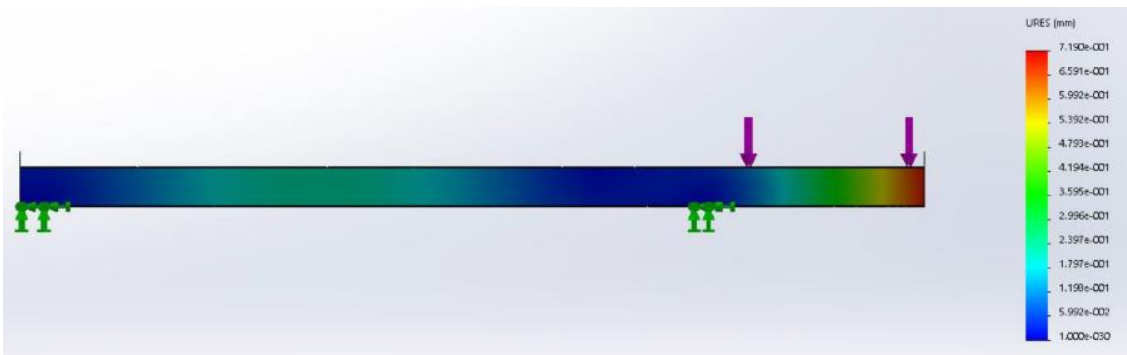
Tensão de VON MISES (kgf/cm²)



Limite de escoamento: 2.549,275 kgf/cm².

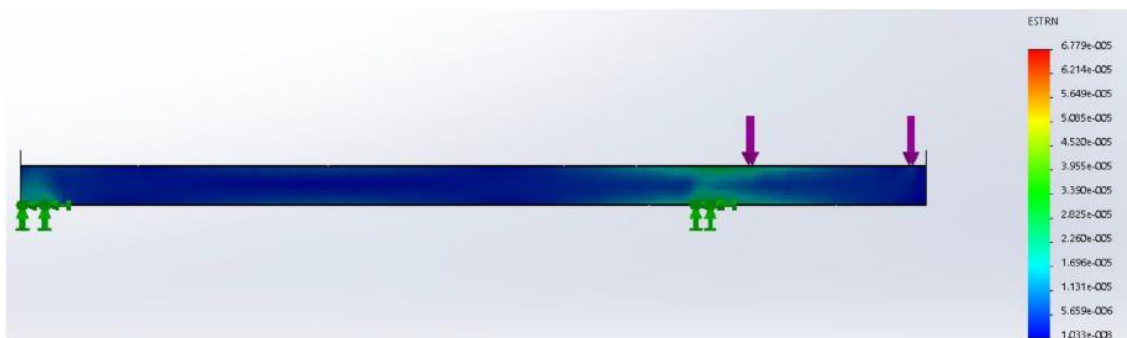
Escoamento máximo: 158,421 kgf/cm².

Deslocamento (mm).



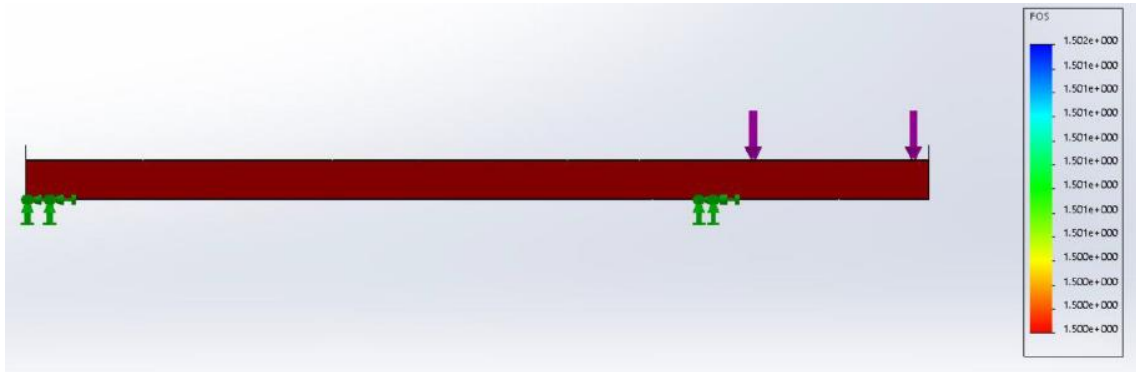
Deslocamento no ponto crítico: 0,718986mm.

Deformação (ESTRN)



Deformação equivalente máxima: 0,0000677901mm.

Deformação (ESTRN)



Fator de segurança: 1,5

Resumo do resultado

Nome	Tipo	Min	Max
Tensão	Tensão de von Mises	0,0305503 kgf/cm ²	158,421 kgf/cm ²
Deslocamento	URES: Deslocamento resultante	0 mm	0,718986 mm
Deformação	ESTRN: Deformação equivalente	1,03258e-008	6,77901e-005
Fator de segurança	Automático	1,5	1,5

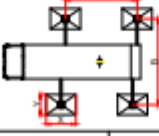
Conclusão:

Entende-se que o equipamento atende as solicitações necessárias conforme a norma regulamentadora NBR 8800 e NRB 8400.



Movimentação de Carga Externa

Equipamento Guindaste

CONFIGURAÇÃO GUINDASTE						
ITENS	DESCRIÇÃO	QUANT.	PESO	UNID.	PESO TOTAL Kg	CAPACIDADE Kg
CONTRA PESO	ADICIONAL	1	0,00	Kg	0,00	
LANÇA	TELESCÓPICA	1	18,00	m	0,00	
GANCHO	PRINCIPAL	1	10	Kg	10,00	
RAIO MÍNIMO	2.000,00					25.750,00
RAIO MÁXIMO	17.700,00					900,00
ESPECIFICAÇÃO CARGA						
ITENS	QUANT.	DESCRIÇÃO	PESO P/ CALCULO	PESO TOTAL		
1	1	PÉ DIREITO (PONTO CRÍTICO)	600,00	600,00		
2	2	VIGA DE ROLAMENTO	1.200,00	1.200,00		
3	1	PONTE ROLANTE	6.500,00	6.500,00		
ACESSÓRIOS						
ITENS	DESCRIÇÃO		QUANT.	PESO	PESO TOTAL	
1	CINTA DE 4,00 m x CAP. 4t		4	5,00	20,00	
2	MANILHA CURVA CAP. 3.25t		4	0,63	2,52	
3			0	0,00	0,00	
4			0	0,00	0,00	
5			0	0,00	0,00	
PATOLAS / BASE DE APOIO			DADOS PRESSÃO POR PATOLA FABRICANTE			
DIMENSÕES EM (m)						
A =	6.05					
B =	5.80					
X =	1.00					
Y =	1.00					
CALCULOS RESULTANTES			FOLGA %	PRESSÃO POR PATOLA		UNID.
TOTAL ACESSÓRIOS (Kg)	32,52		29,72	PESO GUINDASTE	14.000,00	Kg
CARGA BRUTAL REAL (Kg)	632,52			DADOS FABRICANTE	21.900,00	Kg
% UTILIZAÇÃO GUINDASTE	70,28			AREA TOTAL APOIO	1,00	m²
% FOLGA GUINDASTE (Kg)	267,48			σ =	2,19	Kg/cm²
Velocidade Admissível do Vento: 10 m/s						

O estudo (plano) de Rigging será elaborado sempre que a situação de içamento ou movimentação da carga justifique, em função da altura, peso, raio, posicionamento da peça, etc.

➤ De acordo com a imagem a avaliação do alcance do equipamento destina-se a identificar a área de operação do mesmo em função de sua capacidade de carga, avaliada considerando-se o peso da carga a ser movimentada, a capacidade de resistência do equipamento e a angulação e comprimento da lança. Quanto mais distante a carga se encontrar do centro de gravidade do equipamento menor será a capacidade de carga desse. Quanto menor for o ângulo entre a lança e o plano horizontal menor será a capacidade de carga do equipamento. Assim, a maior capacidade ocorre com a máxima angulação e proximidade da carga em relação ao centro de gravidade do equipamento.

➤ Entretanto, um item que é o mais representativo de todos é a capacidade de resistência do terreno. Se esse não for compatível com a movimentação o terreno terá que ser adaptado, seja através de estiva seja com a compactação do mesmo.

➤ De maneira geral, fica estabelecido que, para todas as cargas acima de 10 t. serão elaborados estudos de rigging, cabendo aos setores de Planejamento e Produção, a verificação da necessidade, a elaboração e distribuição dos referidos estudos.

➤ Para a elaboração será observado criteriosamente os documentos de referência inclusive as vias de acesso, interferência de giro, verticalização e coordenadas de posicionamento.

HIGRA		
Cliente: SEMAE	Data:	Equipamento: A1-830
Solicitante:	Local:	Peso do Conjunto: 5600Kg
		Comprimento sem crivo: 5120mm
		Comprimento com crivo: 6348mm
		Largura: Ø1675
		Pontos de içamento: 2
		Ø Sucção: Ø900mm
		Ø Descarga: Ø500mm (3x)

Acesso dos equipamentos de movimentação de carga: O posicionamento final para içamento e movimentação dos guindastes de grande porte deve evitar que seja



concentrada carga sobre galeria de águas pluviais, industriais, envelopes elétricos, tubulação enterrada ou outras posições que possam trazer risco a operação ou instalação.

O cálculo para içamento das peças e equipamentos deve considerar o peso de projeto, com e sem internos, conforme o caso, bem como as dimensões (altura / diâmetro);

Os olhais e cabeços de içamento não serão verificados na obra com relação ao seu dimensionamento, visto que este cálculo foi executado pelo fabricante do equipamento;

As condições do solo no local da operação devem ser verificadas quanto a compactação, nivelamento e elevação;

Riscos de SMS

- Rompimento de cabos ou cintas;
- Rompimento de pontos de pega;
- Rompimento da embalagem;
- Dimensionamento inadequado do equipamento de movimentação da carga;
- Mal acondicionamento da carga;
- Ventos fortes ou recalque do terreno;
- Imperícia do operador;
- Outras causas mais.

Sinalização para movimentação de carga



9. ELÉTRICA

Na parte elétrica os sites Vila Brás e Dalleação possuem similaridade, já o site Vicentina possui características distinta, uma vez que na Vila Brás e Dalleação será utilizado gerador diesel para alimentação e na Vicentina poderá ser utilizada a rede da concessionária que está ativa até o momento.

Vila Brás e Dalleação

O conjunto motobomba a ser utilizada terá 350 cv de potência nominal, que exigirá uma potência que irá ultrapassar a nominal do motor se for alimentada em 60 Hz, assim, deverá ser utilizado inversor de frequência para modulação, a fim de assegurar que não ultrapasse a corrente admitida para a operação segura do motor.

Com o intuito de atender o ponto operacional de 5,5 mca de pressão de bombeamento e vazão de 3000 l/s, foi simulado para se obter a máxima frequência de funcionamento do motor e mantendo o limite de corrente de 580 A, um pouco acima da nominal, pois o motor atende fator de serviço de 1,15%, limitando assim devido aos cabos elétricos.

Dados do Motor da bomba A1-800/350B:

Potência = 350 CV

Corrente = 564,4 A

Tensão: 380 V

FP = 0,75

Rendimento = 92,6%

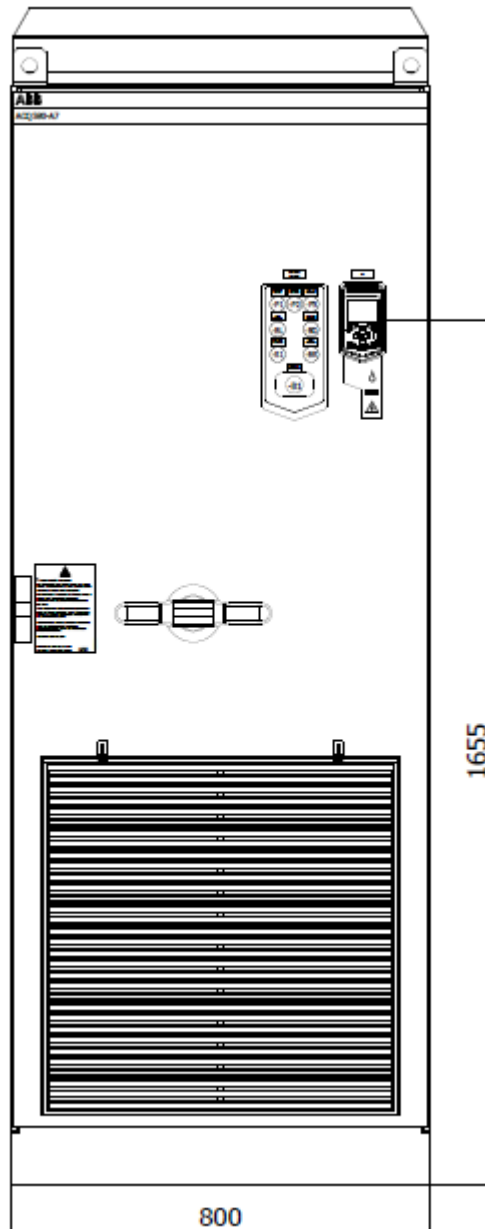
Rotação = 712 rpm

$I_p/I_n = 4,1$

Quadro elétrico de Acionamento

O quadro elétrico de acionamento deverá possuir inversor de frequência com corrente de 580 A ou maior, estando disponível no mercado o inversor da marca Danfoss, modelo FC-302, com corrente nominal de 800 A, assim atendendo as necessidades para a operação do equipamento. Deverá possuir também proteção por disjuntor termomagnético e demais requisitos para atender a norma NBR5410, assim como as demais normas aplicáveis.





Fonte: Própria

Cabos Elétricos

Para atender a corrente necessária na alimentação do motor, de 580 A, os cabos elétricos a serem utilizados deverão atender esta corrente ou maior.

Considerando a tabela do fabricante Corfio, instalação horizontal com espaçamento, o cabo 240 mm² tem capacidade de 781, com fator de agrupamento de 0,8, o cabo irá ter capacidade de 624 A, atendendo a aplicação e operação contínua.

$$I_{\text{cabo}} = 781 \times 0,8 \quad I_{\text{cabo}} = 624 \text{ A}$$

Sobre o quesito queda de tensão, a distância entre o quadro de acionamento e o motor será de aproximadamente 15 metros, não apresentando queda de tensão significativa para o bom funcionamento do equipamento.

Operação da Bomba

Com o ponto de operação de 5,5 mca de pressão de bombeamento e vazão de 3000 l/s, a simulação de cálculo de rotação do equipamento resultou em 540 rpm, assim deve ser configurado o inversor de frequência em 45 Hz.

Devido a característica dos inversores de frequência de reduzir a tensão de saída para manter a relação de tensão/frequência e manter o torque constante, com a frequência menor, resultará em tensão menor para o motor e conseqüentemente corrente maior.

$$\text{Relação V/F} = \text{V/F} \quad \text{Relação V/F} = 380/60 \quad \text{Relação V/F} = 6,333$$

$$\text{Tensão de Saída} = \text{Relação V/F} \times \text{Freq. Operação}$$

$$\text{Tensão de Saída} = 6,333 \times 45$$

$$\text{Tensão de Saída} = 285 \text{ V}$$

Como proteção do motor, deverá ser configurado o inversor para que opere limitando a corrente em 580 A, assim, conforme a diminuição do nível de água nos pontos de drenagem, naturalmente irá exigir mais potência e o inversor irá reduzir a frequência do motor para manter a corrente limite.

Grupo Gerador

Pelo fato de ser instalações emergenciais, foram instalados grupos geradores para suprir a alimentação dos motores das bombas anfíbias para as drenagens, sendo estes geradores conforme descrições a seguir.

A bomba em operação com a potência de 350 CV, exigirá 278 kW de potência e para o cálculo de corrente necessária do gerador, estará com fator de potência corrigido pelo inversor, de 0,92.

$$\text{Corrente do motor em operação (FP} = 0,75) = 580 \text{ A}$$

$$\text{Corrente na entrada do inversor (FP} = 0,92) = 460 \text{ A}$$



Assim, para o cálculo de potência do gerador, considerar folga de 130% de forma conservadora, conforme a seguir:

$$S = \sqrt{3} \times I \times V \quad S = \sqrt{3} \times 460 \times 380 \quad S = 302 \text{ kVA}$$

$$S = 302 \times 130\% \quad S = 392,4 \text{ kVA}$$

O gerador indicado é de no mínimo 400 kVA de potência ou maior, estando disponível para utilização um gerador de 750 kVA, 380 V, que atenderá 1140 A.

Projetos dimensionais em anexo a este documento.

Vicentina

O conjunto motobomba a ser utilizada terá 350 cv de potência nominal, que exigirá uma potência que irá ultrapassar a nominal do motor se for alimentada em 60 Hz, assim, deverá ser utilizado inversor de frequência para modulação, a fim de assegurar que não ultrapasse a corrente admitida para a operação segura do motor.

Com o intuito de atender o ponto operacional de 5,5 mca de pressão de bombeamento e vazão de 3000 l/s, foi simulado para se obter a máxima frequência de funcionamento do motor e mantendo o limite de corrente de 580 A, um pouco acima da nominal, pois o motor atende fator de serviço de 1,15%, limitando assim devido aos cabos elétricos.

Dados do Motor da bomba A1-800/350B:

Potência = 350 CV

Corrente = 564,4 A

Tensão: 380 V

FP = 0,75

Rendimento = 92,6%

Rotação = 712 rpm

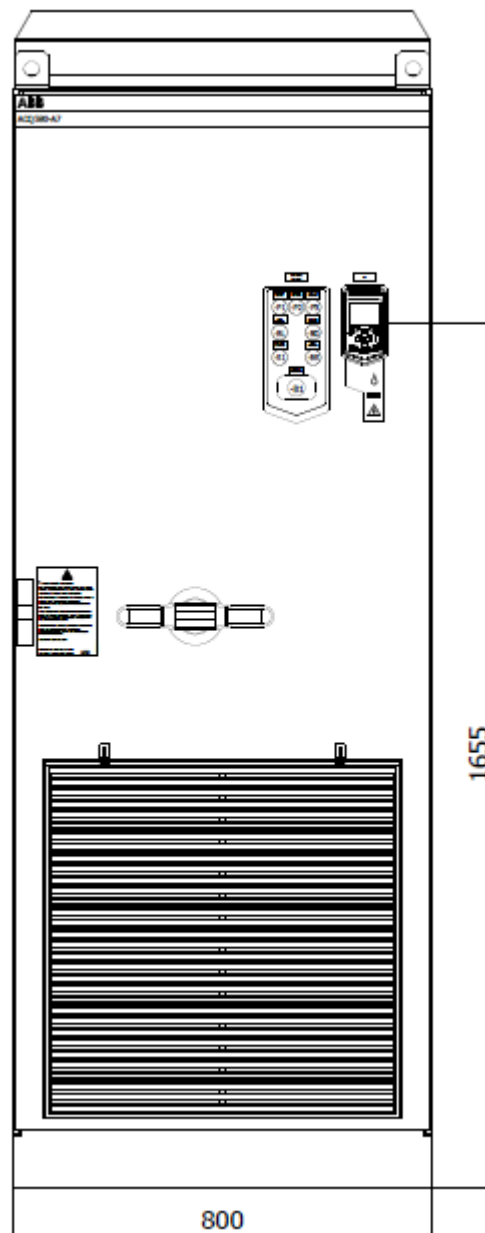
$I_p/I_n = 4,1$

Quadro elétrico de Acionamento

O quadro elétrico de acionamento deverá possuir inversor de frequência com corrente de 580 A ou maior, estando disponível no mercado o inversor da marca Danfoss, modelo FC-302, com corrente nominal de 800 A, assim atendendo as necessidades para a operação do equipamento. Deverá possuir também proteção por



disjuntor termomagnético e demais requisitos para atender a norma NBR5410, assim como as demais normas aplicáveis.



Fonte: Própria

Cabos Elétricos

Para atender a corrente necessária na alimentação do motor, de 580 A, os cabos elétricos a serem utilizados deverão atender esta corrente ou maior.

Considerando a tabela do fabricante Corfio, instalação horizontal com espaçamento, o cabo 240 mm² tem capacidade de 781, com fator de agrupamento de 0,8, o cabo irá ter capacidade de 624 A, atendendo a aplicação e operação contínua.

$$I_{\text{cabo}}=781 \times 0,8 \quad I_{\text{cabo}}=624 \text{ A}$$

Sobre o quesito queda de tensão, a distância entre o quadro de acionamento e o motor será de aproximadamente 15 metros, não apresentando queda de tensão significativa para o bom funcionamento do equipamento.

Operação da Bomba

Com o ponto de operação de 5,5 mca de pressão de bombeamento e vazão de 3000 l/s, a simulação de cálculo de rotação do equipamento resultou em 540 rpm, assim deve ser configurado o inversor de frequência em 45 Hz.

Devido a característica dos inversores de frequência de reduzir a tensão de saída para manter a relação de tensão/frequência e manter o torque constante, com a frequência menor, resultará em tensão menor para o motor e conseqüentemente corrente maior.

$$\text{Relação V/F} = V/F \quad \text{Relação V/F} = 380/60 \quad \text{Relação V/F} = 6,333$$

$$\text{Tensão de Saída} = \text{Relação V/F} \times \text{Freq. Operação}$$

$$\text{Tensão de Saída} = 6,333 \times 45$$

$$\text{Tensão de Saída} = 285 \text{ V}$$

Como proteção do motor, deverá ser configurado o inversor para que opere limitando a corrente em 580 A, assim, conforme a diminuição do nível de água nos pontos de drenagem, naturalmente irá exigir mais potência e o inversor irá reduzir a frequência do motor para manter a corrente limite.

Subestação Provisória 1000 kVA

O relatório do Estudo de Curto-circuito e Seletividade esta como anexo a este documento, contendo os cálculos e ajustes da proteção, assim como o Laudo do Sistema de Aterramento e o Relatório de Ensaio de Rigidez Dielétrica de cabos de media tensão.



Transformador

A bomba em operação com a potência de 350 CV, exigirá 278 kW de potência e para o cálculo de corrente necessária do transformador, estará com fator de potência corrigido pelo inversor, de 0,92.

Corrente do motor em operação (FP = 0,75) = 580 A

Corrente na entrada do inversor (FP = 0,92) = 460 A

Assim, para o cálculo de potência do transformador:

$$S = \sqrt{3} \times I \times V \quad S = \sqrt{3} \times 460 \times 380 \quad S = 302 \text{ kVA}$$

O transformador deverá possuir 302 kVA de potência ou maior, estando disponível para utilização um transformador de 1000 kVA, 23 / 0,380 kV, que atenderá 1521 A.

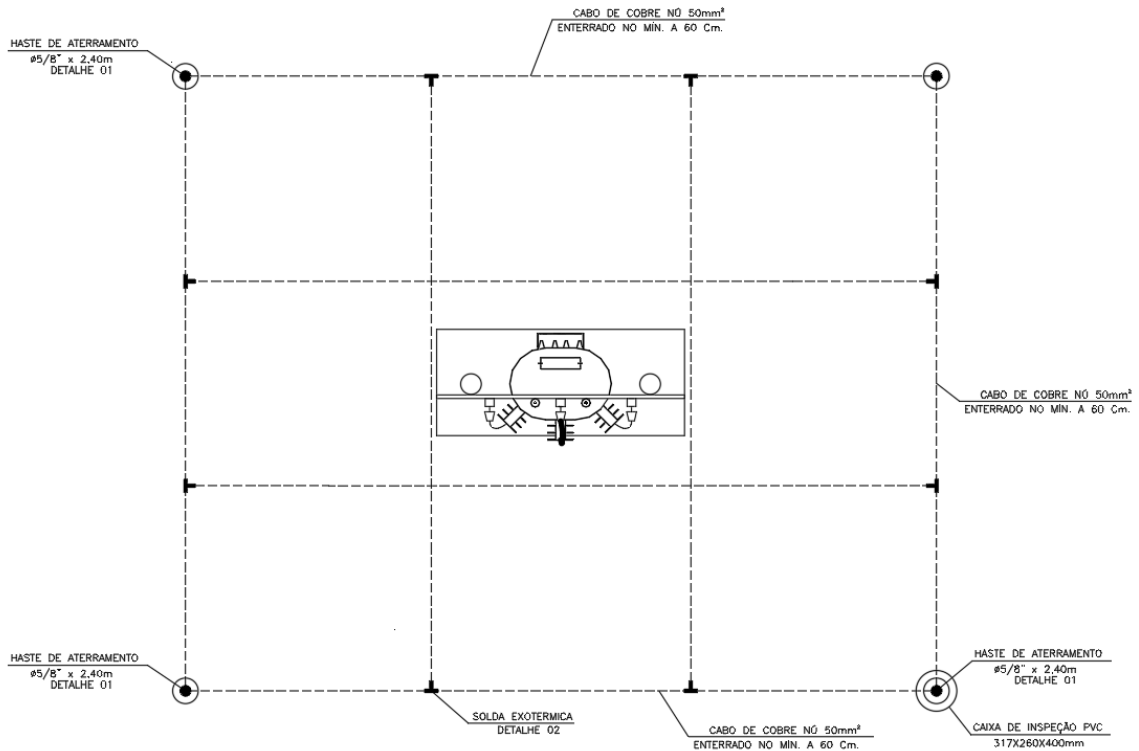
Aterramento

O aterramento elétrico de um dado Sistema de Potência é de fundamental importância para que se possa operar com qualidade, sem interrupções e que se possa garantir os níveis de segurança para pessoas e equipamentos. A NBR 15751, nos fornece os requisitos mínimos para o dimensionamento da malha de aterramento, quando sujeitas a solicitações de frequências industriais (50-60 Hz) e estabelece também os limites de segurança para pessoas e equipamentos.

O aterramento em questão é destinado ao projeto elétrico do sistema de drenagem, com o intuito de garantir o correto aterramento no transformador da subestação.

Devido às restrições físicas da área onde será implantado o sistema de drenagem, a malha de aterramento deverá ter um comprimento máximo de 5,5 metros e uma largura máxima de 4,5 m, em formato de cruzado.





Fonte: Própria

Como forma de determinar de maneira simplificada as resistividades elétricas da primeira e segunda camada do solo, ρ_1 e ρ_2 respectivamente, considerou-se que o solo onde será instalado a malha de aterramento se tratava de um solo argiloso. Para este tipo de solo, é estimado que a resistividade elétrica varia entre 100 e 200 $\Omega \cdot m$. Sendo assim, considerou-se que a primeira camada possui uma resistividade elétrica de 200 $\Omega \cdot m$ com uma profundidade de 5 m e a segunda camada possui uma resistividade elétrica de 100 $\Omega \cdot m$. A profundidade de instalação da malha de aterramento deverá ser de no mínimo 0,6 m.

Os condutores horizontais serão de cobre com têmpera dura e os condutores verticais (hastes) serão de aço cobreado com uma seção de 5/8" e 2,4 m de comprimento, sendo que as conexões deverão ser realizadas através de solda exotérmica e grampo aparafusado junto a caixa de inspeção. Os condutores, horizontais e verticais, deverão suportar a corrente de falta que escoará para a malha por um período de 0,5 s.

De posse das premissas iniciais estabelecidas e do design da malha de aterramento, podem-se calcular a resistência de aterramento, através da equação abaixo. Onde a resistividade aparente do solo (ρ_a) é 100 $\Omega \cdot m$ (valor considerado), o

comprimento total dos condutores enterrados (L_t) é 49,6 m, a área ocupada pela malha (A) é de 24,75 m² e a malha está enterrada a uma profundidade mínima H de 0,6m.

- Para malhas enterradas a uma profundidade entre 0,25 m e 2,5 m.

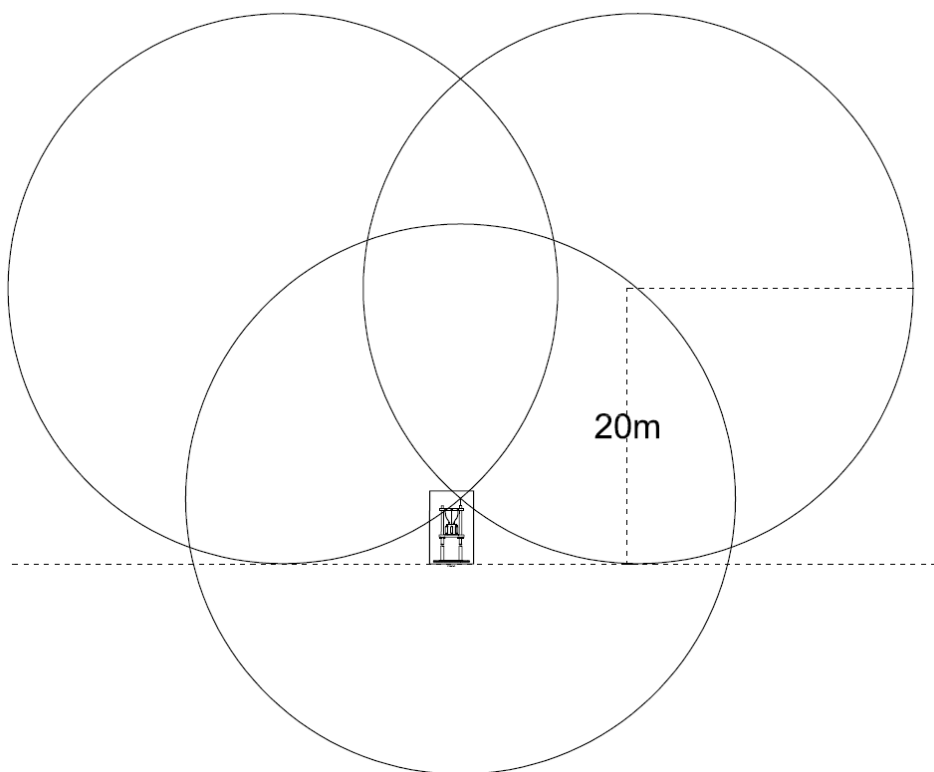
$$R = \rho_a \left\{ \left(\frac{1}{L_t} \right) + \left(\frac{1}{\sqrt{20 \times A}} \right) \times \left[1 + \left(\frac{1}{1+H \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] \right\} [\Omega]$$

$$R = 9,43 \Omega$$

Sistema de proteção de descargas atmosféricas – SPDA

O Sistema de proteção de descargas atmosféricas deve ser baseado no método eletrogeométrico, com raio de 20 metros, tendo como ponto de referência um para-raio do tipo haste que deverá ser instalado no poste da direita da estrutura “H” onde estará o Transformador de potência.

A Figura abaixo ilustra a área de proteção com base no método descrito.

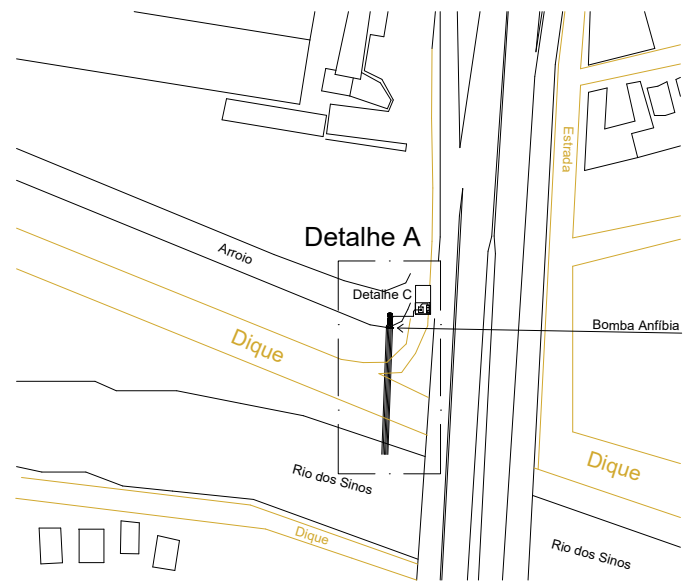
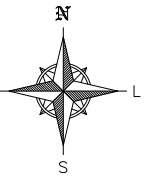


Fonte: Própria

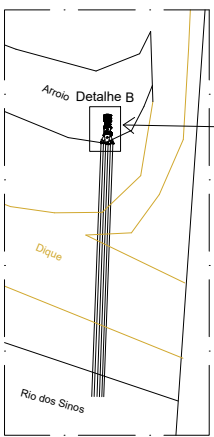
12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

J
I
H
G
F
E
D
C
B
A

J
I
H
G
F
E
D
C
B
A

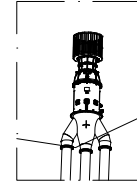


Detalhe A



Bomba Anfíbia

Detalhe B



Bomba Anfíbia

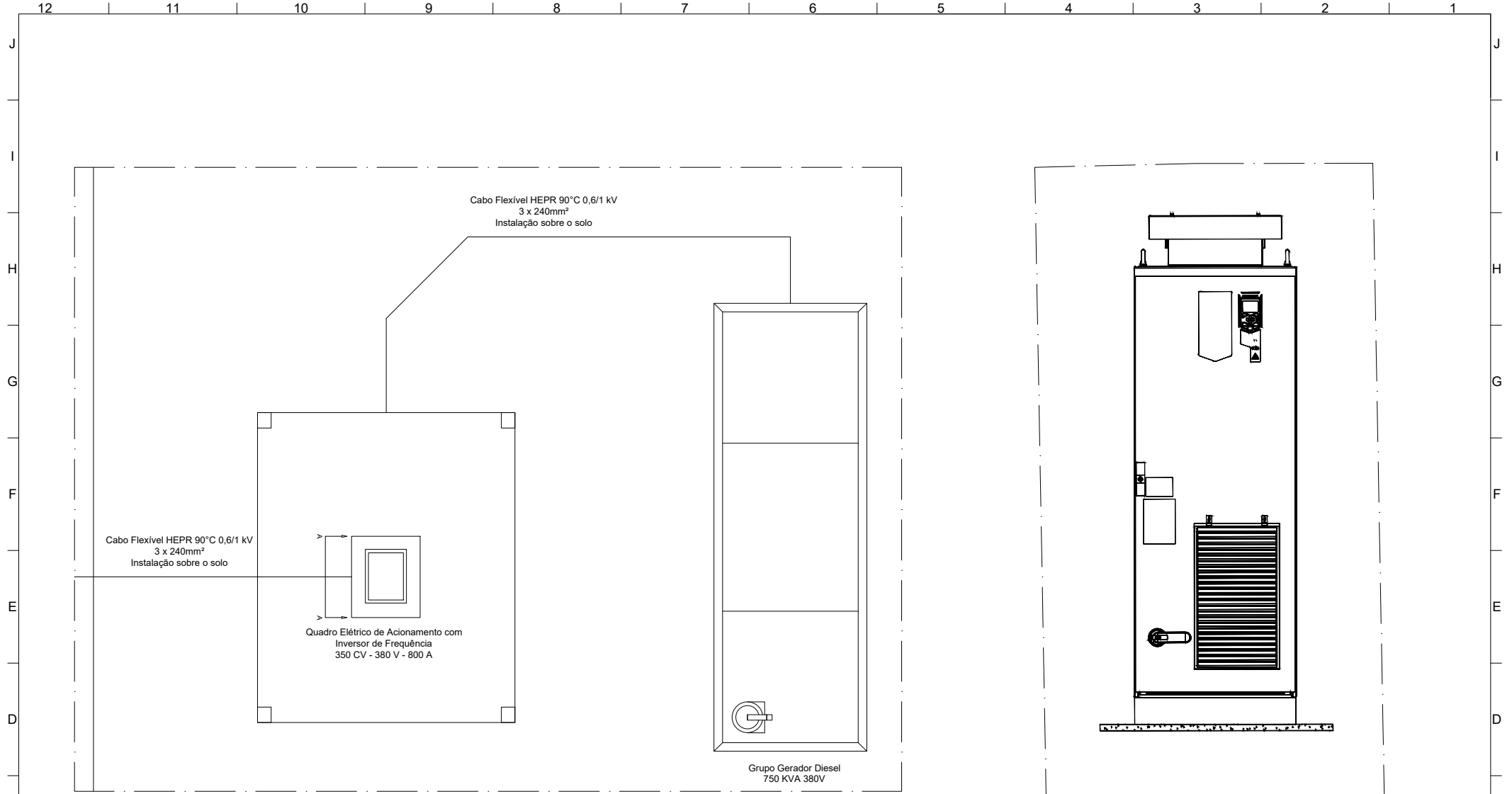


Desenhado: Gustavo P.	Data: 06/2024
Aprovado:	Data: ---

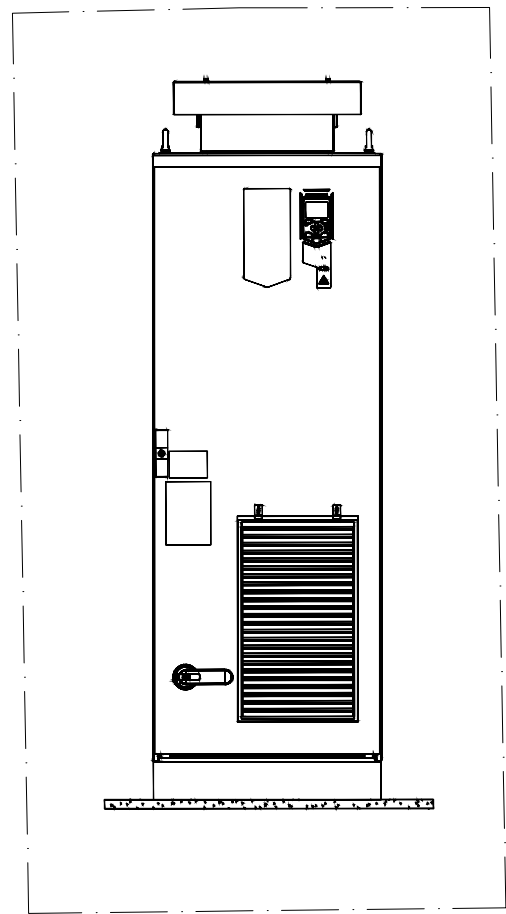
REV.	DESCRIÇÃO	DATA	NOME
12			
11			
10			
9			
8			
7			

Projeto: Campina - Drenagem	Código Desenho:
Descrição: Detalhamento Elétrico	Página 01/02

Rev: 00



Detalhe C



Vista A-A



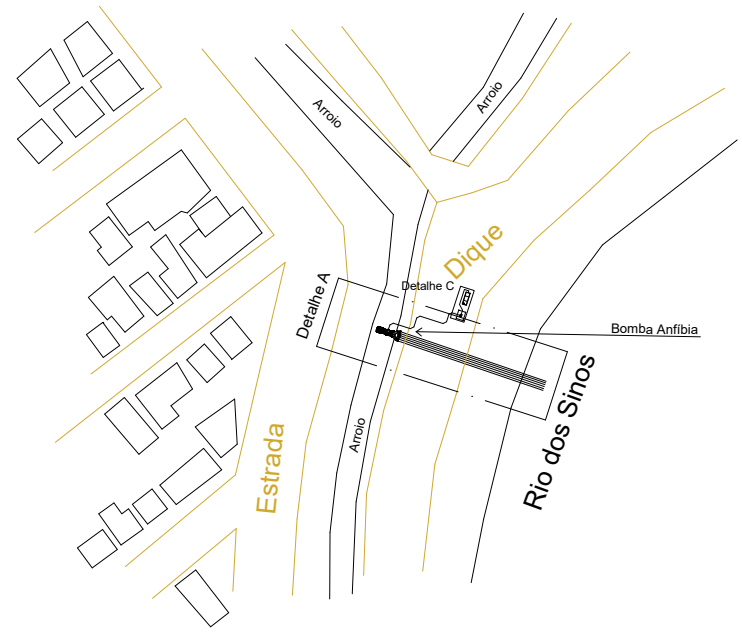
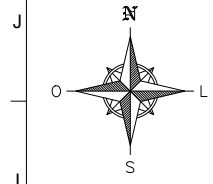
Desenhado: Gustavo P.	Data: 06/2024
Aprovado:	Data: ---

REV.	DESCRÇÃO	DATA	NOME
12			
11			
10			
9			
8			
7			

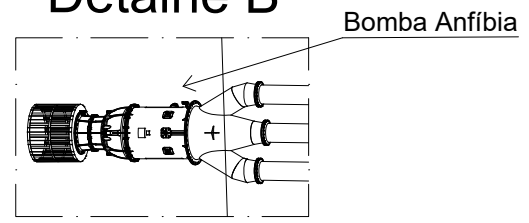
Projeto: Campina - Drenagem
Descrição: Detalhamento Elétrico

Código Desenho:	Página 02/02	Rev: 00
--------------------	------------------------	-------------------

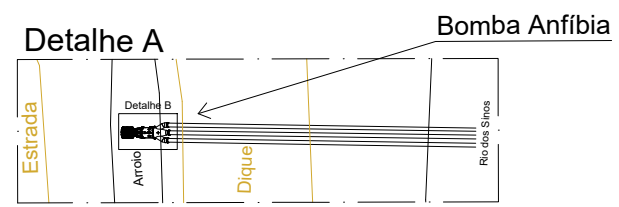
12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1



Detalhe B



Detalhe A



Desenhado: Gustavo P.	Data: 06/2024
Aprovado:	Data: ---

REV.	DESCRÇÃO	DATA	NOME
12			
11			
10			
9			
8			
7			

Projeto: Vila Brás - Drenagem
Descrição: Detalhamento Elétrico

Código Desenho:	Página 01/02	Rev: 00
--------------------	------------------------	-------------------

12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

J

I

H

G

F

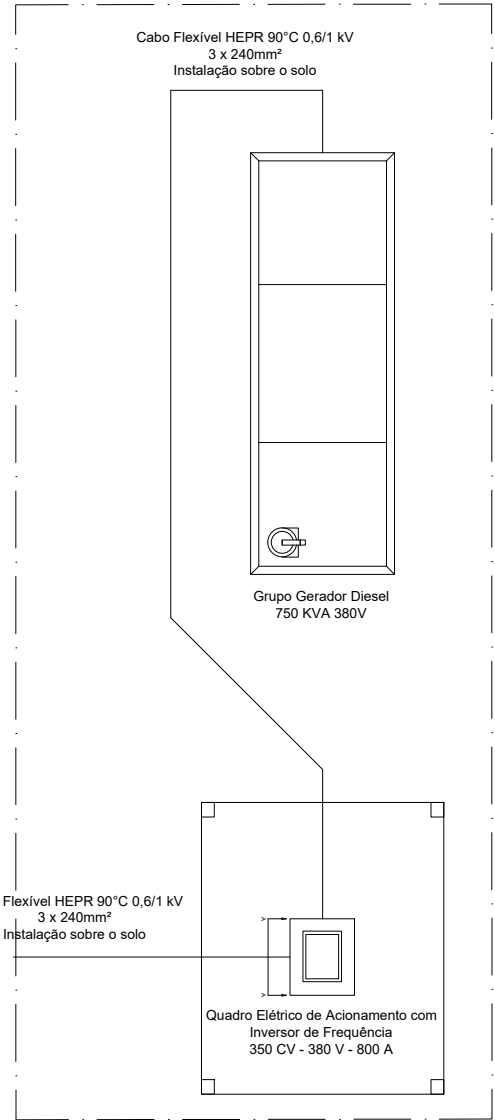
E

D

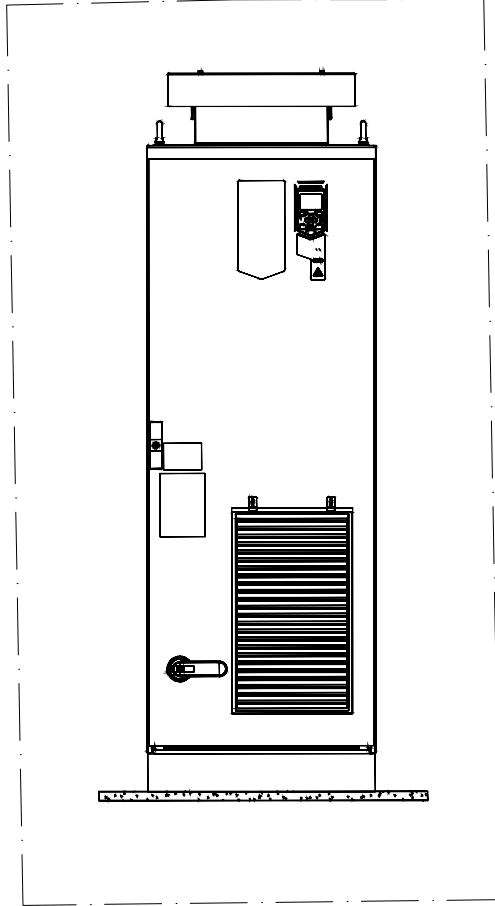
C

B

A



Detalhe C



Vista A-A



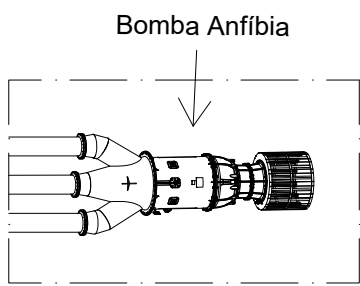
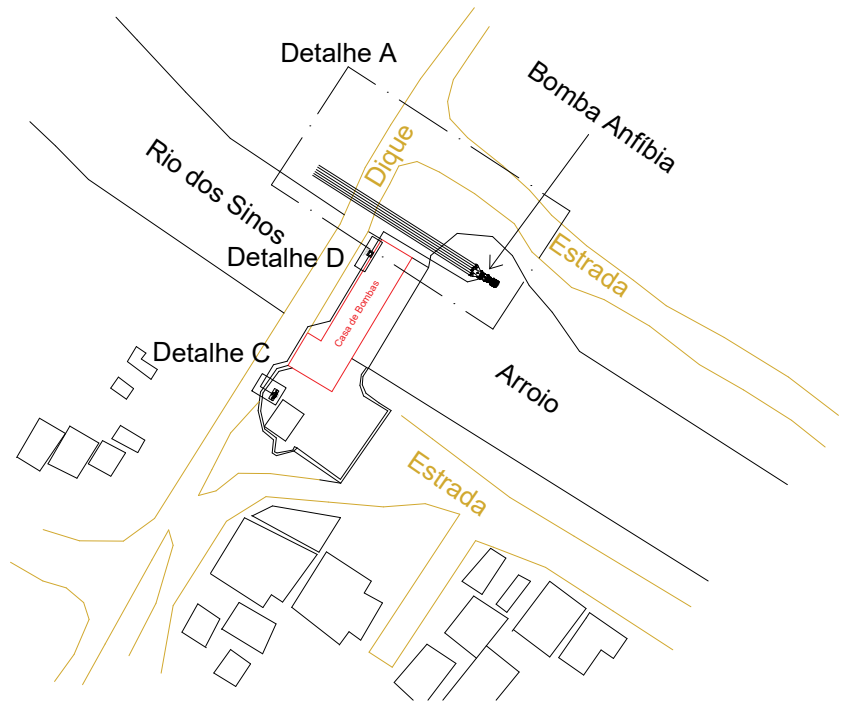
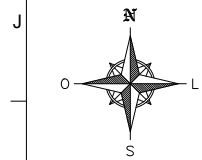
Desenhado: Gustavo P.	Data: 06/2024
Aprovado:	Data: ---

REV.	DESCRÇÃO	DATA	NOME
12			
11			
10			
9			
8			

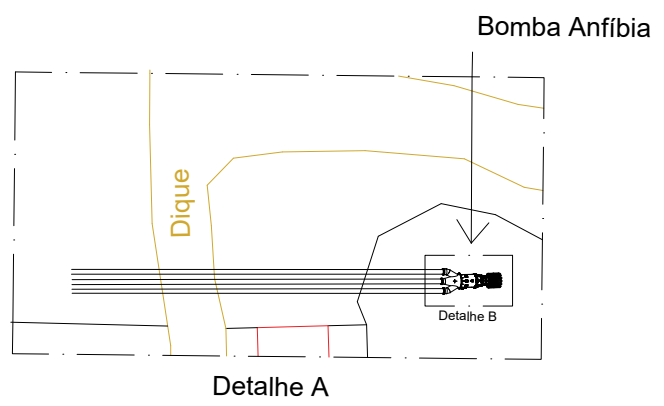
Projeto: Vila Brás - Drenagem
Descrição: Detalhamento Elétrico

Código Desenho:	Página 02/02	Rev: 00
--------------------	-----------------	------------

12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1



Detalhe B



Desenhado: Gustavo P.	Data: 06/2024
Aprovado:	Data: ---

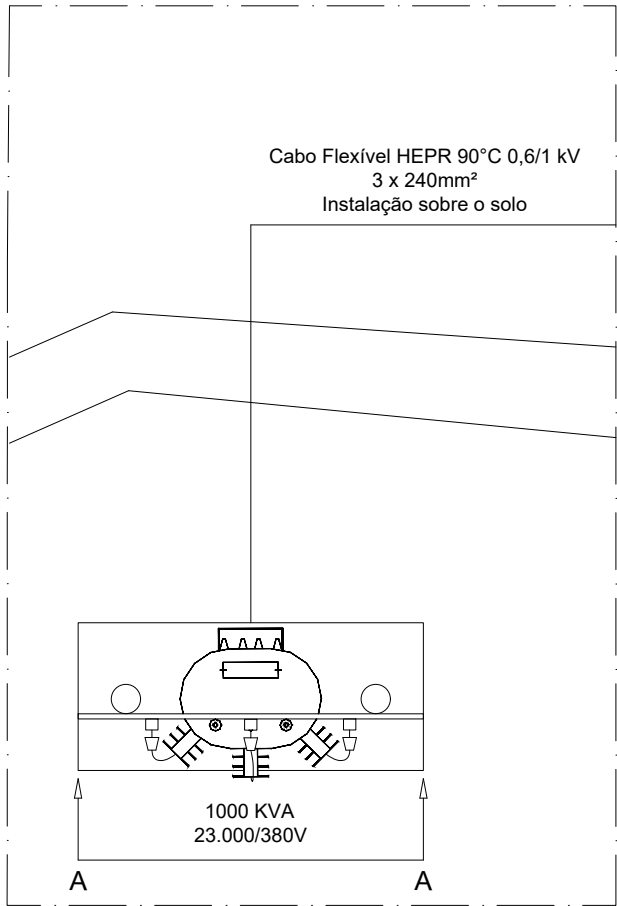
REV.	DESCRÇÃO	DATA	NOME
12			
11			
10			
9			
8			
7			

Projeto: Vicentina - Drenagem	Código Desenho:
Descrição: Detalhamento Elétrico	Página 01/03

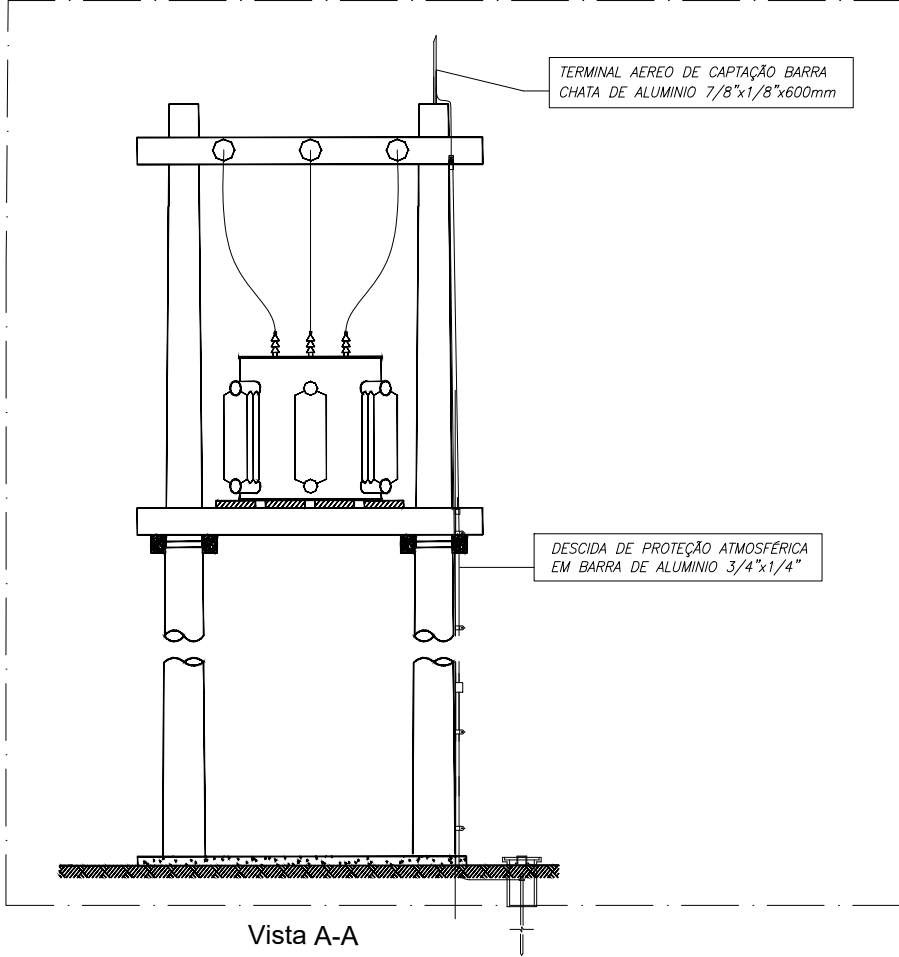
Rev: 01

12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

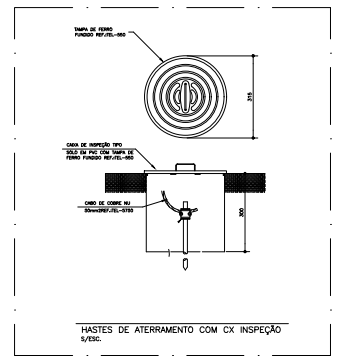
J I H G F E D C B A



Detalhe C



Vista A-A



Desenhado: Gustavo P.	Data: 06/2024
Aprovado:	Data: ---

REV.	DESCRÇÃO	DATA	NOME
12			
11			
10			
9			
8			
7			

Projeto: Vicentina - Drenagem	Código Desenho:
Descrição: Detalhamento Elétrico	Página 02/03
	Rev: 01

12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

J

I

H

G

F

E

D

C

B

A

J

I

H

G

F

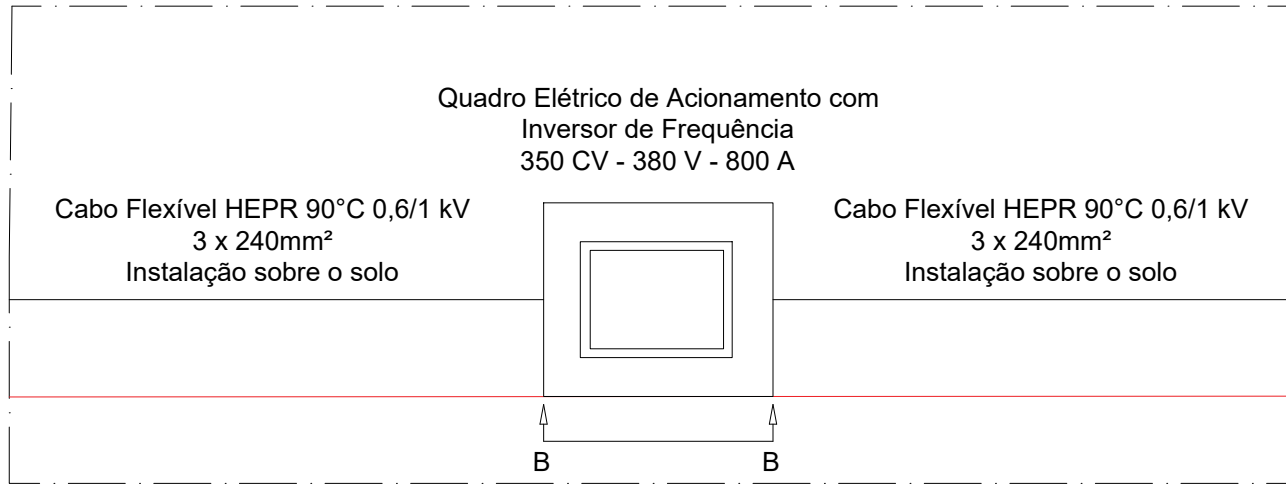
E

D

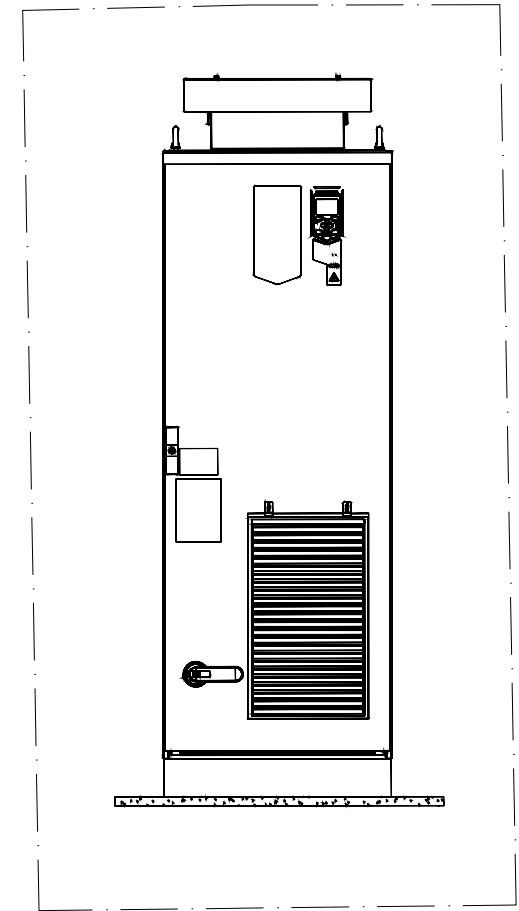
C

B

A



Detalhe D



Vista B-B



Desenhado: Gustavo P.	Data: 06/2024
Aprovado:	Data: ---

REV.	DESCRÇÃO	DATA	NOME
12			
11			
10			
9			
8			
7			

Projeto: Vicentina - Drenagem
Descrição: Detalhamento Elétrico

Código Desenho:	Página 03/03	Rev: 01
--------------------	-----------------	------------

ESTUDO DE CURTO-CIRCUITO E SELETIVIDADE

SISTEMA DE DRENAGEM EMERGENCIAL

350 CV - 380V conectado em 23 kV

UNIDADE: ESTAÇÃO DE DRENAGEM

BAIRRO VICENTINA

Controle de Revisões			
Revisão	Elaboração	Aprovação	Descrição
06/2024	Gustavo P.	HIGRA	Emissão inicial



1. INTRODUÇÃO

Este documento tem por objetivos apresentar os resultados obtidos da avaliação dos estudos de curto-circuito e seletividade do sistema de drenagem emergencial, localizada no município de São Leopoldo - RS, para obtenção do melhor nível da confiabilidade do sistema elétrico. Para este estudo, foram realizados levantamento de dados dos transformadores, motores, cabos e dos novos equipamentos a serem instalados.

Serão tratados neste documento os seguintes assuntos:

- ✓ Definição e modelagem do sistema elétrico estudado;
- ✓ Teoria sobre cálculo de curto-circuito e seletividade adotado;
- ✓ Simulação de faltas trifásicas e fase-terra;
- ✓ Apresentação dos resultados das simulações;
- ✓ Memorial de cálculo do estudo de seletividade, incluindo os ajustes de proteção

2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO

O sistema elétrico da unidade é composto por uma subestação de entrada provisória (seccionadora com fusível HH) formada por uma cabine de entrada em 23kV - alimentada por uma rede proveniente da RGE . Ao chegar à cabine de entrada – simplificada a mesa faz a alimentação do transformador principal de 1000 kVA com características conforme segue na tabela abaixo:

Tag	kVA	Tensão	Grupo de ligação	Impedância	Meio isolante
TR-01	1000	23 / 0,38 kV	DYn1	6%	Seco

A saída do transformador TR-01 passa pelo disjuntor geral de baixa tensão, que está associado a um relé de proteção multifunção RMF, a partir daí a alimentação segue para um QGBT.

As proteções do RMF – Primeiro grupo de ajustes vai atuar no disjuntor geral de baixa tensão DG.

3. COLETA DE DADOS

Os dados de contribuição da concessionária utilizados no estudo foram fornecidos pela concessionária.

Valores de curto-circuito

Icc3F – 4.779,8 A – 83,35°
Icc2F – 4139,4 A – 83,35°
IccFT – 4390,5 A – (-76,77°)
X/R = 9,60

Ajustes da proteção a montante

Não fornecidos

Valor de demanda considerada

O valor de 300 kW foi considerado no cálculo.

4. CRITÉRIOS ADOTADOS NO ESTUDO DE CURTO-CIRCUITO

Os critérios adotados para verificar a adequação dos equipamentos ao sistema elétrico no estudo foram elaborados com base nas seguintes normas técnicas:



ANSI-C37-04	<i>Rating Structure for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Basis</i>
ANSI-C37-10	<i>Application Guide for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Basis</i>
NBR 6935	<i>Chave Seccionadora</i>
NBR 6856	<i>Transformador de Corrente - Especificação</i>
NBR 7118	<i>Disjuntores – Especificação</i>
NBR 6251	<i>Cabos e Potência com Isolação Sólida para Tensão de 1 a 35KV.</i>
IEC 60909-0	Short-circuit currents in three-phase a.c. systems Calculation of currents
IEEE Std-C37	<i>IEEE Guide for AC Generator Protection</i>

5. CORRENTE DE FALTAS SIMÉTRICAS

As correntes de faltas simétricas, apresentadas neste relatório, correspondem ao curto-circuito permanente, ou seja, são os valores de corrente após a extinção das componentes DC que ocorrem nos primeiros instantes após a falta. Os tipos de faltas simétricas considerados no estudo foram: trifásico, fase à terra, dupla fase.

As correntes de faltas simétricas são calculadas com os elementos da diagonal principal das matrizes de impedâncias nodais de seqüência (ZBUS) obtida pela inversa das matrizes de admitâncias nodais seqüenciais (YBUS) admitindo-se que as correntes de pré-falta nula e as tensões nas barras antes da falta tem valores iguais a 1 pu.

Para uma barra genérica "p", onde se deseja determinar as correntes de faltas, obtêm-se as impedâncias nodais de seqüência: Z_{pp1} , Z_{pp2} e Z_{pp0} que são os elementos da diagonal principal das respectivas matriz de impedâncias nodais de seqüência e que, também são os equivalentes de Thevenin visto pela barra genérica "p". Com tais impedâncias obtêm-se as componentes simétricas da corrente de falta: I_{p0} , I_{p1} e I_{p2} para cada tipo de defeito na barra "p".

Em seguida fez-se a composição das componentes simétricas para se obter as correntes de faltas no sistema trifásico.

onde:

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & \alpha^2 & \alpha \\ 1 & \alpha & \alpha^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{p0} \\ I_{p1} \\ I_{p2} \end{bmatrix}$$

α é o fasor de módulo 1 e fase +120°

α^2 é o fasor de módulo 1 e fase -120°

6. CORRENTE DE FALTAS ASSIMÉTRICAS

Para avaliar o valor das correntes de faltas assimétricas numa barra genérica "p" procedeu-se conforme ANSI C37.10.1972.

Calculou-se a relação X_{pp}/R_{pp} da impedância de Thevenin de seqüência positiva ($Z_{pp}=R_{pp}+jX_{pp}$) vista pela barra genérica "p".

Calcularam-se os fatores de assimetria F1 e F2 conforme expressões abaixo.

$$F1 = \sqrt{2} \cdot \left(1 + e^{\frac{-\pi}{R_{pp}} \frac{X_{pp}}{R_{pp}}} \right)$$

$$F2 = \sqrt{1 + 2e^{\frac{-2\pi}{R_{pp}} \frac{X_{pp}}{R_{pp}}}}$$

Os fatores F1 será usado para avaliar a corrente assimétrica instantânea (pico) e o fator "F2" será usado para avaliar a corrente assimétrica eficaz para 0.5 ciclo. A corrente assimétrica calculada é o produto entre a corrente simétrica de falta trifásica pelo fator de assimetria.

7. MODELAGEM DO SISTEMA ELÉTRICO

O sistema elétrico em estudo foi modelado para permitir o cálculo das correntes de curto-circuito através do software PTW (Power Tools for Windows). Para a simulação do sistema elétrico foi elaborado um diagrama unifilar geral resumido, mostrando os geradores, cabos e transformadores e etc.

RELATÓRIO E RESULTADOS OBTIDOS

O software fornece um relatório completo como valor da corrente de falta permanente, em ampéres eficaz (Ini. Sym. RMS Fault Current), tensão nominal da barra (Voltage Base LL), impedância equivalente de Thevenin (Thevenin Equivalent Impedance) e respectiva relação X/R.

Para todos os cálculos é mostrada a variação da corrente no regime transitório (Asym RMS Interrupting Amps) para 1/2, 3, 5 e 8 ciclos, além das contribuições para a falta.

CONCEITO E ESTUDO DE SELETIVIDADE

O conceito de seletividade é a coordenação dos dispositivos de proteção, para que um defeito proveniente de qualquer ponto da rede seja eliminado somente pela proteção localizada imediatamente a montante ao defeito, assegurando a máxima continuidade no fornecimento de energia elétrica e agilidade na identificação do local da falha.

Para todos os valores de defeito, desde uma sobrecarga até um curto-circuito instantâneo, a coordenação deve ser totalmente seletiva. A falta de uma seletividade correta pode provocar abertura simultânea de mais de um dispositivo de proteção situado a montante da falta.

A verificação da seletividade para as proteções de sobrecorrentes será feita graficamente pela comparação das curvas tempo x corrente de atuação das proteções desde as entradas do sistema até as saídas dos painéis, segundo os ajustes aqui definidos.

7.1. DADOS CONSIDERADOS NO ESTUDO.

ALL PU VALUES ARE EXPRESSED ON A 100 MVA BASE.
FEEDER INPUT DATA



```
=====
==
CABLE      FEEDER FROM FEEDER TO  QTY VOLTS LENGTH      FEEDER
NAME       NAME        NAME      /PH L-L    SIZE  TYPE
=====
```

```
CF - AL - SE BUS-CELA1  BUS-HTR1  1 23000 20.0 METER  25  COBRE
Duct Material: N O MAGNETIC  Insulation Type:  EPR  Insulation Class: 15/25kV
+/- Impedance: 0.8000 + J 0.1670 Ohms/1000 m  0.0084 + J 0.0018 PU
Z0 Impedance: 1.71 + J 0.6086 Ohms/1000 m  0.0180 + J 0.0064 PU

CF-QEG  QGBT  QEG  2 380 6.0 METER  120  COBRE
Duct Material: N O MAGNETIC  Insulation Type:  EPR  Insulation Class: 0,6/1KV
+/- Impedance: 0.1900 + J 0.1000 Ohms/1000 m  0.2944 + J 0.1550 PU
Z0 Impedance: 0.5988 + J 0.2462 Ohms/1000 m  0.9279 + J 0.3815 PU

CF-QGBT  CAIXA "T"  QGBT  2 380 10.0 METER  120  COBRE
Duct Material: N O MAGNETIC  Insulation Type:  EPR  Insulation Class: 0,6/1KV
+/- Impedance: 0.1900 + J 0.1000 Ohms/1000 m  0.4907 + J 0.2583 PU
Z0 Impedance: 0.5988 + J 0.2462 Ohms/1000 m  1.55 + J 0.6358 PU

CF-QGBT-1  BUS-XTR1  CAIXA "T"  2 380 8.0 METER  120  COBRE
Duct Material: N O MAGNETIC  Insulation Type:  EPR  Insulation Class: 0,6/1KV
+/- Impedance: 0.1900 + J 0.1000 Ohms/1000 m  0.3926 + J 0.2066 PU
Z0 Impedance: 0.8824 + J 0.4677 Ohms/1000 m  1.82 + J 0.9663 PU

CF-MOTOR  BUS-0005  BUS-MOTOR  2 380 20.0 METER  120  COBRE
Duct Material: N O MAGNETIC  Insulation Type:  EPR  Insulation Class: 0,6/1KV
+/- Impedance: 0.1900 + J 0.1000 Ohms/1000 m  0.9814 + J 0.5165 PU
Z0 Impedance: 0.5988 + J 0.2462 Ohms/1000 m  3.09 + J 1.27 PU
=====
```

```
=====
TRANSFORMER PRIMARY RECORD VOLTS * SECONDARY RECORD VOLTS FULL-LOAD NOMINAL
NAME          NO NAME      L-L  NO NAME      L-L  KVA    KVA
=====
TR-01  BUS-HTR1  D 23000.0  BUS-XTR1  YG 380.00 1000.00 1000.00
Pos. Seq. Z%: 1.41 + J 5.83 (Zpu 4.69 + j 19.44) Shell Type
Zero Seq. Z%: 1.41 + J 5.83 (Sec 4.69 + j 19.44 Pri Open)
Taps Pri. 0.000 % Sec. 0.000 % Phase Shift (Pri. Leading Sec.): 30.00 Deg.
=====
```

VFD INPUT DATA

```
=====
VFD      VFD FROM  VFD TO  VOLTS RATING  --CONTRIBUTION% OF RATING--  ----BYPASS IMPEDANCE-----
NAME     NAME      NAME          THREE PHASE LINE-G  X/R  Z1%  X1/R1  Z0%  X0/R0
=====
```

```
V1-278KW  QEG      BUS-0005  380 278 LineSide: 0 0 8 0 8 0 8
          kW LoadSide: 0 0 8
Power Factor: 0.8 Efficiency: 0.9 Line Reactor: 0% Sevice Factor: 1 In Bypass Mode
*****
```

GENERATION CONTRIBUTION DATA

```
=====
BUS      CONTRIBUTION VOLTAGE
NAME     NAME      L-L  MVA  X"d  X/R
=====
BUS-CELA1  EP02915 23000.0 114.25
Three Phase Contribution: 4779.80 AMPS 9.60
Single Line to Ground Contribution: 4390.50 AMPS 9.60
Pos Sequence Impedance (100 MVA Base) 0.0998 + J 0.9576 PU
Zero Sequence Impedance (100 MVA Base) 0.1263 + J 1.21 PU

BUS-MOTOR  MOTOR      380.00 0.244 0.1500 20.00
KG: 0.9856 xdsat: 1.60 Excitation Limit: 1.30 Ik - ON
Pos Sequence Impedance (100 MVA Base) 3.07 + J 61.36 PU
Neg Sequence Impedance (100 MVA Base) 4.03 + J 60.48 PU
Zero Sequence Impedance (100 MVA Base) 4.03 + J 60.48 PU
=====
```

7.2. VALORES DE CURTO-CIRCUITO CALCULADOS



Resumo dos dados calculados

Simulação 1	Contribuição	3 fases	2 fases	1 fase
Defeito interno barra QGBT- 380V	Concessionária	6.867 A	5.275 A	6.004 A
	Motor	2.519 A	1.935 A	2.219 A
TOTAL		8.005 A	7.188 A	8.192 A

Simulação 2	Contribuição	3 fases	2 fases	1 fase
Defeito externo barra- RGE 23kV	Concessionária	4.780A	4.139A	4.388A
	Motor	53A	45A	32A
TOTAL		4.832 A	4185 A	4.420 A

7.3. MEMORIAL DE CÁLCULO DE CURTO-CIRCUITO

ALL PU VALUES ARE EXPRESSED ON A 100 MVA BASE

SWING GENERATORS

BUS NAME	SOURCE NAME	VOLTAGE	ANGLE
BUS-CELA1	RGE -	1.00	83.35
BUS-MOTOR	MOTOR	1.00	0.00

***** PRE-FAULT VOLTAGE PROFILE *****

BUS#	NAME	BASE VOLTS	PU VOLTS	ANGLE (D)
BUS-CELA1		23000.00	1.0000	83.
BUS-HTR1		23000.00	1.0000	83.
BUS-INV-V1		380.00	1.0000	40.
BUS-MOTOR		380.00	1.0000	40.
BUS-XTR1		380.00	1.0000	41.
CAIXA "T"		380.00	1.0000	40.
QGBT		380.00	1.0000	40.

***** FAULT ANALYSIS REPORT *****

FAULT TYPE: 3PH

BUS-CELA1 VOLTAGE BASE LL: 23000.0 (VOLTS)
 INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 4832.6 / -1. (AMPS/DEG)
 THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 0.090 +j 0.861 (PU)
 THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 9.568

ASYM RMS INTERRUPTING AMPS

1/2 CYCLES 2 CYCLES 3 CYCLES 5 CYCLES 8 CYCLES
 6897.5 5170.3 4925.7 4839.4 4832.8



INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES (PU / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

0.0000 / 0.0 0.0000 / 0.0 0.0000 / 0.0

INI. RMS FAULTED CURRENT (AMPS / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

4832.6 / -1.2 4832.6 / -121.2 4832.6 / 118.8

BUS-CELA1 ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

ALL BUSES REPORTED AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

BUS-CELA1 23000.0 0.0000 / 0. 0.0000 / 0. 0.0000 / 0.

BUS-HTR1 23000.0 0.0001 / -40. 0.0001 / -160. 0.0001 / 80.

BUS-XTR1 380.0 0.2538 / -6. 0.2538 / -126. 0.2538 / 114.

QGBT 380.0 0.2624 / -8. 0.2624 / -128. 0.2624 / 112.

BUS-INV-V1 380.0 0.2653 / -9. 0.2653 / -129. 0.2653 / 111.

BUS-CELA1 ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

ALL BUSES REPORTED AT TIME =

CAIXA "T" 380.0 0.2576 / -7. 0.2576 / -127. 0.2576 / 113.

QEG 380.0 0.2653 / -9. 0.2653 / -129. 0.2653 / 111.

BUS-MOTOR 380.0 0.2753 / -11. 0.2753 / -131. 0.2753 / 109.

BUS-CELA1 ===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS (AMPS) =====

FIRST BRANCH FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES

BRANCH NAME VBASE LL -PHASE A- -PHASE B- -PHASE C-

RGE - BUS-CELA1 23000. 4779.8 / -84. 4779.8 / 156. 4779.8 / 36.

BUS-CELA1 BUS-HTR1 CF - AL - SE 23000. 53.1 / 128. 53.1 / 8. 53.1 / -112.

CAIXA "T" VOLTAGE BASE LL: 380.0 (VOLTS)

INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 8404.2 / -38. (AMPS/DEG)

THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 3.211 +j 15.280 (PU)

THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 4.759

ASYM RMS INTERRUPTING AMPS

1/2 CYCLES 2 CYCLES 3 CYCLES 5 CYCLES 8 CYCLES

10409.4 8446.8 8407.2 8404.2 8404.2

INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES (PU / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---



0.0000 / 0.0 0.0000 / 0.0 0.0000 / 0.0

INI. RMS FAULTED CURRENT (AMPS / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

8404.2 / -37.7 8404.2 / -157.7 8404.2 / 82.3

CAIXA "T" ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

ALL BUSES REPORTED AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

BUS-CELA1 23000.0 1.0742 / 83. 1.0742 / -37. 1.0742 / -157.

BUS-HTR1 23000.0 1.0740 / 83. 1.0740 / -37. 1.0740 / -157.

BUS-XTR1 380.0 0.0235 / 5. 0.0235 / -115. 0.0235 / 125.

QGBT 380.0 0.0105 / -57. 0.0105 / -177. 0.0105 / 63.

BUS-INV-V1 380.0 0.0168 / -57. 0.0168 / -177. 0.0168 / 63.

CAIXA "T" 380.0 0.0000 / 0. 0.0000 / 0. 0.0000 / 0.

CAIXA "T" ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

ALL BUSES REPORTED AT TIME =

QEG 380.0 0.0168 / -57. 0.0168 / -177. 0.0168 / 63.

BUS-MOTOR 380.0 0.0379 / -57. 0.0379 / -177. 0.0379 / 63.

CAIXA "T" ===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS (AMPS) =====

FIRST BRANCH FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES

BRANCH NAME VBASE LL -PHASE A- -PHASE B- -PHASE C-

BUS-XTR1 CAIXA "T" CF-QGBT-1 380. 6943.8 / -22. 6943.7 / -142. 6943.7 / 98.

CAIXA "T" QGBT CF-QGBT 380. 2490.3 / 95. 2490.3 / -25. 2490.3 / -145.

QEG VOLTAGE BASE LL: 380.0 (VOLTS)

INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 8238.7 / -37. (AMPS/DEG)

THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 3.550 +j 15.526 (PU)

THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 4.374

ASYM RMS INTERRUPTING AMPS

1/2 CYCLES 2 CYCLES 3 CYCLES 5 CYCLES 8 CYCLES

10007.6 8265.0 8240.2 8238.7 8238.7

INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES (PU / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

0.0000 / 0.0 0.0000 / 0.0 0.0000 / 0.0

INI. RMS FAULTED CURRENT (AMPS / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

8238.7 / -36.9 8238.7 / -156.9 8238.7 / 83.1



QEG ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

ALL BUSES REPORTED AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

BUS-CELA1 23000.0 1.0870 / 83. 1.0869 / -37. 1.0870 / -157.

BUS-HTR1 23000.0 1.0867 / 83. 1.0867 / -37. 1.0867 / -157.

BUS-XTR1 380.0 0.0692 / 7. 0.0692 / -113. 0.0692 / 127.

QGBT 380.0 0.0173 / 7. 0.0173 / -113. 0.0173 / 127.

BUS-INV-V1 380.0 0.0000 / 0. 0.0000 / 0. 0.0000 / 0.

CAIXA "T" 380.0 0.0461 / 7. 0.0461 / -113. 0.0461 / 127.

QEG ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

ALL BUSES REPORTED AT TIME =

QEG 380.0 0.0000 / 0. 0.0000 / 0. 0.0000 / 0.

BUS-MOTOR 380.0 0.0214 / -58. 0.0214 / -178. 0.0214 / 62.

QEG ===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS (AMPS) =====

FIRST BRANCH FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES

BRANCH NAME VBASE LL -PHASE A- -PHASE B- -PHASE C-

QGBT QEG CF-QEG 380. 6822.1/ -21. 6822.1/ -141. 6822.1/ 99.

QEG BUS-INV-V1 V1-278KW 380. 2537.0/ 95. 2537.0/ -25. 2537.0/ -145.

QGBT VOLTAGE BASE LL: 380.0 (VOLTS)

INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 8300.6 / -37. (AMPS/DEG)

THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 3.425 +j 15.433 (PU)

THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 4.506

ASYM RMS INTERRUPTING AMPS

1/2 CYCLES 2 CYCLES 3 CYCLES 5 CYCLES 8 CYCLES

10152.6 8331.9 8302.5 8300.6 8300.6

INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES (PU / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

0.0000 / 0.0 0.0000 / 0.0 0.0000 / 0.0

INI. RMS FAULTED CURRENT (AMPS / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

8300.6 / -37.2 8300.6 / -157.2 8300.6 / 82.8

QGBT ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

ALL BUSES REPORTED AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

BUS-CELA1 23000.0 1.0821 / 83. 1.0821 / -37. 1.0821 / -157.

BUS-HTR1 23000.0 1.0819 / 83. 1.0819 / -37. 1.0819 / -157.

BUS-XTR1 380.0 0.0522 / 6. 0.0522 / -114. 0.0522 / 126.

QGBT 380.0 0.0000 / 0. 0.0000 / 0. 0.0000 / 0.



BUS-INV-V1 380.0 0.0064 / -57. 0.0064 /-177. 0.0064 / 63.
CAIXA "T" 380.0 0.0290 / 6. 0.0290 /-114. 0.0290 / 126.

QGBT ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

ALL BUSES REPORTED AT TIME =

QEG 380.0 0.0064 / -57. 0.0064 /-177. 0.0064 / 63.

BUS-MOTOR 380.0 0.0277 / -57. 0.0277 /-177. 0.0277 / 63.

QGBT ===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS (AMPS) =====

FIRST BRANCH FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES

BRANCH NAME VBASE LL -PHASE A- -PHASE B- -PHASE C-

CAIXA "T" QGBT CF-QGBT 380. 6867.5/ -21. 6867.5/-141. 6867.5/ 99.

QGBT QEG CF-QEG 380. 2519.4/ 95. 2519.4/ -25. 2519.4/-145.

***** FAULT ANALYSIS REPORT *****

FAULT TYPE: LL

BUS-CELA1 VOLTAGE BASE LL: 23000.0 (VOLTS)

INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 4185.2 / -91. (AMPS/DEG)

THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 0.180 +j 1.722 (PU)

THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 9.568

ASYM RMS INTERRUPTING AMPS

1/2 CYCLES 2 CYCLES 3 CYCLES 5 CYCLES 8 CYCLES

5973.4 4477.6 4265.8 4191.1 4185.3

INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES (PU / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

1.0000 / 82.8 0.5000 / -97.2 0.5000 / -97.2

INI. RMS FAULTED CURRENT (AMPS / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

0.0 / 0.0 4185.2 / -91.2 4185.2 / 88.8

BUS-CELA1 ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

ALL BUSES REPORTED AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

BUS-CELA1 23000.0 1.0000 / 83. 0.5000 / -97. 0.5000 / -97.

BUS-HTR1 23000.0 0.9999 / 83. 0.5000 / -97. 0.4999 / -97.

BUS-XTR1 380.0 0.6941 / 63. 0.8767 /-104. 0.2538 / 114.

QGBT 380.0 0.6792 / 63. 0.8735 /-104. 0.2624 / 112.

BUS-INV-V1 380.0 0.6743 / 63. 0.8725 /-104. 0.2653 / 111.

BUS-CELA1 ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

ALL BUSES REPORTED AT TIME =

CAIXA "T" 380.0 0.6875 / 63. 0.8753 /-104. 0.2576 / 113.



QEG 380.0 0.6743 / 63. 0.8725 /-104. 0.2653 / 111.
 BUS-MOTOR 380.0 0.6579 / 62. 0.8690 /-104. 0.2753 / 109.
 BUS-CELA1 ===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS (AMPS) =====
 FIRST BRANCH FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES
 BRANCH NAME VBASE LL -PHASE A- -PHASE B- -PHASE C-
 RGE - EP02915 BUS-CELA1 23000. 0.0/ 0. 4139.4/ -91. 4139.4/ 89.
 BUS-CELA1 BUS-HTR1 CF - AL - SE 23000. 0.0/ 0. 45.8/ 91. 45.8/ -89.

CAIXA "T" VOLTAGE BASE LL: 380.0 (VOLTS)
 INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 7278.2 / -128. (AMPS/DEG)
 THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 6.421 +j 30.559 (PU)
 THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 4.759

ASYM RMS INTERRUPTING AMPS
 1/2 CYCLES 2 CYCLES 3 CYCLES 5 CYCLES 8 CYCLES
 9014.8 7315.2 7280.9 7278.2 7278.2

INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES (PU / DEG)
 AT TIME = 0.5 CYCLES
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---
 1.0000 / 40.5 0.5000 / -139.5 0.5000 / -139.5

INI. RMS FAULTED CURRENT (AMPS / DEG)
 AT TIME = 0.5 CYCLES
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---
 0.0/ 0.0 7278.2 /-127.7 7278.2 / 52.3

CAIXA "T" ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====
 ALL BUSES REPORTED AT TIME = 0.5 CYCLES
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---
 BUS-CELA1 23000.0 1.1040 / 82. 1.0742 / -37. 1.1066 /-156.
 BUS-HTR1 23000.0 1.1037 / 82. 1.0740 / -37. 1.1066 /-156.
 BUS-XTR1 380.0 1.0052 / 41. 0.5146 /-138. 0.4911 /-141.
 QGBT 380.0 0.9935 / 40. 0.5058 /-140. 0.4877 /-140.
 BUS-INV-V1 380.0 0.9896 / 40. 0.5093 /-140. 0.4804 /-140.
 CAIXA "T" 380.0 1.0000 / 40. 0.5000 /-140. 0.5000 /-140.

CAIXA "T" ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====
 ALL BUSES REPORTED AT TIME =
 QEG 380.0 0.9896 / 40. 0.5093 /-140. 0.4804 /-140.
 BUS-MOTOR 380.0 0.9767 / 40. 0.5210 /-140. 0.4558 /-140.
 CAIXA "T" ===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS (AMPS) =====
 FIRST BRANCH FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES
 BRANCH NAME VBASE LL -PHASE A- -PHASE B- -PHASE C-
 BUS-XTR1 CAIXA "T" CF-QGBT-1 380. 0.0/ 0. 5369.0/-125. 5369.0/ 55.
 CAIXA "T" QGBT CF-QGBT 380. 0.0/ 0. 1925.5/ 46. 1925.5/-134.



QEG VOLTAGE BASE LL: 380.0 (VOLTS)
INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 7134.9 / -127. (AMPS/DEG)
THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 7.099 +j 31.052 (PU)
THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 4.374

ASYM RMS INTERRUPTING AMPS
1/2 CYCLES 2 CYCLES 3 CYCLES 5 CYCLES 8 CYCLES
8666.8 7157.7 7136.2 7134.9 7134.9

INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES (PU / DEG)
AT TIME = 0.5 CYCLES
---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---
1.0000 / 40.2 0.5000 / -139.8 0.5000 / -139.8

INI. RMS FAULTED CURRENT (AMPS / DEG)
AT TIME = 0.5 CYCLES
---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---
0.0 / 0.0 7134.9 / -126.9 7134.9 / 53.1

QEG ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====
ALL BUSES REPORTED AT TIME = 0.5 CYCLES
---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

BUS-CELA1 23000.0 1.1164 / 82. 1.0869 / -37. 1.1180 / -156.
BUS-HTR1 23000.0 1.1161 / 82. 1.0867 / -37. 1.1181 / -156.
BUS-XTR1 380.0 1.0157 / 41. 0.5433 / -134. 0.4773 / -145.
QGBT 380.0 1.0039 / 40. 0.5103 / -138. 0.4939 / -141.
BUS-INV-V1 380.0 1.0000 / 40. 0.5000 / -140. 0.5000 / -140.
CAIXA "T" 380.0 1.0105 / 40. 0.5283 / -136. 0.4843 / -143.

QEG ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====
ALL BUSES REPORTED AT TIME =

QEG 380.0 1.0000 / 40. 0.5000 / -140. 0.5000 / -140.
BUS-MOTOR 380.0 0.9869 / 40. 0.5119 / -140. 0.4751 / -140.

QEG ===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS (AMPS) =====
FIRST BRANCH FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES
BRANCH NAME VBASE LL -PHASE A- -PHASE B- -PHASE C-

QGBT QEG CF-QEG 380. 0.0 / 0. 5220.4 / -124. 5220.4 / 56.
QEG BUS-INV-V1 V1-250KW 380. 0.0 / 0. 1941.3 / 45. 1941.3 / -135.

QGBT VOLTAGE BASE LL: 380.0 (VOLTS)
INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 7188.5 / -127. (AMPS/DEG)
THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 6.849 +j 30.865 (PU)



THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 4.506

ASYM RMS INTERRUPTING AMPS

1/2 CYCLES 2 CYCLES 3 CYCLES 5 CYCLES 8 CYCLES

8792.4 7215.7 7190.2 7188.5 7188.5

INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES (PU / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

1.0000 / 40.3 0.5000 / -139.7 0.5000 / -139.7

INI. RMS FAULTED CURRENT (AMPS / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

0.0 / 0.0 7188.5 / -127.2 7188.5 / 52.8

QGBT ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

ALL BUSES REPORTED AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

BUS-CELA1 23000.0 1.1117 / 82. 1.0821 / -37. 1.1137 / -156.

BUS-HTR1 23000.0 1.1114 / 82. 1.0819 / -37. 1.1137 / -156.

BUS-XTR1 380.0 1.0117 / 41. 0.5326 / -135. 0.4819 / -144.

QGBT 380.0 1.0000 / 40. 0.5000 / -140. 0.5000 / -140.

BUS-INV-V1 380.0 0.9961 / 40. 0.5035 / -140. 0.4926 / -140.

CAIXA "T" 380.0 1.0065 / 40. 0.5178 / -137. 0.4896 / -142.

QGBT ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

ALL BUSES REPORTED AT TIME =

QEG 380.0 0.9961 / 40. 0.5035 / -140. 0.4926 / -140.

BUS-MOTOR 380.0 0.9831 / 40. 0.5153 / -140. 0.4678 / -140.

QGBT ===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS (AMPS) =====

FIRST BRANCH FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES

BRANCH NAME VBASE LL -PHASE A- -PHASE B- -PHASE C-

CAIXA "T" QGBT CF-QGBT 380. 0.0 / 0. 5275.7 / -124. 5275.7 / 56.

QGBT QEG CF-QEG 380. 0.0 / 0. 1935.4 / 45. 1935.4 / -135.

***** FAULT ANALYSIS REPORT *****

FAULT TYPE: SLG

BUS-CELA1 VOLTAGE BASE LL: 23000.0 (VOLTS)

INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 4420.1 / -1. (AMPS/DEG)

THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 0.295 +j 2.824 (PU)

THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 9.580

SEQUENCE EQUIVALENT IMPEDANCE Z1: 0.090 +j 0.861 (PU)

Z2: 0.090 +j 0.861 (PU)



Z0: 0.115 +j 1.102 (PU)

ASYM RMS INTERRUPTING AMPS

1/2 CYCLES 2 CYCLES 3 CYCLES 5 CYCLES 8 CYCLES

6310.1 4729.9 4505.7 4426.4 4420.2

INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES (PU / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

0.0000 / 0.0 1.0454 / -41.2 1.0452 / -153.1

INI. RMS FAULTED CURRENT (AMPS / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

4420.1 / -1.2 0.0 / 0.0 0.0 / 0.0

BUS-CELA1 ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

ALL BUSES REPORTED AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

BUS-CELA1 23000.0 0.0000 / 0. 1.0454 / -41. 1.0452 / -153.

BUS-HTR1 23000.0 0.0001 / -63. 1.0453 / -41. 1.0451 / -153.

BUS-XTR1 380.0 0.6763 / 17. 0.5316 / -68. 0.9011 / 161.

QGBT 380.0 0.6750 / 16. 0.5213 / -69. 0.8907 / 160.

BUS-INV-V1 380.0 0.6746 / 16. 0.5179 / -69. 0.8872 / 160.

BUS-CELA1 ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

ALL BUSES REPORTED AT TIME =

CAIXA "T" 380.0 0.6758 / 16. 0.5270 / -68. 0.8965 / 160.

QEG 380.0 0.6746 / 16. 0.5179 / -69. 0.8872 / 160.

BUS-MOTOR 380.0 0.6733 / 15. 0.5067 / -70. 0.8756 / 160.

BUS-CELA1 ===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS (AMPS) =====

FIRST BRANCH FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES

BRANCH NAME VBASE LL -PHASE A- -PHASE B- -PHASE C-

RGE BUS-CELA1 23000. 4387.9 / -1. 16.1 / 1. 16.1 / 1.

BUS-CELA1 BUS-HTR1 CF - AL - SE 23000. 32.2 / -179. 16.1 / 1. 16.1 / 1.

CAIXA "T" VOLTAGE BASE LL: 380.0 (VOLTS)

INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 8360.2 / -36. (AMPS/DEG)

THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 10.639 +j 45.868 (PU)

THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 4.311

SEQUENCE EQUIVALENT IMPEDANCE Z1: 3.211 +j 15.280 (PU)

Z2: 3.211 +j 15.280 (PU)

Z0: 4.218 +j 15.309 (PU)



ASYM RMS INTERRUPTING AMPS

1/2 CYCLES 2 CYCLES 3 CYCLES 5 CYCLES 8 CYCLES

10121.3 8384.8 8361.5 8360.2 8360.2

INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES (PU / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

0.0000 / 0.0 0.9849 / -80.4 1.0207 / 160.2

INI. RMS FAULTED CURRENT (AMPS / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

8360.2 / -36.5 0.0 / 0.0 0.0 / 0.0

CAIXA "T" ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

ALL BUSES REPORTED AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

BUS-CELA1 23000.0 1.0956 / 84. 1.1154 / -37. 1.0943 / -158.

BUS-HTR1 23000.0 1.0956 / 84. 1.1153 / -37. 1.0941 / -158.

BUS-XTR1 380.0 0.0487 / 0. 0.9974 / -79. 1.0010 / 160.

QGBT 380.0 0.0159 / -44. 0.9818 / -80. 1.0080 / 160.

BUS-INV-V1 380.0 0.0255 / -44. 0.9800 / -80. 1.0005 / 160.

CAIXA "T" 380.0 0.0000 / 0. 0.9849 / -80. 1.0207 / 160.

CAIXA "T" ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

ALL BUSES REPORTED AT TIME =

QEG 380.0 0.0255 / -44. 0.9800 / -80. 1.0005 / 160.

BUS-MOTOR 380.0 0.0573 / -44. 0.9739 / -80. 0.9753 / 160.

CAIXA "T" ===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS (AMPS) =====

FIRST BRANCH FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES

BRANCH NAME VBASE LL -PHASE A- -PHASE B- -PHASE C-

BUS-XTR1 CAIXA "T" CF-QGBT-1 380. 6177.2 / -34. 10.0 / -36. 10.0 / -36.

CAIXA "T" QGBT CF-QGBT 380. 2201.8 / 137. 10.0 / -36. 10.0 / -36.

QEG VOLTAGE BASE LL: 380.0 (VOLTS)

INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 8091.9 / -35. (AMPS/DEG)

THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 12.376 +j 47.046 (PU)

THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 3.801

SEQUENCE EQUIVALENT IMPEDANCE Z1: 3.550 +j 15.526 (PU)

Z2: 3.550 +j 15.526 (PU)

Z0: 5.277 +j 15.994 (PU)



ASYM RMS INTERRUPTING AMPS
1/2 CYCLES 2 CYCLES 3 CYCLES 5 CYCLES 8 CYCLES
9516.2 8102.8 8092.3 8091.9 8091.9

INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES (PU / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES
---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---
0.0000 / 0.0 0.9821 / -81.6 1.0368 / 160.2

INI. RMS FAULTED CURRENT (AMPS / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES
---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---
8091.9 / -35.0 0.0 / 0.0 0.0 / 0.0

QEG ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

ALL BUSES REPORTED AT TIME = 0.5 CYCLES

---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

BUS-CELA1 23000.0 1.1076 / 83. 1.1271 / -37. 1.1073 / -158.
BUS-HTR1 23000.0 1.1075 / 83. 1.1270 / -37. 1.1070 / -158.
BUS-XTR1 380.0 0.1181 / 2. 1.0119 / -78. 1.0033 / 160.
QGBT 380.0 0.0268 / 2. 0.9892 / -81. 1.0309 / 160.
BUS-INV-V1 380.0 0.0000 / 0. 0.9821 / -82. 1.0368 / 160.
CAIXA "T" 380.0 0.0714 / 2. 1.0013 / -80. 1.0210 / 160.

QEG ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

ALL BUSES REPORTED AT TIME =

QEG 380.0 0.0000 / 0. 0.9821 / -82. 1.0368 / 160.
BUS-MOTOR 380.0 0.0332 / -46. 0.9772 / -81. 1.0105 / 160.

QEG ===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS (AMPS) =====

FIRST BRANCH FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES

BRANCH NAME VBASE LL -PHASE A- -PHASE B- -PHASE C-

QGBT QEG CF-QEG 380. 5901.9 / -32. 53.5 / 79. 53.5 / 79.
QEG BUS-INV-V1 V1-278KW 380. 2230.5 / 136. 53.5 / 79. 53.5 / 79.

QGBT VOLTAGE BASE LL: 380.0 (VOLTS)

INI. SYM. RMS FAULT CURRENT: 8192.7 / -36. (AMPS/DEG)
THEVENIN EQUIVALENT IMPEDANCE: 11.746 +j 46.591 (PU)
THEVENIN IMPEDANCE X/R RATIO: 3.967
SEQUENCE EQUIVALENT IMPEDANCE Z1: 3.425 +j 15.433 (PU)
Z2: 3.425 +j 15.433 (PU)
Z0: 4.897 +j 15.726 (PU)

ASYM RMS INTERRUPTING AMPS
1/2 CYCLES 2 CYCLES 3 CYCLES 5 CYCLES 8 CYCLES
9729.3 8207.2 8193.3 8192.7 8192.7



INI. SYM. RMS FAULTED BUS VOLTAGES (PU / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---
 0.0000 / 0.0 0.9826 / -81.2 1.0311 / 160.2

INI. RMS FAULTED CURRENT (AMPS / DEG)

AT TIME = 0.5 CYCLES
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---
 8192.7 / -35.5 0.0 / 0.0 0.0 / 0.0

QGBT ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

ALL BUSES REPORTED AT TIME = 0.5 CYCLES
 ---PHASE A--- ---PHASE B--- ---PHASE C---

BUS-CELA1 23000.0 1.1031 / 83. 1.1227 / -37. 1.1024 / -158.
 BUS-HTR1 23000.0 1.1030 / 83. 1.1226 / -37. 1.1021 / -158.
 BUS-XTR1 380.0 0.0927 / 1. 1.0065 / -79. 1.0024 / 160.
 QGBT 380.0 0.0000 / 0. 0.9826 / -81. 1.0311 / 160.
 BUS-INV-V1 380.0 0.0098 / -45. 0.9810 / -81. 1.0234 / 160.
 CAIXA "T" 380.0 0.0452 / 1. 0.9952 / -80. 1.0208 / 160.

QGBT ===== INI. SYM. RMS SYSTEM BUS VOLTAGES (PU / DEG) =====

ALL BUSES REPORTED AT TIME =

QEG 380.0 0.0098 / -45. 0.9810 / -81. 1.0234 / 160.
 BUS-MOTOR 380.0 0.0424 / -45. 0.9757 / -81. 0.9975 / 160.

QGBT ===== INI. RMS SYSTEM BRANCH FLOWS (AMPS) =====

FIRST BRANCH FROM FAULT AT TIME = 0.5 CYCLES

BRANCH NAME VBASE LL -PHASE A- -PHASE B- -PHASE C-

CAIXA "T" QGBT CF-QGBT 380. 6004.3 / -32. 32.6 / 72. 32.6 / 72.
 QGBT QEG CF-QEG 380. 2219.9 / 136. 32.6 / 72. 32.6 / 72.

***** FAULT ANALYSIS SUMMARY *****

BUS NAME	VOLTAGE		AVAILABLE FAULT CURRENT		
	L-L	3 PHASE	X/R	LINE/GRND	X/R

BUS-CELA1	23000.	4832.6	9.6	4420.10	9.6
CAIXA "T"	380.	8404.2	4.8	8360.22	4.3
QEG	380.	8238.7	4.4	8091.95	3.8
QGBT	380.	8300.6	4.5	8192.69	4.0

***** FAULT ANALYSIS REPORT COMPLETED *****





8. AJUSTES DAS PROTEÇÕES

8.1. Resumo dos ajustes

Relé de proteção secundária

Equipamento: Relé digital microprocessado – URP1439

Fabricante: PEXTRON

Funções: 50/51/50N/51N/27/59

Corrente secundária: 5A

Resumo

Transformadores de corrente e potencial:

	Valor primário	Valor secundário	Relação	Classe de exatidão
TC	2000 A	5A	400	12,5VA 10P20 (10B50)
TP	23000 V	115 V	200	0,3P12,5

8.1.1. Resumo dos Ajustes atuando no disjuntor geral- DG :

Função de proteção	Valores primários
51	8,62 A
	CURVA EI 0,3
51N	2 A
	CURVA EI -0,2
50	98,5 A
	0,10 s
50N	8,62 A
	0,10s
27	18400 V
	2,0 s
59	25300 V
	10 s

8.2. Avaliação do relé e transformador de corrente

Transformador de corrente

Relação: 2000 / 5 A

Fator térmico contínuo: 1,2 x In

Uso: Externo

Exatidão Proteção: 10B50 – 12,5P20

Corrente de curto-circuito: 80 x In

Frequência: 60 Hz

Transformador de potencial indutivo

Relação: 23000/115V

classe: 25 KV

Uso: Externo

Exatidão Proteção: 0,3P12,5

Tensão secundária: 115 V

Frequência: 60 Hz

Características Técnicas do Sistema considerado para dimensionamento do transformador de corrente:

Tensão Nominal:	23000V
Máxima Corrente Vista pelo Relé:	8,7 kA
Corrente Primária do TC:	2000A
Corrente Secundária do TC:	5A
Exatidão da Proteção:	10B50 -12,5VA 10P20
Bitola da Fiação:	4,00mm ²
Comprimento da Fiação:	10,00m
Forma de Fechamento dos TCs:	Delta aberto

Características Técnicas do Relé Utilizado:

Corrente Térmica:	100xIn
Menor TAP de Ajuste:	0,25
Consumo	0,175VA
Impedância:	0,0070ohms

Proteção

Função 51 sobrecorrente temporizada de fase

O pick-up da proteção de sobrecorrente temporizado de fase (função 51) será ajustado em cerca de 110% da demanda 278 KW, o valor de ajuste foi estabelecido permitindo uma pequena variação a qual suporta erros de TC.

Potência de demanda contratada = 278 kW

$$in\ demanda > \frac{Demanda(kW)}{23kV \times \sqrt{3} \times 0,92}$$

$$I > = 7,84 A * 1,10 = 8,62 \text{ Aprim.} \Rightarrow \text{Ajuste } 8,62 \text{ Aprim}$$

Curva = IEC – EI -0,3

Função 51N sobrecorrente temporizada de neutro

A função 51N deverá ser ajustada para no máximo 20% do pick-up de fase, também com um tempo de operação de modo a ficar seletivo com a proteção à montante.

$$I_p = 0,20 * I_{pf} = 1,72 \text{ Aprim} \Rightarrow \text{ajuste } 2 \text{ Aprim}$$

Curva = IEC – EI - 0,20



Tempo ajustado conforme gráfico

Função 50 sobrecorrente instantânea de fase

A função 50 deverá ter seu pick-up ajustado para ficar abaixo do valor de curto-circuito trifásico do sistema.

Porem de forma a se tornar seletivo com a proteção a montante o tempo ajustado bem como o valor serão definidos conforme gráfico de acordo com os critérios estabelecidos

Função 50N sobrecorrente instantânea de neutro

Será ajustado de forma a ficar seletivo com a função 51 de fase.

$I_{N>>} \geq 8,62 \text{ A}$

$D_{tf} = 0,1 \text{ s}$

Função 27 subtensão

Função de verificação de Subtensão (27), para atuar nos casos em que ocorrer ausência de tensão na rede da Cia, inibindo o fechamento do disjuntor.

Esta proteção deverá ser ajustada para atuar caso a tensão na rede da Cia, seja inferior a 80 % da tensão nominal, por um tempo máximo de 1,5s.

Vamos utilizar dois estágios

Ajuste de 80% da tensão de fase - tempo de 2 s

Ajuste 27 = $23000 \times 0,80 = 18400 \text{ V}$ primário

Função 59 sobretensão

Função de verificação de Sobretensão (59), para detectar tensões acima do normal na rede e comandar o desligamento do disjuntor geral. Esta proteção deve ser ajustada para 110 % da tensão nominal da rede, com um tempo de desconexão de no máximo 0,2 s.

Vamos utilizar dois estágios

Ajuste de 110% da tensão de fase - tempo de 0,2 s

Ajuste 59 = $23000 \times 1,10 = 25300 \text{ V}$ primário

**RELATÓRIO TÉCNICO DE ENSAIO DE RIGIDEZ DIELÉTRICA
CABOS DE MÉDIA TENSÃO**

1 - DADOS DO CLIENTE

Cliente: SEMAE

2 - DADOS GERAIS DO SISTEMA

Tensão Nominal do Sistema: 23,0 kV
 Classe de Tensão do Sistema: 25,0 kV
 Tensão de Isolação Condutores (Vo/V): 15 / 25 kV
 Tipo de Ensaio:
 Aceitação/Recebimento Manutenção



Observação:

3 - ENSAIO DE RESISTENCIA DE ISOLAMENTO

Condutor		Tensão de Ensaio		Conexão		Resultados		Temp. Ambiente
				+	-			26 °C
Fase R	Entrada	5,0	kV	R	Massa	400.000	MΩ	U.R.A
Fase S	Entrada	5,0	kV	S	Massa	300.000	MΩ	56%
Fase T	Entrada	5,0	kV	T	Massa	310.000	MΩ	OBS:

Equipamento de medição Mi5500e - MEGABRAS

4 - ENSAIO DE TENSÃO APLICADA - "HIPOT"

Ajuste		FASE R - ENTRADA	FASE S - ENTRADA	FASE T - ENTRADA	
Tensão	Tempo	Corrente	Corrente	Corrente	
(kVcc)	(s)	(μA)	(μA)	(μA)	
57,5	60	30	59	52	

Equipamento de medição HIPOT TESTER - Instrum

5 - OBSERVAÇÕES

Equipamentos em Condições Satisfatórias para Operação.

DATA: São Leopoldo, Junho de 2024

Eng. GUSTAVO FISCHBORN POHREN

CREA RS 244433

LAUDO TÉCNICO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO DA SUBESTAÇÃO DE ENTRADA DE ENERGIA – CLASSE – 23KV

INTERESSADO: SEMAE

OBJETO: LAUDO TÉCNICO DO SISTEMA DE ATERRAMENTO DA SUBESTAÇÃO DE ENTRADA DE ENERGIA – CLASSE – 23KV

Certifico que o sistema de aterramento da instalação da atividade supracitada, foi executada conforme orientação da norma, e que a mesma foi submetida ao ensaio de medição da resistência de aterramento com o equipamento: **MEDIDOR DIGITAL DE RESISTENCIA DE ATERRAMENTO**; Modelo: **MTD 20KWe**; Fabricação: **MEGABRAS**; Certificado de Calibração nº: 11426/21, apresentando resultados que habilitam a energização da instalação:

CONDIÇÃO DO SOLO:

VALOR MEDIDO:

Muito úmido ()

Longitudinal à linha: **1,64 Ω**

Úmido ()

Transversal à linha: **0,56 Ω**

Normal (X)

Seco ()

Método Utilizado: **Queda de Potencial**

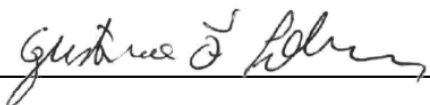
Normal (X)

Reduzido ()

Certifico ainda que a instalação não oferece riscos às pessoas e animais no tocante aos potenciais de toque e de passo.

Configuração do Sistema de Aterramento deixado: Módulo Básico

São Leopoldo, Junho de 2024.



Eng. GUSTAVO FISCHBORN POHREN

CREA RS 244433

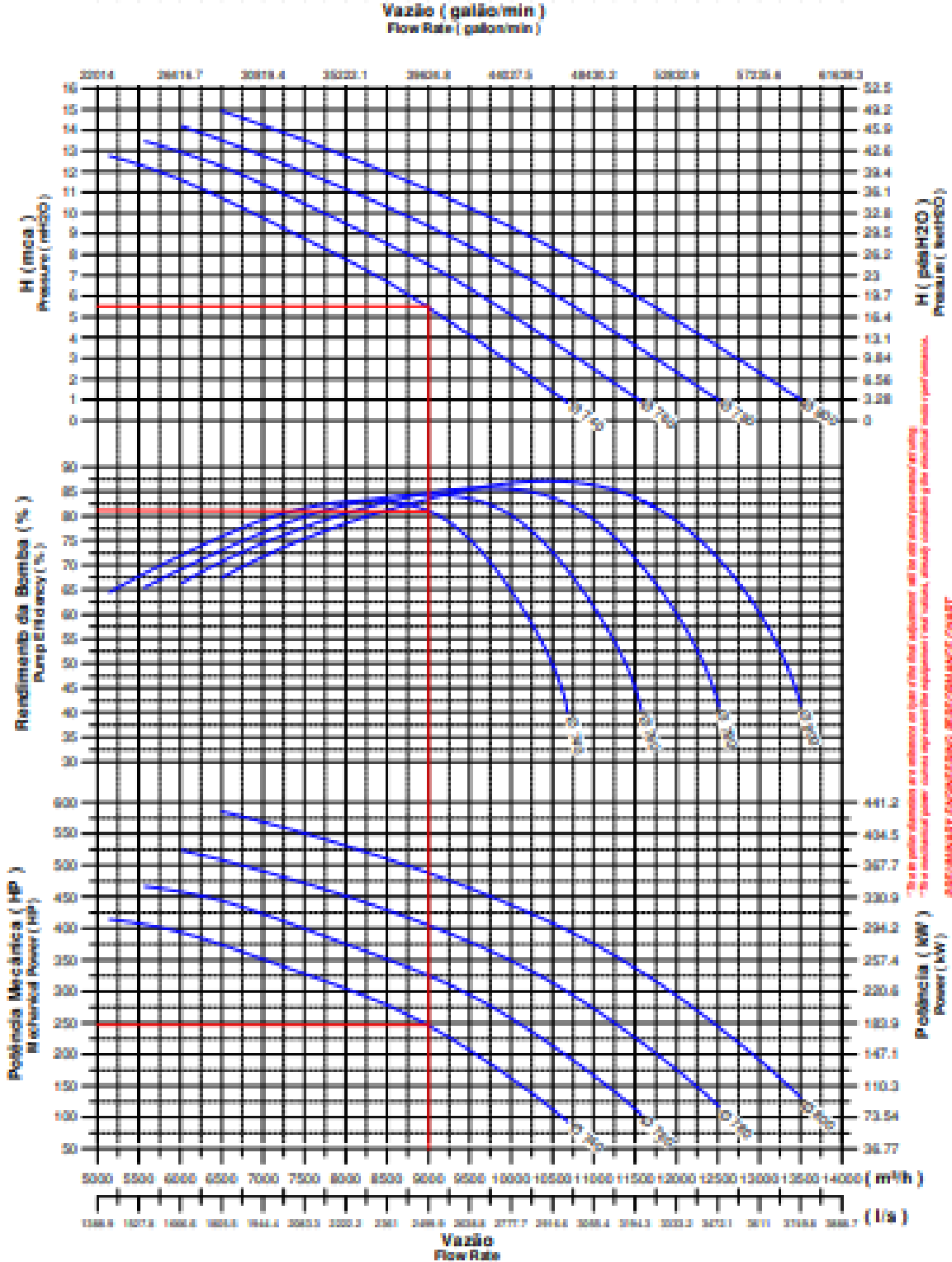
10. GRÁFICO DE PERFORMANCE DO CONJUNTO MOTOBOMBA



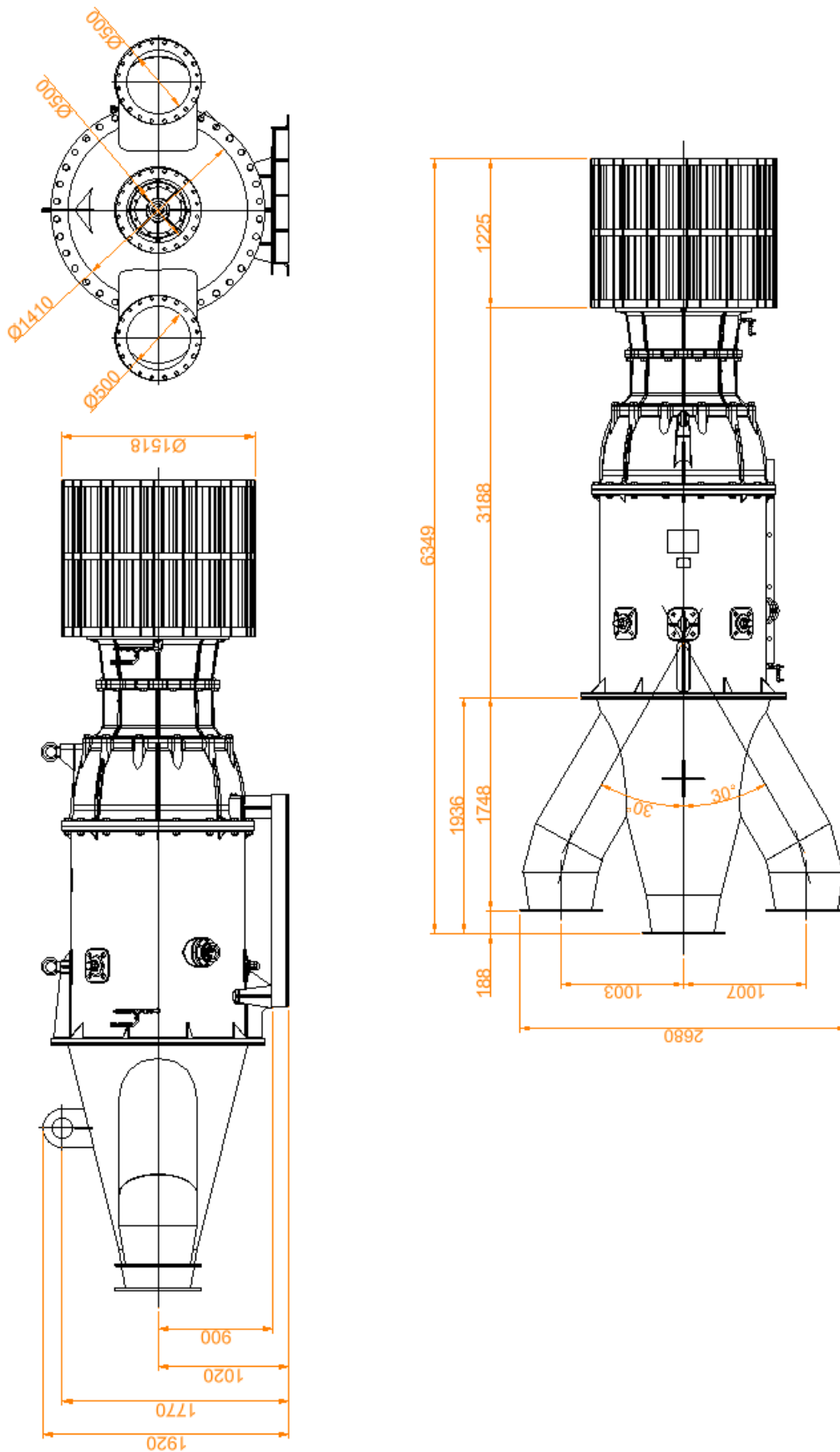
REV02
01/07/2024

GRÁFICO DE PERFORMANCE - 60Hz PERFORMANCE CHART - 60Hz A1-800 (200, 250, 300, 350 e 400HP) B

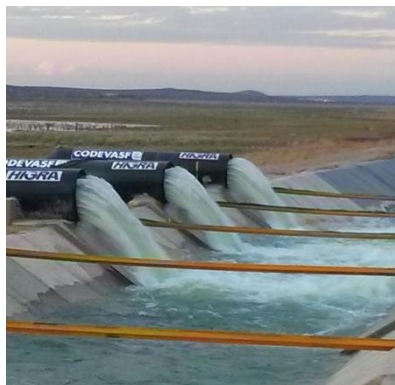
10 poles - 714 rpm / 10 poles - 714 rpm



11. DIMENSIONAL DO CONJUNTO MOTOBOMBA



12. REFERÊNCIAS DE PROJETOS ANTERIORES



Desafio: Entregar em tempo recorde de quatro meses um sistema completo de bombeamento de água do leito do canal de transposição Barragem de Sobradinho diretamente para o Distrito de Irrigação Nilo Coelho (DINC), que estava sendo impactado pela seca. Prazo de entrega solicitado emergencialmente após o início da obra para três meses.

Solução: Produzir e instalar um conjunto de dez moto bombas, 225 flutuantes auxiliares e instalar o sistema elétrico da obra.

Operação: Projeto dividido em dois locais: São Leopoldo (RS): Engenharia* e Produção das moto bombas. *A Engenharia utilizou o software Ansys CFX, programa aplicado para solucionar problemas de amplo fluxo de fluidos. Petrolina (PE): construção dos flutuantes e fabricação dos componentes elétricos dos motores de energia e acompanhamento da produção das tubulações e da terraplanagem para a construção do canal na Barragem. Início da obra: outubro 2015 - Prazo de entrega Oficial: 26 de janeiro de 2016 Prazo emergencial solicitado: 28 de dezembro de 2015 Prazo concluído e inaugurado: 18 de dezembro de 2015

Link: <http://www.higra.com.br/cases/bombas-anfibias/irrigacao-barragem-de-sobradinho-dinc>

CAPTAÇÃO CHARQUEADAS – CORSAN



Para evitar que 75 mil pessoas do município de Charqueadas ficassem sem o abastecimento de água, a Companhia Riograndense de Saneamento (Corsan) precisou de um novo sistema de captação e, para isso, contou com a eficiência HIGRA nos equipamentos e cumprimento de prazos emergenciais. Conforme explica o engenheiro da empresa, Vitor Eberhardt Espindula, além das duas bombas anfíbias – que oferecem alto rendimento energético, baixo ruído, facilidade de instalação e baixo índice de manutenção -, a HIGRA forneceu tubulações, válvulas e serviço de montagem e instalação nesta unidade da Corsan. “O grande problema era o risco de encerramento do abastecimento da região em função da parada das atividades da Usina Termoeletrica. Com isso, o projeto precisou ser licitado de forma emergencial e todo o processo de fornecimento e instalação deveria ser adiantado de tal forma que ficasse pronto antes da parada das atividades da Usina, que ocorreu no final de dezembro”, explica Vitor. O local da instalação do novo sistema de captação da Corsan, às margens do Rio Jacuí, é de propriedade de uma Usina Termoeletrica, onde já existia uma unidade de captação de água bruta para abastecimento da Usina. A Companhia tinha permissão desta empresa para coletar uma pequena parte da água bombeada e redirecioná-la para uma ETA (estação de tratamento de água) para realizar o tratamento e distribuição da mesma. No entanto, quando a Usina comunicou que estaria encerrando suas atividades em Charqueadas, a Corsan precisou prever um novo sistema de captação para a região, visto que a unidade de captação da usina tem mais de 60 anos e os equipamentos existentes não atenderiam a sua demanda.

Link: <http://www.higra.com.br/blog/higra-oferece-solucao-completa-a-corsan/>

SISTEMA DE CAPTAÇÃO CATALÃO / GO



“Poder contribuir para que a realidade de uma cidade inteira mude para melhor é uma realização para nós.” As palavras do Diretor de Mercado da HIGRA, Gil Passos, resumem um pouco do clima na entrega da Barragem Idevan Ferreira de Melo, na cidade de Catalão, em Goiás. Ontem (15), governador, demais autoridades e cidadãos se reuniram para celebrar o fim de um problema crônico, que era a falta de água no município. A obra completa, com mais de R\$ 40 milhões em investimento, recebeu um total de dez bombas anfíbias HIGRA. Segundo Passos, a barragem, uma das iniciativas mais arrojadas da região, tem capacidade para 7,69 bilhões de litros de água e deve garantir o abastecimento do município pelos próximos 30 anos. “As novas instalações podem abastecer uma cidade com até 240 mil habitantes. Catalão tem 100 mil habitantes, ou seja, não sofrerá mais com a falta de água nos próximos anos. Isso é um alento para os moradores, que sofreram muito com os racionamentos”, pontua o diretor da HIGRA.

A obra completa inclui, além da barragem, um novo sistema de adução, uma nova Estação de Tratamento de Água Compacta, nove quilômetros de adutoras, sistema de Centrifugação Decanter e ainda a duplicação da capacidade de reserva nos bairros. A conclusão está prevista para até 24 meses após o início dos trabalhos, que ocorreu em julho deste ano.

Link: <http://www.higra.com.br/blog/bombas-higra-auxiliam-no-fim-do-racionamento-em-catalao/>

HIGRA



Tipo: OBRA OU SERVIÇO	Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO	Motivo: NORMAL

Contratado

Carteira: RS235927	Profissional: ISMAEL NICHOLAS SCHROER	E-mail: ismael.schroer@gmail.com
RNP: 2218183595	Título: Engenheiro Mecânico	
Empresa: HIGRA INDUSTRIAL LTDA		Nr.Reg.: 119600

Contratante

Nome: HIGRA INDUSTRIAL LTDA	E-mail: rudimar.cantele@higra.com.br	
Endereço: RUA DILCEU ELIAS DE MOURA 345	Telefone: 51 37782929	CPF/CNPJ: 04124390000162
Cidade: SÃO LEOPOLDO	Bairro: ARROIO DA MANTEIGA	CEP: 93135390 UF: RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - SEMAE		
Endereço da Obra/Serviço: Rua JOÃO NEVES DA FONTOURA 811		CPF/CNPJ: 88368386000130
Cidade: SÃO LEOPOLDO	Bairro: CENTRO	CEP: 93010050 UF: RS
Finalidade: OUTRAS FINALIDADES	Vlr Contrato(R\$): 3.900.000,00	Honorários(R\$): 12.708,00
Data Início: 19/06/2024	Prev.Fim: 17/10/2024	Ent.Classe:

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Projeto	Equipamentos Mecânicos e Eletro-Mecânicos	3,00	UN
Fabricação	Equipamentos Mecânicos e Eletro-Mecânicos	3,00	UN
Instalações	Equipamentos Mecânicos e Eletro-Mecânicos	3,00	UN
Coordenação Técnica	Equipamentos Mecânicos e Eletro-Mecânicos	3,00	UN
Projeto	Tubulações Industriais	20,00	M
Execução	Tubulações Industriais	20,00	M
Coordenação Técnica	Tubulações Industriais	20,00	M
Projeto	Ponte Rolante	6,50	T
Execução	Ponte Rolante	6,50	T
Coordenação Técnica	Ponte Rolante	6,50	T

ART registrada (paga) no CREA-RS em 19/09/2024

<hr/> Local e Data	Declaro serem verdadeiras as informações acima <hr/> ISMAEL NICHOLAS SCHROER Profissional	De acordo <hr/> HIGRA INDUSTRIAL LTDA Contratante
-----------------------	---	---

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODE SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK SOCIEDADE - ART CONSULTA.

Modo Rascunho

(DN 85/2011 do Confea)

Registro de Contrato de Acervo Técnico sob forma de
Anotação de Responsabilidade Técnica - Lei Federal 6496/77
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do RS

ART Nr : 13390068

Tipo: OBRA OU SERVIÇO	Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO	Motivo: NORMAL

Contratado

Carteira: SP70556692	Profissional: MATHEUS SOUZA BARBOSA	E-mail: mateeusb2@gmail.com
RNP: 2618885210	Título: Engenheiro Civil	
Empresa: HIGRA INDUSTRIAL LTDA		Nr.Reg.: 119600

Contratante

Nome: SERVIÇOS MUNICIPAL DE AGUA E ESGOTO -SAMAE	E-mail:
Endereço: RUA JOÃO NEVES DA FONTOURA 811	Telefone:
Cidade: SÃO LEOPOLDO	Bairro: CENTRO
	CPF/CNPJ: 88368386000130
	CEP: 93010050 UF: RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: SERVIÇO MUNICIPAL DE AGUA E ESGOTO - SEMAE	
Endereço da Obra/Serviço: Rua JOÃO NEVES DA FONTOURA 811	CPF/CNPJ: 88368386000130
Cidade: SÃO LEOPOLDO	Bairro: CENTRO
Finalidade: OUTRAS FINALIDADES	CEP: 93010050 UF: RS
Data Início: 11/09/2024	Prev.Fim: 17/10/2024
	Vlr Contrato(R\$): 3.900.000,00 Honorários(R\$): 1.412,00
	Ent.Classe:

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Projeto	EXECUÇÃO DE PROJETO DA CASA DE BOMBA	1,00	UN
Mensuração	DIMENSIONAMENTO DA CASA DE BOMBA	1,00	UN
Execução	CONSTRUÇÃO DA CASA DE BOMBA	1,00	UN

Atenção:

- 1) Este documento é um rascunho da ART. Ele serve para o contratante aprovar as informações da ART com base no contrato.
- 2) Este rascunho não possui valor jurídico e não pode ser utilizado como ART.
- 3) A versão oficial desta ART estará disponível para impressão após a compensação bancária da taxa (dia útil após o seu pagamento).

Banrisul 041-8 04192.10067 50151.175028 66282.240283 7 98720000026255

Local de Pagamento	PAGÁVEL EM QUALQUER AGÊNCIA BANCÁRIA BDL			Vencimento	17/10/2024
Beneficiário	CREA-RS Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do RS			Agência/Cód.Beneficiário	0065-48/015117596
Data do documento	Nr.Docto	Espécie DOC	Aceite	Data Processamento	Nosso Número
19/09/2024	13390068	DM	NÃO	19/09/2024 00:00	0266282222
Uso Banco	Carteira	Espécie	Quantidade	Valor	(=) Valor do Documento
	01	R\$			262,55
Instruções: (Todas as informações deste bloqueto são de exclusiva responsabilidade do beneficiário) NÃO RECEBER APÓS O VENCIMENTO. Este documento só terá validade após seu pagamento. Agendamento só terá validade após sua compensação bancária.					(-) Desconto/Abatimento
					(-) Outras Deduções
					(+) Mora/Multa
					(+) Outros Acréscimos
					(=) Valor Cobrado
Pagador:	HIGRA INDUSTRIAL LTDA			CNPJ:	04124390000162
R DILCEU ELIAS DE MOURA, 345 PLANTA HIGRA		SAO LEOPOLDO - RS			93135390



PAGUE COM PIX



Autenticação mecânica

FICHA DE COMPENSAÇÃO



Tipo: OBRA OU SERVIÇO	Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO	Motivo: NORMAL

Contratado

Carteira: RS244433	Profissional: GUSTAVO FISCHBORN POHREN	E-mail: gustavofpohren@gmail.com
RNP: 2219400220	Título: Engenheiro Eletricista	
Empresa: HIGRA INDUSTRIAL LTDA		Nr.Reg.: 119600

Contratante

Nome: SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - SEMAE	E-mail:
Endereço: RUA JOÃO NEVES DA FONTOURA 811	Telefone:
Cidade: SÃO LEOPOLDO	Bairro: CENTRO
	CPF/CNPJ: 88368386000130
	CEP: 93010050 UF: RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - SEMAE	CPF/CNPJ: 88368386000130
Endereço da Obra/Serviço: Rua JOÃO NEVES DA FONTOURA 811	CEP: 93010050 UF: RS
Cidade: SÃO LEOPOLDO	Bairro: CENTRO
Finalidade: OUTRAS FINALIDADES	Vlr Contrato(R\$): 3.900.000,00 Honorários(R\$): 12.002,00
Data Início: 19/06/2024 Prev.Fim: 17/10/2024	Ent.Classe:

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Projeto	Quadro de Comando Industrial	1.050,00	CV
Projeto	Subestação de Energia Elétrica	1.000,00	KVA
Projeto	Malha de Terra - Aterramento	1,00	UN
Projeto	Sist. Prot. Cont. Descargas Atmosféricas - SPDA	1,00	UN
Projeto	Cablagem para Instalação Elétrica	100,00	M
Execução	Quadro de Comando Industrial	1.050,00	CV
Execução	Subestação de Energia Elétrica	1.000,00	KVA
Execução	Malha de Terra - Aterramento	1,00	UN
Execução	Sist. Prot. Cont. Descargas Atmosféricas - SPDA	1,00	UN
Execução	Cablagem para Instalação Elétrica	100,00	M
Coordenação Técnica	Quadro de Comando Industrial	1.050,00	CV
Coordenação Técnica	Subestação de Energia Elétrica	1.000,00	KVA
Coordenação Técnica	Malha de Terra - Aterramento	1,00	UN
Coordenação Técnica	Sist. Prot. Cont. Descargas Atmosféricas - SPDA	1,00	UN
Coordenação Técnica	Cablagem para Instalação Elétrica	100,00	M

ART registrada (paga) no CREA-RS em 19/09/2024

<p>_____</p> <p>Local e Data</p>	<p>Declaro serem verdadeiras as informações acima</p> <p>_____</p> <p>GUSTAVO FISCHBORN POHREN</p> <p>Profissional</p>	<p>De acordo</p> <p>_____</p> <p>SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - SEMAE</p> <p>Contratante</p>
----------------------------------	--	--

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODE SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK SOCIEDADE - ART CONSULTA.