

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA
FONSECA - CEFET/RJ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA - DEMEC
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

Rodrigo Sant'Anna da Silva

PROJETO DE ESTAÇÃO DE MEDIÇÃO PARA GÁS NATURAL VEICULAR

PROJETO FINAL

RIO DE JANEIRO

2021

Rodrigo Sant'Anna da Silva

PROJETO DE ESTAÇÃO DE MEDIÇÃO PARA GÁS NATURAL VEICULAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, do Departamento de Engenharia Mecânica, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.

Orientador: Prof. DSc. Fernando Ribeiro da Silva

RIO DE JANEIRO

2021

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

S586 Silva, Rodrigo Sant'Anna da
Projeto de estação de medição para gás natural veicular / Rodrigo Sant'Anna da Silva – 2021.
97f : il.color. + apêndices ; enc.

Projeto Final (Graduação) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2021.

Bibliografia: f. 92-97

Orientador: Fernando Ribeiro da Silva

1. Engenharia Mecânica. 2. Gás como combustível. 3. Gás – Medição.
I. Silva, Fernando Ribeiro da (Orient.). II. Título.

CDD 620.1

“A maravilhosa disposição e harmonia do universo só pode ter tido origem segundo o plano de um Ser que tudo sabe e tudo pode. Isso fica sendo a minha última e mais elevada descoberta.”

(Isaac Newton)

RESUMO

DA SILVA, R.S. **PROJETO DE ESTAÇÃO DE MEDIÇÃO PARA GÁS NATURAL VEICULAR**. 2021. 150 p. Relatório do Projeto Final de Curso – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Rio de Janeiro. RJ, 2021.

O projeto elaborado visa a propor uma solução para estações de medição de gás natural veicular, através de determinados requisitos simulando uma proposta real de mercado. O cenário do gás natural veicular no Brasil tem crescido ao decorrer dos anos devido a questões econômicas e ambientais, motivo pelo qual o presente projeto foi desenvolvido a fim de estimular o desenvolvimento e análise de estações de medição voltadas a esse tipo de combustível. A partir de dados físicos relacionados ao metano, hidrocarboneto de maior concentração na composição do gás natural veicular, e acessórios necessários à tubulação para a devida medição volumétrica do combustível, será desenvolvido um modelo para atender aos requisitos de trabalho propostos. Através de princípios fluidodinâmicos, estruturais e vibracionais será apresentada uma solução analítica e por meio de ferramentas de modelagem computacional o modelo e o desenho técnico irão trazer visibilidade ao projeto.

Palavras-chave: GNV. Estação de medição. Modelo.

ABSTRACT

DA SILVA, R.S. **MEASUREMENT STATION DESIGN FOR VEHICULAR NATURAL GAS**. 2021. 150 p. Final Course Project Report – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Rio de Janeiro. RJ, 2021.

This project aims to propose a solution for vehicular natural gas metering stations, through certain requirements simulating a real market proposal. The vehicular natural gas scenario in Brazil has grown over the years due to economic and environmental issues, being the reason why this project was developed in order to promote the development and analysis of measuring stations focused on this type of fuel. From physical data related to methane, hydrocarbon of higher concentration in the composition of vehicular natural gas, and piping accessories required for proper volumetric measurement of fuel, a model will be developed to fulfill the proposed work requirements. Through fluid-dynamic, structural and vibrational fundamentals an analytical solution will be presented and through design softwares the model and technical drawing will bring visibility to the project.

Keywords: GNV. Measuring station. Model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Determinação da viscosidade absoluta.....	5
Figura 2.2 - Determinação da viscosidade dinâmica.....	5
Figura 2.3 - Comparação de custo entre combustíveis	7
Figura 2.4 - Economia mensal do GNV	7
Figura 2.5 - Tempo de retorno da quantia do investimento.....	7
Figura 2.6 - Estação de medição de GNV	8
Figura 2.7 - Junta de isolamento elétrico	10
Figura 2.8 - Junta de vedação.....	10
Figura 2.9 - Válvula de esfera classe 150 lbs.....	11
Figura 2.10 - Válvula de retenção GENEBRE	12
Figura 2.11 - Filtro separador de cartucho	12
Figura 2.12 - Cartuchos filtrantes	12
Figura 2.13 - Medidor diafragma	13
Figura 2.14 - Medidor turbina	14
Figura 2.15 - Medidor rotativo	15
Figura 2.16 - Manômetro de processo	15
Figura 2.17 - Anel de ancoragem para lacres	16
Figura 2.18 - Placa de orifício.....	16
Figura 2.19 - Conversor eletrônico.....	17
Figura 2.20 - Esquema do sistema de abastecimento de GNV.....	18
Figura 2.21 - Compressor de GNV Junqueira	19
Figura 3.1 - Consumo nacional de GNV por ano.....	21
Figura 3.2 - Grau de participação das distribuidoras.....	21
Figura 3.3 - Postos GNV credenciados pela ANP	22
Figura 3.4 - Classes de pressão.....	23
Figura 3.5 - Medidor ITRON	26
Figura 3.6 - Modelo computacional do medidor	27
Figura 3.7 - Modelo computacional da tubulação.....	29
Figura 3.8 - Raio Longo A da curva de 90°	30
Figura 3.9 - Modelo computacional da curva de 90°	30
Figura 3.10 - Dimensões flange Açotubo	31

Figura 3.11 - Modelo computacional do flange	32
Figura 3.12 - Solda de topo em "V"	33
Figura 3.13 - Solda tipo "V" utilizada	33
Figura 3.14 - Dimensões do filtro Metrius.....	34
Figura 3.15 - Modelo computacional do filtro	35
Figura 3.16 - Válvula de esfera tripartida classe 150	36
Figura 3.17 - Modelo computacional da válvula	37
Figura 3.18 - Manômetro industrial Zürich.....	38
Figura 3.19 - Modelo computacional de manômetro	39
Figura 3.20 - Forma de rosca padrão UNS	40
Figura 3.21 - Perfil de roscas métricas.....	41
Figura 3.22 - Elaboração computacional do perfil de rosca	42
Figura 3.23 - Modelo computacional da barra	42
Figura 3.24 - Desenho técnico da porca sextavada	43
Figura 3.25 - Modelo computacional da porca sextavada	44
Figura 3.26 - Desenho técnico da arruela lisa	45
Figura 3.27 - Modelo computacional da arruela lisa.....	45
Figura 3.28 - Interferência do diâmetro externo da placa de restrição	48
Figura 3.29 - Redimensionamento do diâmetro externo da placa de restrição	48
Figura 3.30 - Modelo computacional da placa de restrição	49
Figura 3.31 - Corte em desenho técnico da válvula de retenção	50
Figura 3.32 - Modelo computacional da válvula de retenção	51
Figura 3.33 - Proporção do corpo humano em relação à altura	52
Figura 3.34 - Altura da tubulação	53
Figura 3.35 - Determinação do trecho reto da tubulação	53
Figura 3.36 - Instalação recomendada para medidores em linha.....	54
Figura 3.37 - Modelo computacional do trecho reto	55
Figura 3.38 - Sistema de tubulação.....	56
Figura 3.39 - Skid de estação de regulagem e medição	57
Figura 3.40 - Abraçadeira tipo "U" vergalhão	58
Figura 3.41 - Modelo computacional da abraçadeira tipo "U".....	58
Figura 3.42 - Modelo computacional da porca 3/8"	59
Figura 3.43 - Esboço para o modelo de reações.....	60
Figura 3.44 - Comprimento da tubulação	60

Figura 3.45 - Simulação de deslocamento na tubulação com dois pontos de engaste superiores.....	61
Figura 3.46 - Novos pontos de apoio	61
Figura 3.47 - Novos deslocamentos na tubulação	62
Figura 3.48 - Propriedades da seção transversal de um círculo vazado	63
Figura 3.49 - Modelo para cálculo da flecha máxima	63
Figura 3.50 - Elemento PIPE 288.....	64
Figura 3.51 - Elemento MASS21	65
Figura 3.52 - Modelo de reações.....	65
Figura 3.53 - Valores nodais das reações (50 elementos)	66
Figura 3.54 - Flecha máxima (50 elementos)	66
Figura 3.55 - Modelo matemático para vibrações forçadas em tubulações	67
Figura 3.56 - Pressão inserida no modelo numérico	69
Figura 3.57 - Gráfico da função representando a pressão inserida no sistema	69
Figura 3.58 - Modelo dinâmico	70
Figura 3.59 - Reações no modelo dinâmico (50 elementos)	71
Figura 3.60 - Deslocamentos no modelo dinâmico (50 elementos).....	71
Figura 3.61 - Perfis "I" e "U" Gerdau	72
Figura 3.62 - Cálculo do momento fletor máximo possível em vigas de perfil "U".....	75
Figura 3.63 - Modelo computacional do perfil "U"	76
Figura 3.64 - Comprimento efetivo de flambagem	77
Figura 3.65 - Comprimento da viga "I" em vertical	78
Figura 3.66 – Distância para comprimento da viga "I"	79
Figura 3.67 - Modelo computacional do perfil "I" em vertical.....	80
Figura 3.68 - Esforços atuantes na viga I intermediária	81
Figura 3.69 - Diagrama de força cortante.....	81
Figura 3.70 - Diagrama do momento fletor.....	82
Figura 3.71 - Finalização do skid.....	83
Figura 4.1 - Massa total do modelo computacional	85
Figura 4.2 - Análise de convergência: Flecha máxima.....	86
Figura 4.3 - 1º modo de vibração: 41.328 Hz	87
Figura 4.4 - 2º Modo de vibração: 58,794 Hz	88
Figura 4.5 - 3º Modo de vibração: 70,740 Hz	88
Figura 4.6 - 4º Modo de vibração: 70,756 Hz	89

Figura 4.7 - 5º Modo de vibração: 77,643 Hz89

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Composição do gás natural em diferentes regiões do Brasil	4
Tabela 2.2 - Propriedades físicas do metano	4
Tabela 3.1 - Características do metano para cálculo da velocidade local do som	24
Tabela 3.2 - Características medidor ITRON G100.....	26
Tabela 3.3 - Composição e características dos aços ASTM A53.....	28
Tabela 3.4 - Dimensões físicas da tubulação.....	28
Tabela 3.5 - Dimensões físicas das curvas de 90°.....	30
Tabela 3.6 - Dimensões físicas do flange	31
Tabela 3.7 - Características filtro Metrius	34
Tabela 3.8 - Dimensões e características da válvula	36
Tabela 3.9 - Características manômetro Zürich	38
Tabela 3.10 - Dimensões de roscas de parafusos UNC 3/4"	40
Tabela 3.11 - Dimensões da porca sextavada	43
Tabela 3.12 - Dimensões da arruela lisa	45
Tabela 3.13 - Dados para orçamento de Placa de Restrição	47
Tabela 3.14 - Dimensões da placa de restrição	47
Tabela 3.15 - Dimensões da válvula de retenção	50
Tabela 3.16 - Características físicas do sistema de tubulação.....	55
Tabela 3.17 - Massa real do sistema de tubulação	56
Tabela 3.18 - Dimensões e características da abraçadeira tipo "U"	58
Tabela 3.19 - Compressor IODM 115-4 ASPRO.....	67
Tabela 3.20 - Fatores utilizados para determinar um coeficiente de segurança para materiais dúcteis	73
Tabela 3.21 - Propriedades mecânicas aço ASTM A36 Gerdau	74
Tabela 3.22 - Dimensões perfil "U" Gerdau.....	75
Tabela 3.23 - Dimensões perfil "I" Gerdau	79
Tabela 4.1 - Massa total da estação de medição	84
Tabela 4.2 - Percentual de erro.....	86
Tabela 4.3 - Modos de vibração da tubulação.....	87

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área interna
E	Módulo de elasticidade
e	Espessura do tubo
I_{xy}	Momento de inércia de x em relação a y
I_{yz}	Momento de inércia de y em relação a z
p_b	Pressão base
p_m	Pressão medida
Q	Vazão volumétrica
T_b	Temperatura base
T_m	Temperatura medida
\bar{V}	Velocidade média
v_b	Volume base
v_m	Volume medido
x_M	Coordenada x do centro de massa
y_M	Coordenada y do centro de massa
z_b	Fator de compressão base
z_M	Coordenada z do centro de massa
z_m	Fator de compressão medido
δ	Flecha máxima (mm)
ν	Coeficiente de Poisson
σ_{adm}	Tensão admissível
σ_{ref}	Tensão de referência

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 MOTIVAÇÃO	1
1.2 JUSTIFICATIVA.....	1
1.3 OBJETIVOS.....	1
1.4 METODOLOGIA	2
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 GÁS NATURAL VEICULAR (GNV).....	3
2.1.1 Definição.....	3
2.1.2 Composição.....	3
2.1.3 Características físicas.....	4
2.1.4 Economia.....	6
2.2 ESTAÇÃO DE MEDIÇÃO GNV	7
2.2.1 Configuração.....	8
2.2.2 Descrição de componentes	9
2.2.2.1 Juntas de isolamento elétrico.....	9
2.2.2.2 Juntas de vedação	10
2.2.2.3 Válvula de bloqueio manual	11
2.2.2.4 Válvula de retenção	11
2.2.2.5 Filtro	12
2.2.2.6 Medidor	13
2.2.2.6.1 Medidor diafragma	13
2.2.2.6.2 Medidor turbina	13
2.2.2.6.3 Medidor rotativo	14
2.2.2.7 Manômetro.....	15
2.2.2.8 Anel de ancoragem para lacres	16
2.2.2.9 Placa de restrição de fluxo.....	16
2.2.2.10 Conversor eletrônico de volume	17
2.3 COMPRESSORES GNV.....	18
3 PROJETO DE ESTAÇÃO DE MEDIÇÃO GNV.....	20
3.1 REQUISITOS DE TRABALHO.....	20

3.2 CLASSIFICAÇÃO DO FLUIDO DE TRABALHO.....	23
3.3 SELEÇÃO E MODELAGEM DE EQUIPAMENTOS.....	25
3.3.1 Juntas de isolamento e vedação.....	25
3.3.2 Medidor.....	26
3.3.3 Tubulação e flanges.....	27
3.3.3.1 Tubulação.....	27
3.3.3.2 Flanges.....	31
3.3.3.3 Soldagem.....	32
3.3.4 Filtro.....	34
3.3.5 Válvulas de entrada e saída.....	35
3.3.6 Manômetro.....	37
3.3.7 Elementos de fixação.....	39
3.3.7.1 Barra.....	40
3.3.7.2 Porca sextavada.....	43
3.3.7.3 Arruela lisa.....	44
3.3.8 Placa de restrição.....	46
3.3.9 Válvula de retenção.....	49
3.4 TRECHOS DA TUBULAÇÃO.....	51
3.4.1 Altura.....	51
3.4.2 Trecho reto.....	53
3.4.3 Finalização do sistema de tubulação.....	55
3.5 SKID.....	57
3.5.1 Pontos de sustentação.....	57
3.5.2 Reações de apoio.....	59
3.5.2.1 Premissas de projeto.....	59
3.5.2.2 Modelo analítico.....	62
3.5.2.3 Modelo numérico.....	64
3.5.3 Análise dinâmica.....	67
3.5.3.1 Tensões internas.....	68
3.5.3.2 Modelo numérico.....	68
3.5.4 Dimensionamento das vigas.....	72
3.5.4.1 Fator de segurança.....	72
3.5.4.2 Seleção e modelagem.....	74
3.5.4.2.1 Vigas para apoios.....	74

3.5.4.2.2 Vigas para sustentação vertical	76
3.5.4.2.3 Vigas para base	78
4 RESULTADOS	84
4.1 MASSA TOTAL	84
4.2 ANÁLISE DE CONVERGÊNCIA	85
4.3 MODOS DE VIBRAÇÃO NATURAL	86
5 CONCLUSÃO	90
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
APÊNDICE A Memória de cálculo	98
APÊNDICE B Desenho Técnico	106
ANEXO A Catálogos	115

1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

O presente tema visa elaborar uma solução para a medição do GNV em postos de combustíveis e a incentivar projetos de engenharia voltados para a comercialização e distribuição do GNV, que possui um baixo custo e emissão de poluentes. A idealização do projeto surgiu durante estágio em uma distribuidora do combustível em questão, onde foi possível averiguar as características do processo.

1.2 JUSTIFICATIVA

Cada vez mais cresce a demanda por GNV para a propulsão de veículos no Brasil, e em maior parte no estado do Rio de Janeiro. Entretanto, para a distribuição desse combustível em postos, é necessária a instalação de estações de medição de GNV por uma distribuidora devidamente autorizada. Tendo isso em vista, buscou-se elaborar um projeto que atendesse a essas expectativas.

1.3 OBJETIVOS

Este projeto busca elaborar um sistema mecânico para a medição do GNV em postos de combustíveis, utilizando as propriedades físicas do componente com maior influência no combustível em questão e requisitos inerentes do processo.

1.4 METODOLOGIA

Primeiramente será demonstrada uma revisão bibliográfica que apresentará as propriedades do fluido de trabalho e as características de uma estação de medição, com a descrição de seus componentes. Em seguida serão apresentados os requisitos de trabalho propostos, a seleção dos equipamentos e a elaboração de um modelo analítico para o projeto. Por fim será realizado um modelo computacional que se aproximará dos acessórios da tubulação, visando a determinação do centro de massa do sistema e favorecendo assim uma avaliação vibracional do sistema.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O projeto possui a seguinte ordenação de tópicos:

- **Revisão bibliográfica:** Definição e característica do fluido combustível em questão, composição da estação de medição e compressor, apresentando o esquema de abastecimento em postos.
- **Projeto de estação de medição:** Levantamento dos requisitos de projeto, classificação do fluido de trabalho, seleção e modelagem da tubulação e seus acessórios, cálculo e dimensionamento do skid (estrutura que suportará o sistema tubular) através de um modelo analítico e numérico.
- **Resultados:** Apresentação da massa total do sistema e comparação com o modelo computacional, análise de convergência entre o modelo analítico e numérico, apresentação dos modos de vibração naturais do sistema.
- **Conclusão:** Análise do projeto e suas contribuições, apontamentos para futuras melhorias.
- **Revisão bibliográfica:** Relação das bibliografias utilizadas para a construção do projeto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será feita uma abordagem sobre as propriedades do fluido de trabalho em questão, o gás natural veicular – GNV, e as características de sua estação de medição.

2.1 GÁS NATURAL VEICULAR (GNV)

2.1.1 Definição

O parágrafo III do artigo 3º da Resolução nº 8 da Agência Nacional de Petróleo – ANP [10] traz consigo a definição de gás natural veicular.

“Denominação do combustível gasoso, tipicamente proveniente do Gás Natural ou Biometano, ou da mistura de ambos, destinado ao uso veicular e cujo componente principal é o metano, observadas as especificações estabelecidas pela ANP.”
(RESOLUÇÃO ANP Nº 8, 2015, p.2)

2.1.2 Composição

O gás natural deve conter os seguintes teores de gases em sua composição expressos na Tabela 2.1, segundo a Portaria nº 104 da ANP [8]. Essa regulamentação especifica que os valores referentes à região Norte se destinam a outras aplicações excetuando o uso veicular e que, para esse uso específico, devem ser utilizados os mesmos valores da região Nordeste.

Tabela 2.1 - Composição do gás natural em diferentes regiões do Brasil

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE		
		Norte	Nordeste	Sul, Sudeste, Centro-Oeste
Metano, mín.	% vol	68,0	86,0	
Etano, máx.	% vol	12,0	10,0	
Propano, máx.	% vol	3,0		
Butanos e mais pesados, máx.	% vol	1,5		
Oxigênio, máx.	% vol	0,8	0,5	
Inertes (N ₂ +CO ₂), máx	% vol	18,0	5,0	4,0
Enxofre total, máx	mg/m ³	70		
Gás sulfídrico (H ₂ S), máx.	mg/m ³	10	15	10

Fonte: Adaptado de Portaria nº 104 da ANP [8]

2.1.3 Características físicas

Considerando o metano como o majoritário contribuinte da composição do GNV, será considerado para os futuros cálculos fluidodinâmicos as seguintes características descritas na Tabela 2.2. A massa específica foi obtida por interpolação de dados do ÇENGEL (2015), descrita na memória de cálculo (APÊNDICE A).

Tabela 2.2 - Propriedades físicas do metano

Propriedade física	Valor
Temperatura de referência - T	20° C
Viscosidade absoluta - μ	$1,02 \times 10^{-5}$ N.s/m ²
Viscosidade cinemática - ν	$1,18 \times 10^{-5}$ m ² /s
Massa específica (em 20°C) - ρ	0,6715 kg/m ³

Fonte: Elaboração própria a partir de FOX (2014) [26] e ÇENGEL (2015) [22]

A Figura 2.1 apresenta o processo de determinação da viscosidade absoluta e a Figura 2.2 a viscosidade dinâmica. Tendo em vista que a porcentagem mínima em volume de metano requerido no GNV é de 86% e que sua massa específica a 20°C é baixa (por ser um gás) é viável utilizar as propriedades desse fluido afim deste projeto, pois também a massa específica dos outros gases presentes será baixa e de influência mínima na composição (abaixo de 12%, como o exemplo do Etano).

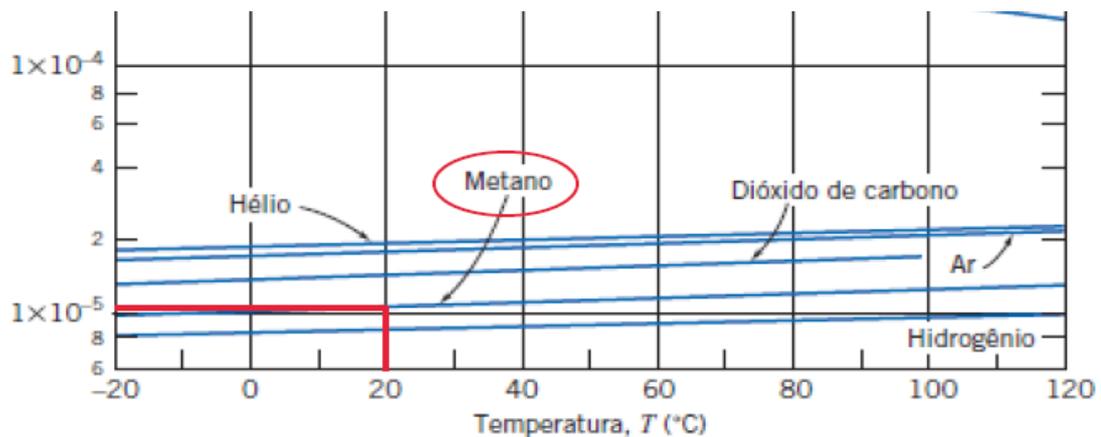


Figura 2.1 - Determinação da viscosidade absoluta

Fonte: FOX (2014) [26]

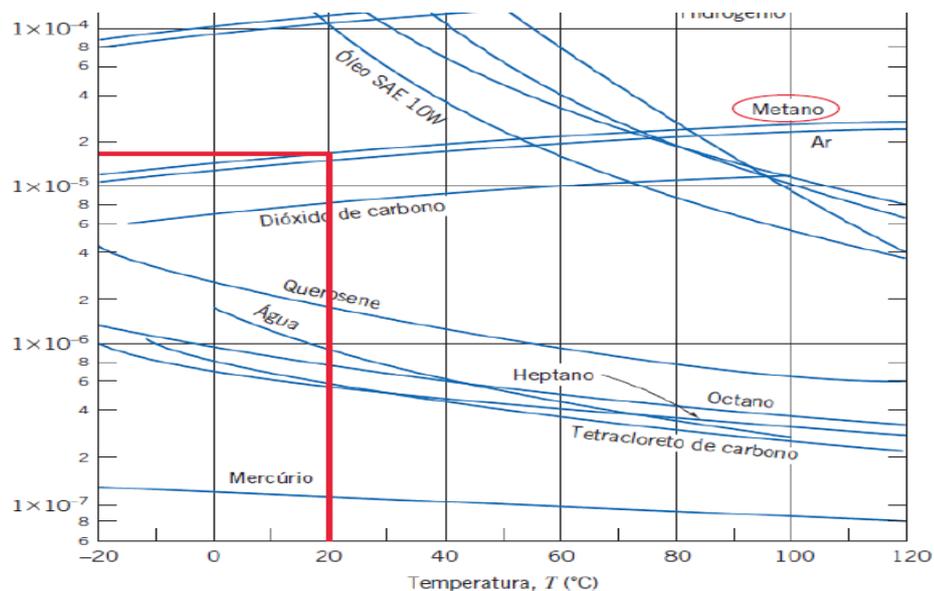


Figura 2.2 - Determinação da viscosidade dinâmica

Fonte: FOX (2014) [26]

2.1.4 Economia

O GNV é considerado mais vantajoso em relação a outros combustíveis veiculares disponíveis no mercado. Dados estatísticos retirados do simulador [39] da empresa Naturgy, distribuidora de gás natural veicular na região do Rio de Janeiro e em alguns municípios de São Paulo, demonstram a vantagem que esse tipo de combustível veicular possui em relação a outros, colaborando ainda mais para a necessidade de estudos direcionados ao GNV.

Os dados inseridos no simulador levaram em consideração:

- **Média de quilometragem mensal dos brasileiros:** Através de pesquisa realizada pelo grupo Kelley Blue Book – KBB [37], referência em precificação no mercado automotivo, foi descoberto que o brasileiro roda em média 12,9 mil quilômetros no primeiro ano de uso do seu carro, e tal quilometragem decresce ao decorrer dos anos seguintes (KELLEY BLUE BOOK, 2019). Portanto, o valor considerado para a média mensal foi de 1075 km.
- **Preço do combustível:** Segundo levantamento de preços da série histórica mensal da ANP [11] o preço médio encontrado para cada combustível em questão no mês de janeiro de 2020 foi de: 3,226 R\$/litro para o etanol, 4,579 R\$/litro para a gasolina, 3,788 R\$/litro para o diesel e 3,211 R\$/m³ para o GNV.
- **Rendimento do veículo:** O próprio simulador utiliza os dados médios de mercado, na unidade de quilômetro rodado por unidade de combustível.
- **Preço da instalação do Kit GNV:** O próprio simulador utiliza a média de mercado para o kit de 5ª geração com capacidade de 8m³.

Após a inserção desses dados foi observado que o custo do GNV em relação à gasolina e ao etanol, para a mesma distância percorrida, é de aproximadamente a metade, gerando uma economia mensal de 50%, conforme Figura 2.3 e Figura 2.4.

Custo em Reais R\$

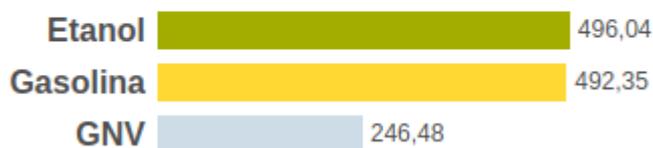


Figura 2.3 - Comparação de custo entre combustíveis

Fonte: Simulador Naturgy [39]

Economia mensal (R\$)



Figura 2.4 - Economia mensal do GNV

Fonte: Simulador Naturgy [39]

Contudo, existe o custo da instalação do kit GNV, todavia o cliente consegue restituir esse dinheiro em aproximadamente vinte meses, conforme Figura 2.5.

Tempo de retorno da instalação do Kit GNV (mês)



Figura 2.5 - Tempo de retorno da quantia do investimento

Fonte: Simulador Naturgy [39]

2.2 ESTAÇÃO DE MEDIÇÃO GNV

Este subitem visa a demonstrar as características e componentes de uma estação de medição GNV.

2.2.1 Configuração

As estações de medição de GNV são utilizadas pelas companhias distribuidoras de gás da região a fim de mensurar a quantidade de volume de gás fornecido ao cliente que será posteriormente tarifado e faturado.

Não existem catálogos para esse conjunto mecânico, pois cada empresa especifica as condições operacionais de seus clientes e então envia os requisitos necessários da montagem ao fabricante que realizará a construção deste. A Figura 2.6 demonstra uma configuração de uma estação de medição de GNV.

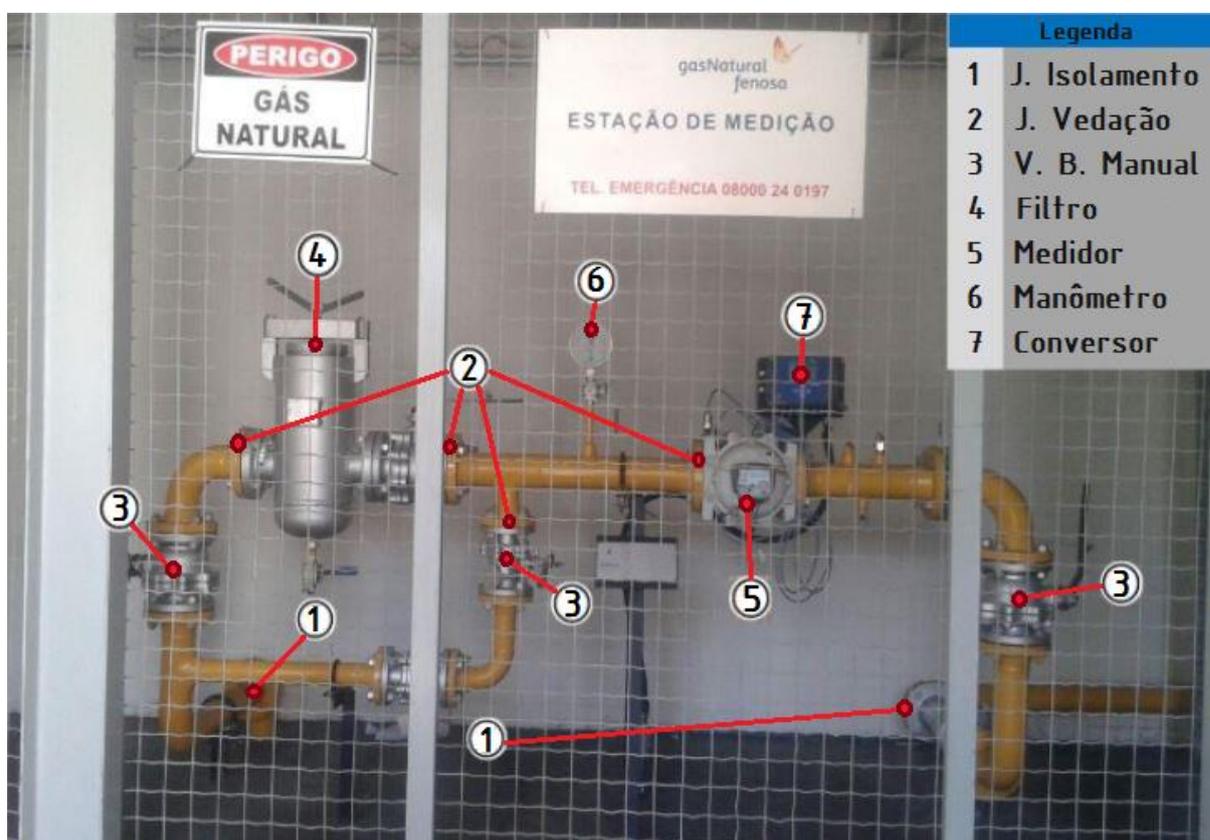


Figura 2.6 - Estação de medição de GNV

Fonte: Modificado de Apresentação de uma unidade de compressão de gás natural veicular [24]

Os componentes utilizados para as estações de medição de gás em postos GNV na região do Rio de Janeiro são:

- 1 - Juntas de isolamento elétrico;
- 2 - Juntas de vedação;
- 3 - Válvula de bloqueio manual;
- 4 - Filtro;
- 5 - Medidor;
- 6 - Manômetro;
- 7 - Conversor eletrônico de volume.

Incluindo também a válvula de retenção, o anel de ancoragem para lacres e a placa de restrição de fluxo.

2.2.2 Descrição de componentes

2.2.2.1 Juntas de isolamento elétrico

A corrosão pode ser entendida como a volta do material fabricado ao seu estado original encontrado na natureza (minério). O aço desenvolve diferentes potenciais eletroquímicos no contato com um eletrólito (mistura sólida ou líquida contendo água e íons dissolvidos, como os solos e o ar atmosférico) por ser um material metálico não homogêneo e de composição complexa (precipitados, tensões internas, estrutura cristalográfica, etc), promovendo assim a corrosão eletroquímica (CASTRO e AGUIAR, 2010) [16]. A junta de isolamento elétrico, equipamento demonstrado na Figura 2.7, isola e protege um trecho da tubulação que nesse caso em específico é a estação de medição, sendo instaladas nos flanges de entrada e saída.

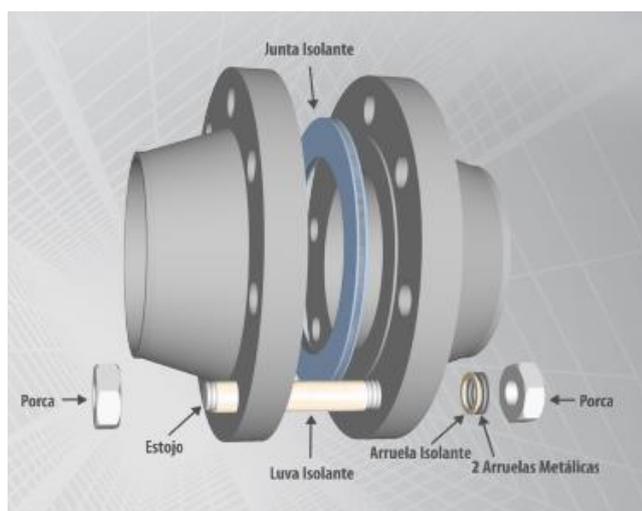


Figura 2.7 - Junta de isolamento elétrico

Fonte: Catálogo - Junta Isolante Electron CS TEADIT [45]

2.2.2.2 Juntas de vedação

As juntas de vedação são elementos necessários para uma maior estanqueidade do sistema, evitando possíveis escapamentos e perdas de processo, além de conservar as faces das estruturas que estão em contato com estas (que no caso do regente projeto serão os flanges). Normalmente são fabricadas a partir de um material denominado papelão hidráulico. A Figura 2.8 ilustra esse componente.



Figura 2.8 - Junta de vedação

Fonte: Catálogo - Papelão hidráulico NA1100 TEADIT [46]

2.2.2.3 Válvula de bloqueio manual

A válvula de bloqueio manual (Figura 2.9) é utilizada para interromper o fornecimento de GNV ao cliente afim de realizar a manutenção ou substituição de componentes, como por exemplo o medidor e conversor que devem ser trocados mediante um plano de calibração ou por medidas corretivas. É necessária a devida lacração para se evitar fraudes.



Figura 2.9 - Válvula de esfera classe 150 lbs

Fonte: Niagara Indústria e Comércio de Válvulas Ltda [40]

2.2.2.4 Válvula de retenção

A válvula de retenção tem o objetivo de permitir o fluxo do gás somente numa direção e é instalada após o medidor, evitando assim erros na medição que seriam gerados por uma parcela do gás que retornasse. A Figura 2.10 demonstra um exemplo desse equipamento.



Figura 2.10 - Válvula de retenção GENE BRE

Fonte: Catálogo GENE BRE [28]

2.2.2.5 Filtro

Os filtros utilizados na estação de medição são filtros separadores com elementos filtrantes, conforme demonstrado na Figura 2.11 e Figura 2.12, estes são capazes de reter sólidos no fluxo do gás e manter a integridade da medição e dos equipamentos subjacentes. Esse componente possui um ponto de purga em que, mediante condições normais e seguras de operação, o avaliador técnico verifica o elemento filtrante através de um pano limpo inserido abaixo deste. Tais filtros são considerados como vasos de pressão classe B, por admitirem fluido combustível numa temperatura menor que 200°C, conforme a norma regulamentadora NR13 (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2018, p.12) [38].



Figura 2.11 - Filtro separador de cartucho

Fonte: Catálogo GASCAT [27]



Figura 2.12 - Cartuchos filtrantes

Fonte: Catálogo GASCAT [27]

2.2.2.6 Medidor

Geralmente são utilizados três tipos de medidores em estações de medição de gás natural, os quais serão descritos a seguir.

2.2.2.6.1 Medidor diafragma

Utilizado em áreas residenciais e comerciais. Seu método de medição consiste no registro de passagem de gás por meio da movimentação de diafragmas, conforme apresentado na Figura 2.13, cujo controle é realizado através de válvulas deslizantes. Sua estrutura é altamente resistente à corrosão, dispensando assim a instalação de filtros.

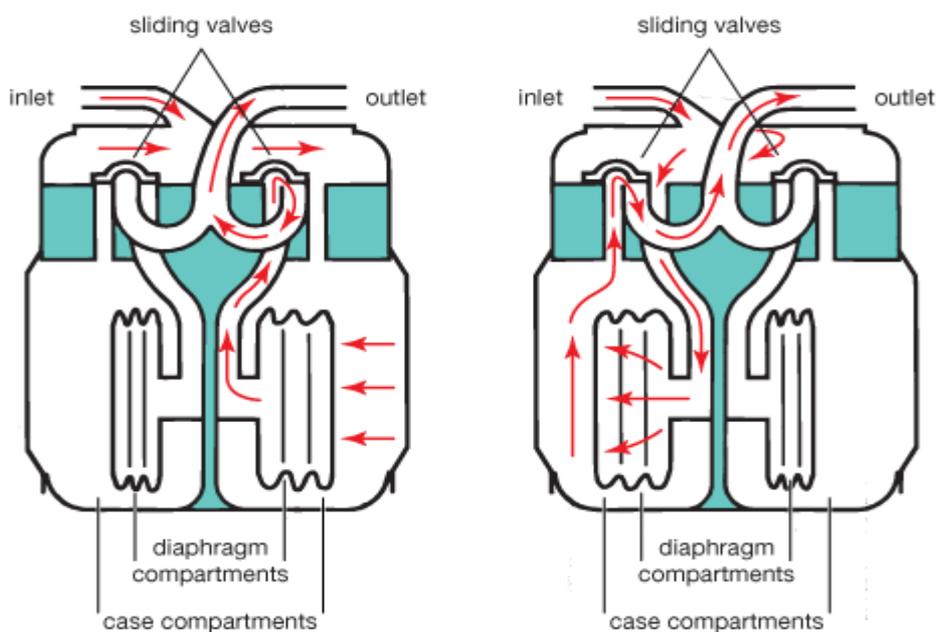


Figura 2.13 - Medidor diafragma

Fonte: <https://gasmeterlove.tumblr.com/>. Acesso em 28 mar. 2020

2.2.2.6.2 Medidor turbina

Utilizado em áreas industriais. O fluxo de fluido movimentava o rotor cujo eixo, através de um conjunto de engrenagens, aciona um eixo de transmissão conectado a

um acoplamento magnético e este transferirá o movimento da área pressurizada para a não pressurizada, que contabilizará os valores de vazão (Figura 2.14). Não é aconselhável utilizá-lo em postos de combustíveis devido à oscilação do regime de abastecimento de gás, pois a baixa vazão não consegue sobrepor a inércia da turbina, o que causa perdas no registro de consumo.

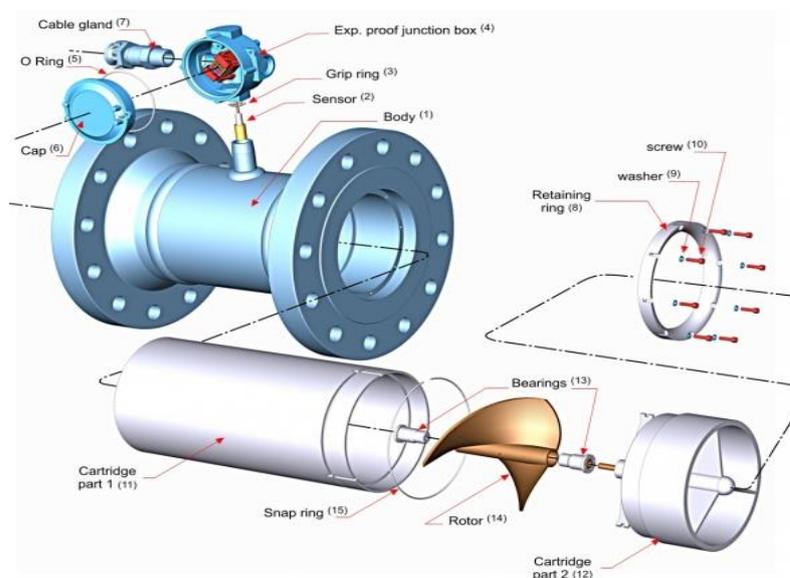


Figura 2.14 - Medidor turbina

Fonte: <https://mnt-sas.com/helical-turbine-meters-htm-series>

Acesso em 29 mar. 2020

2.2.2.6.3 Medidor rotativo

Utilizado majoritariamente em postos de combustíveis. O registro de consumo ocorre através de um acoplamento magnético conectado a pistões rotativos que giram após a entrada de fluido. Este projeto será direcionado a esse tipo de medidor, visto que é o modelo utilizado em postos GNV. A Figura 2.15 demonstra os principais componentes desse equipamento.

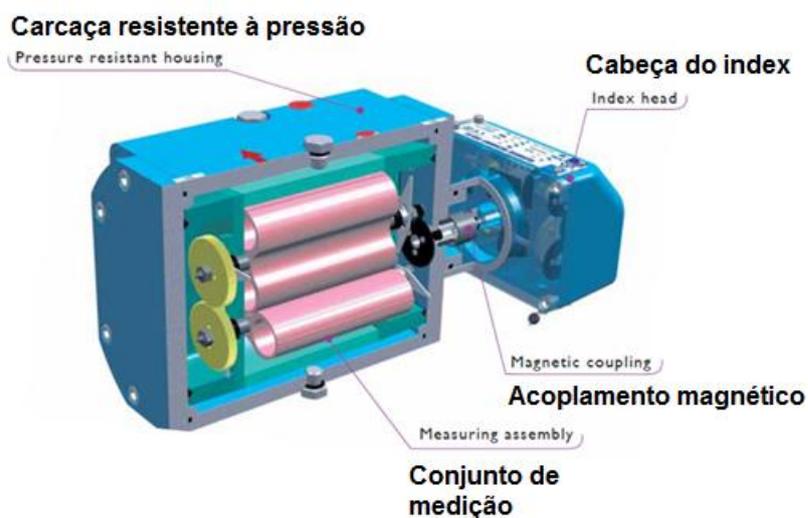


Figura 2.15 - Medidor rotativo

Fonte: Modificado de <http://www.imacsys.co.uk/20/rotary-gas-meter>

Acesso em 29 mar. 2020

2.2.2.7 Manômetro

Trata-se de um equipamento de medição da pressão no sistema. São utilizados manômetros analógicos de processo que possuem uma conexão rosqueada (Figura 2.16) para a conexão na tomada de pressão da estação de medição, que no presente projeto será de $\frac{1}{4}$ " e instalada a montante do medidor afim de comparação com o valor apresentado pelo conversor eletrônico a jusante.



Figura 2.16 - Manômetro de processo

Fonte: Catálogo Zürich [50]

2.2.2.8 Anel de ancoragem para lacres

A fim de evitar ações fraudulentas, como um by-pass que ultrapasse o medidor, é necessária a instalação de lacres nos componentes da estação de medição (purga do filtro, válvulas, ponto de manômetro, dentre outros). O anel de ancoragem serve para a passagem do arame desses lacres, conforme representado na Figura 2.17.

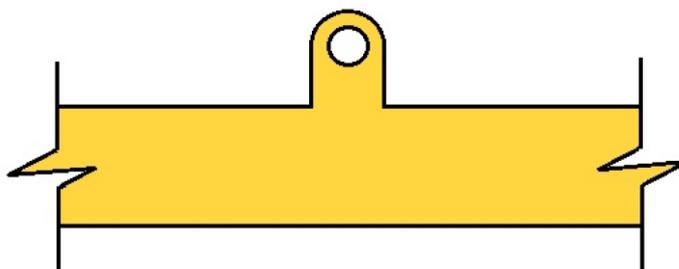


Figura 2.17 - Anel de ancoragem para lacres

Fonte: Elaboração própria

2.2.2.9 Placa de restrição de fluxo

Sua função é limitar a vazão do sistema à vazão máxima que o medidor suporta, promovendo assim a integridade deste. A instalação da placa de restrição deve estar compreendida no trecho a jusante do medidor e a montante da primeira válvula de saída após o medidor. A Figura 2.18 demonstra um exemplo desse acessório.

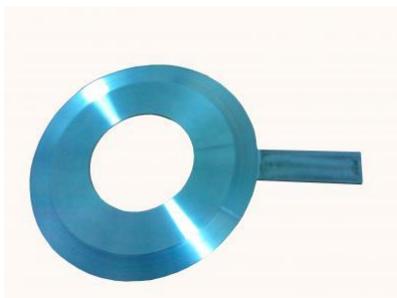


Figura 2.18 - Placa de orifício

Fonte: <http://www.process.ind.br/produto/placa-de-orificio.html>. Acesso em 13 abr. 2020

2.2.2.10 Conversor eletrônico de volume

A medição realizada somente pelo medidor mecânico não é a ideal, pois é preciso levar em consideração outros fatores referentes à pressão, temperatura e compressibilidade nas condições da localidade do cliente para a correta interpretação do valor ideal do fluxo medido, conforme equação 2.1.

$$v_b = \frac{p_m}{p_b} \cdot \frac{T_b}{T_m} \cdot \frac{z_b}{z_m} \cdot v_m \quad (2.1)$$

Onde v_b é o volume base, p_m a pressão medida, p_b a pressão base, T_b a temperatura base, T_m a temperatura medida, z_b o fator de compressão base, z_m o fator de compressão medido e v_m o volume medido. Os valores de pressão, temperatura e fator de compressão base são configurados pela própria distribuidora para cada cliente.

Dentre as saídas disponíveis do conversor CORUS, representadas na Figura 2.19, se encontram dois tipos de sensores: temperatura e pressão. Na estação de medição serão separadas duas tomadas a jusante do medidor para estes elementos, que receberão conexões rosqueadas de 1/4".

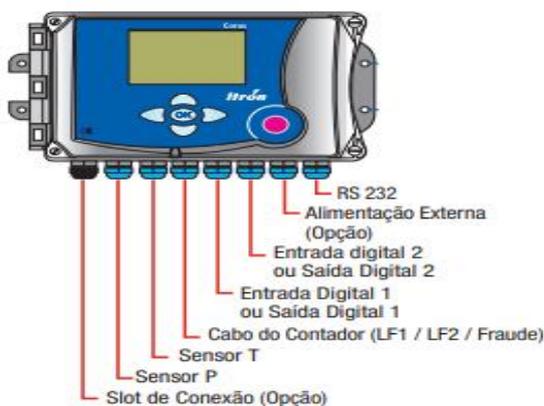


Figura 2.19 - Conversor eletrônico

Fonte: Catálogo Itron Corus [35]

2.3 COMPRESSORES GNV

O esquema de distribuição interna do GNV está representado na Figura 2.20, em que o compressor se faz um componente essencial. O combustível é distribuído aos postos através da linha de chegada de gás, conectada ao gasoduto da concessionária distribuidora. O gás então, a baixa pressão, é comprimido ao nível de 250 bar através do compressor (Figura 2.21) para enfim ser distribuído aos *dispensers* (pontos de abastecimento) ou estocado em cilindros. É importante frisar que, por motivos de segurança, a ANP limita o abastecimento de GNV ao cliente numa faixa de pressão de 200 a 220 bar [7].

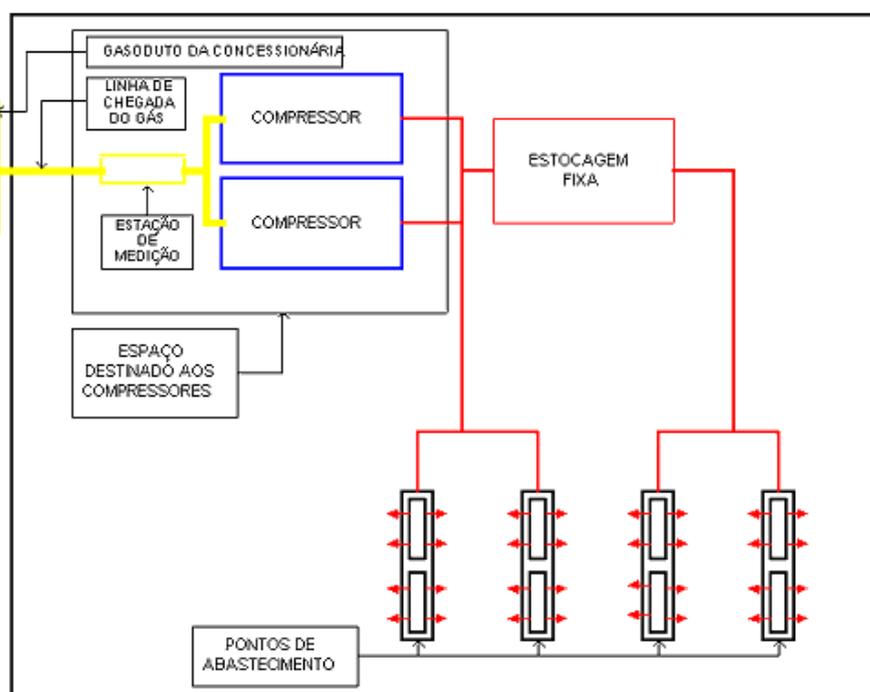


Figura 2.20 - Esquema do sistema de abastecimento de GNV

Fonte: <https://www.gasnet.com.br/GNV/Abastecendo>. Acesso em: 2 de abr. 2021



Figura 2.21 - Compressor de GNV Junqueira

Fonte: <http://www.gnvcompressores.com.br/produtos>. Acesso em: 3 de abr. 2021

3 PROJETO DE ESTAÇÃO DE MEDIÇÃO GNV

Este capítulo tratará das condições requisitadas por uma eventual empresa e a partir destas será elaborado um modelo adequado.

3.1 REQUISITOS DE TRABALHO

Este projeto levará em consideração os seguintes requisitos, representando assim a solicitação de uma empresa ao fabricante que construirá sua estação de medição GNV:

- Pressão mínima de fornecimento: 2 bar;
- Pressão máxima de fornecimento: 7 bar;
- Vazão horária máxima: 160 m³/h;
- Configuração da linha de filtragem: 1 filtro;
- Configuração da linha de medição: sem by-pass no filtro.

A pressão mínima e máxima de fornecimento foi selecionada de forma a abranger todos os diferentes sistemas de distribuição de gás combustível em redes enterradas, de polietileno PE 80 ou PE 100 (Tabela 5, NBR 14462) [3]. A vazão horária máxima levou em consideração o quantitativo de abastecimento GNV em termos da distribuidora do Rio de Janeiro, que pode ser verificado no boletim nº 63 da ANP (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2019) [6]. O consumo de GNV a nível nacional está demonstrado na Figura 3.1, cujo valor em termos do Rio de Janeiro pode ser extraído a partir do grau de participação da concessionária estadual Naturgy representado na Figura 3.2, cuja soma CEG e CEG RIO resulta em 53,62% de participação, ao multiplicar então esse percentual pela média de 6 milhões m³/dia percebida no ano de 2019 chega-se ao valor de 3.217.200 m³/dia.

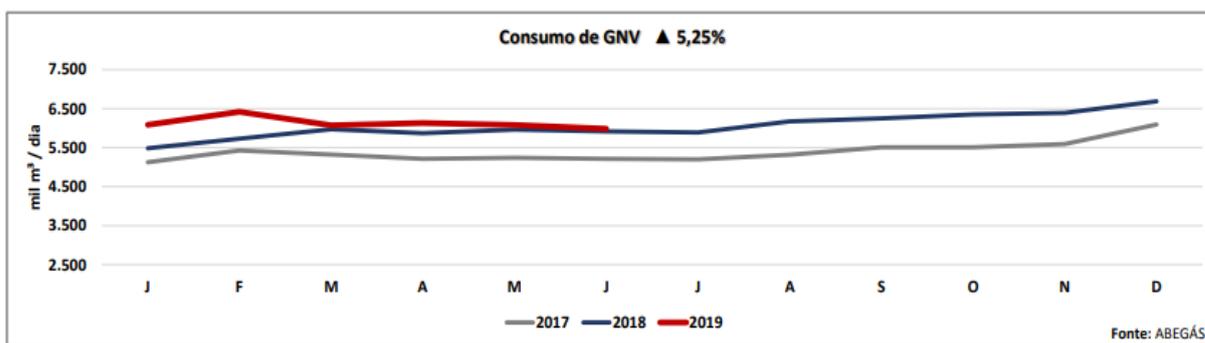


Figura 3.1 - Consumo nacional de GNV por ano
Fonte: Boletim Abastecimento em Números ANP [6]

MARKET SHARE NO ANO		
Distribuidora		Participação
Naturgy - Ceg	▼	43,23%
Naturgy - Ceg Rio	▼	10,39%
Comgás	▼	10,20%
Scgás	▲	5,61%
Bahiagás	▲	4,78%
Copergás	▲	4,54%
Sulgás	▲	4,40%
Cegás	▲	3,58%
BR	▲	2,35%
Potigás	▼	2,20%
OUTRAS	▼	8,71%

Figura 3.2 - Grau de participação das distribuidoras
Fonte: Boletim Abastecimento em Números ANP [6]

Ao extrair o quantitativo de postos com o combustível GNV credenciados pela ANP em sua consulta eletrônica [9] foi verificada a existência de 906 postos no Rio de Janeiro, conforme Figura 3.3. Ao dividir então o consumo médio nacional de 3.217.200 m³/dia por 906 postos chega-se ao valor aproximado de 3551 m³/dia de consumo por posto. Por fim dividindo esse valor pelo número de horas num dia encontra-se o número aproximado de 147,96 m³/h, para atender então a esse valor foi selecionado o medidor com a vazão horária máxima de 160 m³/h.

Data: 03/04/2021 Hora: 12:30:16

CNPJ/CPF: Digite apenas números. Ex:
99999999999999

Nome do Posto:

Estado: RJ Município:

Bandeira:

Combustível: GÁS NATURAL VEICULAR

Tipo de posto:

Informar ao menos mais de um campo para pesquisa.
Caso deseje verificar a autenticidade de Certificado já emitido, [clique aqui](#)
Versão 7.2.0

Caso deseje exportar os dados dos REVENDEDORES AUTORIZADOS EM OPERAÇÃO clique em exportar

ATENÇÃO: Não serão exportados os dados dos agentes que não se encontram autorizados pela ANP no momento dessa consulta.

Resultado da pesquisa: 906 registros encontrados.

Figura 3.3 - Postos GNV credenciados pela ANP

Fonte: Consulta de postos ANP [9]

Somado a isso, o motivo para a estação de medição GNV não possuir by-pass no filtro, que a princípio é um desvio do gás para eventuais manutenções no filtro, se deve a evitar possíveis fraudes no sistema que podem ser realizadas pelos clientes nesse ponto.

Levando em consideração que a temperatura de referência do GNV na estação de medição é em torno de 20° C e que a pressão máxima de entrada é de 7 bar, esse sistema então está classificado na classe de pressão 150# segundo Telles (2001, p.30) [47] e conforme apresentado na Figura 3.4.

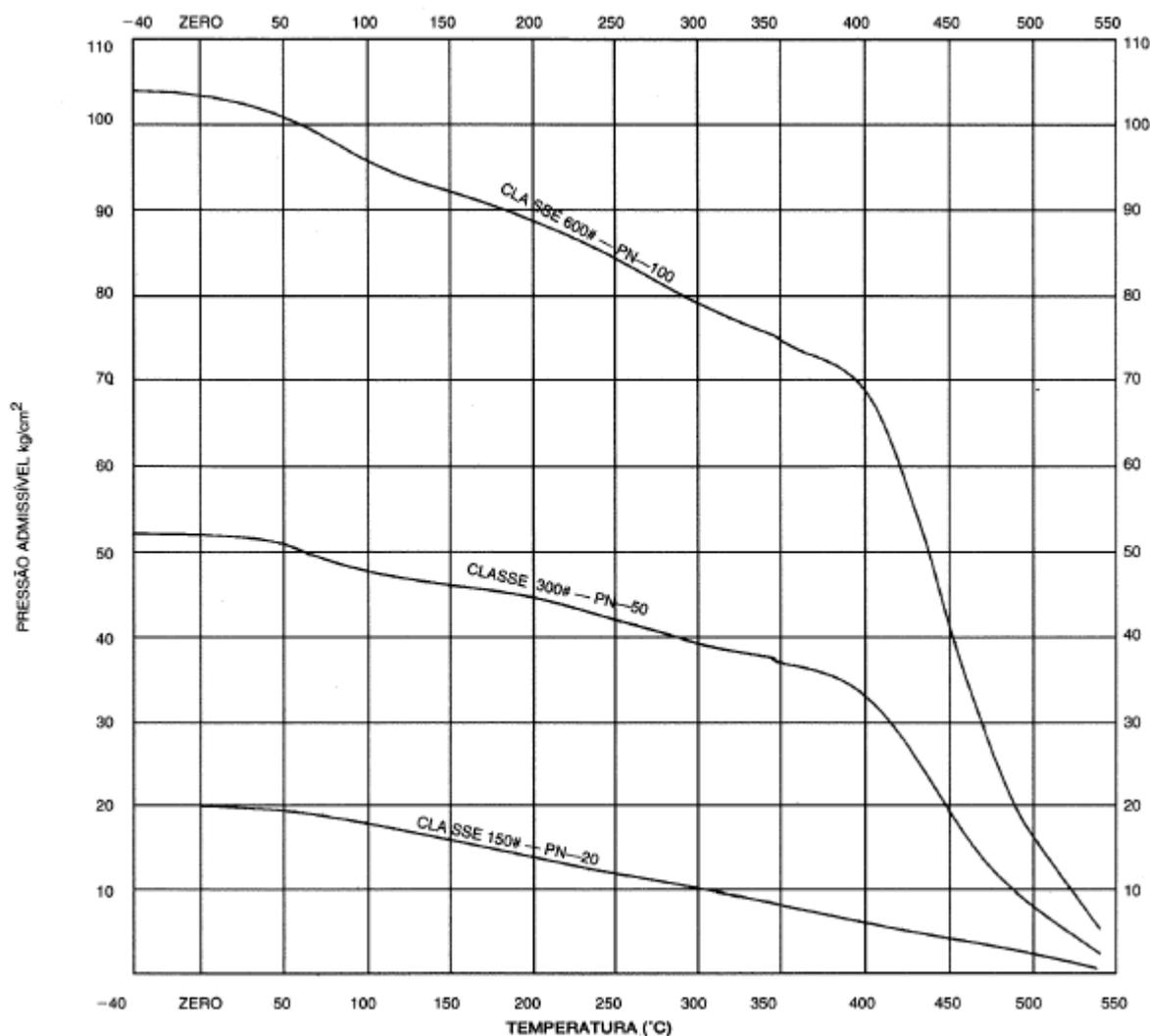


Figura 3.4 - Classes de pressão

Fonte: TELLES [47]

3.2 CLASSIFICAÇÃO DO FLUIDO DE TRABALHO

Tendo em vista que o fluido de trabalho possui uma viscosidade absoluta próxima de zero ($1,02 \times 10^{-5} \text{ N.s/m}^2$ - Tabela 2.2) este poderá ser considerado como não viscoso (ou invíscido). Somado a isso, segundo FOX (2014) os escoamentos de gases podem ser classificados como compressíveis ou incompressíveis a depender do número de Mach, representado na Equação 3.1. Caso esse número seja menor do que 0,3 o fluido não terá uma variação da massa específica elevada, logo poderá ser considerado como incompressível.

$$M \equiv \frac{V}{c} \quad (3.1)$$

Onde “V” é a velocidade do escoamento e “c” é a velocidade local do som no gás, determinado pela Equação 3.2.

$$c = \sqrt{kRT} \quad (3.2)$$

Onde “k” é a razão dos calores específicos, “R” a constante do gás e “T” a temperatura absoluta.

Para a velocidade do escoamento será considerado um valor de velocidade média \bar{V} a partir do valor máximo de vazão volumétrica Q que o medidor escolhido pode suportar, que é de 160 m³/h (Tabela 3.2), e a área interna A da tubulação. A fórmula utilizada está representada na Equação 3.3.

$$\bar{V} = \frac{Q}{A} \quad (3.3)$$

Os valores relacionados foram inseridos na Equação 3.3 e foi encontrado o valor de aproximadamente 23,3 m/s.

A determinação da velocidade local do som leva em consideração a Tabela 3.1 que demonstra as características do metano em Condições-Padrão (temperatura igual a 15 °C e pressão igual a 101,325 kPa) retiradas do FOX (2014) e a temperatura absoluta considerada para o projeto.

Tabela 3.1 - Características do metano para cálculo da velocidade local do som

Razão dos calores específicos, k	1,31
Constante do gás, R	518,3 J/(kg.K)
Temperatura absoluta, T	293 K

Fonte: Elaboração própria a partir de FOX (2014) [26]

A partir destes dados foi encontrado o valor de aproximadamente 446 m/s para a velocidade local do som.

Portanto, após a inserção dos resultados obtidos na Equação 3.3, o número de Mach calculado foi de 0,052, logo o fluido de trabalho poderá ser considerado como incompressível. Todos os cálculos realizados estão descritos na memória de cálculo (APÊNDICE A).

3.3 SELEÇÃO E MODELAGEM DE EQUIPAMENTOS

O início deste projeto será a partir da seleção dos equipamentos que irão compor o sistema e a partir destes será construída a tubulação e sustentação, visto que tais equipamentos já possuem dimensões definidas. A representação das peças em seus respectivos catálogos pode ser vista no ANEXO A. O conversor eletrônico por não fazer parte do conjunto mecânico, ter dimensões desprezíveis e ser fornecido separadamente pelo próprio fabricante, não será considerado na modelagem deste projeto.

3.3.1 Juntas de isolamento e vedação

A fins de simplificação, as juntas de isolamento elétrico e vedação não foram modeladas, tendo em vista que o peso destas seria desprezível em relação a todo o sistema e devido à ferramenta de modelagem mecânica utilizada não conter o material desejado para seleção.

A junta isolante elétrica selecionada foi a Electron CS do fabricante Teadit [45] para a classe de pressão 150# e possui um valor de resistência elétrica maior do que 100 MΩ e permite um vazamento na ordem de $4,11 \times 10^{-5}$ mbar.l/s. Para as juntas de vedação foram selecionados os papelões hidráulicos NA1100 do mesmo fabricante supracitado [46] em que são indicados para fluidos derivados de petróleo (como o gás natural veicular) e possuem uma selabilidade de 0,2 ml/h a 1000 psi (equivalente a aproximadamente 69 bar ou 6,9 MPa).

3.3.2 Medidor

Para uma vazão máxima de projeto igual a 160 m³/h foi selecionado o medidor rotativo ITRON Delta Silver DN 50 G100, fabricado em alumínio e que possui as seguintes características descritas na Tabela 3.2 e Figura 3.5. Toda a tubulação e acessórios irão respeitar o diâmetro nominal do medidor escolhido (50 mm ou 2”).

Tabela 3.2 - Características medidor ITRON G100

Tamanho	Q _{max} (m ³ /h)	Diâmetro Nominal (mm)	Distância entre flanges L (mm)	Perda de Pressão Δpr (mbar)	Distância A (mm)	Distância B (mm)	Distância C (mm)	Distância D (mm)	Peso (kg)
G100	160	50	171	3,25	210	125	335	182	13

Fonte: Adaptado de catálogo ITRON [36]

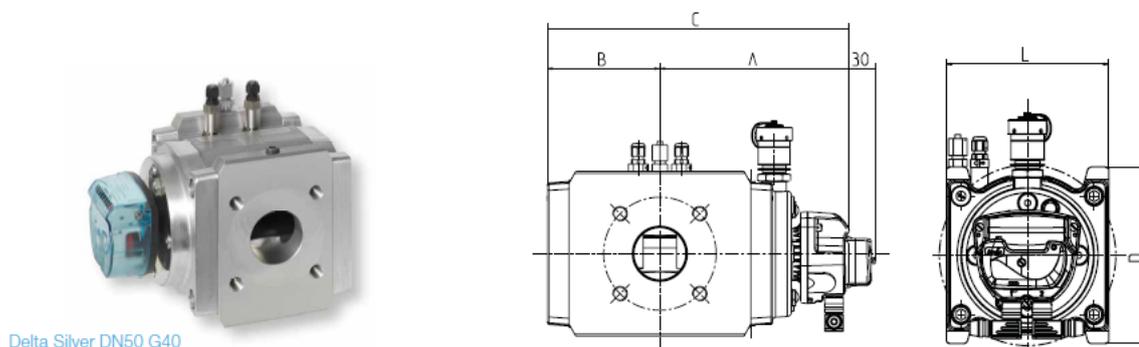


Figura 3.5 - Medidor ITRON

Fonte: Catálogo ITRON [36]

Foi elaborado então um modelo computacional na ferramenta SOLIDWORKS que se aproximasse das características do fabricante, com a finalidade de auxiliar na determinação futura do centro de massa total do sistema. O material escolhido para a modelagem do corpo do medidor foi a liga de alumínio 6061 e para o totalizador o policarbonato. O modelo criado, demonstrado na Figura 3.6, apresentou uma massa de aproximadamente 14,1 kg (1,1 kg a mais do modelo real, apresentando um erro aproximado de 8,5%), sendo assim um modelo viável para efeito de cálculo.

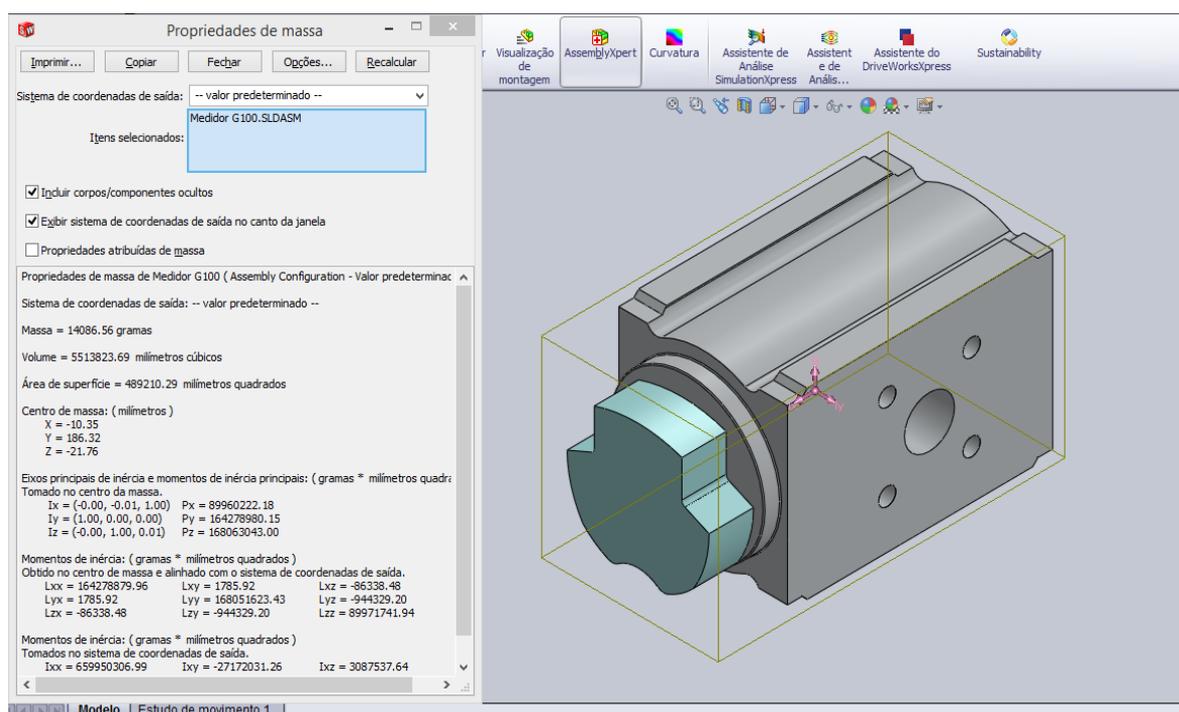


Figura 3.6 - Modelo computacional do medidor

Fonte: Elaboração própria

3.3.3 Tubulação e flanges

3.3.3.1 Tubulação

Segundo Telles (2001, p.97) em tubulações para hidrocarbonetos com baixo teor de enxofre (até 1%), temperatura de 320° C e margem de corrosão de 1,2 mm deve-se utilizar o aço-carbono como material, assim como em alto grau de enxofre (mais de 3%), temperatura de 280° C e margem de corrosão de 4 mm, e os flanges da tubulação devem ser do tipo “pescoço” ou “anel” com face de ressalto e do mesmo material do tubo. Visto que o presente projeto atua num nível bem inferior de temperatura (em torno de 20° C) e teor de enxofre (70 mg/m³), o aço-carbono cumprirá bem com os requisitos necessários.

O material selecionado para a tubulação foi o aço ASTM A53 grau A, que possui boa soldabilidade e cuja norma similar é a NBR 5590 [1]. O fabricante escolhido foi a Century Tubos que comercializa essa tubulação com costura, não implicando

menor qualidade em relação aos tubos sem costura, segundo Telles (2001, p.7). A Tabela 3.3 demonstra a característica desse material e do grau B subsequente.

Tabela 3.3 - Composição e características dos aços ASTM A53

ASTM A53	C máx. (%)	Mn máx. (%)	RT (MPa)	Le (MPa)
Gr. A	0,25	0,95	330	205
Gr. B	0,30	1,20	415	240

Fonte: Adaptado de catálogo Century Tubos [17]

Ainda segundo Telles (2001, p.15) tubulações com diâmetros pequenos de até 2" é usual utilizar tubos de parede grossa (séries schedule 80 ou 160) a fim de o sistema possuir uma maior resistência estrutural e menor vibração. Portanto, foram escolhidos tubos da série 80. A partir dessas considerações, foi realizado o levantamento das dimensões físicas da tubulação descritas na Tabela 3.4 e elaborado um modelo computacional a partir destas. Para um comprimento igual a 1 metro o modelo retornou a massa de aproximadamente 7,44 kg (representando um erro de 0,4% em relação à tubulação real), conforme Figura 3.7.

Tabela 3.4 - Dimensões físicas da tubulação

Diâmetro nominal em polegadas (")	Diâmetro interno (mm)	Espessura da parede (mm)	Peso (kg/m)	Nº Schedule
2	49,24	5,54	7,47	80

Fonte: Adaptado a partir de catálogo Century Tubos [18]

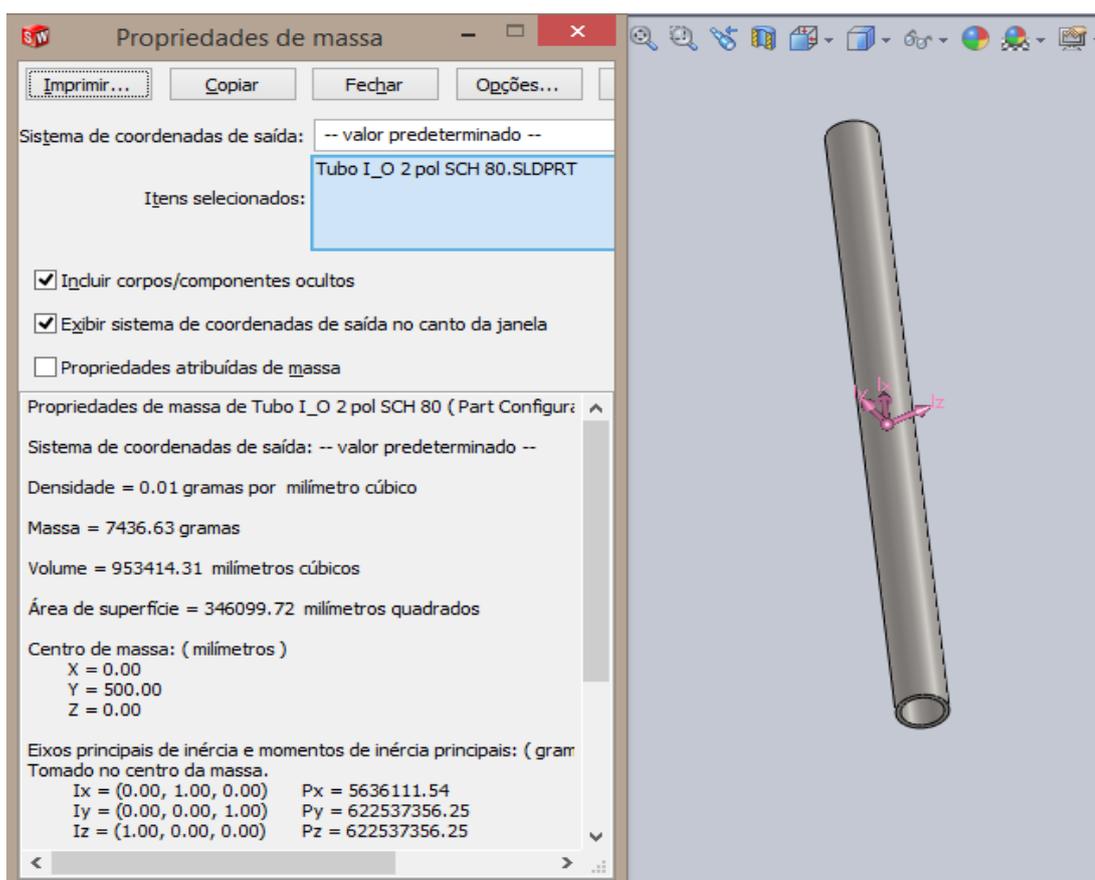


Figura 3.7 - Modelo computacional da tubulação

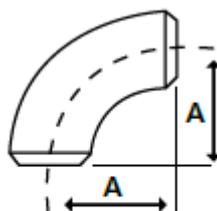
Fonte: Elaboração própria

As curvas de 90° selecionadas foram fabricadas pela Açotubo [4] e possuem as dimensões descritas na Tabela 3.5 e representadas na Figura 3.8. Um modelo computacional também foi elaborado (Figura 3.9) conforme as propriedades já inseridas na tubulação de trecho reto. O fabricante especifica uma massa teórica de 0,9 kg para a peça e o modelo criado retornou 0,89 kg (aproximação de 1,1%). Um contraponto é que o material fornecido pelo fabricante é o aço ASTM A234 Gr. WPB, que seria diferente da composição escolhida para tubulação. Contudo, para fins de dimensionamento do projeto, este será considerado visto também que não foi possível encontrar a comercialização dessa conexão no mesmo material do tubo em outros fabricantes. Entretanto, para uma futura materialização do sistema, deverá ser levado em consideração todo o seu sistema em aço ASTM A53 grau A.

Tabela 3.5 - Dimensões físicas das curvas de 90°

Diâmetro nominal em polegadas (")	Diâmetro externo (mm)	Espessura SCH 80 (mm)	Raio longo A (mm)
2	60,32	5,54	76,20

Fonte: Adaptado de catálogo Açotubo [4]



**90° RAI LONGO
SOLDA**

Figura 3.8 - Raio Longo A da curva de 90°

Fonte: Catálogo Açotubo [4]

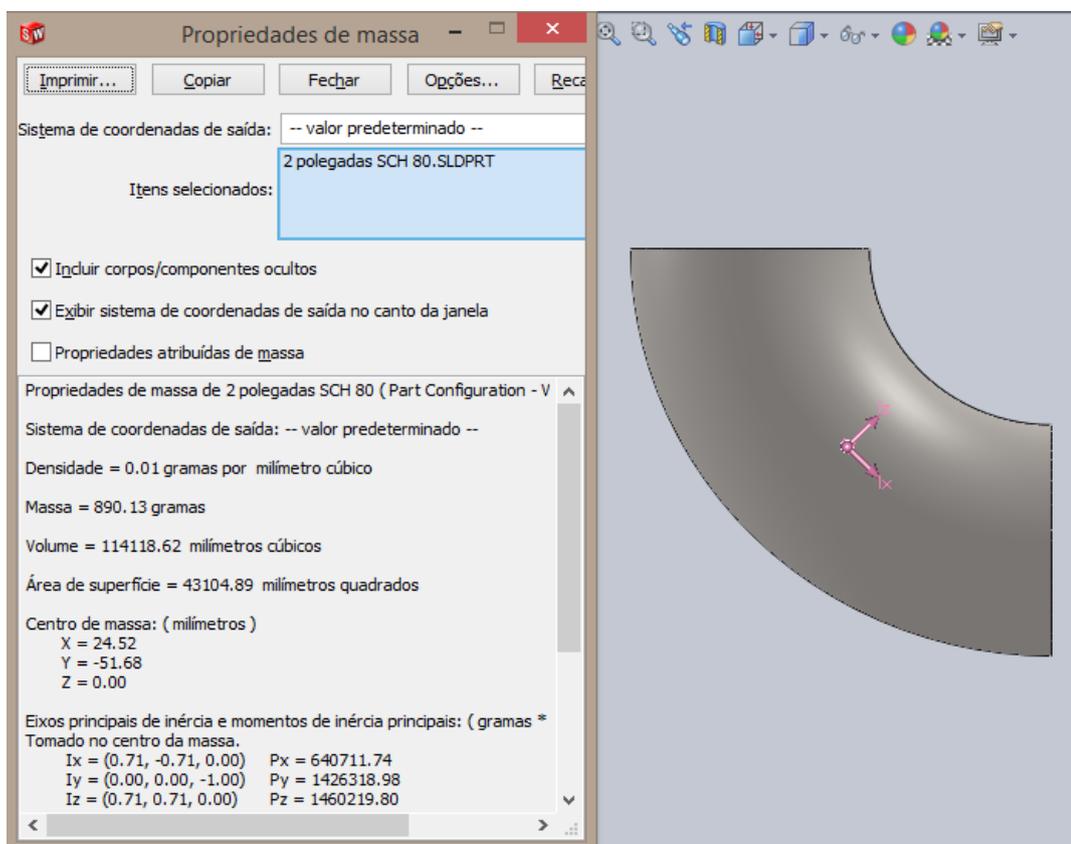


Figura 3.9 - Modelo computacional da curva de 90°

Fonte: Elaboração própria

3.3.3.2 Flanges

Somado à seleção do tipo de tubulação foi escolhido um modelo de flange da classe de pressão 150# do fabricante Açotubo a ser inserido no sistema como conexões. As dimensões físicas estão representadas e descritas respectivamente na Figura 3.10 e Tabela 3.6. Um modelo computacional, conforme Tabela 3.6, foi gerado a partir destas informações (com o mesmo material escolhido do modelo de tubulação) e apresentou uma massa aproximada de 2,4 kg (erro de 11,1% em relação à peça real).

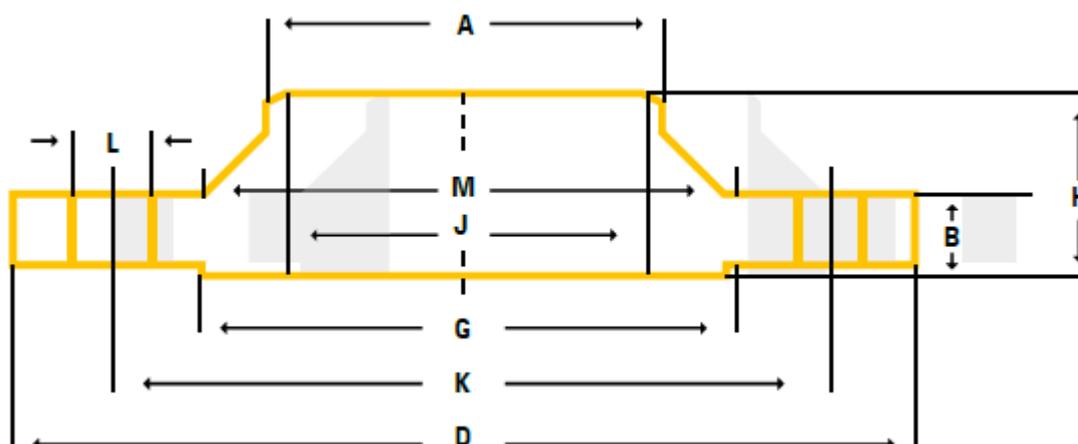


Figura 3.10 - Dimensões flange Açotubo

Fonte: Catálogo Açotubo [4]

Tabela 3.6 - Dimensões físicas do flange

Diâmetro Nominal (")	Nº de furos	A (mm)	B (mm)	D (mm)	G (mm)	H (mm)	J (mm)	K (mm)	L (mm)	M (mm)	Peso aproximado (kg)
2	4	60,3	17,5	150	92,1	62	52,5	120,7	19,05	78	2,7

Fonte: Adaptado de catálogo Açotubo [4]

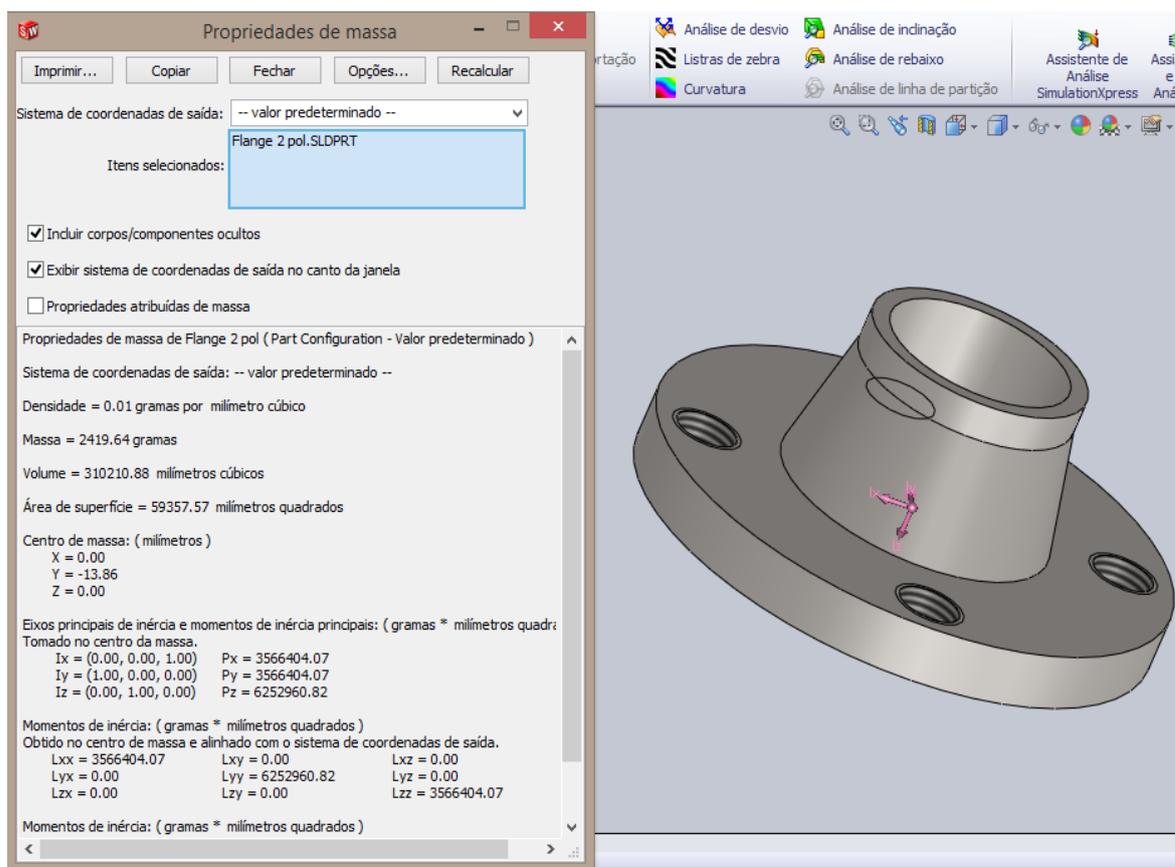


Figura 3.11 - Modelo computacional do flange

Fonte: Elaboração própria

3.3.3.3 Soldagem

Telles (2001, p.97) especifica que nas tubulações de aço com diâmetros maiores do que 1.1/2" devem ser utilizadas soldas do tipo topo, conforme exemplo representado na Figura 3.12, onde o valor de 60° se refere ao ângulo de Bisel da solda e a dimensão de 2 mm à abertura de raiz desta, abaixo da representação gráfica segue o símbolo gráfico utilizado para desenho técnico.

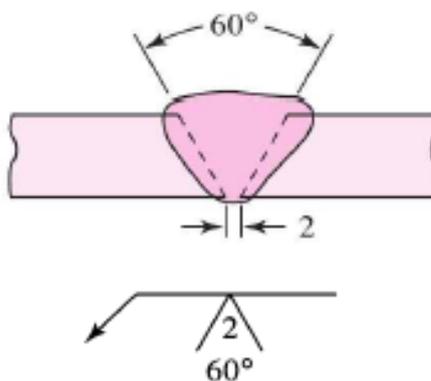


Figura 3.12 - Solda de topo em "V"

Fonte: Budynas (2011) [15]

Um estudo realizado sobre os efeitos da soldagem por eletrodos revestidos E6010 e E7018 no tipo de aço em questão (REIS, FIABANE, *et al.*, 2008) [43] demonstraram que a junção destes eletrodos no cordão de solda apresentou limites de resistência à tração bem próximos à estrutura não soldada, num valor de 45,80 kgf/mm² para a união com solda (sendo o limite de resistência à tração sem solda igual a 49,30 kgf/mm², apresentando um erro de 7,1%). Para fins de projeto será adotada a composição e estrutura da solda que foi objeto desse estudo, representada na Figura 3.13.

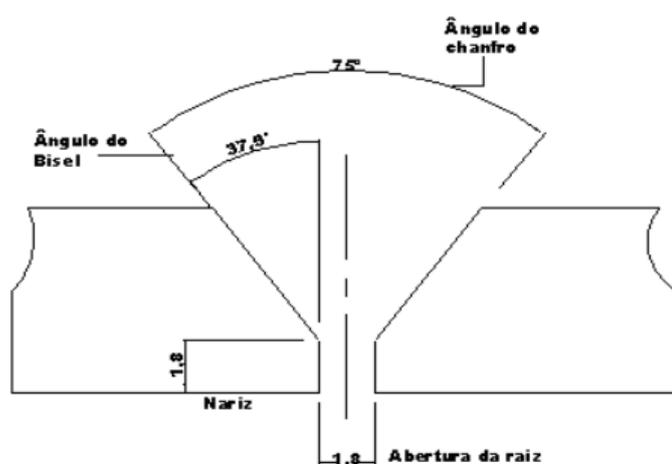


Figura 3.13 - Solda tipo "V" utilizada

Fonte: Estudo das Propriedades Mecânicas da Junta Soldada com Eletrodo Revestido no Aço ASTM A53 - Grau A [43]

3.3.4 Filtro

Foi selecionado o filtro Metrius com diâmetro nominal de 2 polegadas classe de pressão 150# do fabricante GASCAT [27], cuja estrutura é feita em aço fundido e possui as seguintes características descritas na Tabela 3.7 e Figura 3.14. A elaboração do modelo computacional (Figura 3.15) com dimensões aproximadas retornou uma massa de 24,6 kg, com 400 g a menos que o modelo real, apresentando um erro de 1,6%, demonstrando assim ser uma boa aproximação.

Tabela 3.7 - Características filtro Metrius

Diâmetro nominal	A (mm)	B (mm)	C (mm)	E (mm)	Peso (kg)
2"	210	275	470	200	25

Fonte: Adaptado de catálogo GASCAT [27]

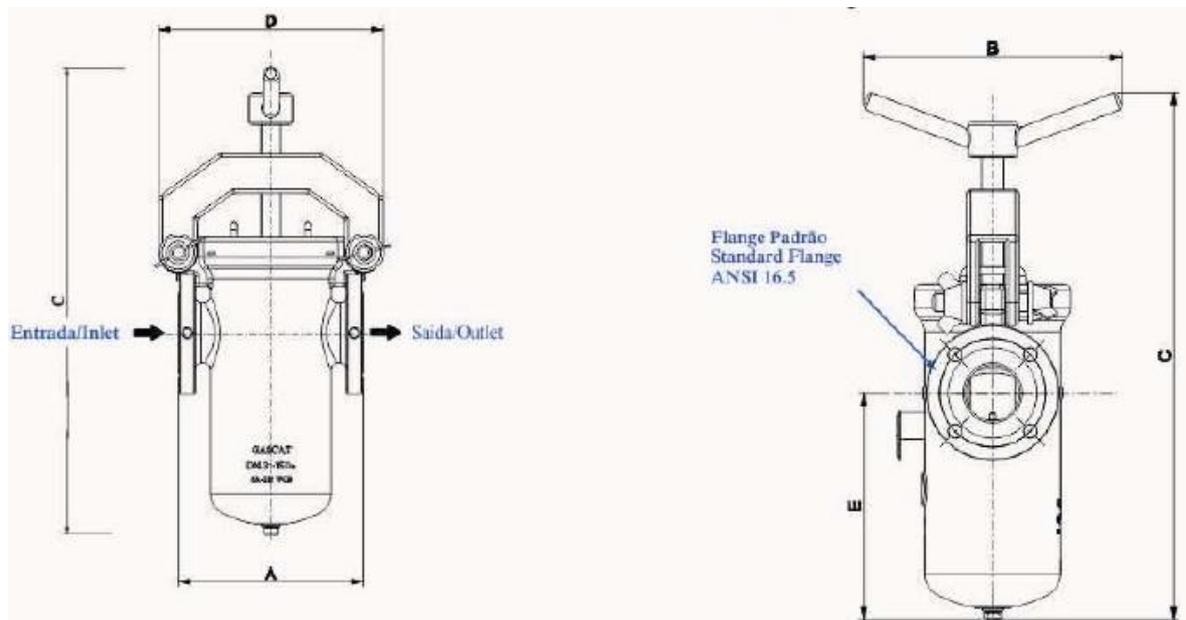


Figura 3.14 - Dimensões do filtro Metrius

Fonte: Catálogo GASCAT [27]

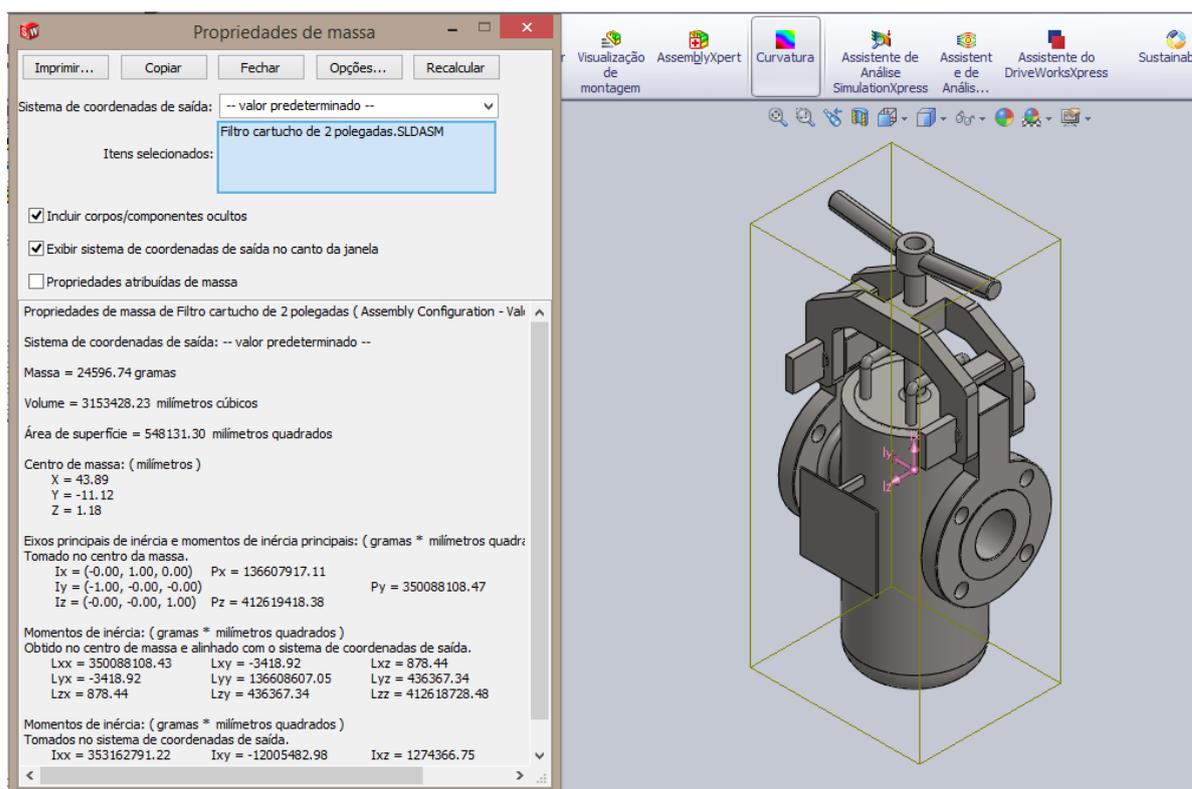


Figura 3.15 - Modelo computacional do filtro

Fonte: Elaboração própria

3.3.5 Válvulas de entrada e saída

Para atender aos requisitos das válvulas de entrada e saída da estação de medição foi selecionado um equipamento do tipo esfera flangeado em aço inox 304, classe de pressão 150#, corpo tripartido (um corpo e duas tampas, que facilita a desmontagem e manutenção), passagem plena (menor perda de carga) do fabricante Niagara [40], representado na Figura 3.16. O modelo computacional, com mesmo comprimento e diâmetro, foi extraído da comunidade Grabcad [31] e com o mesmo tipo de aço selecionado na plataforma SOLIDWORKS apresentou uma massa de 8,64 kg enquanto a peça real possui 9,17 kg (erro aproximado de 5,8%). A válvula modelada está demonstrada na Figura 3.17.



Figura 3.16 - Válvula de esfera tripartida classe 150

Fonte: Niagara Indústria e Comércio de Válvulas Ltda [40]

Tabela 3.8 - Dimensões e características da válvula

Diâmetro nominal	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	Peso (kg)	Coefficiente de fluxo Kv (m ³ /h)
2"	178,0	86,0	256,0	150,0	120,7	19,1	9,17	278

Fonte: Adaptado de Niagara Indústria e Comércio de Válvulas Ltda [40]

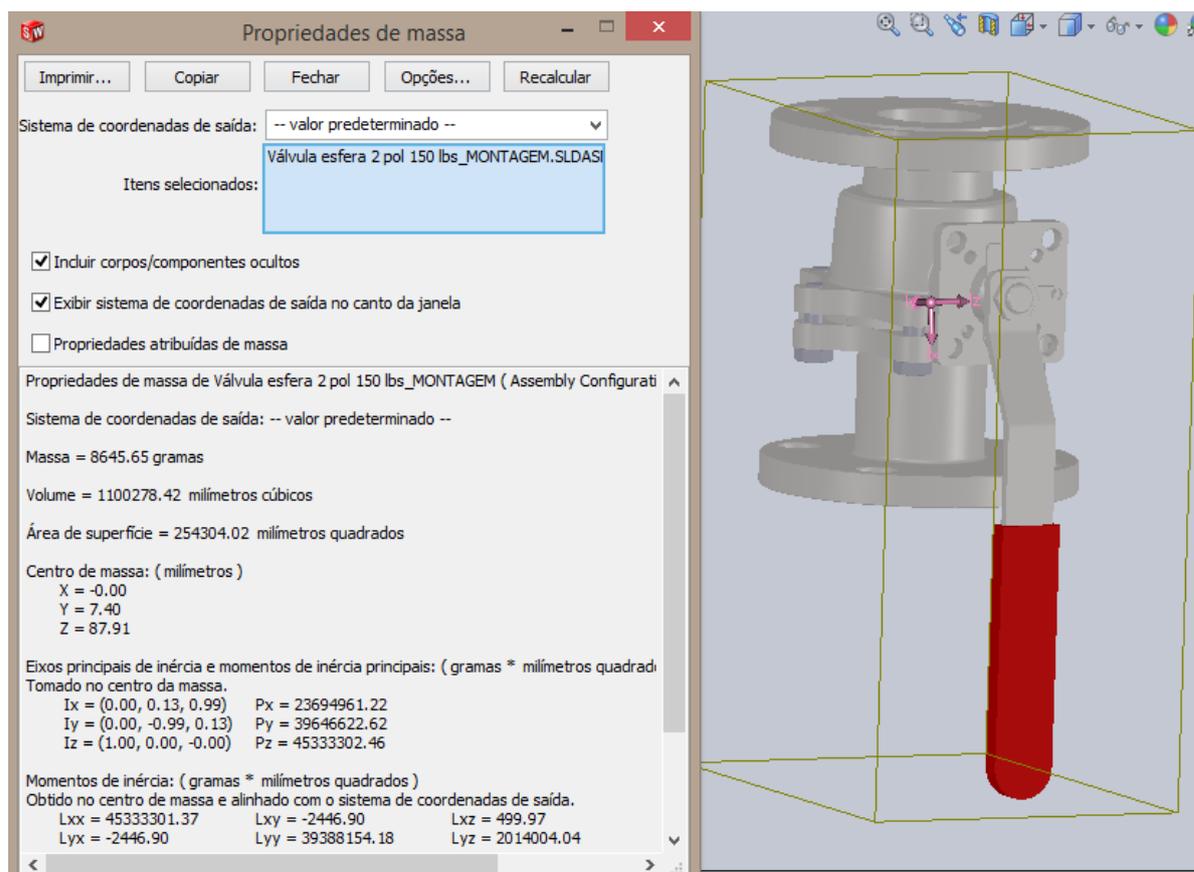


Figura 3.17 - Modelo computacional da válvula

Fonte: GRABCAD [31]

3.3.6 Manômetro

O manômetro selecionado para o projeto é fabricado pela empresa Zürich [50], feito em aço inox AISI 304 com um fluido anti-vibrante e lubrificante inserido (que no caso deste projeto é a glicerina). Sua conexão ao processo é realizada através de uma rosca NPT (Nominal Pipe Thread), muito utilizada para vedação em sistemas de pressão visto que possui um perfil cônico. A Figura 3.18 e Tabela 3.9 representam as características desse equipamento.

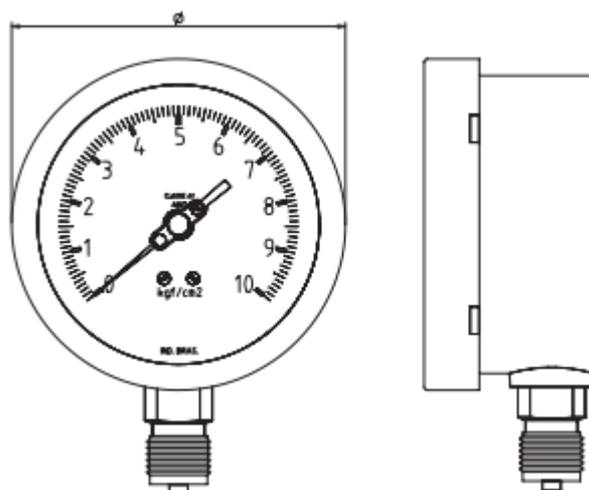


Figura 3.18 - Manômetro industrial Zürich
Fonte: Catálogo de manômetros Zürich [50]

Tabela 3.9 - Características manômetro Zürich

Enchimento	Diâmetro (mm)	Ligação	Escala de Pressão (bar)	Conexão
Glicerina	100	Vertical	20	1/4" NPT

Fonte: Elaborado a partir de catálogo Zürich [50]

A representação em modelo computacional foi elaborada a partir do diâmetro e massa informada pelo fabricante, que é em torno de 750 g. A Figura 3.19 demonstra a modelagem realizada, em que retornou o valor de massa igual a aproximadamente 808,5 g (representando um erro de 7,8% em relação à peça real). Tendo em vista a simplificação do modelo, a rosca NPT não foi confeccionada, contudo devido à baixa dimensão da conexão tal medida não causará grandes distorções no sistema, sendo assim representado somente o perfil cônico seguindo a norma ASME B.1.20.1 [14].

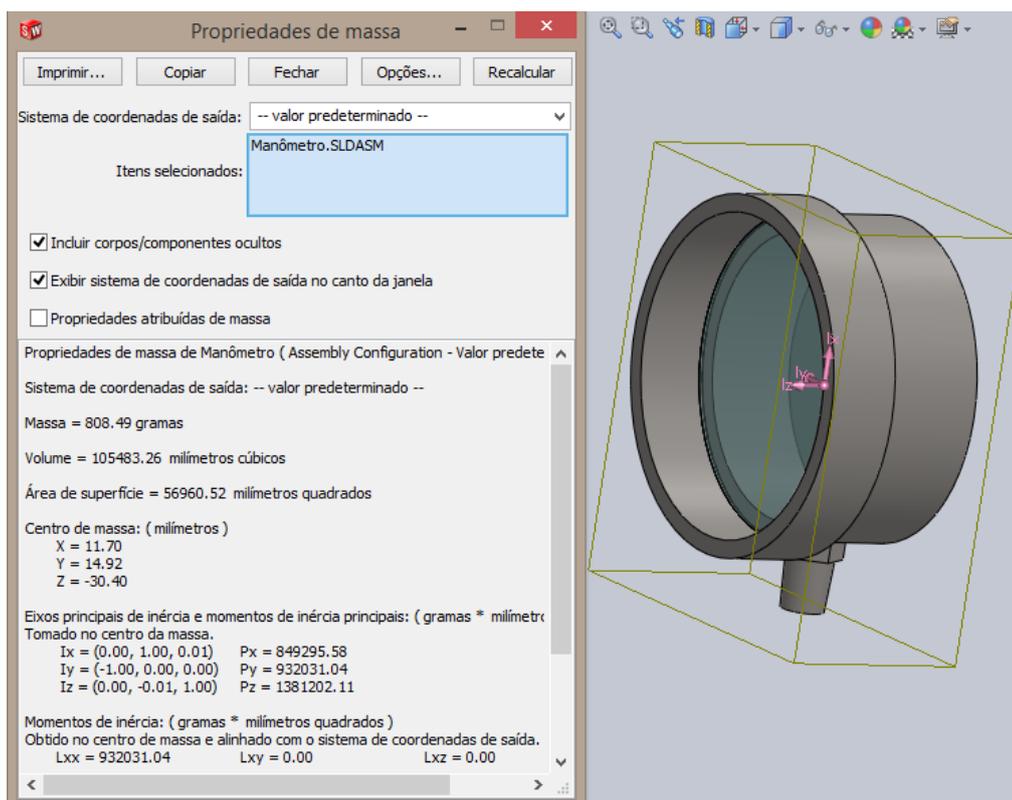


Figura 3.19 - Modelo computacional de manômetro

Fonte: Elaboração própria

3.3.7 Elementos de fixação

Os elementos de fixação escolhidos de barra (CISER, 2020, p.20a) [20], porca sextavada (CISER, 2020, p.22a) e arruela lisa (CISER, 2020, p.30a) são do fabricante CISER, fabricados em aço INOX 304. Para a devida montagem entre os flanges selecionados no projeto, necessariamente tais componentes de fixação precisarão ter as dimensões conforme a série UNS (Unified National Standard), norma padronizada na Inglaterra, Canadá e nos Estados Unidos, cujos valores são dimensionados em polegadas. Portanto, foi selecionado o tipo de rosca UNC (passo grosso), que é a recomendada para aplicações que requerem repetidas inserções e remoções (envolvendo instalações e manutenção de equipamentos). Norton (2013) [41] demonstra as dimensões desse tipo de rosca, que estão representadas na Figura 3.20 e Tabela 3.10.

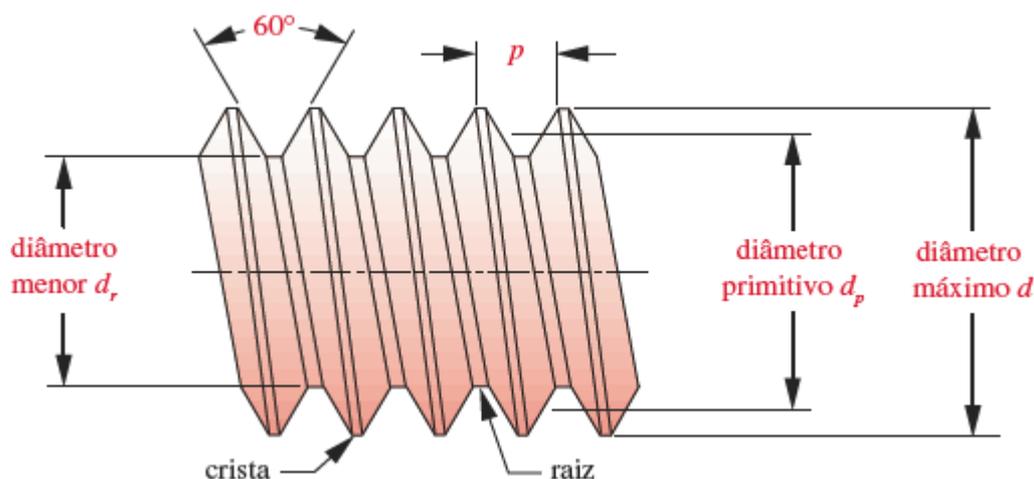


Figura 3.20 - Forma de rosca padrão UNS

Fonte: NORTON (2013) [41]

Tabela 3.10 - Dimensões de roscas de parafusos UNC 3/4"

Tamanho	Diâmetro máximo d (in)	Diâmetro menor d_r (in)	Fios por polegada
3/4	0,7500	0,6201	10

Fonte: Elaboração própria a partir de NORTON, 2013 [41]

3.3.7.1 Barra

A partir dos dados supracitados foi modelado primeiramente o componente de fixação barra que possui roscas externas, em que era necessário conhecer o passo (distância entre roscas adjacentes). O modelo UNC especifica a quantidade de fios por polegada, conforme visto na Tabela 3.10. Verificando que se em uma polegada (25,4 mm) temos a quantidade de dez fios, logo um fio terá o comprimento de 2,54 mm, sendo então esse o valor do passo equivalente no modelo métrico. Budynas (2011) demonstra o perfil básico para roscas métricas que auxiliará na modelagem da barra, representado na Figura 3.21.

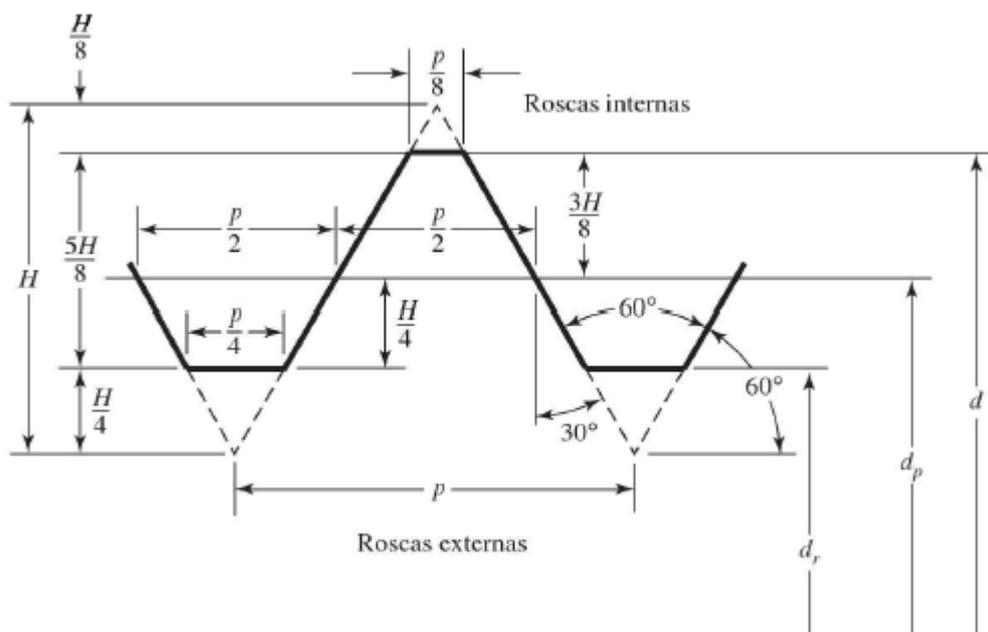


Figura 3.21 - Perfil de roscas métricas

Fonte: Budynas (2011) [15]

Após a determinação dos valores para a elaboração computacional do perfil de rosca (Figura 3.22), cujos cálculos estão descritos na memória de cálculo (APÊNDICE A), o modelo da barra foi finalizado e representado na Figura 3.23. O fabricante especifica que esta peça possui 1,9 kg/m [20] e a modelagem foi feita num comprimento de 100 mm e apresentou o valor de massa igual a aproximadamente 191,6 g, causando assim um valor de massa por comprimento de 1,92 kg/m (erro de 1,05%).

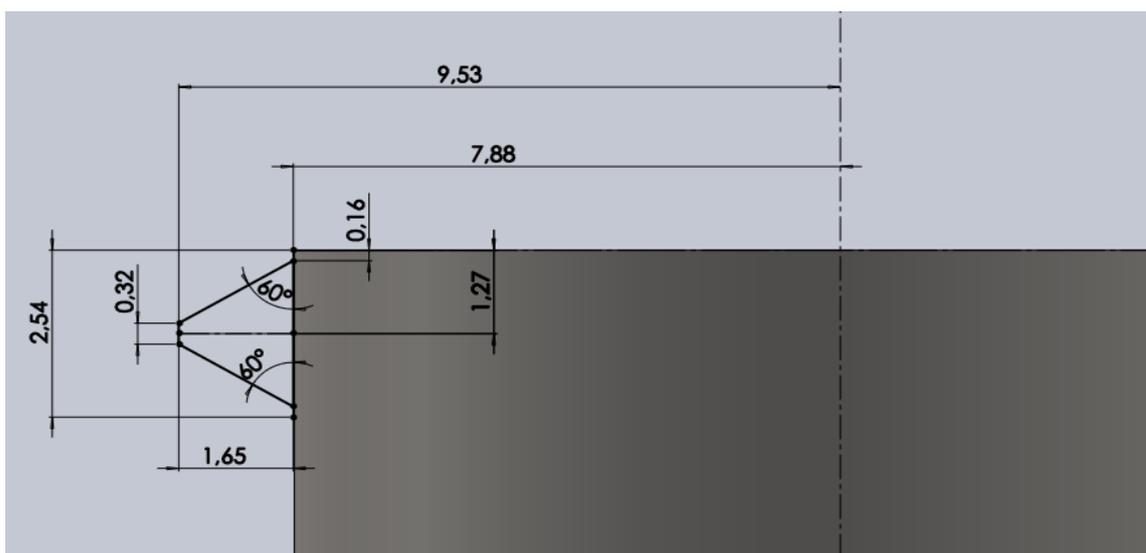


Figura 3.22 - Elaboração computacional do perfil de rosca

Fonte: Elaboração própria

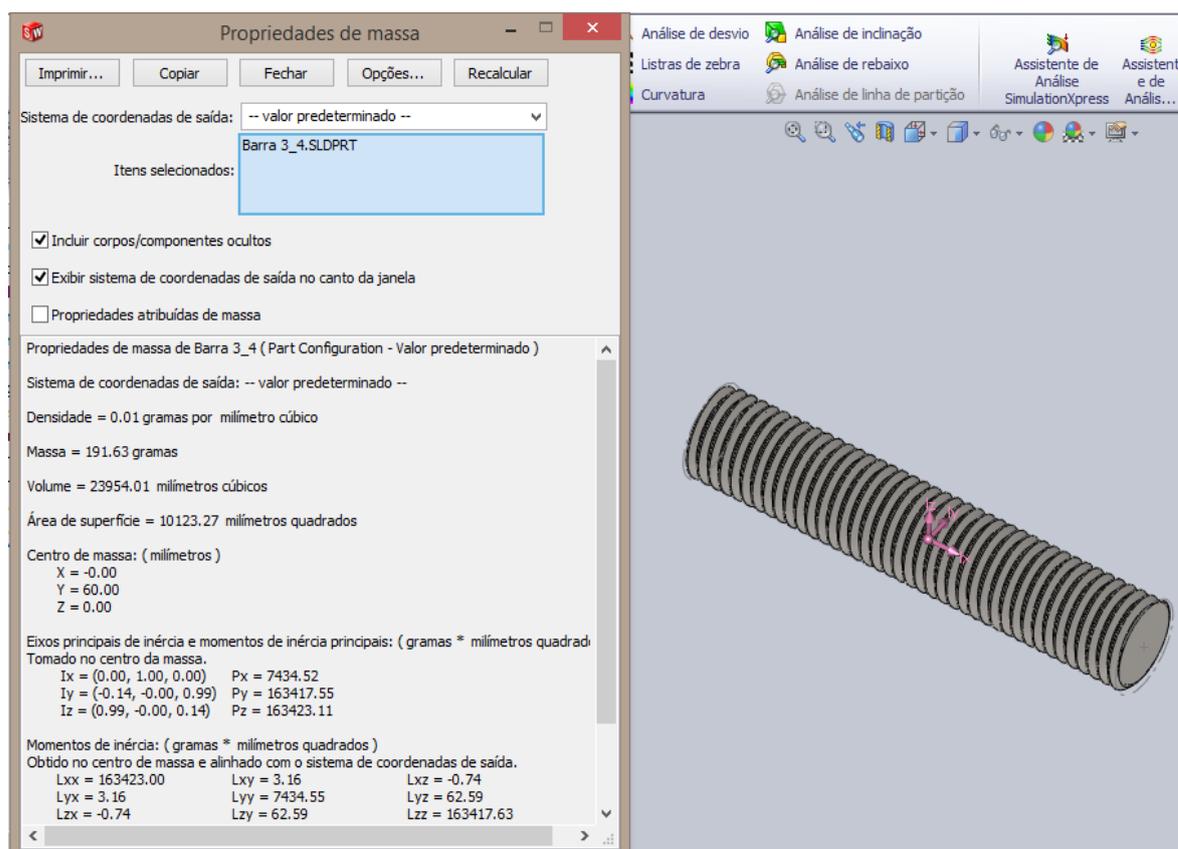


Figura 3.23 - Modelo computacional da barra

Fonte: Elaboração própria

3.3.7.2 Porca sextavada

Para o dimensionamento das porcas sextavadas o próprio fabricante especifica as dimensões, conforme Figura 3.24 e Tabela 3.11, com a massa da peça equivalente a 51 g, dividindo o cento de 5,1 kg descrito pelo fabricante em seu endereço eletrônico [21]. Um modelo computacional foi elaborado com as mesmas dimensões, características e material da peça real (representado na Figura 3.25), cuja modelagem retornou uma massa de aproximadamente 61,3 g (erro de aproximadamente 20%, entretanto sua massa é muito inferior se comparada aos outros componentes do sistema).

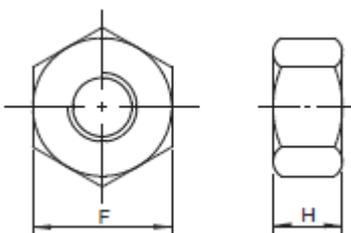


Figura 3.24 - Desenho técnico da porca sextavada

Fonte: Catálogo CISER [20]

Tabela 3.11 - Dimensões da porca sextavada

Dimensão nominal (pol.)	Fios por polegada	F (pol.)	H (mm)
3/4"	10	1.1/8"	15,67

Fonte: Adaptado de catálogo CISER [20]

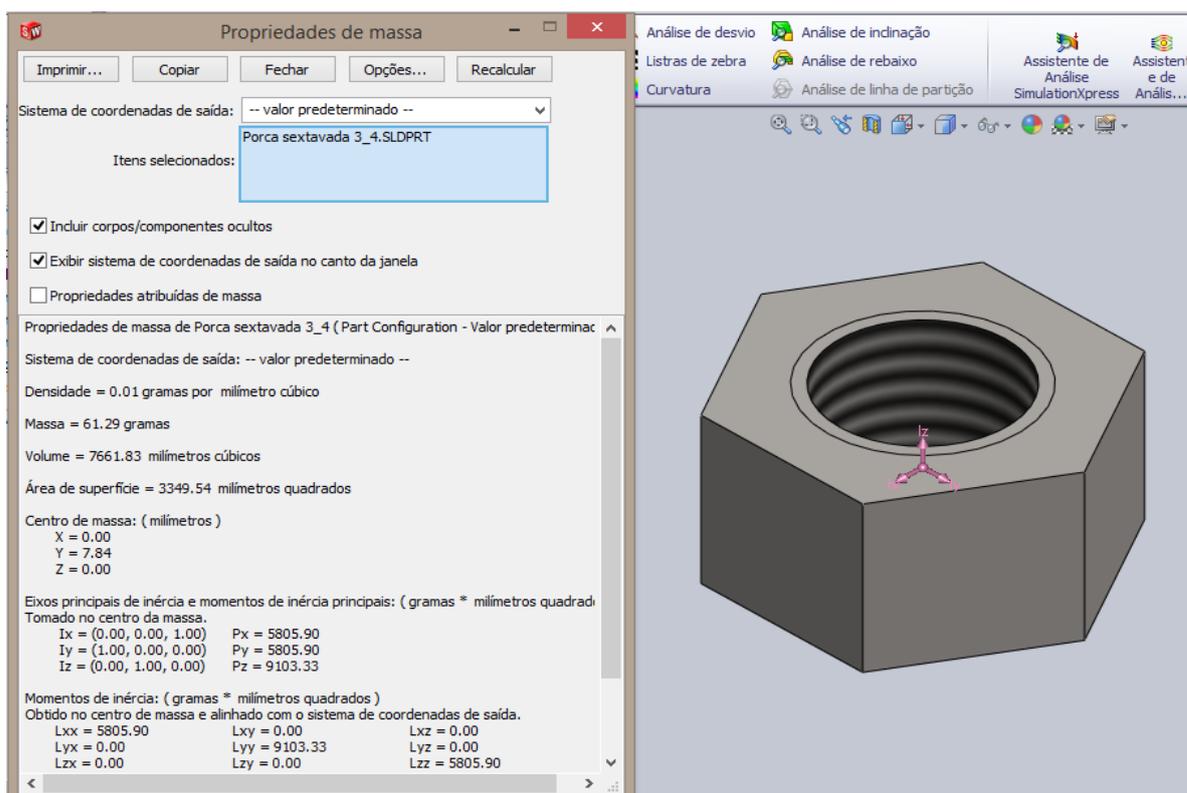


Figura 3.25 - Modelo computacional da porca sextavada

Fonte: Elaboração própria

3.3.7.3 Arruela lisa

As dimensões e características da arruela lisa são também especificados pelo fabricante CISER, conforme verificado na Figura 3.26 e Tabela 3.12. O endereço eletrônico que também traz as especificações da peça [19] informou uma massa equivalente a 22,2 g, resultado obtido ao dividir o cento de 2,220 kg. Foi elaborado então um modelo computacional contendo as mesmas características, conforme a Figura 3.27, e apresentou um valor de aproximadamente 20,7 g (erro de aproximadamente 6,8%).

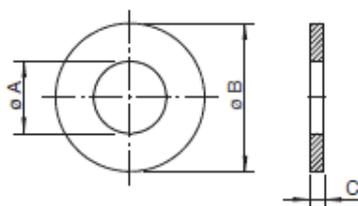


Figura 3.26 - Desenho técnico da arruela lisa

Fonte: Catálogo CISER [20]

Tabela 3.12 - Dimensões da arruela lisa

Dimensão nominal (pol.)	Diâmetro interno ϕA (mm)	Diâmetro externo ϕB (mm)	Espessura C (mm)
3/4"	20,6	37,3	3,4

Fonte: Adaptado de catálogo CISER [20]

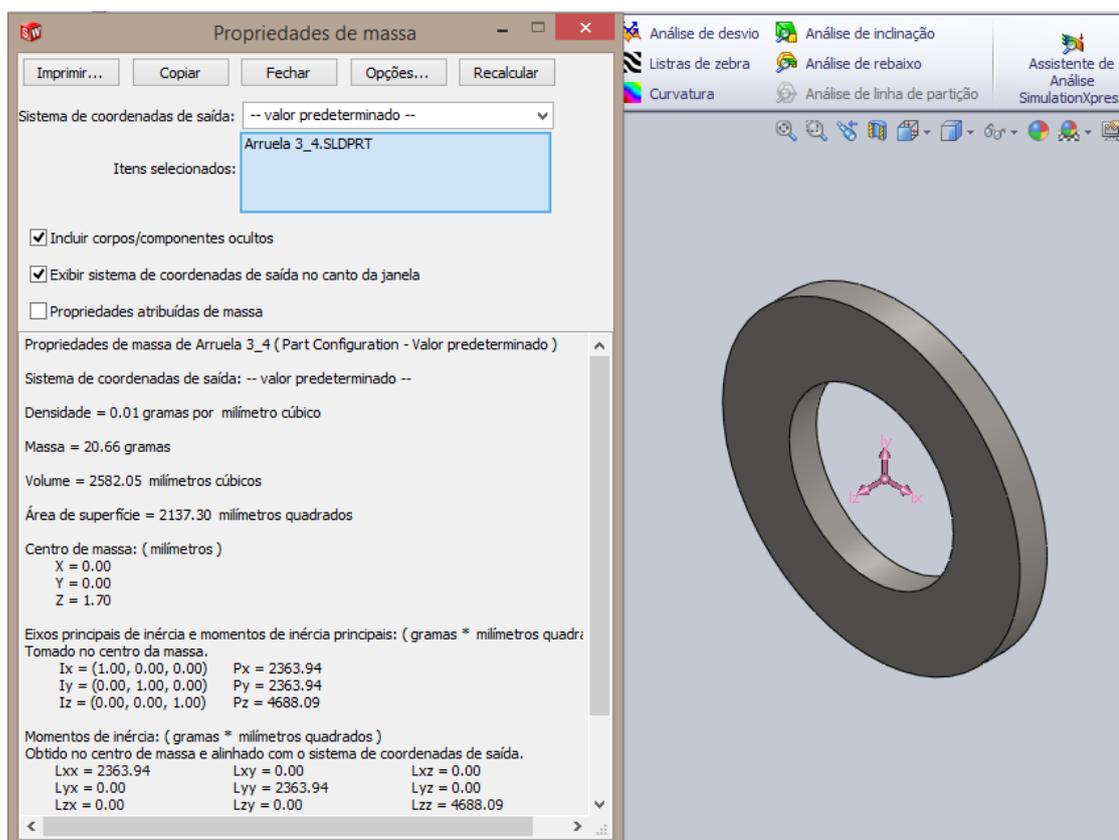


Figura 3.27 - Modelo computacional da arruela lisa

Fonte: Elaboração própria

3.3.8 Placa de restrição

Foi selecionado afins de fabricação da placa de restrição o fabricante FLOWMASTER [25]. Os dados referentes ao processo, expressos na Tabela 3.13, foram repassados ao fornecedor que repassou a proposta e o desenho ilustrativo contendo as dimensões da peça (Tabela 3.14), cujo orifício obteve a dimensão de 34,59 mm. A pressão de operação foi selecionada para contemplar a pressurização mínima (2 bar, quando não há abastecimento no menor valor da rede de distribuição em polietileno) e a pressão de projeto de 20 bar foi escolhida visando a condição mais severa (TELLES, 1999) [47], abrangendo uma possível alta da pressão de sucção do compressor devido a alguma eventual anormalidade ou intervenção fraudulenta, protegendo assim o medidor cuja faixa de medição é de 19.3 bar [36].

Entretanto, o diâmetro externo proposto (104,80 mm) causaria interferência com as barras fixadas, conforme demonstrado na Figura 3.28. Portanto, o fabricante foi contactado e acordou em realizar a mudança do diâmetro externo para o valor escolhido de 95 mm, que ficou sem interferências com as barras e compatível com o ressalto do flange, segundo expresso na Figura 3.29. Um modelo computacional então foi confeccionado conforme a Figura 3.30, que apresentou uma massa igual a 226 g. O fabricante não especificou a massa da peça, aproximou para um valor de 500 g.

Tabela 3.13 - Dados para orçamento de Placa de Restrição

Modelo	Bordo reto
Quantidade	1
Diâmetro nominal / externo	2"
Schedule (SCH)	80
Material da tubulação	ASTM A-53
Fluido / Estado Físico	GNV
Densidade / Peso Molecular	0,6715 kg/m ³
Viscosidade	1,02 x 10 ⁻⁵ N.s/m ²
Pressão Projeto	20 bar
Pressão Operação	2 bar
Temperatura	20 °C
Vazão Máxima	160 m ³ /h
Vazão Normal / Operação	80 m ³ /h
Flanges	Flange pescoço
Classe de pressão	150#
Estojo, Porcas e Juntas	20 mm aço inox 304
Válvula de Bloqueio	Tipo esfera
Instalação – Vertical (V) ou Horizontal (H)	H
Norma de Dimensionamento	AGA – 3 / 2000

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3.14 - Dimensões da placa de restrição

Diâmetro externo (mm)	Diâmetro orifício (mm)	Espessura (mm)	Material
104,80	34,59	3,175 mm	Aço AISI 316

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados entregues do fabricante

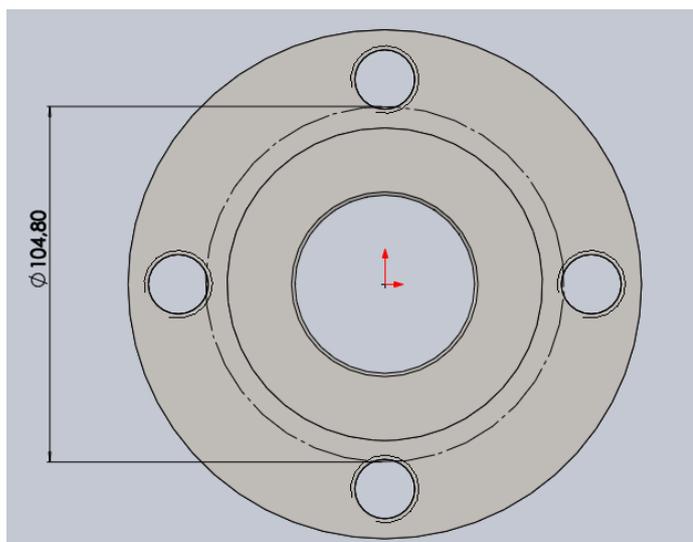


Figura 3.28 - Interferência do diâmetro externo da placa de restrição

Fonte: Elaboração própria

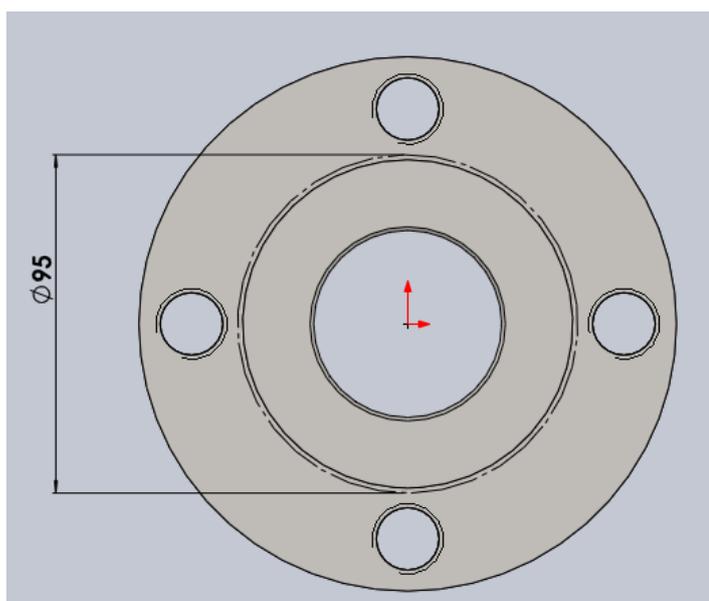


Figura 3.29 - Redimensionamento do diâmetro externo da placa de restrição

Fonte: Elaboração própria

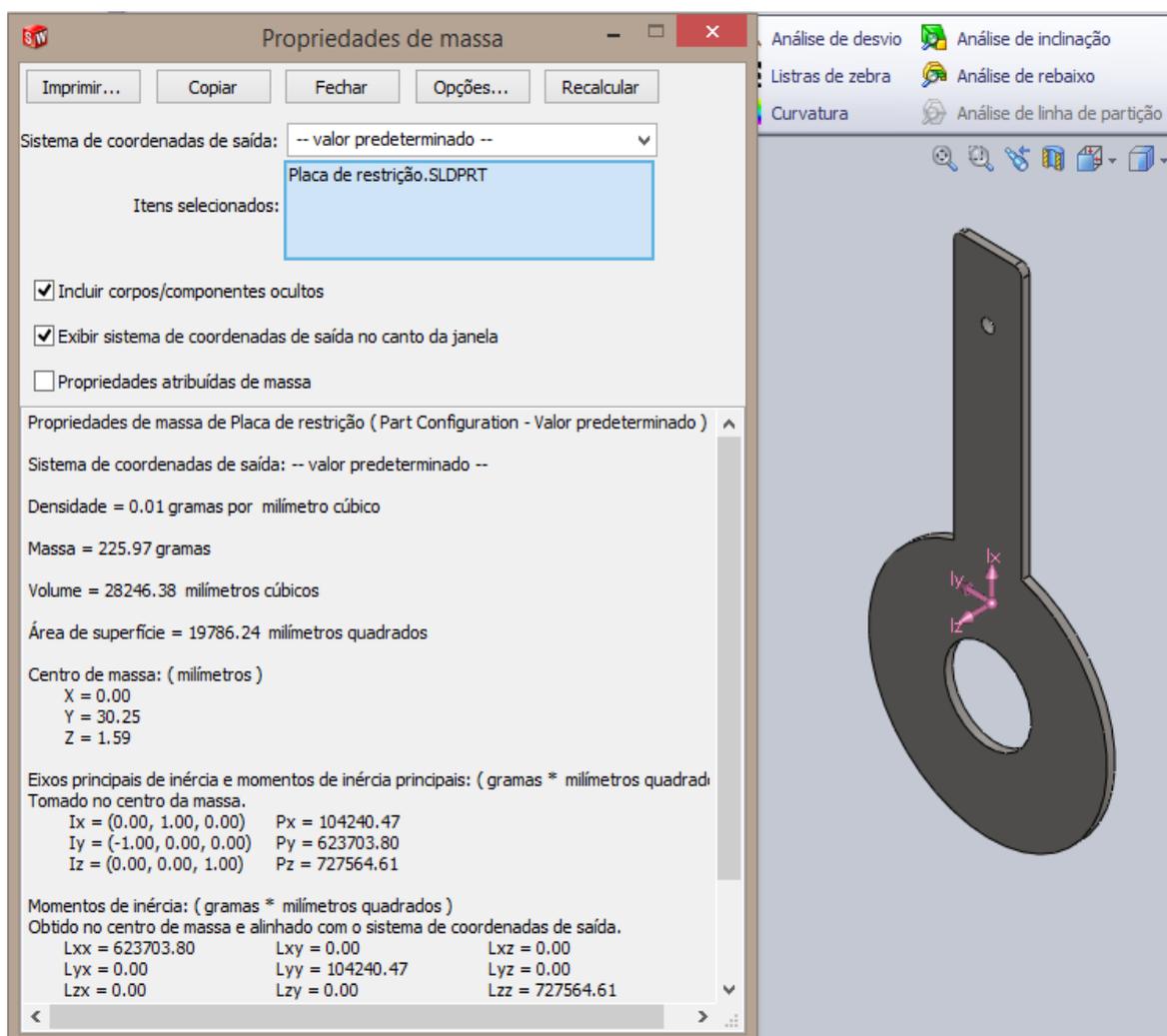


Figura 3.30 - Modelo computacional da placa de restrição

Fonte: Elaboração própria

3.3.9 Válvula de retenção

O fabricante escolhido para a válvula de retenção foi a empresa GENEBRE, cujo modelo é o de referência 2401 09, com construção do corpo em ferro fundido e seu disco de aço inoxidável CF8M, e que permite sua montagem entre flanges (sem necessidade de elementos de fixação). Suas dimensões estão descritas na Tabela 3.15 e representadas na Figura 3.31.

Tabela 3.15 - Dimensões da válvula de retenção

Tamanho	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	K (mm)	Peso (kg)
2"	101	54	48	66	5	1,5

Fonte: Adaptado de catálogo GENEBRE [28]

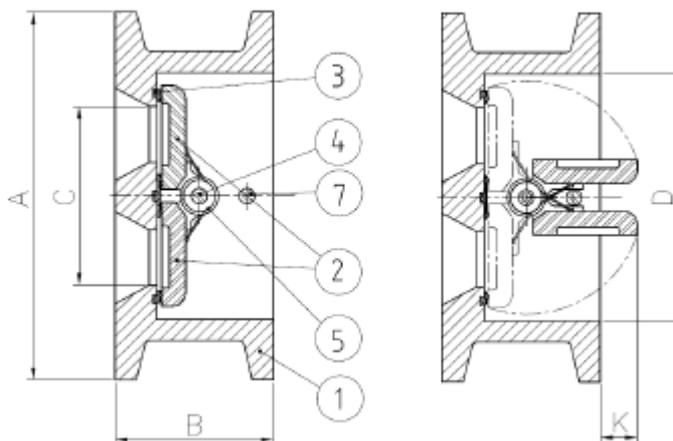


Figura 3.31 - Corte em desenho técnico da válvula de retenção

Fonte: Catálogo GENEBRE [28]

Foi elaborado um modelo computacional com as dimensões descritas na Tabela 3.15, com materiais equivalentes ao fabricante (ferro fundido cinza para o corpo da válvula e aço inoxidável AISI 316 para o disco) e este apresentou uma massa de aproximadamente 1518 kg, revelando assim um erro de 1,2% em relação ao modelo real. A Figura 3.32 demonstra a válvula que foi idealizada.

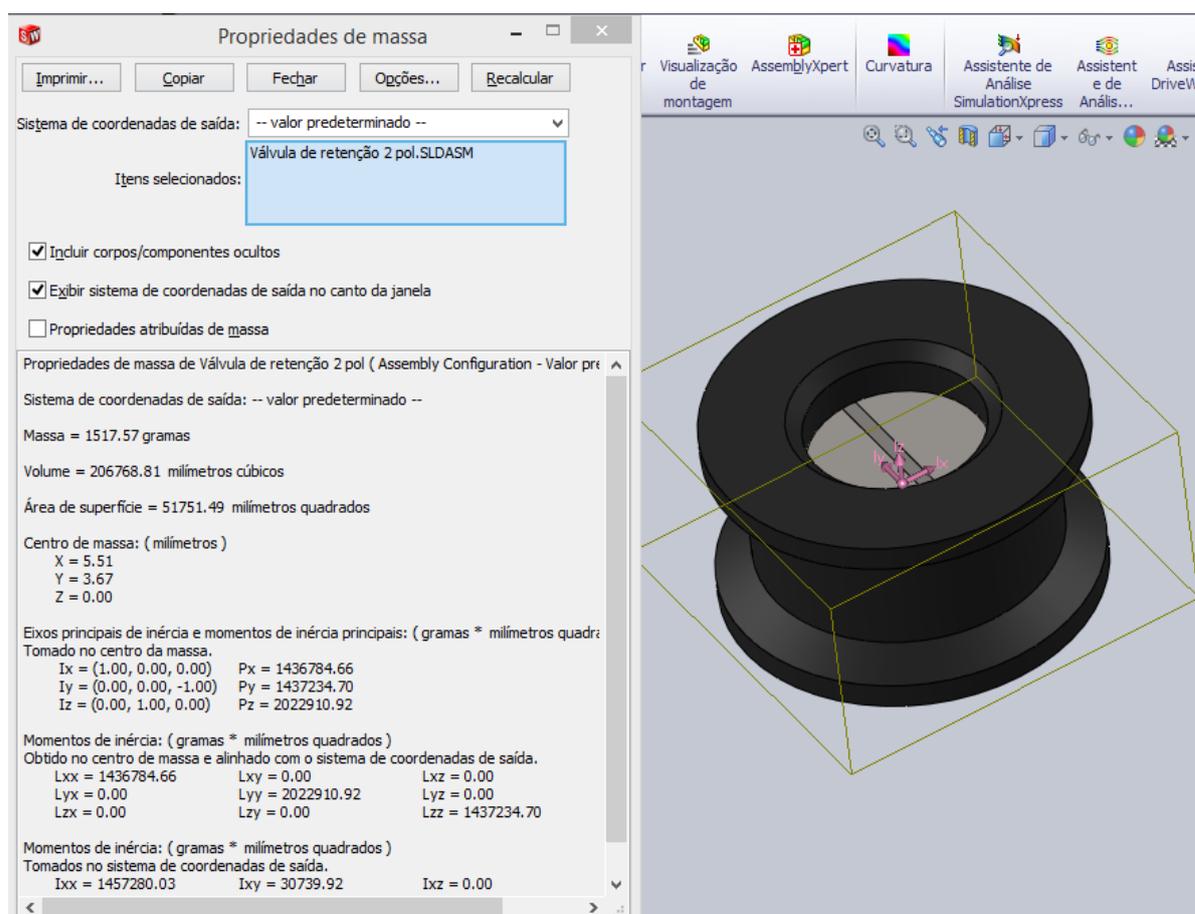


Figura 3.32 - Modelo computacional da válvula de retenção

Fonte: Elaboração própria

3.4 TRECHOS DA TUBULAÇÃO

Após a definição e elaboração dos respectivos acessórios do sistema de medição, serão enfim dimensionados os trechos da tubulação.

3.4.1 Altura

A altura da tubulação desse projeto levou em consideração a proporção do corpo humano segundo sua altura do pé até o cotovelo exposta na Figura 3.33 (SCATAGLINI; ANDREONI; GALLANT, 2019) [44] e que possui a seguinte relação expressa na Equação 3.4:

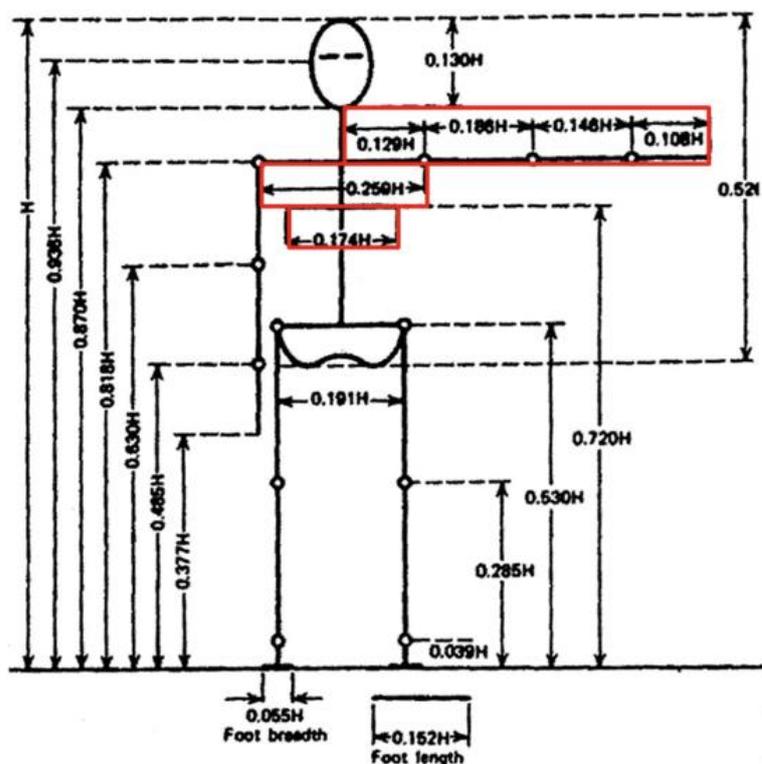


Figura 3.33 - Proporção do corpo humano em relação à altura
 Fonte: Smart Clothing Design Issues in Military Applications [44]

$$h = 0,630H \quad (3.4)$$

Onde h é a distância do pé ao cotovelo e H a altura total. A última Pesquisa de Orçamentos Familiares realizada pelo IBGE que levou em consideração a antropometria e estado nutricional de crianças, adolescentes e adultos no Brasil revelou que a maior mediana para a altura dos brasileiros (vista na faixa etária de 20 a 29 anos) é de 173 cm (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2008-2009) [34]. Inserindo esse valor na Equação 3.4 obtém-se a altura de aproximadamente 109 cm (ou 1090 mm), que será estabelecida para a altura da tubulação. A Figura 3.34 demonstra a representação da modelagem dessa dimensão.

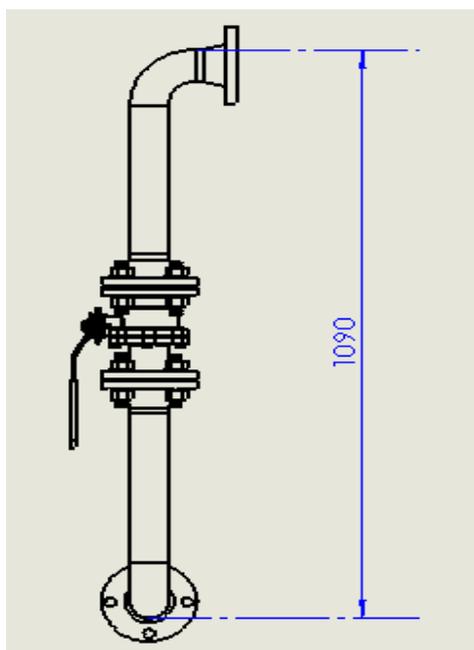


Figura 3.34 - Altura da tubulação

Fonte: Elaboração própria

3.4.2 Trecho reto

Após finalizar o primeiro trecho da tubulação referente à entrada do GNV será calculado agora o comprimento do trecho reto da tubulação, representado na Figura 3.35.

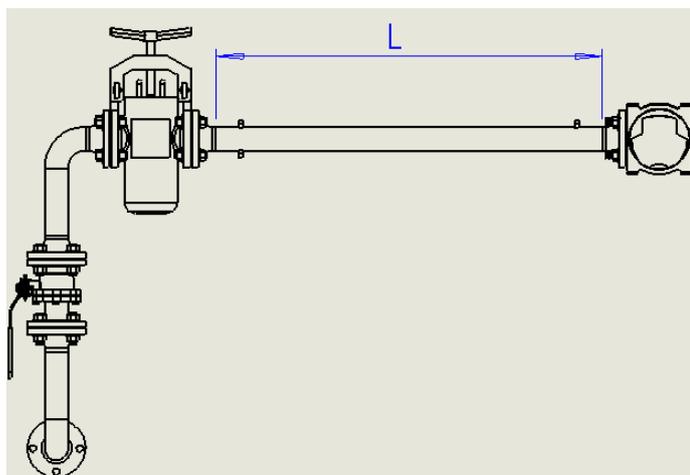


Figura 3.35 - Determinação do trecho reto da tubulação

Fonte: Elaboração própria

A Associação Americana de Gás (2006) [5] especifica os requerimentos mínimos para essa distância, conforme a Figura 3.36, e para outros acessórios (como a placa de orifício, as tomadas de pressão e temperatura). A distância mínima a ser considerada até o medidor, a fins conservativos, será de dez vezes o diâmetro nominal da tubulação (visto que a partir do filtro o fluido tenderá a ter um escoamento altamente turbulento). Visto que o diâmetro nominal é de 2" (50,4 mm) foi considerada a distância do filtro ao ponto de manômetro (no ponto referente ao elemento de condicionamento de vazão) de 254 mm e do filtro ao medidor 508 mm. Em seguida foram inseridas as tomadas de temperatura e pressão do conversor eletrônico a jusante do medidor a 50,8 mm e, por fim, a placa de orifício no ponto 254 mm a jusante do medidor. Foi elaborado então um modelo computacional com essa dimensão, conforme Figura 3.37.

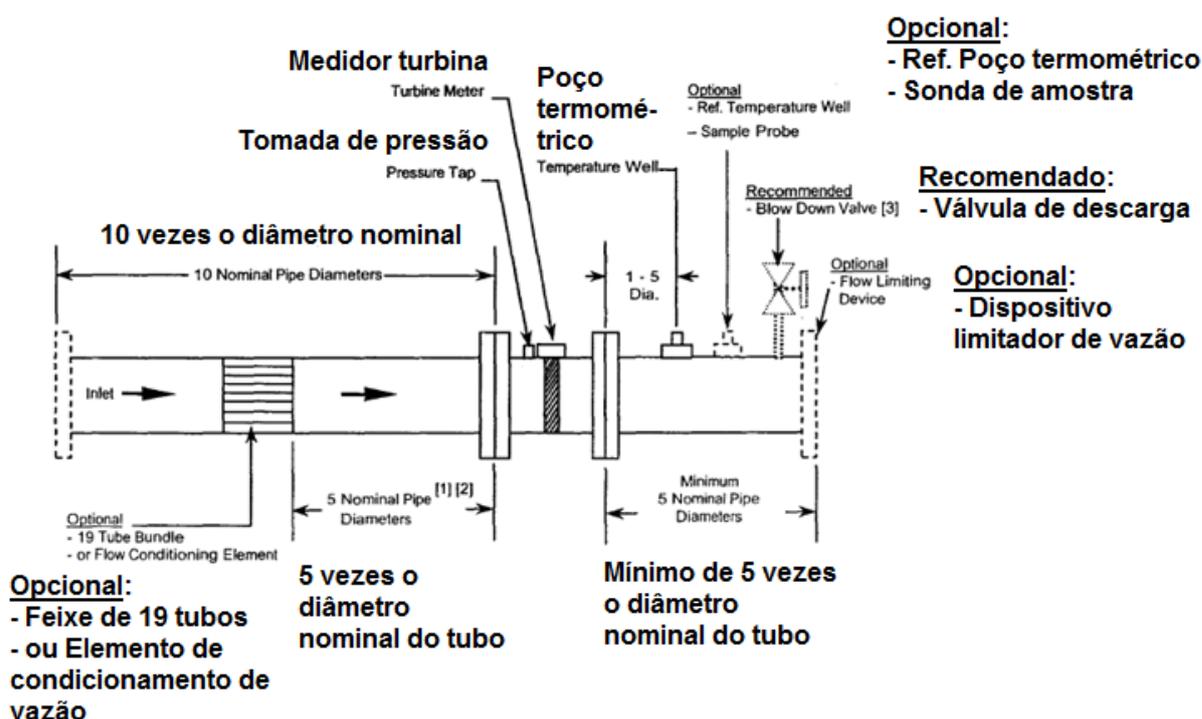


Figura 3.36 - Instalação recomendada para medidores em linha

Fonte: Modificado de AGA Report No. 7 [5]

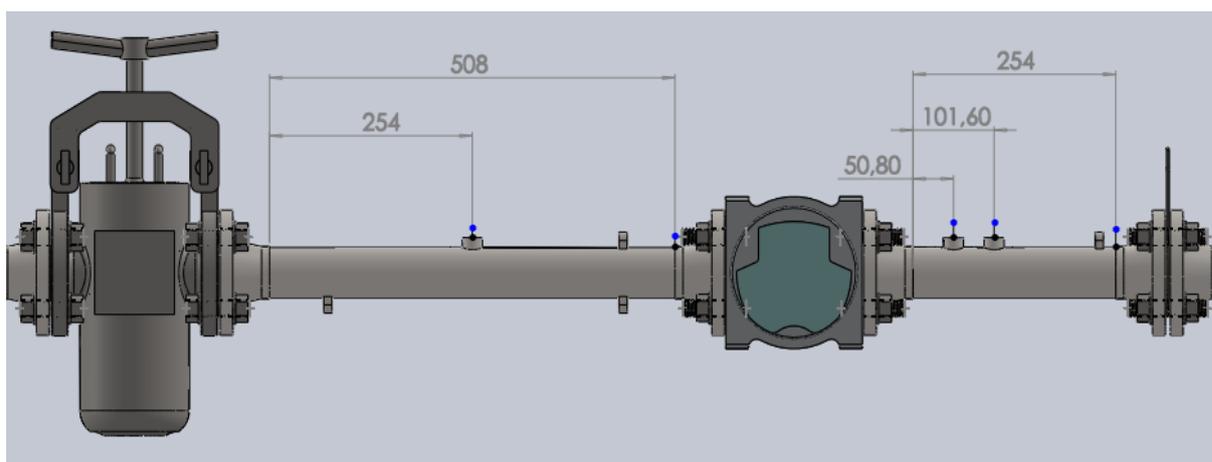


Figura 3.37 - Modelo computacional do trecho reto

Fonte: Elaboração própria

3.4.3 Finalização do sistema de tubulação

Após a realização da modelagem dos acessórios e trechos referentes ao sistema de tubulação o restante dos componentes foi encaixado e a estrutura da tubulação foi finalizada, conforme Figura 3.38. A modelagem apresentou uma massa total do sistema de tubulação de 117 kg com as seguintes características físicas descritas na Tabela 3.16. O modelo real possui uma massa equivalente a 121 kg, conforme exposto na Tabela 3.17, sendo assim o modelo computacional obteve um erro baixo de 3,4%. A estrutura teórica obteve um valor da força peso igual a 1187 N (multiplicando pelo valor da aceleração gravitacional de 9,81 m/s²).

Tabela 3.16 - Características físicas do sistema de tubulação

Centro de massa	x_M	771,5 mm
	y_M	476,4 mm
	z_M	317,3 mm
Momentos de inércia	I_{xy}	40,32 kg.m ²
	I_{yz}	18,30 kg.m ²

Fonte: Elaboração própria

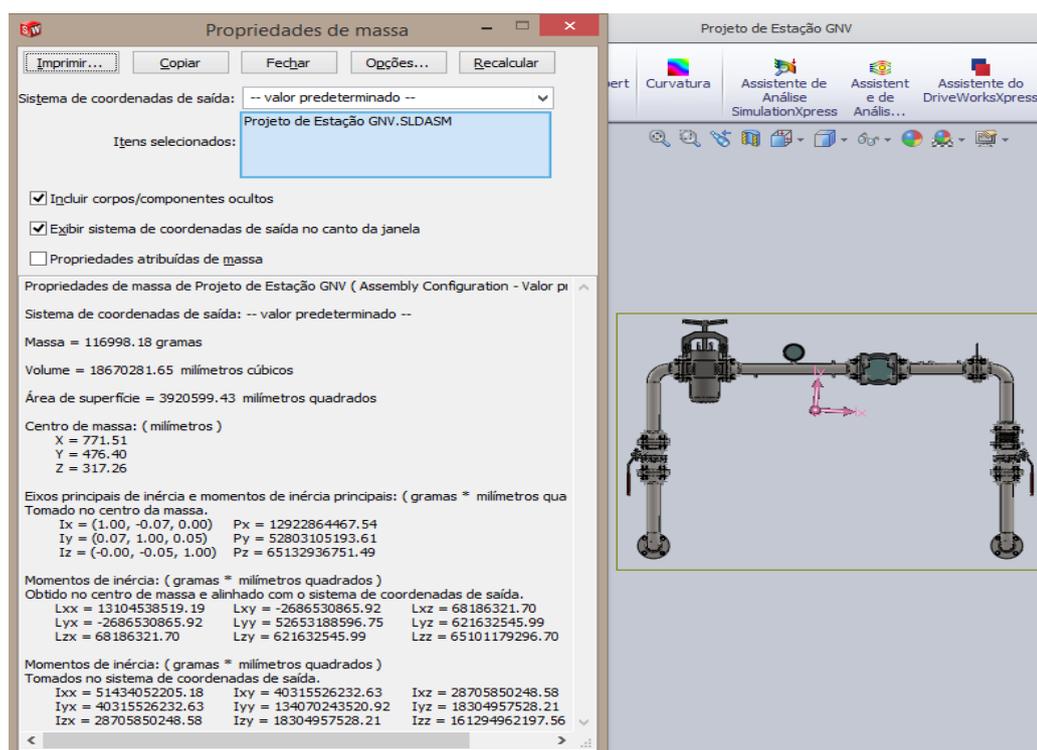


Figura 3.38 - Sistema de tubulação

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3.17 - Massa real do sistema de tubulação

Peça	Unidade	Quantidade	Massa
Tubulação	7,47 kg/m	1,852 m	13,83 kg
Curva 90°	0,9 kg	4 unidades	3,6 kg
Flanges	2,7 kg	12 unidades	32,4 kg
Filtro	25 kg	1 unidade	25 kg
Medidor	13 kg	1 unidade	13 kg
Válvula de esfera	9,17 kg	2 unidades	18,34 kg
Manômetro	0,75 kg	1 unidade	0,75 kg
Barra	1,9 kg/m	$(20 \times 0,1 \text{ m} + 4 \times 0,15 \text{ m} + 16 \times 0,08 \text{ m}) =$ 3,88 m	7,37 kg
Porca sextavada	0,051 kg	64 unidades	3,26 kg
Arruela lisa	0,0222 kg	64 unidades	1,42 kg
Placa de restrição	0,5 kg	1 unidade	0,5 kg
Válvula de retenção	1,5 kg	1 unidade	1,5 kg
TOTAL			≈ 121 kg

Fonte: Elaboração própria

3.5 SKID

Tendo sido finalizado todo o sistema de tubulação com seus componentes e acessórios será elaborada a estrutura que sustentará esse conjunto, que é denominada de skid, um composto de vigas metálicas conforme representado na Figura 3.39.



Figura 3.39 - Skid de estação de regulação e medição

Fonte: <https://exergy.com.br/produtos/>. Acesso em 17 de mar. 2021

3.5.1 Pontos de sustentação

A tubulação será sustentada inicialmente através de quatro pontos: dois inferiores, localizados nos flanges de entrada e saída, e dois superiores, localizados no trecho reto. O engaste da estrutura com o skid será idealizado através de abraçadeiras tipo “U” vergalhão, fabricadas e galvanizadas pelo fabricante ELECON, ilustradas na Figura 3.40 com suas respectivas dimensões e características descritas na Tabela 3.18. Um modelo computacional foi gerado para a abraçadeira (Figura 3.41) com as mesmas dimensões do fabricante e apresentou uma massa de 156 g, erro de 47,4% em relação ao modelo real com massa de 82 g, tal erro não será muito

expressivo na modelagem devido à baixa quantidade de peças e relevância em relação à estrutura como um todo. O modelo da porca sextavada de 3/8" que a acompanha (Figura 3.42) foi construída a partir dos dados do catálogo CISER [17].



Figura 3.40 - Abraçadeira tipo "U" vergalhão

Fonte: Catálogo Virtual ELECON [23]

Tabela 3.18 - Dimensões e características da abraçadeira tipo "U"

Diâmetro nominal (pol.)	Φ (mm)	B (mm)	C (mm)	D (pol.)	Carga máx. (kg)	Massa (kg)
2"	61,9	52,4	119,1	3/8"	900	0,082

Fonte: Adaptado de Catálogo Virtual ELECON [23]

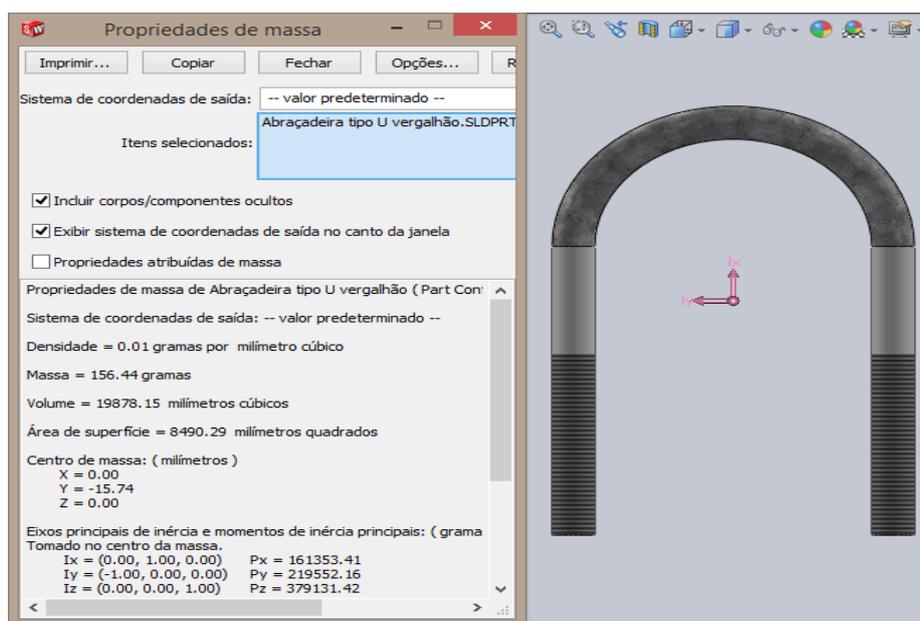


Figura 3.41 - Modelo computacional da abraçadeira tipo "U"

Fonte: Elaboração própria

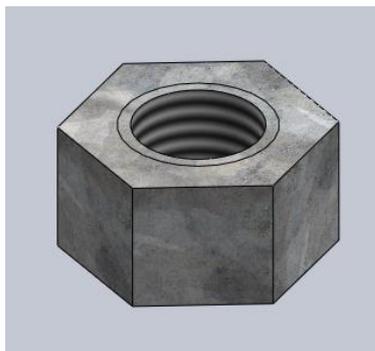


Figura 3.42 - Modelo computacional da porca 3/8"

Fonte: Elaboração própria

3.5.2 Reações de apoio

3.5.2.1 Premissas de projeto

A fim de verificar as reações geradas aos pontos de sustentação um novo modelo computacional será elaborado, neste serão inseridas massas pontuais durante o trecho da tubulação que irão representar os componentes, conforme demonstrado na Figura 3.43. Nos pontos que possuem conexões entre flanges os elementos de fixação foram considerados e a massa por comprimento da tubulação também, conforme representada na Figura 3.44. Todos os cálculos para esse levantamento estão descritos na memória de cálculo (APÊNDICE A).

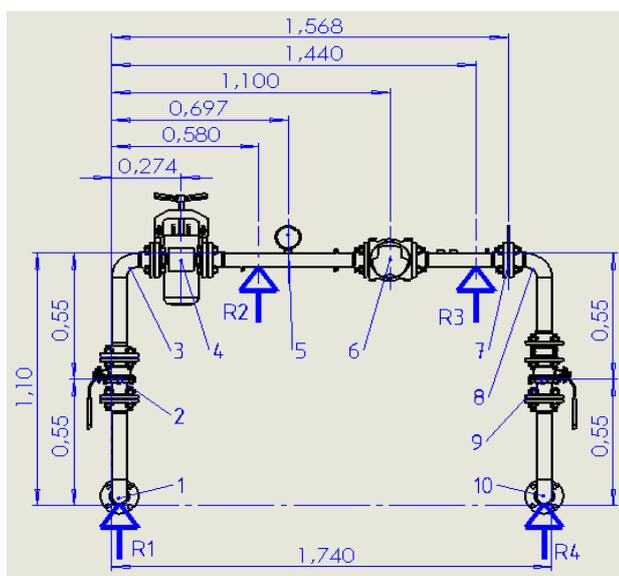


Figura 3.43 - Esboço para o modelo de reações

Fonte: Elaboração própria

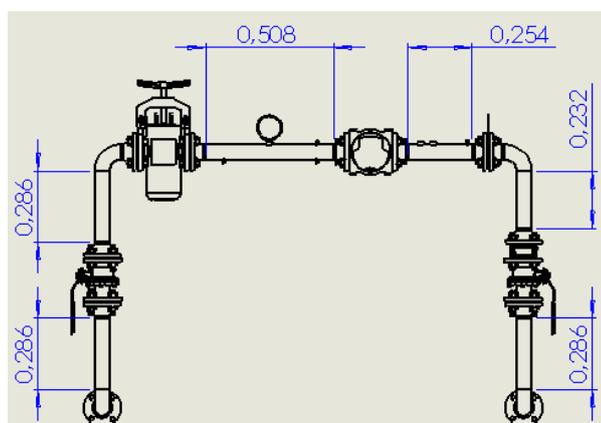


Figura 3.44 - Comprimento da tubulação

Fonte: Elaboração própria

Entretanto, após uma análise preliminar no modelo de reações foi constatado que dois pontos superiores de engaste não eram ideais, devido a um maior deslocamento localizado na região do medidor, causando maiores amplitudes vibratórias e podendo ocasionar erros de medição e até danos a longo prazo no medidor, conforme demonstrado na Figura 3.45. Devido a isso foi otimizado então um novo ponto superior para a sustentação da tubulação, conforme exposto na Figura 3.46, impondo assim um menor deslocamento na região do medidor em contrapartida

com a região do filtro (Figura 3.47). Tal solução é satisfatória, pois o rigor da medição está localizado no medidor de gás e o filtro é uma estrutura mais robusta cuja função não necessita de um maior rigor vibratório.

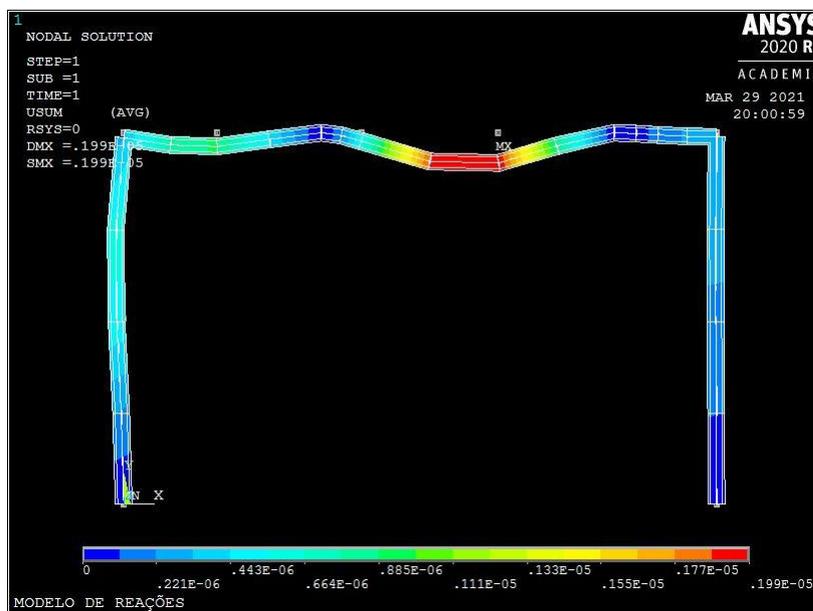


Figura 3.45 - Simulação de deslocamento na tubulação com dois pontos de engaste superiores

Fonte: Elaboração própria

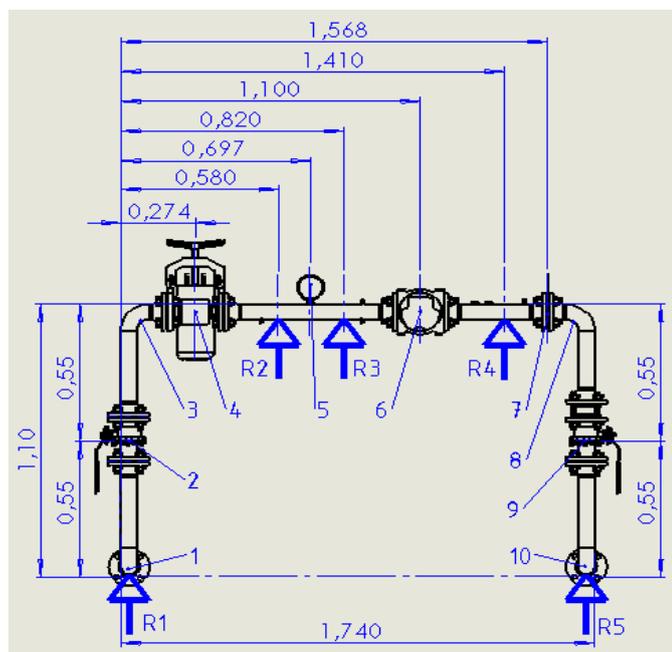


Figura 3.46 - Novos pontos de apoio

Fonte: Elaboração própria

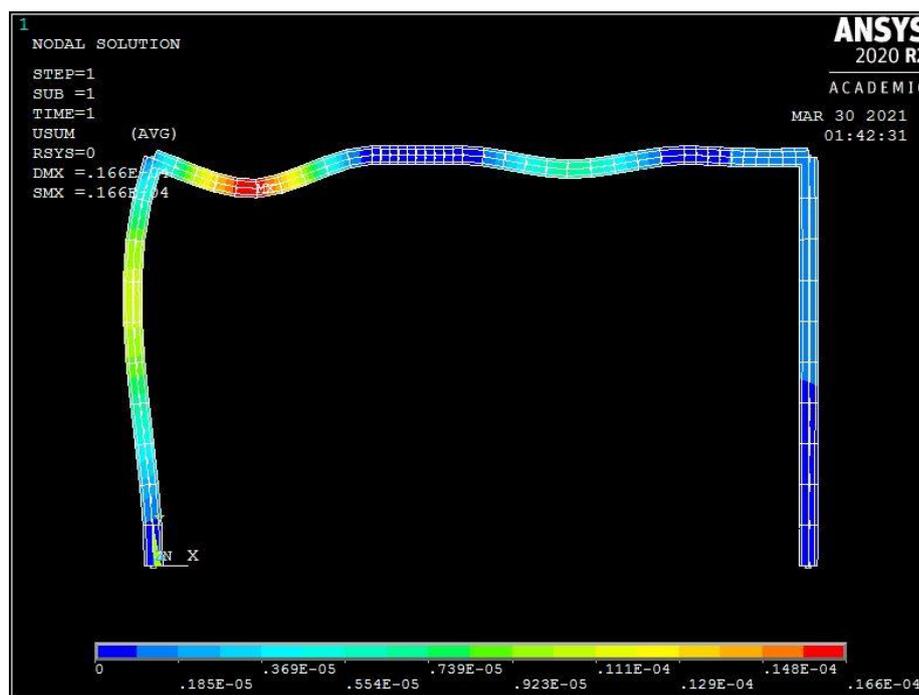


Figura 3.47 - Novos deslocamentos na tubulação

Fonte: Elaboração própria

3.5.2.2 Modelo analítico

A fim de calcular o valor máximo em milímetros da flecha no meio do vão de uma tubulação, Telles (1999) [47] especifica a seguinte expressão descrita na Equação 3.5.

$$\delta = \frac{2400L^3}{EI} \left[\frac{Q+W}{3} + \frac{qL}{4} \right] \quad (3.5)$$

Onde L é o vão entre os suportes em metros, E o módulo de elasticidade do aço em MPa, I o momento de inércia da seção transversal do tubo em cm^4 (Figura 3.48), Q a soma das cargas concentradas em N (peso de acessórios e derivações), W a sobrecarga aplicada no meio do vão e q a soma das cargas distribuídas (peso do tubo, fluido, isolamentos térmicos e revestimentos).

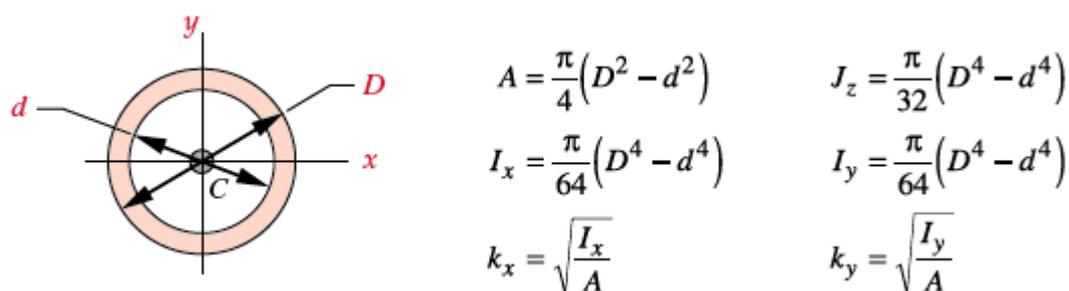


Figura 3.48 - Propriedades da seção transversal de um círculo vazado

Fonte: NORTON, 2013 [41]

Essa expressão se trata de uma simplificação a partir do cálculo do vão máximo admissível entre os suportes de uma tubulação, assimilando o tubo a uma viga contínua simplesmente apoiada em pontos igualmente espaçados, adicionando-se a soma das cargas distribuídas, acessórios, sobrecargas e derivações.

Tal cálculo será considerado para a região do filtro (Figura 3.49), onde está localizada a maior flexão. Visto que o fluido em questão é um gás o peso deste pode ser desconsiderado a fins de cálculo e por conta da baixa severidade do sistema e a tubulação ter diâmetro menor do que 3" (pois nesse caso é recomendável aplicar uma sobrecarga de 2000 N) não foram consideradas sobrecargas no trecho.

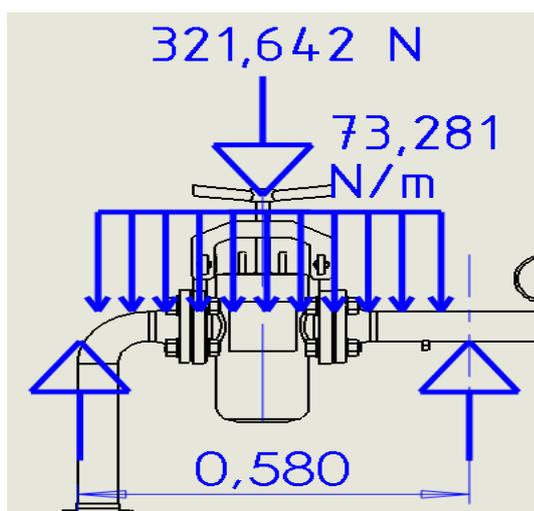


Figura 3.49 - Modelo para cálculo da flecha máxima

Fonte: Elaboração própria

Após as respectivas substituições na Equação 3.5, obteve-se uma flecha máxima na região do filtro de 0,018 mm, o que é admissível para tubos iguais ou menores do que 3", onde o valor máximo admitido é de 5 mm segundo Telles (1999).

3.5.2.3 Modelo numérico

Foi elaborado um modelo de reações através da ferramenta computacional ANSYS para a verificação da flecha máxima e o levantamento das reações do skid na estrutura. Tal programa foi selecionado por considerar elementos tanto de tubulação quanto de massa (que serão necessários para as massas pontuais).

A estrutura da tubulação foi elaborada com o elemento PIPE288 (Figura 3.50), que possui seis graus de liberdade em cada um de seus dois nós (translações e rotações em cada eixo). Somado a isso, massas pontuais foram inseridas a partir do elemento MASS21, que se trata de um ponto que também possui até 6 graus de liberdade (translações e rotações).

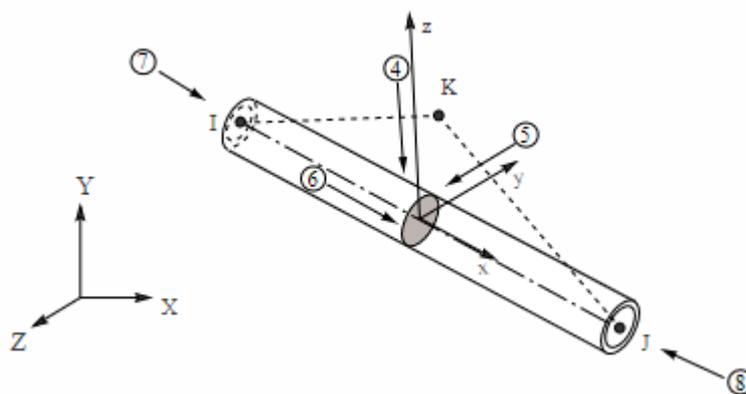


Figura 3.50 - Elemento PIPE 288

Fonte:

https://ansyshelp.ansys.com/account/secured?returnurl=/Views/Secured/corp/v202/en/ans_elem/Hlp_E_PIPE288.html. Acesso em 31 de mar. 2021

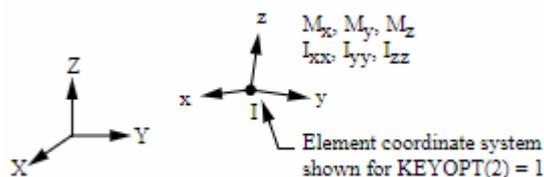


Figura 3.51 - Elemento MASS21

Fonte:

https://ansyshelp.ansys.com/account/secured?returnurl=/Views/Secured/corp/v202/en/ans_elem/Hlp_E_MASS21.html. Acesso em 31 de mar. 2021

A Figura 3.52 demonstra o modelo de reações elaborado. A título de simulação foram inseridas as informações referentes ao aço estrutural ASTM A36, em que HIBBELER (2010) [33] descreve um módulo de elasticidade E de 200 GPa e coeficiente de Poisson ν de 0,32. A massa específica do aço foi inserido de acordo com o fabricante (7470 kg/m^3).



Figura 3.52 - Modelo de reações

Fonte: Elaboração própria

Após o refinamento do número de elementos em 50 divisões foram obtidos os seguintes resultados para os valores das reações descritos na Figura 3.53. A soma

das forças de reação totais equivale a 1263,3 N, que se aproxima do valor teórico do peso total da tubulação de 1187 N (erro de 6,4%).

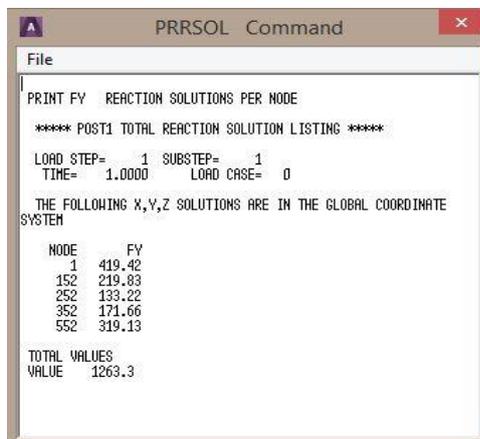


Figura 3.53 - Valores nodais das reações (50 elementos)

Fonte: Elaboração própria

Com relação à flecha máxima a simulação retornou o valor máximo de 0,0169 mm conforme a Figura 3.54, justamente o valor aproximado obtido no modelo analítico.

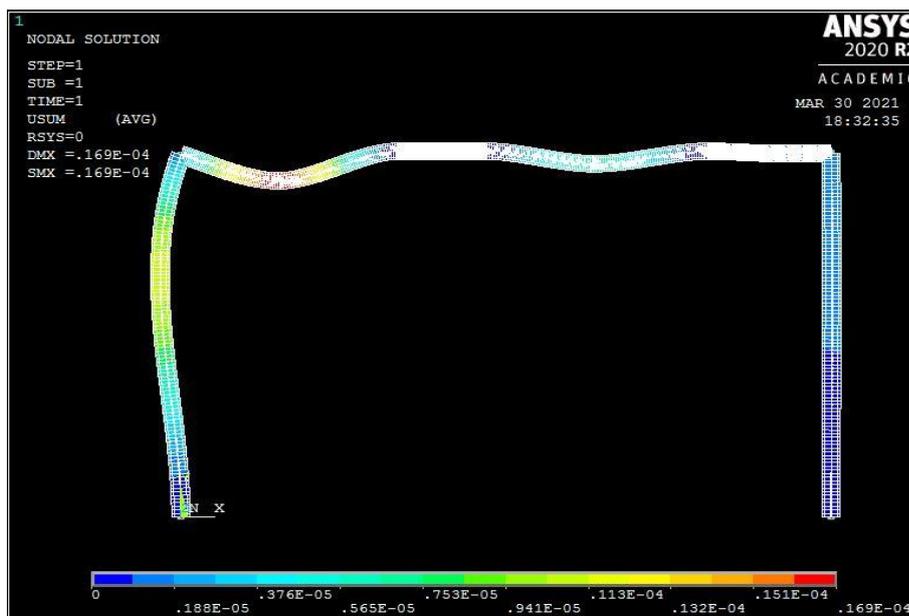


Figura 3.54 - Flecha máxima (50 elementos)

Fonte: Elaboração própria

3.5.3 Análise dinâmica

Após a verificação da estrutura estática do sistema foi realizada a análise dinâmica com as condições do processo de compressão e abastecimento do GNV. A fins de cálculo considerou-se o compressor IODM 115-4 da ASPRO, fabricante de compressores GNV, que possui as características descritas na Tabela 3.19.

Tabela 3.19 - Compressor IODM 115-4 ASPRO

Modelo	Pressão mínima de aspiração (bar)	Pressão máxima de aspiração (bar)	Pressão Descarga (bar)	Velocidade (rpm)
IODM 115-4	4	8	250-300	800 / 900 / 1000

Fonte: Adaptado do site de compressores ASPRO

(<https://www.aspro.com/detallecompresore/pt/13>. Acesso em: 3 de abr. 2021)

O forçamento externo será considerado harmônico, realizado através da pressão interna como demonstrado em um Estudo da vibração induzida por fluxo na tubulação (VEERAPANDI, KARTHIKEYAN, *et al.*, 2014), representado na Figura 3.55 e Equação 3.6, onde $P_{(t)}$ é a pressão interna no sistema e A_p a área projetada.

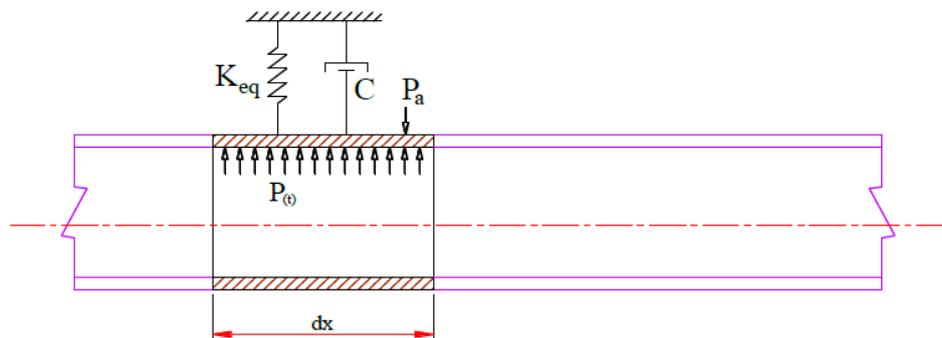


Figura 3.55 - Modelo matemático para vibrações forçadas em tubulações

Fonte: Experimental Study and Analysis of Flow Induced Vibration in a pipeline [49]

$$F_{(t)} = P_{(t)} \cdot A_p \quad (3.6)$$

3.5.3.1 Tensões internas

A fim de verificar a condição da tubulação devido ao esforço da pressão foi realizado o cálculo da tensão circunferencial gerada numa tubulação sujeita apenas à pressão interna por meio da Equação 3.7, denominada fórmula de Barlow (TELLES, 1999) [47].

$$\sigma_c = \frac{p.D}{2.e} \quad (3.7)$$

Onde p é a pressão interna na tubulação, D o diâmetro externo e e a espessura da parede da tubulação. A referida expressão só pode ser deduzida para cilindros cuja relação diâmetro externo e espessura de parede seja maior do que 6, que é o caso deste projeto (cuja relação é aproximadamente 10). Ao inserir a pressão interna de fornecimento máximo prevista (7 bar ou 0,7 MPa) junto com as dimensões da tubulação o valor da tensão circunferencial obtido foi igual a aproximadamente 3,46 MPa (APÊNDICE A), bem distante do limite de escoamento do aço (205 MPa - Tabela 3.3).

3.5.3.2 Modelo numérico

Na modelagem numérica foi utilizado o mesmo modelo para a análise estática, sendo que foi substituído o tipo de abordagem para a aplicação de um forçamento harmônico. A função da pressão interna inserida no modelo está demonstrada na Equação 3.8, onde a pressão interna contém o valor de 700000 Pa (0,7 MPa) e a frequência de excitação do compressor é igual a 1000 rpm. Tendo em vista que não há valores negativos de pressão foi selecionada a função quadrática do cosseno.

$$P(t) = 700000 * \cos^2(1000 * t) \quad (3.8)$$

A frequência de excitação possui um valor aproximado de 17 Hz (convertendo a unidade de 1000 rpm exposta na Tabela 3.19), tendo em vista que o período (em segundos) é o inverso da frequência (em Hz), este será igual a aproximadamente 0,06 s. A Figura 3.56 e a Figura 3.57 demonstram respectivamente a pressão inserida no modelo e o gráfico retornado pelo modelo (onde o eixo X representa o período da função em segundos e o eixo Y a pressão em Pa), e os forçamentos estão representados na Figura 3.58.

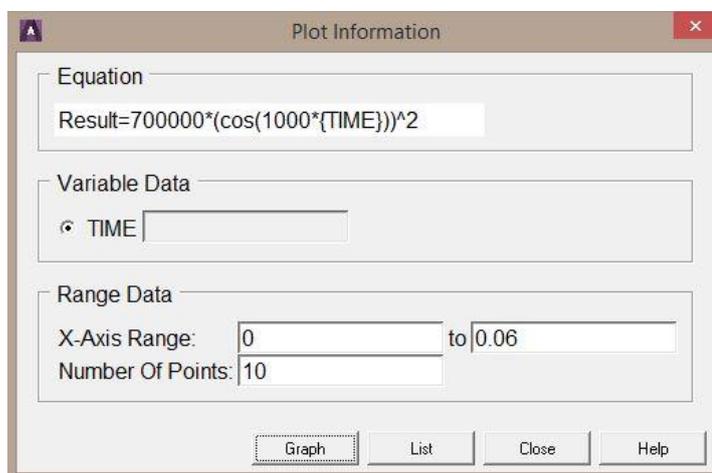


Figura 3.56 - Pressão inserida no modelo numérico

Fonte: Elaboração própria

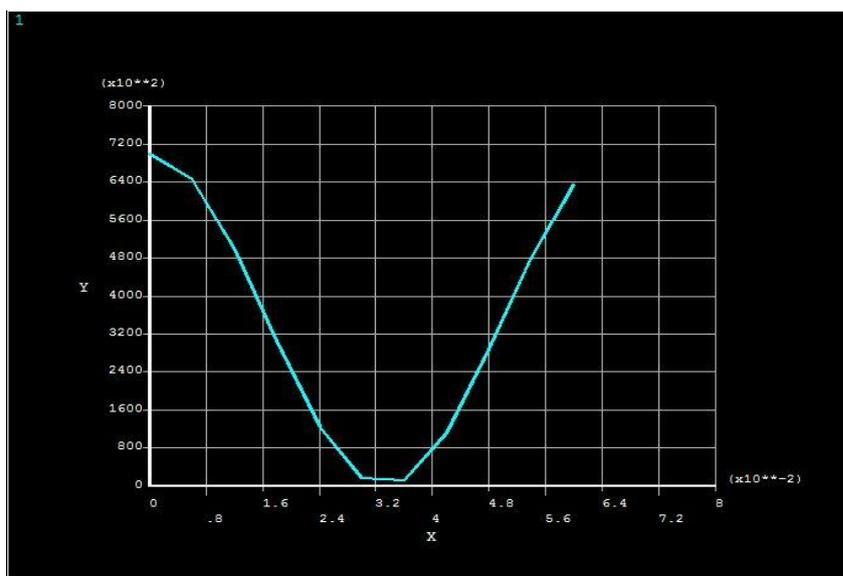


Figura 3.57 - Gráfico da função representando a pressão inserida no sistema

Fonte: Elaboração própria

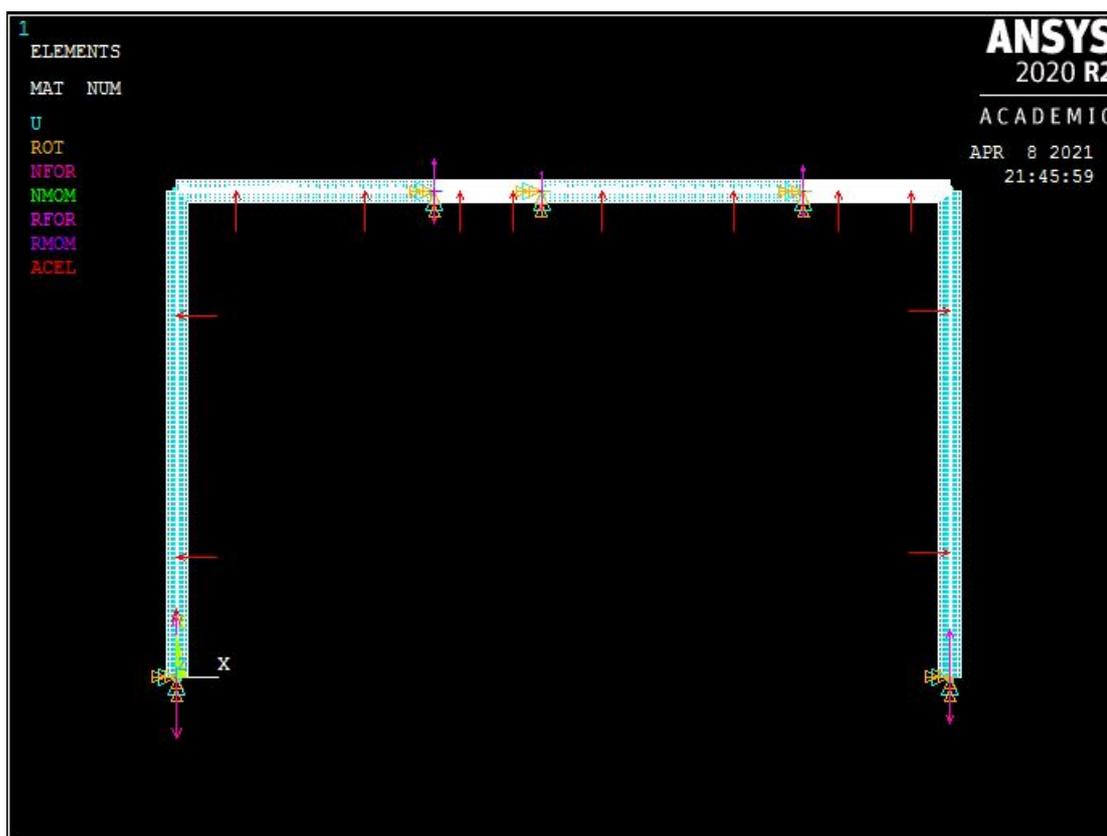


Figura 3.58 - Modelo dinâmico

Fonte: Elaboração própria

Após o comando de solução do sistema o modelo dinâmico retornou um forçamento maior em 17 Hz no 1º apoio, um valor de aproximadamente 422,1 N (conforme exposto na Figura 3.59). Portanto, o valor máximo obtido será utilizado para o dimensionamento das vigas estruturais do skid. Somado a isso, foi observado também um deslocamento máximo de 0,0173 mm na região do filtro, conforme Figura 3.60.

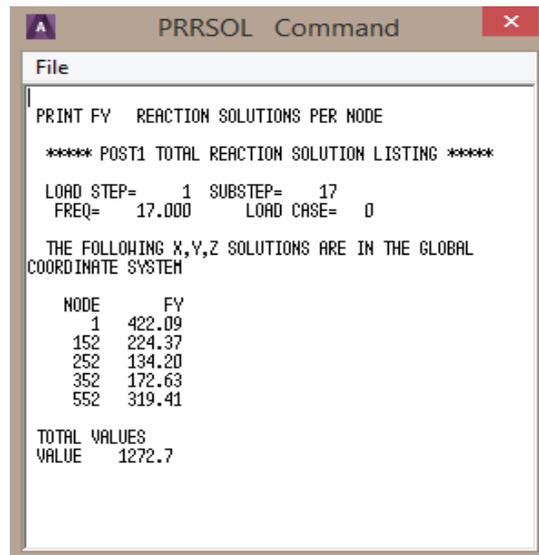


Figura 3.59 - Reações no modelo dinâmico (50 elementos)

Fonte: Elaboração própria

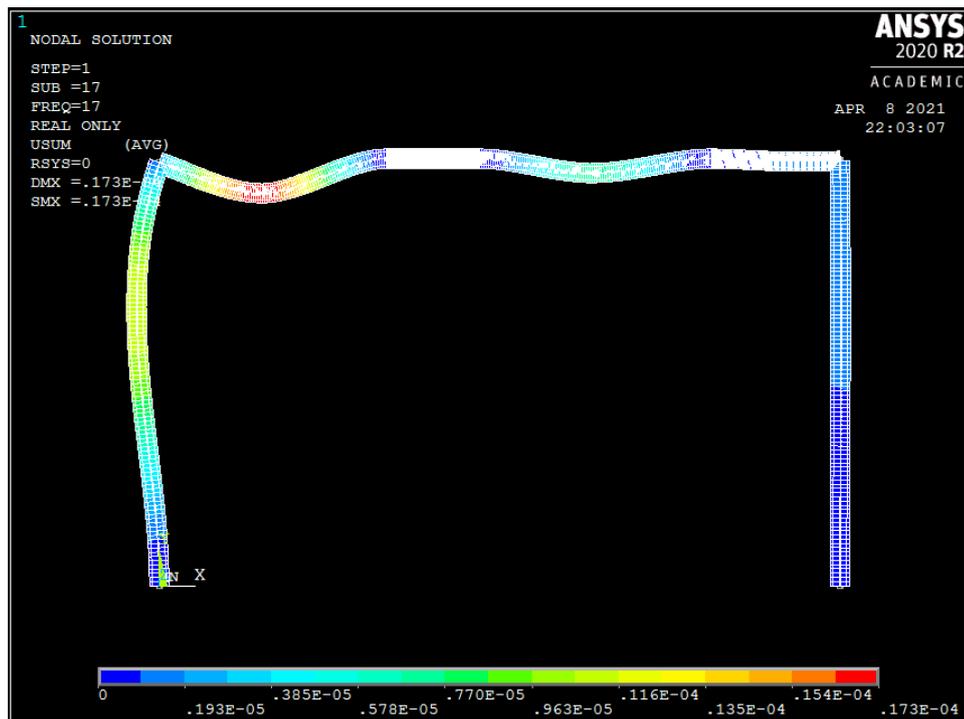


Figura 3.60 - Deslocamentos no modelo dinâmico (50 elementos)

Fonte: Elaboração própria

3.5.4 Dimensionamento das vigas

Os perfis selecionados para o dimensionamento do skid serão os tipos “I” e “U” em aço estrutural ASTM A36 do fabricante Gerdau, representados pela Figura 3.61.

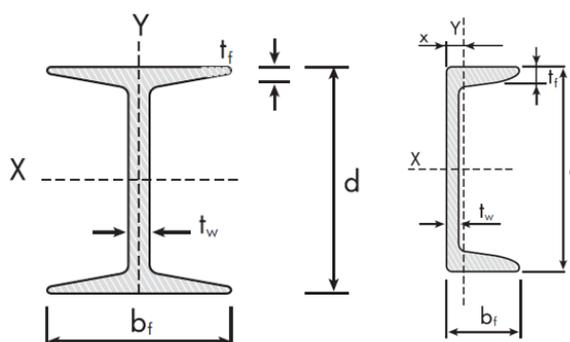


Figura 3.61 - Perfis "I" e "U" Gerdau

Fonte: Catálogo Gerdau [30]

3.5.4.1 Fator de segurança

Segundo Hibbeler (2010) para manter a integridade estrutural do sistema mecânico faz-se necessário a aplicação de um fator de segurança que restringe a carga aplicada a um valor menor que a estrutura pode suportar, cujo valor é obtido a partir da Equação 3.9.

$$FS = \frac{\sigma_{ref}}{\sigma_{adm}} \quad (3.9)$$

Onde σ_{ref} é a tensão de referência e σ_{adm} a tensão admissível. Norton (2013) dispõe de algumas orientações para a determinação desse fator de segurança segundo a Tabela 3.20, em que o valor máximo entre as categorias deverá ser selecionado. De modo a obter maior confiabilidade e não superdimensionar a estrutura, ensaios referentes ao material foram coletados a partir da análise de impacto feito em perfis de aço ASTM A36 soldadas (ANDRADE e MACHADO, 2017)

[13], em que o metal de solda utilizado, o arame AWS ER 70S-6, apresentou comportamento similar ao metal base no ponto de vista da ductilidade, sendo este inclusive indicado pela NBR 8800 (2008) [2] para o aço em questão. Sendo assim, tal eletrodo será considerado para a soldagem dos perfis neste projeto.

Tabela 3.20 - Fatores utilizados para determinar um coeficiente de segurança para materiais dúcteis

Informações	Qualidade das informações	Fator
		F1
Dados das propriedades dos materiais disponíveis a partir de testes	O material realmente utilizado foi testado	1,3
	Dados representativos de testes do material estão disponíveis	2
	Dados razoavelmente representativos de testes do material estão disponíveis	3
	Dados insuficientemente representativos de testes do material estão disponíveis	5+
		F2
Condições ambientais nos quais será utilizado	São idênticas às condições dos testes de materiais	1,3
	Essencialmente igual ao ambiente de um laboratório comum	2
	Ambiente moderadamente desafiador	3
	Ambiente extremamente desafiador	5+
		F3
Modelos analíticos para forças e tensões	Os modelos foram testados em experimentos	1,3
	Os modelos representam precisamente o sistema	2
	Os modelos representam aproximadamente o sistema	3
	Os modelos são aproximações grosseiras	5+

Fonte: NORTON (2013) [41]

Portanto o presente modelo possui: Dados representativos de testes do material utilizado, um ambiente moderadamente desafiador e modelos que representam aproximadamente o sistema em questão. Sendo assim, o fator de segurança utilizado será igual a 3.

Verificando as propriedades do aço ASTM A36 no fabricante constata-se um limite de escoamento mínimo igual a 250 MPa, segundo a Tabela 3.21. Admitindo então esse valor como a tensão de referência do projeto (para que não ocorra o escoamento) a tensão admissível adotada para a estrutura conforme a Equação 3.9 será equivalente a 83,3 MPa.

Tabela 3.21 - Propriedades mecânicas aço ASTM A36 Gerdau

Aço	Limite de escoamento mínimo (MPa)	Limite de resistência (MPa)
ASTM A36	250	400-550

Fonte: Catálogo Gerdau [29]

3.5.4.2 Seleção e modelagem

Ao se aplicar o fator de segurança obtido no item 3.5.4.1 no valor máximo de reação obtido no item 3.5.3.2, obteve-se o valor de forçamento igual a aproximadamente 1266,3 N. Tal resultado será aplicado tanto para as vigas sujeitas à flambagem (verticais) quanto à flexão (horizontais).

3.5.4.2.1 Vigas para apoios

As vigas em perfil U serão utilizadas para o apoio da tubulação, sendo inseridas as abraçadeiras nestas. Será utilizado um comprimento de 150 mm para esses suportes. Segundo Hibbeler (2010) vigas sujeitas à flexão deverão ser projetadas seguindo o módulo de resistência à flexão da viga, S_{req} , exposto na Equação 3.10.

$$S_{req} = \frac{M_{m\acute{a}x}}{\sigma_{adm}} \quad (3.10)$$

Onde $M_{m\acute{a}x}$ é o momento máximo e σ_{adm} a tensão admissível. Apesar desse perfil ter um baixo comprimento e ser soldado em vigas bem abaixo do ponto de aplicação da força, de forma a abranger o pior caso possível foi considerado o modelo engastado-livre exposto na Figura 3.62.

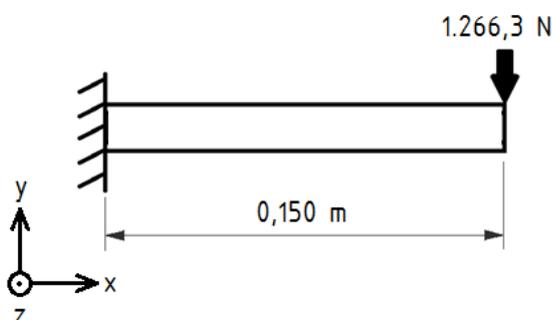


Figura 3.62 - Cálculo do momento fletor máximo possível em vigas de perfil "U"

Fonte: Elaboração própria

O momento máximo obtido nesse caso foi de aproximadamente 190 N.m, obtendo assim um módulo de resistência à flexão equivalente a 2,28 cm³. Perante o catálogo de vigas perfil U Gerdau [30] a primeira viga com a bitola de 3" de espessura t_w igual a 4,32 mm estaria admissível, pois possui o módulo de resistência à flexão de 18,10 cm³ no eixo X. As dimensões do perfil "U" escolhido estão disponíveis na Tabela 3.22.

Tabela 3.22 - Dimensões perfil "U" Gerdau

Bitola (pol.)	Peso (kg/m)	d (mm)	t_w (mm)	b_f (mm)	t_f (mm)	I_x (cm ⁴)	I_y (cm ⁴)	W_x (cm ³)
3"	6,10	76,20	4,32	35,81	6,93	68,90	8,20	18,10

Fonte: Adaptado de catálogo Gerdau [30]

Um modelo computacional foi elaborado a partir das dimensões apresentadas na Tabela 3.22 e apresentou uma massa linear de aproximadamente 5,97 kg/m (erro de 2,13%), conforme Figura 3.63.

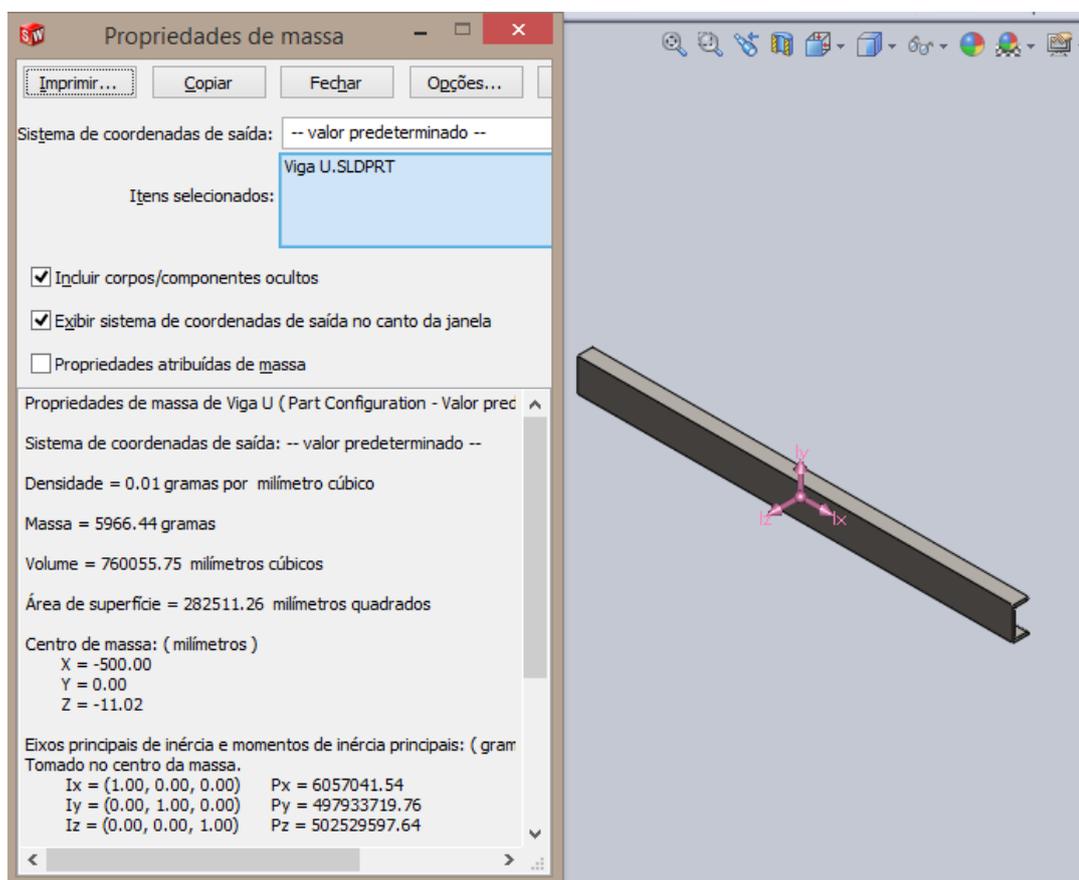


Figura 3.63 - Modelo computacional do perfil "U"

Fonte: Elaboração própria

3.5.4.2.2 Vigas para sustentação vertical

A fim de suspender a tubulação com seus acessórios serão inseridas vigas na posição vertical, sendo então essas submetidas a esforços de flambagem de colunas. Hibbeler (2010) expressa a Equação 3.11, denominada carga de Euler, que indica a carga crítica (carga axial máxima suportada quando a coluna está na iminência de sofrer flambagem).

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \quad (3.11)$$

Onde K representa o fator de comprimento efetivo, indicado na Figura 3.64 para cada tipo de extremidade. No caso deste projeto este fator será igual a 2.

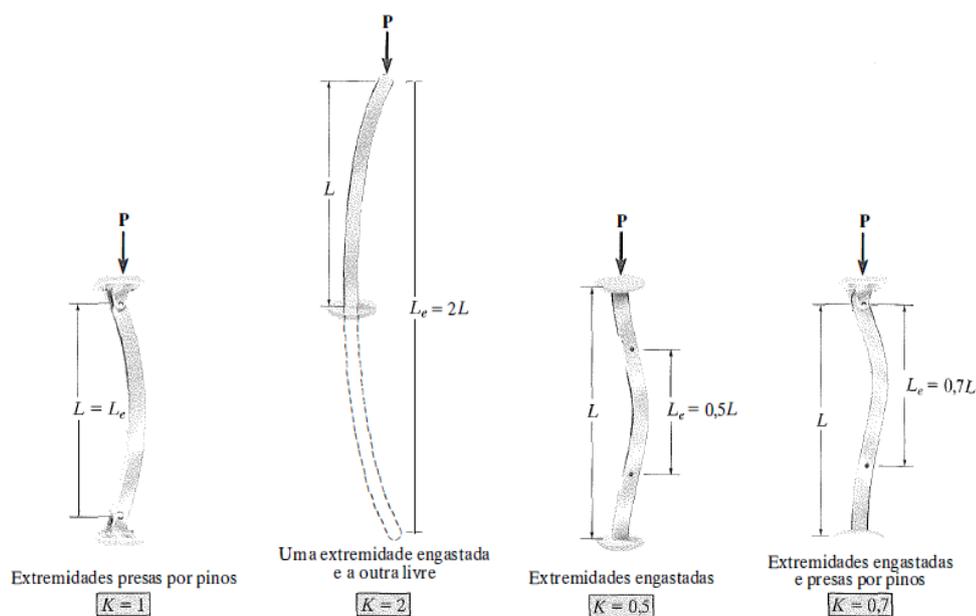


Figura 3.64 - Comprimento efetivo de flambagem

Fonte: HIBBELER (2010) [33]

Foi realizada a verificação da carga crítica no mesmo perfil “U” selecionado para os apoios, utilizando o valor referente ao momento de inércia no eixo y (Tabela 3.22). O comprimento da viga foi obtido após a inserção dos perfis “U” em seus respectivos apoios adotados, sendo o valor aproximadamente igual a 1030 mm conforme a Figura 3.65. Após a substituição dos valores na Equação 3.10 chegou-se numa carga crítica de aproximadamente 38 kN, valor muito maior que a soma da reação máxima considerada mais o peso do perfil “U” de apoio (1275 N), mantendo assim a estrutura com um alto nível de segurança. Os cálculos realizados estão descritos na memória de cálculo (APÊNDICE A).

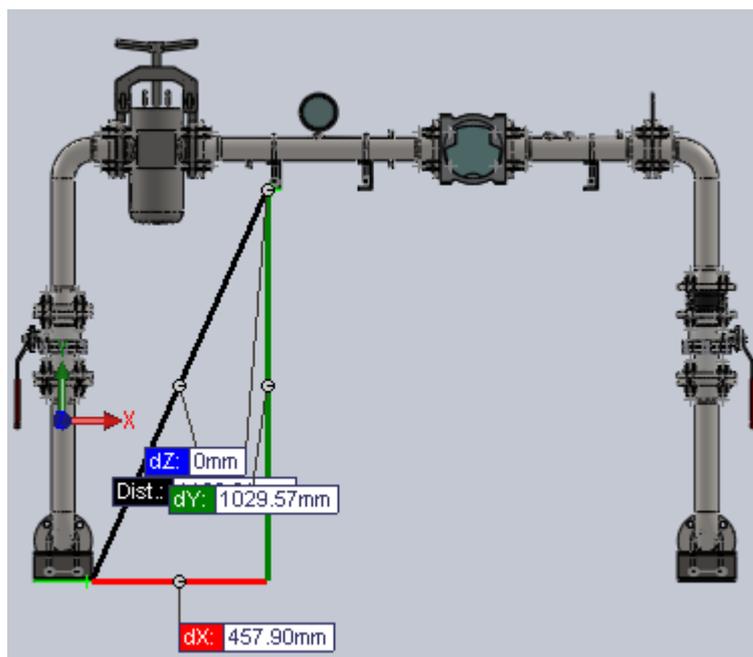


Figura 3.65 - Comprimento da viga "I" em vertical

Fonte: Elaboração própria

Portanto, foram adotadas como colunas o mesmo modelo utilizado nos apoios, mas com o comprimento maior de 1030 mm.

3.5.4.2.3 Vigas para base

A finalização da estrutura do skid será realizada através da base que sustentará toda a tubulação, perfis de coluna e apoio. Será selecionado o perfil "I" para suportar a tubulação, cujo comprimento utilizado será igual a 1645 mm de forma a abranger as colunas, conforme demonstrado na Figura 3.66.

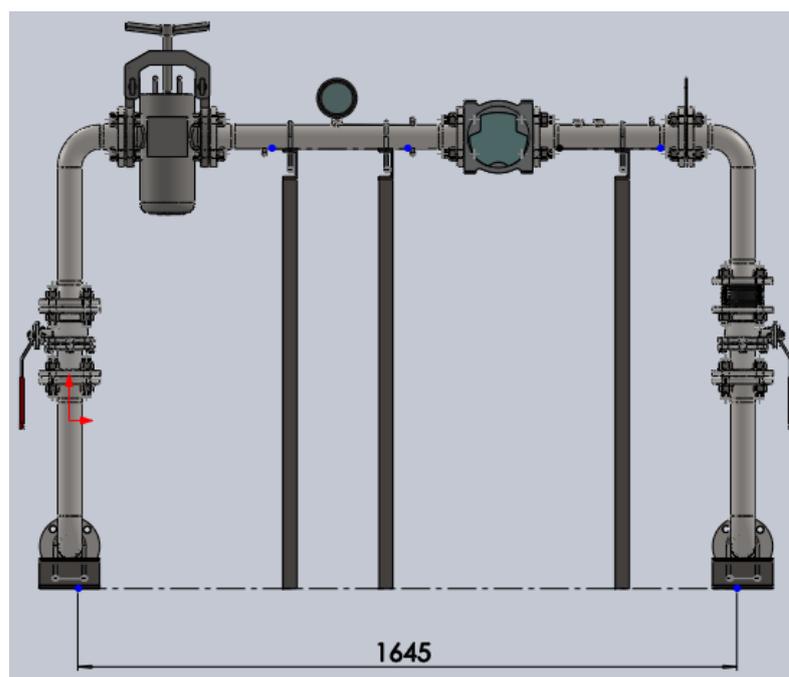


Figura 3.66 – Distância para comprimento da viga "I"

Fonte: Elaboração própria

O perfil "I" selecionado do fabricante Gerdau possui as seguintes características descritas na Tabela 3.23. Um modelo computacional foi gerado a partir dessas dimensões e apresentou uma massa linear no valor de aproximadamente 8,20 kg/m conforme Figura 3.67 (erro de 3,4% em relação ao modelo real).

Tabela 3.23 - Dimensões perfil "I" Gerdau

Bitola (pol.)	Peso (kg/m)	d (mm)	t_w (mm)	b_f (mm)	t_f (mm)	I_x (cm ⁴)	I_y (cm ⁴)	W_x (cm ³)
3"	8,48	76,20	4,32	59,18	6,60	105,10	18,90	27,60

Fonte: Adaptado de catálogo Gerdau [30]

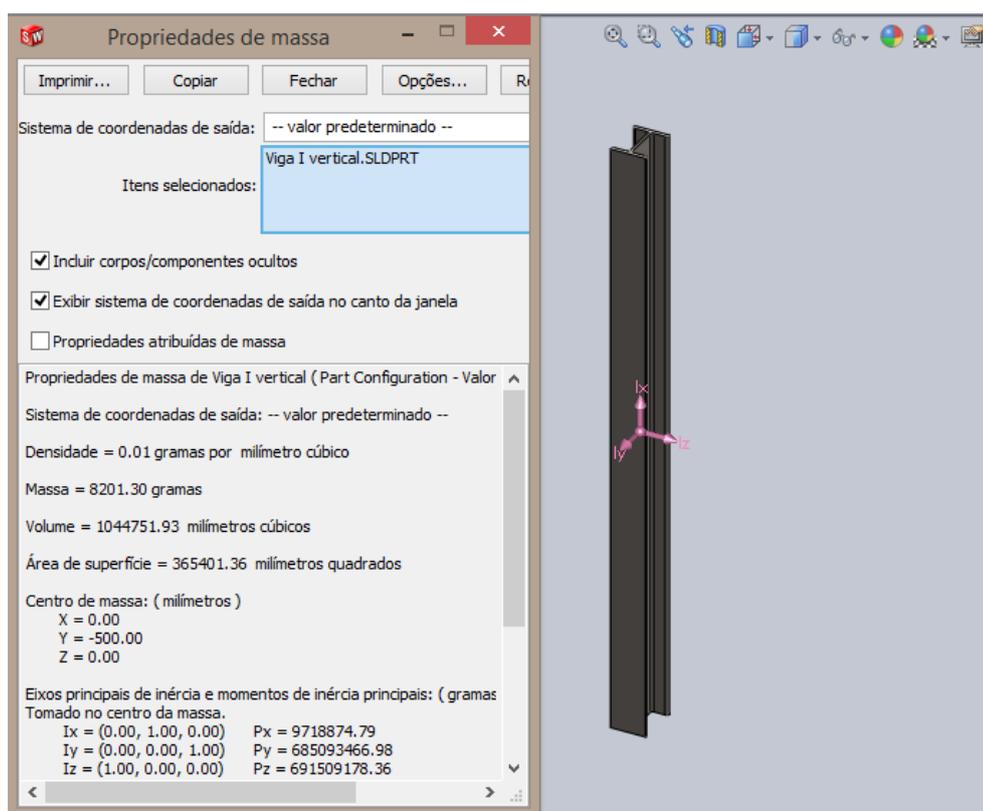


Figura 3.67 - Modelo computacional do perfil "I" em vertical

Fonte: Elaboração própria

Os esforços atuantes nessa viga intermediária estão expostos na Figura 3.68, onde serão utilizados os valores de reação obtidos (R_2 , R_3 e R_4) pelo modelo numérico dinâmico (Figura 3.59) mais a soma do peso das vigas (P_v) sobrepostas. Após a inserção das reações e considerando a viga biengastada nas extremidades o cálculo de equilíbrio estático das forças e momentos foi realizado, sendo gerado o gráfico de forças cortantes e momento fletor, conforme Figura 3.69 e Figura 3.70. Nesta última, tem-se representado o momento máximo de 220,56 N.m, substituindo esse valor na Equação 3.9 para o módulo de resistência à flexão é obtido o resultado igual a 2,65 cm³ (APÊNDICE A), valor muito inferior ao suportado pela viga (27,60 cm³ - Tabela 3.23), atendendo assim ao projeto.

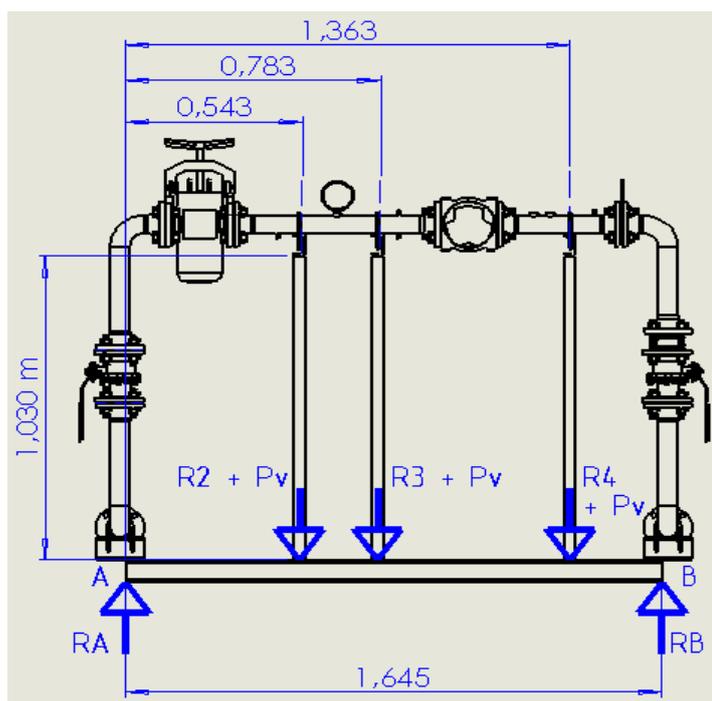


Figura 3.68 - Esforços atuantes na viga I intermediária

Fonte: Elaboração própria

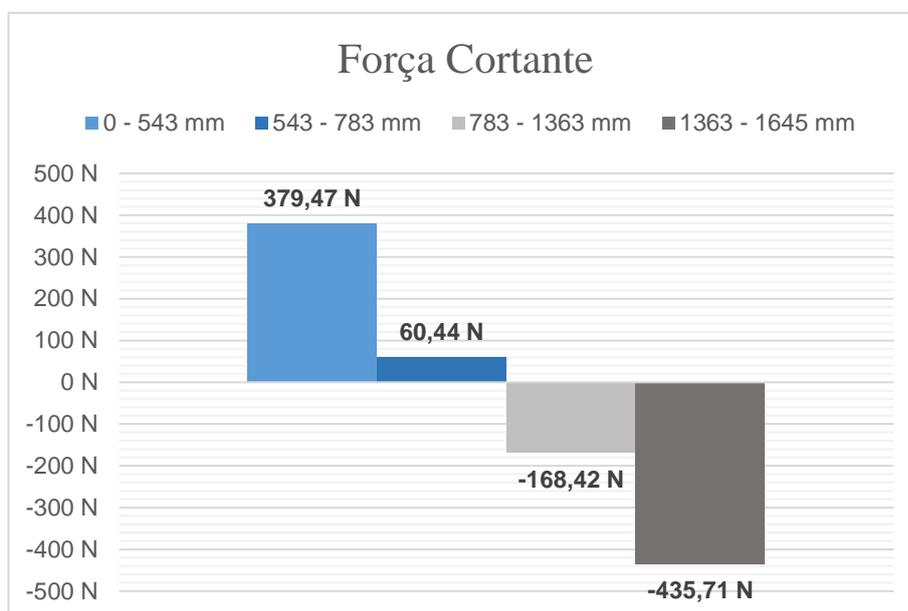


Figura 3.69 - Diagrama de força cortante

Fonte: Elaboração própria

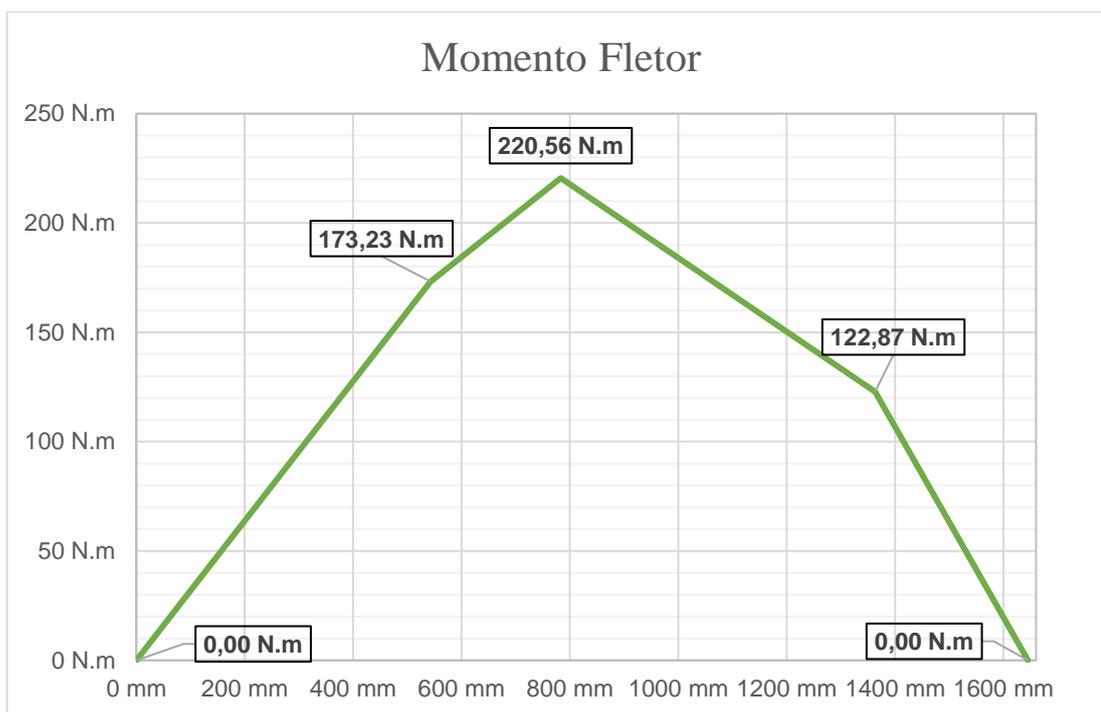


Figura 3.70 - Diagrama do momento fletor

Fonte: Elaboração própria

Tendo em vista que esse perfil “I” intermediário suporta a maior parte dos esforços o restante da base do skid foi finalizado com a inserção de mais 4 vigas em perfil “U” (que possui o módulo de resistência à flexão igual a $18,10 \text{ cm}^3$), também para facilitar a soldagem entre os elementos, conforme representado na Figura 3.71. O desenho técnico da estrutura e seus componentes pode ser vista no APÊNDICE B.

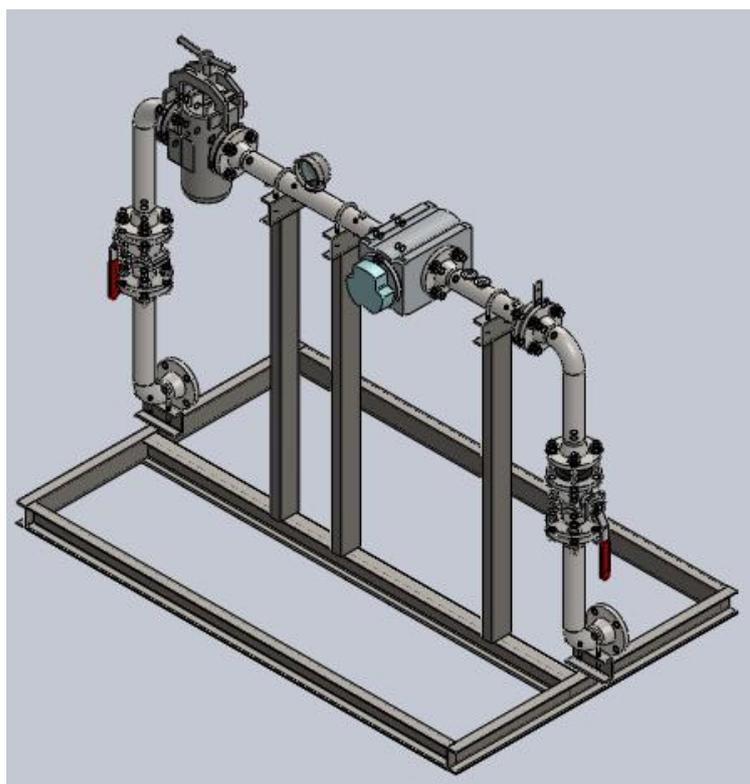


Figura 3.71 - Finalização do skid

Fonte: Elaboração própria

4 RESULTADOS

4.1 MASSA TOTAL

Com a finalização de toda a estrutura da estação de medição GNV foi obtida a massa total do sistema de 210,54 kg, conforme Tabela 4.1. O modelo computacional retornou o valor de aproximadamente 187 kg segundo a Figura 4.1, representando assim um erro de 11,2%.

Tabela 4.1 - Massa total da estação de medição

Peça	Unidade	Quantidade	Massa
Tubulação	7,47 kg/m	1,852 m	13,83 kg
Curva 90°	0,9 kg	4 unidades	3,6 kg
Flanges	2,7 kg	12 unidades	32,4 kg
Filtro	25 kg	1 unidade	25 kg
Medidor	13 kg	1 unidade	13 kg
Válvula de esfera	9,17 kg	2 unidades	18,34 kg
Manômetro	0,75 kg	1 unidade	0,75 kg
Barra	1,9 kg/m	(20 x 0,1 m + 4 x 0,15 m + 16 x 0,08 m) = 3,88 m	7,37 kg
Porca sextavada	0,051 kg	64 unidades	3,26 kg
Arruela lisa	0,0222 kg	64 unidades	1,42 kg
Placa de restrição	0,5 kg	1 unidade	0,5 kg
Válvula de retenção	1,5 kg	1 unidade	1,5 kg
Abraçadeira tipo "U"	0,082 kg	5 unidades	0,41 kg
Viga perfil U	6,10 kg/m	(5 x 0,75 m + 3 x 1,03 m + 2 x 1,645 m + 2 x 1,1 m) = 12,33 m	75,21 kg
Viga perfil I	8,48 kg/m	1,645 m	13,95 kg
TOTAL			210,54 kg

Fonte: Elaboração própria

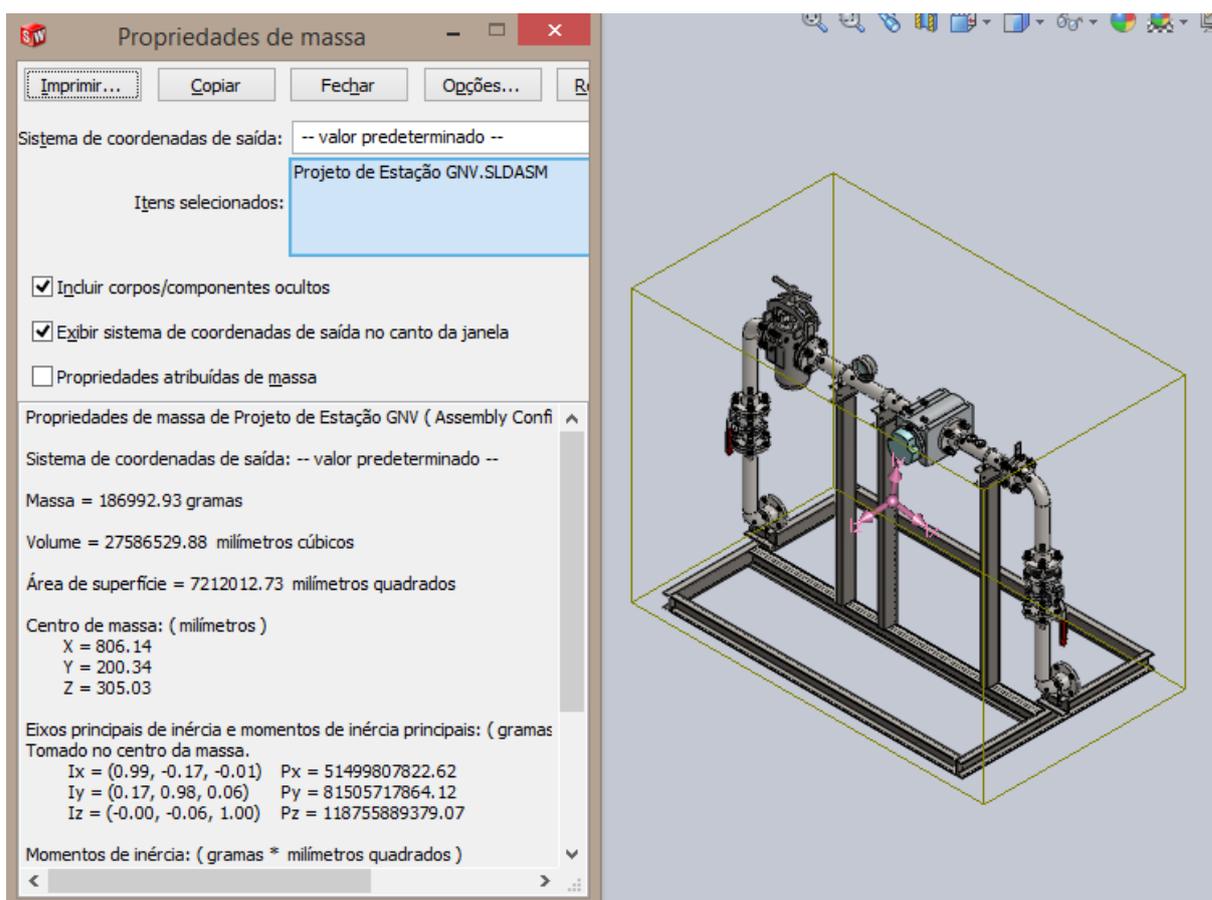


Figura 4.1 - Massa total do modelo computacional

Fonte: Elaboração própria

4.2 ANÁLISE DE CONVERGÊNCIA

A análise de convergência se trata de uma técnica gráfica de elementos finitos que verifica o quão fidedigno um modelo numérico é em relação ao analítico através do refino do número de elementos deste. A variável de estudo do projeto foi a flecha máxima em milímetros causada na região do filtro, a Figura 4.2 representa a análise gráfica realizada e a Tabela 4.2 o percentual do erro. Foi utilizado um número crescente de elementos, sendo estes iguais a 1, 2, 5, 10, 20, 35 e 50.

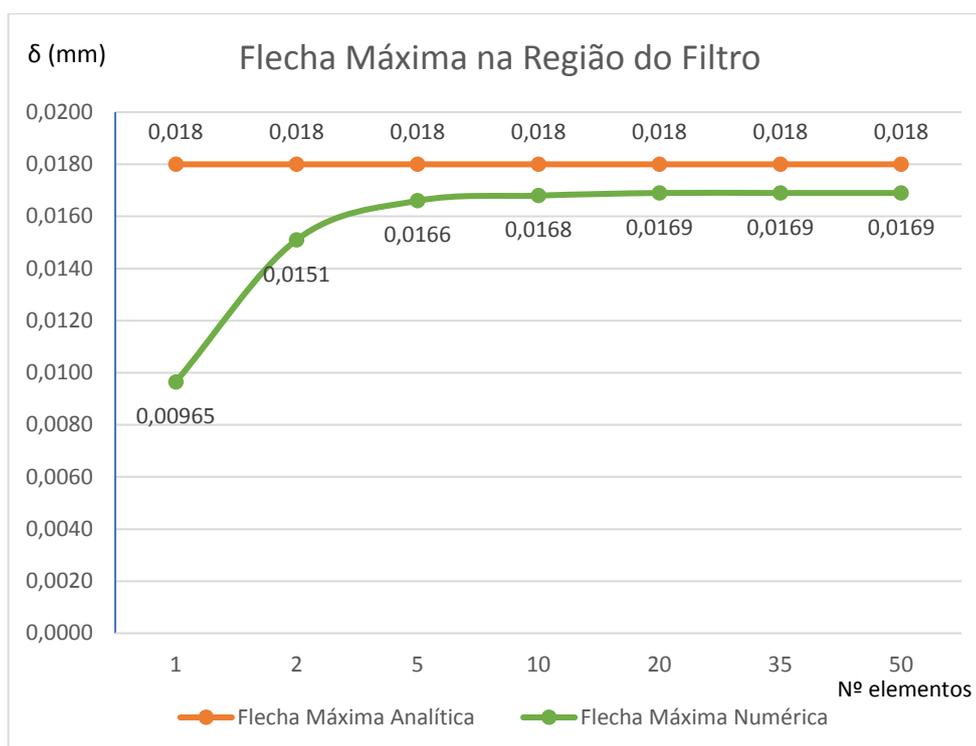


Figura 4.2 - Análise de convergência: Flecha máxima

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4.2 - Percentual de erro

FLECHA MÁXIMA (mm)			
Nº elementos	Analítico	Numérico	Erro (%)
1	0,018	0,00965	-46,39%
2	0,018	0,0151	-16,11%
5	0,018	0,0166	-7,78%
10	0,018	0,0168	-6,67%
20	0,018	0,0169	-6,11%
35	0,018	0,0169	-6,11%
50	0,018	0,0169	-6,11%

Fonte: Elaboração própria

4.3 MODOS DE VIBRAÇÃO NATURAL

É possível ainda através da análise numérica na ferramenta ANSYS verificar as frequências de vibração naturais da tubulação, em que são geradas sem nenhum forçamento externo. Tais frequências devem ser evitadas para não causar o efeito de

ressonância e gerar grandes esforços na estrutura. Os cinco primeiros modos de vibração estão expostos na Tabela 4.3 e respectivamente na Figura 4.3, Figura 4.4, Figura 4.5, Figura 4.6 e Figura 4.7. Ao verificar os deslocamentos é possível perceber que as cargas de vibrações geradas no medidor foram evitadas.

Tabela 4.3 - Modos de vibração da tubulação

1º modo	41,328 Hz
2º modo	58,794 Hz
3º modo	70,740 Hz
4º modo	70,756 Hz
5º modo	77,643 Hz

Fonte: Elaboração própria

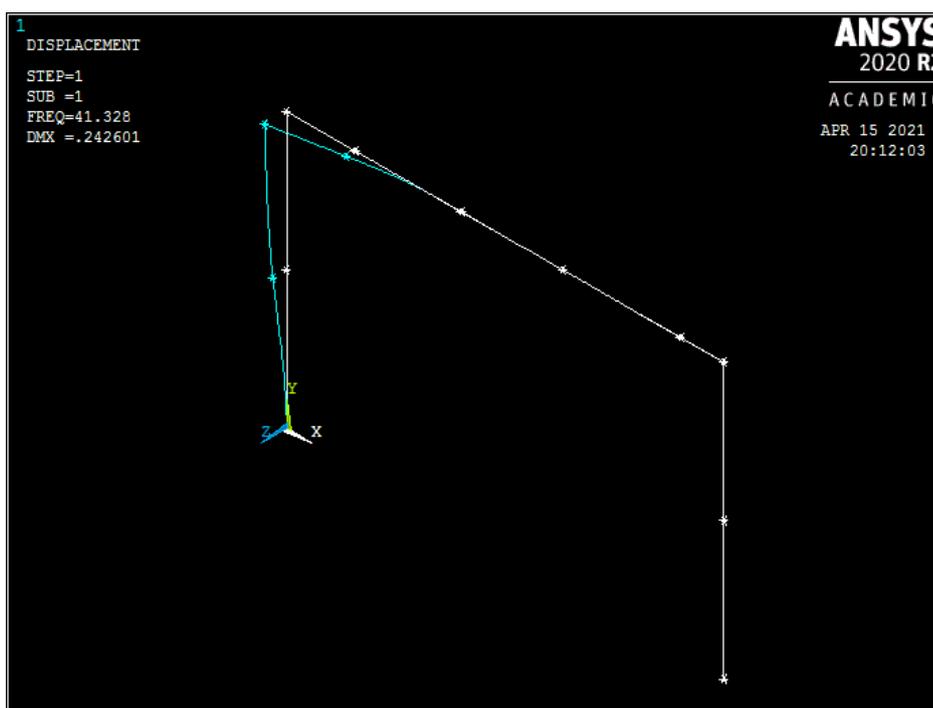


Figura 4.3 - 1º modo de vibração: 41.328 Hz

Fonte: Elaboração própria

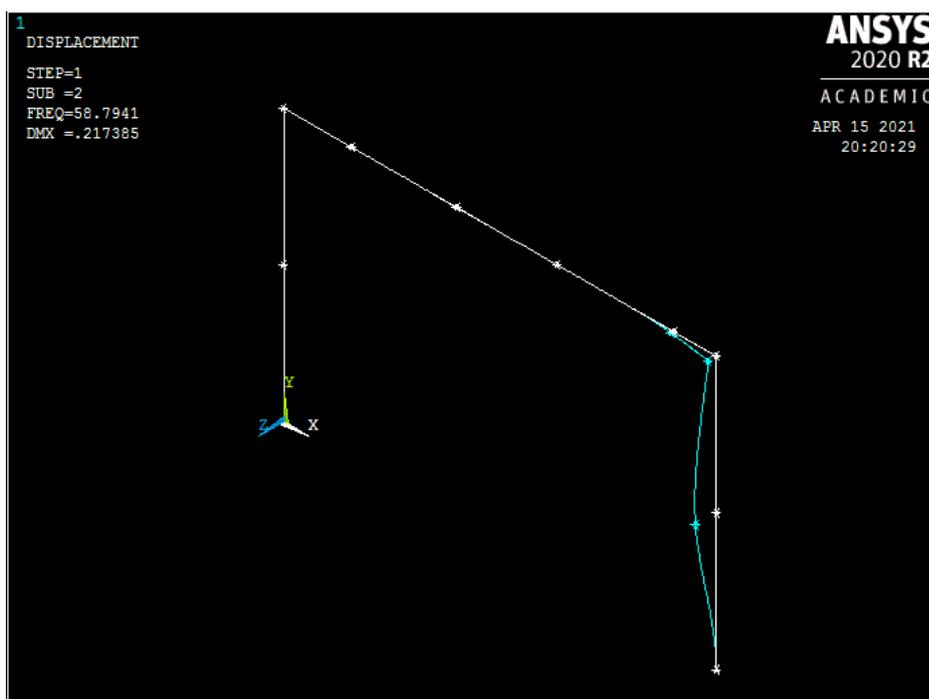


Figura 4.4 - 2º Modo de vibração: 58,794 Hz

Fonte: Elaboração própria

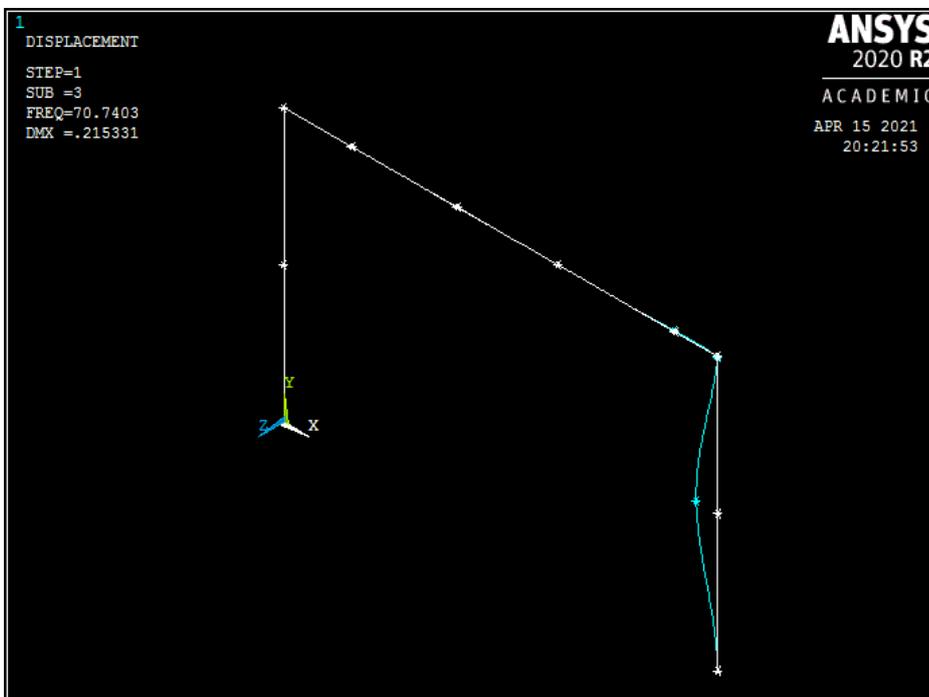


Figura 4.5 - 3º Modo de vibração: 70,740 Hz

Fonte: Elaboração própria

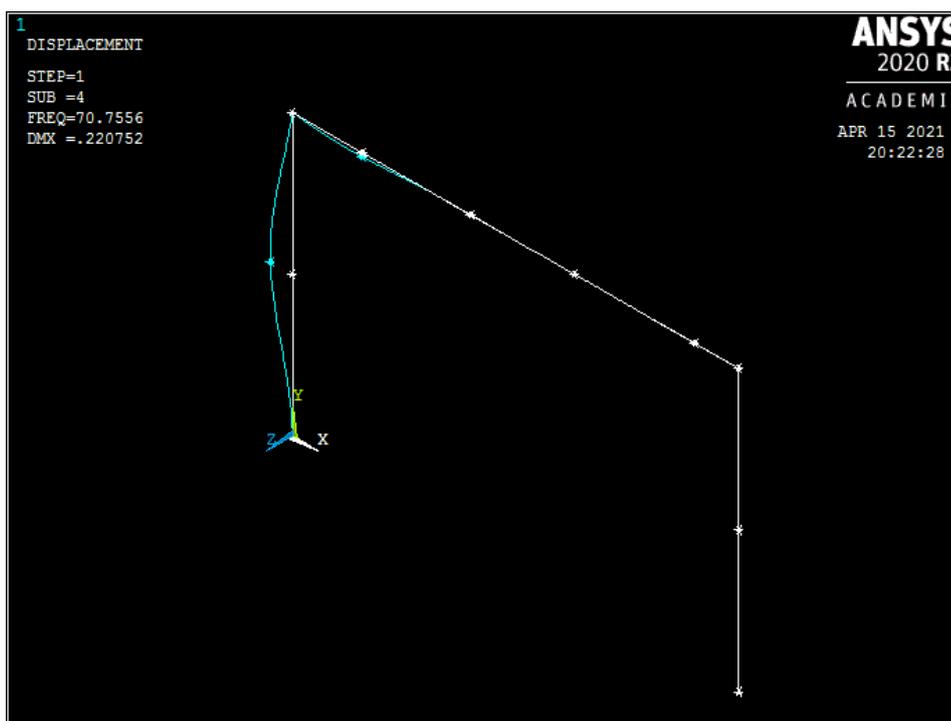


Figura 4.6 - 4º Modo de vibração: 70,756 Hz

Fonte: Elaboração própria

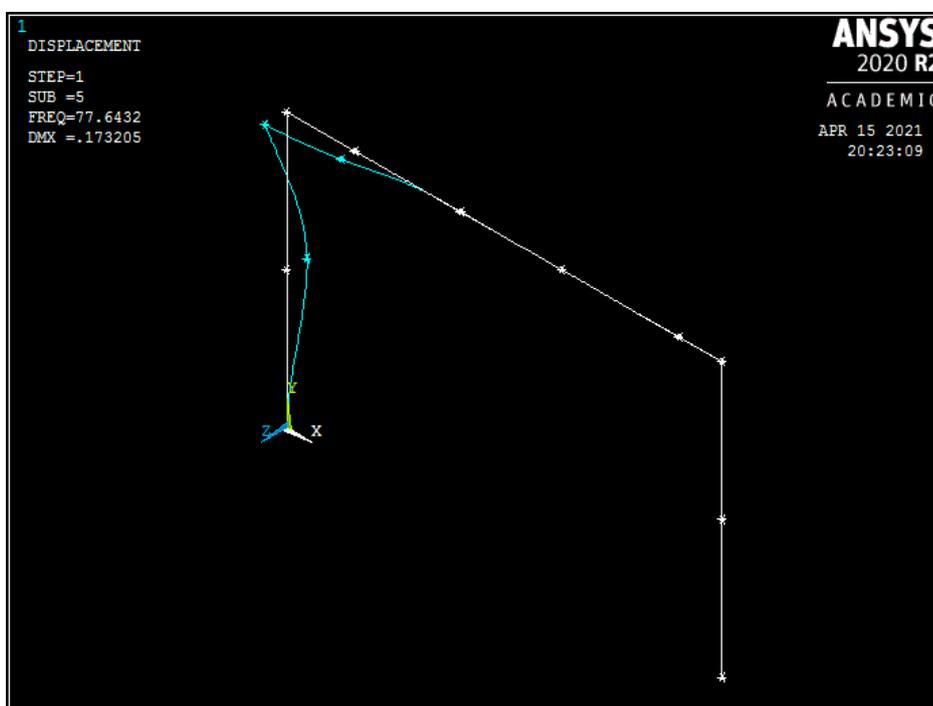


Figura 4.7 - 5º Modo de vibração: 77,643 Hz

Fonte: Elaboração própria

5 CONCLUSÃO

A crescente demanda por energias renováveis e despoluição mundial favorece a busca cada vez mais atuais em relação a ações nessa área, e o presente projeto torna-se um estimulador para que também outros sistemas possam ser desenvolvidos não só para o combustível limpo em questão, mas para outros como a biomassa, hidrogênio e eletricidade. O engenheiro mecânico precisa visar e estar atento a essas questões ambientais.

O uso de ferramentas computacionais auxilia bastante a elaboração de projetos mecânicos, pois sem estas por exemplo teria sido mais complicado de perceber que o uso de somente duas colunas de suporte na tubulação causaria maiores vibrações no medidor, principal ativo da estação de medição. Grande parte das estações no mercado utilizam apenas dois suportes, logo foi possível otimizar a estrutura para que a maior carga vibracional fique localizada na região do filtro, componente que por seus objetivos construtivos está mais preparado a suportar esses esforços, gerando assim uma maior qualidade de medição e diminuindo as manutenções e substituições de medidor.

A modelagem visual do projeto favoreceu bastante na visão de posicionamento de componentes e não apresentou uma alta taxa de erro, através desta é possível determinar o dimensionamento total que o posto de distribuição precisa ter em sua área interna para receber a estação de medição, além de servir de vistoria em produtos fornecidos pelo fabricante (como foi o caso da placa de restrição, em que foi necessário diminuir seu diâmetro externo para ser devidamente acoplado aos flanges).

O modelo numérico apresentou bons resultados com relação ao analítico, demonstrando ser um método aplicável para verificar as flechas máximas em tubulações tanto numa visão estática quanto dinâmica, sendo possível também calcular possíveis cargas de vibração e fadiga para futuras considerações, gerando um maior enfoque nos equipamentos de medição em si do que em relação à estação como um todo.

As vigas utilizadas no projeto, devido estarem além do que realmente era necessário para os esforços considerados, poderiam ser de menores bitolas, entretanto foi necessária a busca por modelos comerciais para a previsão da

montagem dos componentes e massa total do sistema. A baixa requisição do sistema demonstra a segurança do projeto e gera estímulos para futuras otimizações.

Os primeiros cinco modos de vibração natural demonstraram grande segurança em relação ao medidor, pois em todas as frequências demonstradas este não foi considerado, visto que as maiores cargas vibracionais se aplicaram à região do filtro e as válvulas dos trechos de entrada e saída, que possuem maior resistência a tais esforços e não têm o rigor da medição. Possíveis sobrecargas e manipulações no sistema que alterassem a estrutura para a ressonância tenderiam a causar falhas nesses componentes em contraponto ao medidor. Vale ressaltar que o 5º modo de vibração natural é bem agressivo e deve ser evitado definitivamente.

Sugestões para projetos futuros ou aprimoramentos:

- Possibilidade da análise de deslocamentos, frequências e de tensões a partir de um modelo computacional mais elaborado num ambiente 3-D, com todos os acessórios da tubulação representados;
- Estudo da perda de carga por decorrência da vazão do GNV no sistema;
- Aperfeiçoamento da estrutura do skid para impedir deslocamentos laterais;
- Informatização do sistema para cálculo de cobranças;
- Análise de custos do projeto mecânico.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5590: Tubos de aço-carbono com ou sem solda longitudinal, pretos ou galvanizados – Requisitos**. 2017.
- [2] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. 2008.
- [3] ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14462: Sistemas para distribuição de gás combustível para redes enterradas - Tubos de polietileno PE 80 e PE 100 - Requisitos**. 2000.
- [4] AÇOTUBO. Conexões. **Catálogo de conexões Açotubo**. Disponível em: <https://acotubo.com.br/wp-content/uploads/2020/06/ACO_005_CatalogoAcotubo_Mini_Conexoes.pdf>. Acesso em: 10 de dez. 2020.
- [5] AGA REPORT NO. 7. **Measurement of Natural Gas by Turbine Meters**. American Gas Association, 2006.
- [6] AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Boletim Abastecimento em Números. **Boletim nº 63**, 2019. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/arquivos/publicacoes/boletins-anp/abastecimento/63/boletim-n63.pdf>>. Acesso em: 3 de abr. 2021.
- [7] AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Portaria ANP nº 32**, de 6.3.2001 – DOU 7.3.2001.
- [8] AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Portaria ANP nº 104**, de 8.7.2002 – DOU 9.7.2002.
- [9] AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Postos ANP. **Consulta de postos**. Disponível em: <<https://postos.anp.gov.br/consulta.asp>>. Acesso em: 3 de abr. 2021.

- [10] AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Resolução ANP nº 8**, de 30.1.2015 – DOU 2.2.2015.
- [11] AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Série histórica do levantamento de preços. **Site da ANP**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/levantamento-de-precos/serie-historica-levantamento-precos>>. Acesso em: 14 de nov. 2020.
- [12] ALPHA METAIS. Válvula esfera tri-plena 150 lbs flangeada. **Catálogo de válvula esfera**. Disponível em: <<https://alphametais.com.br/produto/flange-classe-150/>>. Acesso em: 9 de dez. 2020
- [13] ANDRADE, L. G. C.; MACHADO, I. G. Efeitos do Carregamento de Impacto em Perfis Soldados de Aço. **Soldagem & Inspeção**, São Paulo, v. 22, n. 4, Out./Dez. 2017.
- [14] ASME B1.20.1. **Pipe Threads, General Purpose, Inch**. 2013.
- [15] BUDYNAS, G. R.; NISBETT, K. J. **Elementos de Máquinas de Shigley: Projeto de Engenharia Mecânica**. 8ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.
- [16] CASTRO, E. J. D.; AGUIAR, L. M. **Comissionamento e Condicionamento de Sistemas de Proteção Catódica em Dutos Submarinos**. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, p. 67. 2010.
- [17] CENTURY TUBOS. Manual de Normas Técnicas. **Tubos de condução**. Disponível em: <<https://centurytubos.com.br/wp-content/uploads/2019/10/normas-century-tubos.pdf>>. Acesso em: 2 de abr. 2021.
- [18] CENTURY TUBOS. Tabelas de pesos e medidas. **Tubos de condução**. Disponível em: <<https://centurytubos.com.br/wp-content/uploads/2020/02/tabela-de-tubos-pesos-e-medidas-century-tubos.pdf>>. Acesso em: 2 de abr. 2021.

- [19] CISER. Arruela lisa inox 304 3/4 polido. **Loja online CISER**. Disponível em: <<https://loja.ciser.com.br/p/elementos-de-fixacao/arruelas/arruela-lisa-inox-304-3-4-polido-81350100>>. Acesso em: 27 de mar. 2021.
- [20] CISER. Elementos de fixação. **Catálogo de produtos**, 2020. Disponível em: <<https://www.ciser.com.br/userfiles/paginas/catalogo-de-produtos-ciser-rev-12-2020.pdf>>. Acesso em: 10 de dez. 2020.
- [21] CISER. Porca sextavada inox 304 UNC 3/4" CHV 1.1/8 polido. **Loja online CISER**. Disponível em: <<https://loja.ciser.com.br/p/elementos-de-fixacao/porcas/porca-sextavada-inox-304-unc-3-4-chv-1-1-8-polido-61051400>>. Acesso em: 27 de mar. 2021.
- [22] ÇENGEL, Y. A.; CIMBALA, J. M. **Mecânica dos fluidos: Fundamentos e aplicações**. 3ª ed. São Paulo: AMGH Editora, 2015.
- [23] ELECON. Produtos. **Abraçadeira "U" de vergalhão**. Disponível em: <<http://elecon.com.br/produto/abracadeira-u-de-vergalhao/>>. Acesso em: 26 de mar. 2021.
- [24] FERREIRA, D. F.; COTA, S. H.; CAETANO, V. D. L. **Apresentação de uma unidade de compressão de gás natural veicular**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. Rio de Janeiro. 2017.
- [25] FLOWMASTER. Medição de Vazão - Instrumentação. **Catálogo da Flowmaster**, 2019. Disponível em: <<https://flowmaster.com.br/wp-content/uploads/2019/09/catalogo-pt.pdf>>. Acesso em: 2 de mar. 2021.
- [26] FOX, R. W.; MCDONALD, A. T.; PRITCHARD, P. J. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- [27] GASCAT. Metrius. **Catálogo Filtro Metrius**. Disponível em: <<http://www.gascat.com.br/produto/43/metrius>>. Acesso em: 9 de dez. 2020.
- [28] GENEBRE. Válvula de retenção dupla portinhola tipo wafer. **Catálogo de válvula de retenção**. Disponível em: <<https://www.genebre.com.br/valvula-de-retencao-dupla>>. Acesso em: 9 de dez. 2020.

- [29] GERDAU. Catálogos e Manuais. **Catálogo Barras e perfis**. Disponível em: <<https://www2.gerdau.com.br/catalogos-e-manuais>>. Acesso em: 10 de abr. 2021.
- [30] GERDAU. Catálogos e Manuais. **Catálogo Perfil I e U**. Disponível em: <<https://www2.gerdau.com.br/catalogos-e-manuais>>. Acesso em: 10 de abr. 2021.
- [31] GRABCAD. 2" 150lbs Flange Ball Valve. **Comunidade Grabcad**. Disponível em: <<https://grabcad.com/library/2-150lbs-flange-ball-valve-1>>. Acesso em: 11 de dez. 2020.
- [32] GRUPO PROCESS. Placa de Orifício. **Site do Grupo Process**. Disponível em: <<http://www.process.ind.br/produto/placa-de-orificio.html>>. Acesso em: 9 de dez. 2020.
- [33] HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais**. 7ª ed. São Paulo: Pearson, 2010.
- [34] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa de Orçamentos Familiares - POF. **IBGE**, 2008-2009. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/9050-pesquisa-de-orcamentos-familiares.html?edicao=9058&t=resultados>>. Acesso em: 11 de dez. 2020.
- [35] ITRON. CORUS. **Catálogo Conversor de Volume de Gás**. Disponível em: <<https://www.itron.com/-/media/feature/products/documents/brochure/gacorus021br0216.pdf>>. Acesso em: 9 de dez. 2020.
- [36] ITRON. DELTA. **Catálogo Medidor Rotativo Comercial e Industrial**. Disponível em: <<https://www.itron.com/-/media/feature/products/documents/brochure/delta-ptlam-web.pdf>>. Acesso em: 9 de dez. 2020.

- [37] KELLEY BLUE BOOK. Brasileiros rodam em média 12,9 mil Km no primeiro ano de uso de um veículo. **Site da KBB**, 8 de abr. 2019. Disponível em: <<https://www.kbb.com.br/detalhes-noticia/quanto-brasileiro-roda-carro-ano/?ID=1830>>. Acesso em: 14 de nov. 2020.
- [38] MINISTÉRIO DO TRABALHO. **NR-13: Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento**. Portaria nº 1082, de 18.12.2018 – DOU 20.12.2018.
- [39] NATURGY. Simulador de economia. **Site da Naturgy**. Disponível em: <<https://www.naturgy.com.br/br/distribuidoras+de+gas+rio+de+janeiro/uso+veicular++gnv+/1297092079062/simulador+de+economia.html>>. Acesso em: 14 de nov. 2020.
- [40] NIAGARA. Válvula esfera classe 150 corpo tripartida PP ou PR flangeada. **Niagara Indústria e Comércio de Válvulas Ltda**. Disponível em: <<https://www.niagara.com.br/produto/fig-302-valvula-esfera-classe-150-corpo-tripartida-pp-ou-pr-flangeada>>. Acesso em: 11 de dez. 2020.
- [41] NORTON, R. L. **Projeto de Máquinas: Uma Abordagem Integrada**. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- [42] RAO, S. **Vibrações Mecânicas**. 4ª ed. São Paulo: Pearson-Prentice Hall, 2008.
- [43] REIS, R. A. et al. Estudo das Propriedades Mecânicas da Junta Soldada com Eletrodo Revestido no Aço ASTM A53 - Grau A. **Synergismus scyentifica UTFPR**, Pato Branco, v. 3 (4), 2008.
- [44] SCATAGLINI, S.; ANDREONI, G.; GALLANT, J. **Smart Clothing Design Issues in Military Applications**. In: AHRAM, T. Z. (Ed.) *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Cham: Springer, 2019. Vol 195, p.158-168.
- [45] TEADIT. Electron CS. **Catálogo de junta isolante elétrica**. Disponível em: <https://www.teadit.com//storage/1586782615_DS%20ELECTRON%20CS%20OPT.pdf>. Acesso em: 9 de dez. 2020.

- [46] TEADIT. NA1100. **Papelão Hidráulico de Fibra de Carbono e NBR.** Disponível em: <https://www.teadit.com//storage/1576781663_NA1100%20PT.pdf>. Acesso em: 16 de mar. 2021.
- [47] TELLES, P. C. D. S. **Tubulações industriais: Cálculo.** 9ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.
- [48] TELLES, P. C. D. S. **Tubulações industriais: Materiais, Projeto, Montagem.** 10ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- [49] VEERAPANDI, R.; KARTHIKEYAN, G.; JINU, DR. G. R.; KANNAIAH, R.; 2014. Experimental Study and Analysis of Flow Induced Vibration in a pipeline. **International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT).** Volume 03, Edição 05 (maio de 2014).
- [50] ZÜRICH. Manômetro de processo. **Catálogo de manômetro ZIG.** Disponível em: <<https://www.zurichpt.com.br/pdf/zig.pdf>>. Acesso em: 9 de dez. 2020.

APÊNDICE A Memória de cálculo

MEMÓRIA DE CÁLCULO

1) Densidade do metano (CH₄)

Interpolação através da tabela de propriedades à pressão de 1 atm (ÇENGEL, 2015)

$$T_0 := 0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \rho_0 := 0.7158 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$T := 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_1 := 50 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \rho_1 := 0.6050 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho := \frac{T - T_0}{T_1 - T_0} (\rho_1 - \rho_0) + \rho_0 \quad \rho = 0.6715 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

2) Número de Mach

$$Q := 160 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

$$D := 49.24 \text{ mm}$$

$$A := \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$A = 0.002 \text{ m}^2$$

$$V_{med} := \frac{Q}{A}$$

$$V_{med} = 23.339 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$k := 1.31$$

$$R := 518.3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$c := \sqrt{k \cdot R \cdot T}$$

$$c = 446.14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$M := \frac{V_{med}}{c}$$

$$M = 0.052$$

3) Cálculos de rosca UNC

- Diâmetro máximo (d) e diâmetro menor (d_r)

$$d = 0.7500 \text{ in} \quad d_r = 0.6201 \text{ in}$$

$$d = 19.05 \text{ mm} \quad d_r = 15.751 \text{ mm}$$

- Fios por polegada (F.P.P)

$$F_{10} := 25.4 \text{ mm} \quad (10 \text{ fios em } 1 \text{ polegada})$$

$$F_1 := \frac{F_{10}}{10} \quad F_1 = 2.54 \text{ mm} \quad (1 \text{ fio compreenderá o comprimento de } 2,54 \text{ mm})$$

- Passo equivalente

$$p := F_1 \quad p = 2.54 \text{ mm} \quad \frac{p}{8} = 0.318 \text{ mm} \quad \frac{p}{16} = 0.159 \text{ mm}$$

4) Cálculo de rosca NPT (manômetro) - ASME B1.20.1 - 2013

$$d_e := 0.5400 \text{ in} \quad d_e = 13.716 \text{ mm} \quad (\text{diâmetro externo do tubo})$$

$$d_p := 0.47739 \text{ in} \quad d_p = 12.126 \text{ mm} \quad (\text{diâmetro do passo no início dos fios externos})$$

$$FPP := 18 \quad (\text{Fios por polegada})$$

$$P := 0.05555556 \text{ in} \quad P = 1.411 \text{ mm} \quad (\text{Passo})$$

$$L := 0.4018 \text{ in} \quad L = 10.206 \text{ mm} \quad (\text{comprimento efetivo de rosca})$$

$$L_T := 0.5946 \text{ in} \quad L_T = 15.103 \text{ mm} \quad (\text{comprimento total})$$

5) Conversão de valores - Momento de inércia

$$I_{xy} := 40315526232.63 \text{ gm} \cdot \text{mm}^2$$

$$I_{xy} = 40.32 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$I_{yz} := 18304957528.21 \text{ gm} \cdot \text{mm}^2$$

$$I_{yz} = 18.3 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

6) Cálculo estático - Reações do Skid

6-1) Massas para o modelo numérico

- Peso total do sistema

$$M_T := 121 \text{ kg}$$

$$P := M_T \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad P = (1.187 \cdot 10^3) \text{ N}$$

- Massas pontuais no modelo de reações

$$M_1 := (2.7 + 0.9) \text{ kg} \quad (1 \text{ flange mais } 1 \text{ curva } 90^\circ)$$

$$M_1 = 3.6 \text{ kg}$$

$$M_2 := 9.17 \text{ kg} + 2 \cdot (4 \cdot 1.9 \cdot 0.1 + 8 \cdot 0.0222 + 8 \cdot 0.051) \text{ kg} + 2 \cdot 2.7 \text{ kg}$$

$$M_2 = 17.261 \text{ kg} \quad (\text{Válv. esfera, } 8 \text{ barras de } 100 \text{ mm, } 16 \text{ arruelas, } 16 \text{ porcas e } 2 \text{ flanges})$$

$$M_3 := 0.9 \text{ kg} \quad (1 \text{ curva } 90^\circ)$$

$$M_4 := 25 \text{ kg} + 2 \cdot (4 \cdot 1.9 \cdot 0.08 + 8 \cdot 0.0222 + 8 \cdot 0.051) \text{ kg} + 2 \cdot 2.7 \text{ kg}$$

$$M_4 = 32.787 \text{ kg} \quad (\text{Filtro, } 8 \text{ barras de } 80 \text{ mm, } 16 \text{ arruelas, } 16 \text{ porcas e } 2 \text{ flanges})$$

$$M_5 := 0.75 \text{ kg} \quad (\text{Manômetro})$$

$$M_6 := 13 \text{ kg} + 2 \cdot (4 \cdot 1.9 \cdot 0.08 + 4 \cdot 0.0222 + 4 \cdot 0.051) \text{ kg} + 2 \cdot 2.7 \text{ kg}$$

$$M_6 = 20.202 \text{ kg} \quad (\text{Medidor, } 8 \text{ barras de } 80 \text{ mm, } 8 \text{ arruelas, } 8 \text{ porcas e } 2 \text{ flanges})$$

$$M_7 := 0.5 \text{ kg} + 2 \cdot (2 \cdot 1.9 \cdot 0.1 + 4 \cdot 0.0222 + 4 \cdot 0.051) \text{ kg} + 2 \cdot 2.7 \text{ kg}$$

$$M_7 = 7.246 \text{ kg} \quad (1 \text{ placa de restrição, } 4 \text{ barras de } 100 \text{ mm, } 4 \text{ arruelas, } 4 \text{ porcas e } 2 \text{ flanges})$$

$$M_8 := 0.9 \text{ kg} \quad (1 \text{ curva } 90)$$

$$M_{9'} := (9.17 + 1.5) \text{ kg} + 2 \cdot (2 \cdot 1.9 \cdot 0.15 + 4 \cdot 0.0222 + 4 \cdot 0.051) \text{ kg}$$

$$M_{9''} := 2 \cdot (2 \cdot 1.9 \cdot 0.1 + 4 \cdot 0.0222 + 4 \cdot 0.051) \text{ kg} + 2 \cdot 2.7 \text{ kg}$$

$$M_9 := M_{9'} + M_{9''} \quad (1 \text{ válv. esfera, } 1 \text{ válv. retenção, } 4 \text{ barras de } 150 \text{ mm e } 4 \text{ barras de } 100 \text{ mm, } 16 \text{ arruelas, } 16 \text{ porcas e } 2 \text{ flanges})$$

$$M_9 = 19.141 \text{ kg}$$

$$M_{10} := (2.7 + 0.9) \text{ kg} \quad (1 \text{ flange mais } 1 \text{ curva } 90^\circ)$$

$$M_{10} = 3.6 \text{ kg}$$

$$ML_{Tubo} := 7.47 \frac{kg}{m}$$

$$L_{Tubo} := (4 \cdot 0.55 + 1.74) \text{ m}$$

$$M_{Tubo} := ML_{Tubo} \cdot L_{Tubo}$$

$$M_{Tubo} = 29.432 \text{ kg}$$

- Massa total estipulada no modelo de reações

$$M_{Total} := M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 + M_7 + M_8 + M_9 + M_{10} + M_{Tubo}$$

$$M_{Total} = 135.819 \text{ kg}$$

$$P_{Total} := M_{Total} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$P_{Total} = (1.332 \cdot 10^3) \text{ N}$$

6-2) Modelo analítico

$$e := 5.54 \text{ mm}$$

$$D := 49.24 \text{ mm} + e$$

$$D = 54.78 \text{ mm}$$

$$L := 0.580 \text{ m}$$

$$E := 200000 \text{ MPa}$$

$$I_x := \frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - (D-e)^4)$$

$$I_x = 15.347 \text{ cm}^4$$

$$W := 0 \quad (\text{sem sobrecarga})$$

$$ML_{Tubo} := 7.47 \frac{kg}{m}$$

$$q := ML_{Tubo} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$q = 73.281 \frac{N}{m}$$

(cargas distribuídas, sem contar o peso do gás)

$$Q := M_4 \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$Q = 321.642 \text{ N} \quad (\text{carga concentrada do conjunto do filtro})$$

$$\delta := \frac{2400 \cdot L^3}{E \cdot I_x} \cdot \left(\frac{Q+W}{3} + \frac{q \cdot L}{4} \right) \quad (\text{flecha máxima em mm})$$

$$\delta := \frac{2400 \cdot 0.580^3}{200000 \cdot 15.347} \cdot \left(\frac{321.642 + 0}{3} + \frac{73.281 \cdot 0.580}{4} \right) \quad \delta = 0.018$$

7) Cálculo dinâmico

7-1) Análise de tensão

- Tensão circunferencial

$$p := 7 \text{ bar} \quad p = 0.7 \text{ MPa}$$

$$\frac{D}{e} = 9.9 \quad (\text{Relação diâmetro externo e espessura de parede maior do que 6, condição confirmada})$$

$$\sigma_c := \frac{p \cdot D}{2 \cdot e} \quad \sigma_c = 3.46 \text{ MPa}$$

7-2) Modelo numérico

- Velocidade (compressor) - Frequência de excitação

$$\omega := 1000 \text{ rpm} \quad \omega = 104.72 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (\text{multiplicando por } 2\pi \text{ e dividindo por } 60 \text{ min})$$

$$\omega_{\text{hz}} := \frac{\omega}{2\pi} \quad \omega_{\text{hz}} = 16.67 \text{ Hz}$$

8) Dimensionamento do skid

8-1) Fator de segurança

$$\sigma_{rup} := 250 \text{ MPa} \quad FS := 3.0$$

$$\sigma_{adm} := \frac{\sigma_{rup}}{FS} \quad \sigma_{adm} = 83.3 \text{ MPa}$$

8-2) Seleção

$$F_i := 422.1 \text{ N} \quad F := FS \cdot F_i$$

$$F = (1.266 \cdot 10^3) \text{ N}$$

8-2-1) Vigas perfil "U"

$$M_{m\acute{a}x} := F \cdot 0.15 \text{ m} \quad M_{m\acute{a}x} = 190 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$S_{req} := \frac{M_{m\acute{a}x}}{\sigma_{adm}} \quad S_{req} = (2.279 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3 \quad S_{req} = 2.28 \text{ cm}^3$$

8-2-2) Vigas perfil "I" verticais

$$F_U := 6.10 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 0.150 \text{ m} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad F_U = 9 \text{ N}$$

$$F_F := F + F_U \quad F_F = (1.275 \cdot 10^3) \text{ N}$$

- Carga crítica

$$E := 200 \text{ GPa}$$

$$I_y := 8.20 \text{ cm}^4 \quad L := 1036 \text{ mm} \quad K := 2$$

$$P_{cr} := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{(K \cdot L)^2} \quad P_{cr} = (3.8 \cdot 10^4) \text{ N}$$

- Esforços na viga I intermediária

$$R_2 := 224.37 \text{ N} \quad R_3 := 134.20 \text{ N} \quad R_4 := 172.63 \text{ N}$$

$$R_2 + R_3 + R_4 = 531.2 \text{ N}$$

$$F_I := \left(8.48 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 1.030 \text{ m} \right) \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \quad F_I = 85.68 \text{ N}$$

$$P_V := F_U + F_I \quad P_V = 94.66 \text{ N}$$

$$R_2 + P_V = 319.03 \text{ N} \quad R_3 + P_V = 228.86 \text{ N} \quad R_4 + P_V = 267.29 \text{ N}$$

$$M_1 := (R_2 + P_V) \cdot 0.543 \text{ m} \quad M_1 = 173.234 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_2 := (R_3 + P_V) \cdot 0.783 \text{ m} \quad M_2 = 179.2 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_3 := (R_4 + P_V) \cdot 1.363 \text{ m} \quad M_3 = 364.32 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$R_b := \frac{M_1 + M_2 + M_3}{1.645 \text{ m}} \quad R_b = 435.71 \text{ N} \quad (\text{Reações nos engastes})$$

$$R_a := (R_2 + P_V) + (R_3 + P_V) + (R_4 + P_V) - R_b \quad R_a = 379.47 \text{ N}$$

$$V_1 := R_a \quad V_1 = 379.47 \text{ N}$$

$$V_2 := V_1 - (R_2 + P_V) \quad V_2 = 60.44 \text{ N}$$

(Momentos em relação ao ponto A)

(Cálculo dos esforços cortantes)

$$V_3 := V_2 - (R_3 + P_V) \quad V_3 = -168.42 \text{ N}$$

$$V_4 := V_3 - (R_4 + P_V) \quad V_4 = -435.71 \text{ N}$$

$$V_5 := V_4 + R_b \quad V_5 = 0 \text{ N}$$

$$M_1 = 173.23 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_2 := (R_a \cdot 0.783 \text{ m}) - ((R_2 + P_V) \cdot (0.783 - 0.543) \text{ m}) \quad M_2 = 220.56 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_3 := (R_a \cdot 1.363 \text{ m}) - ((R_2 + P_V) \cdot (1.363 - 0.543) \text{ m}) - ((R_3 + P_V) \cdot (1.363 - 0.783) \text{ m})$$

$$M_3 = 122.87 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{4'} := (R_a \cdot 1.645 \text{ m}) - ((R_2 + P_V) \cdot (1.645 - 0.543) \text{ m}) - ((R_3 + P_V) \cdot (1.645 - 0.783) \text{ m})$$

$$M_{4''} := (R_4 + P_V) \cdot (1.645 - 1.363) \text{ m}$$

$$M_4 := M_{4'} - M_{4''} \quad M_4 = 0 \text{ N} \cdot \text{m}$$

- Momento máximo: 220.56 N.m

$$M_{m\acute{a}x} := M_2 \quad M_{m\acute{a}x} = 221 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$S_{req} := \frac{M_{m\acute{a}x}}{\sigma_{adm}} \quad S_{req} = (2.647 \cdot 10^{-6}) \text{ m}^3 \quad S_{req} = 2.65 \text{ cm}^3$$

APÊNDICE B Desenho Técnico

1

2

3

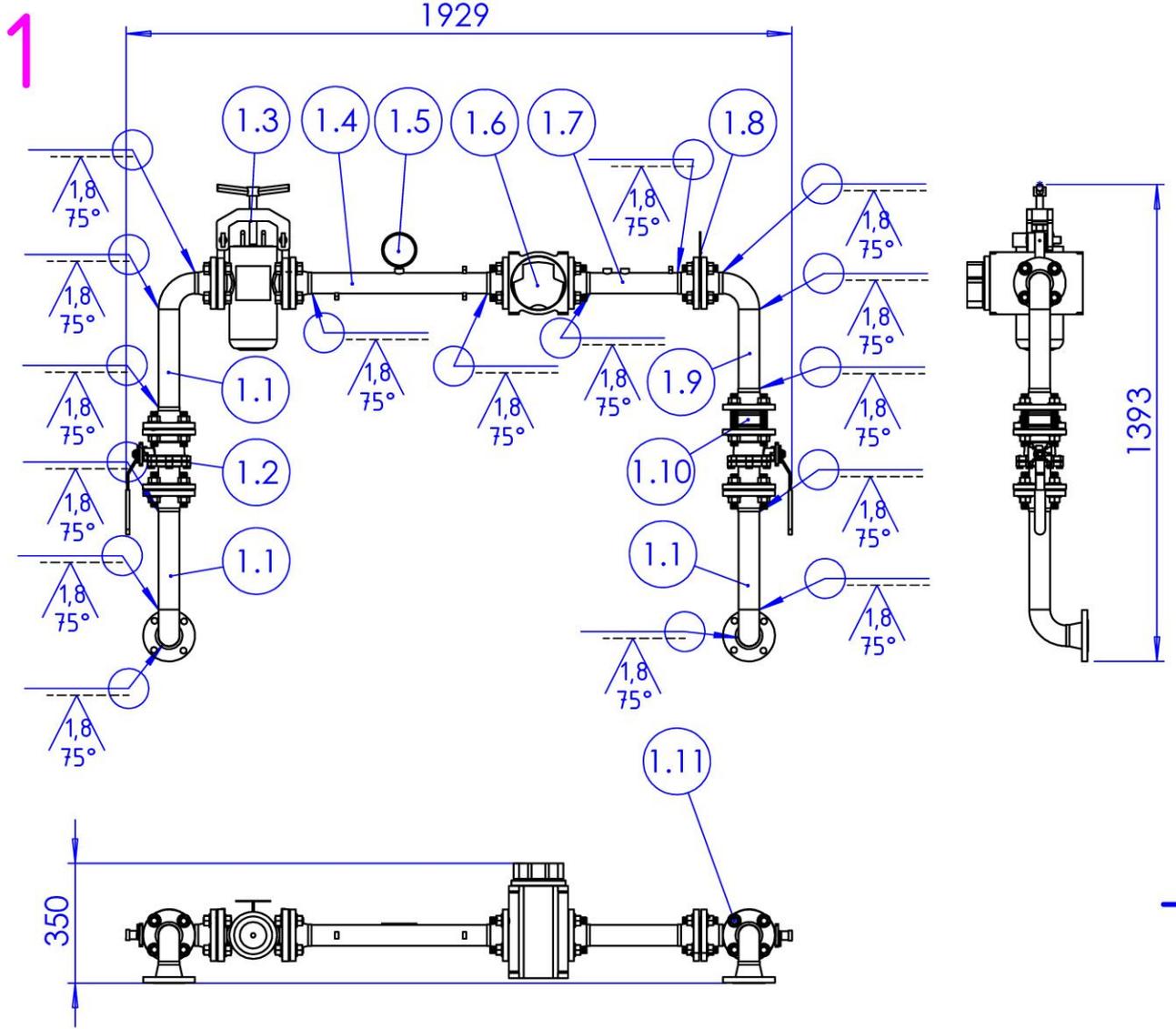
4

A

B

A

B



1.11	Elementos de Fixação	164	Aço inox 304 - Φ 3/4"
1.10	Válvula de Retenção	01	Aço inox CF8M - Φ 101x54
1.9	Curva 2	01	Aço ASTM A53 Gr.A - Φ 150x214,8x446,8
1.8	Placa de Restrição	01	Aço AISI 316 - Φ 95x3,18x197
1.7	Trecho Reto 2	01	Aço ASTM A53 Gr.A - Φ 150x381,2
1.6	Medidor G100	01	Alumínio - 335x171x182
1.5	Manômetro	01	Aço inox 304 - 115,1x50
1.4	Trecho Reto 1	01	Aço ASTM A53 Gr.A - Φ 150x635,2
1.3	Filtro	01	Aço fundido - 211x483,32
1.2	Válvula esfera	02	Aço inox 304 - Φ 151x308
1.1	Curva 1	03	Aço ASTM A53 Gr.A - Φ 150x214,8x500,8
1	Tubulação	01	Aço ASTM A53 Gr.A - 1929x350x1393

Item	Denominações	Quant.	Material e Dimensões	
	Título: ESTAÇÃO DE MEDIÇÃO GNV Tubulação		Empresa: CEFET-RJ	
	Tempo Previsto: 72h	Desenhado: Rodrigo Sant'Anna	Revisado: Fernando Ribeiro	
	Nome do arquivo: Projeto de Estação GNV.pdf	Unidade: mm	Folha Nº: 2/9	Data: 17/04/2021
			Escala: 1:20	

1

2

3

4

D

A

B

C

D

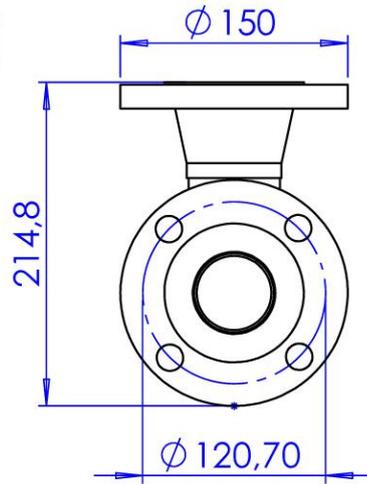
1

2

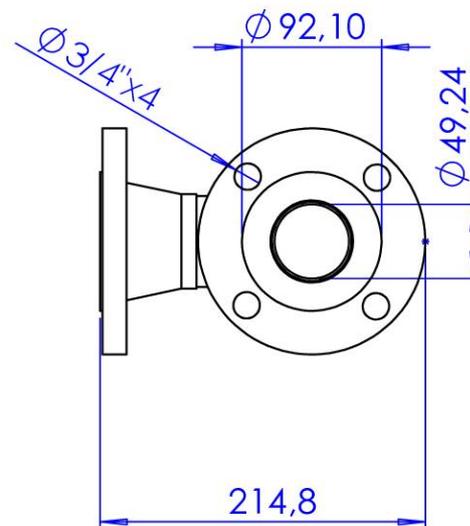
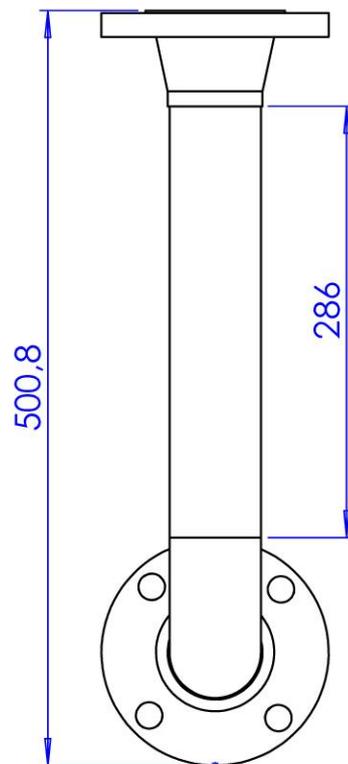
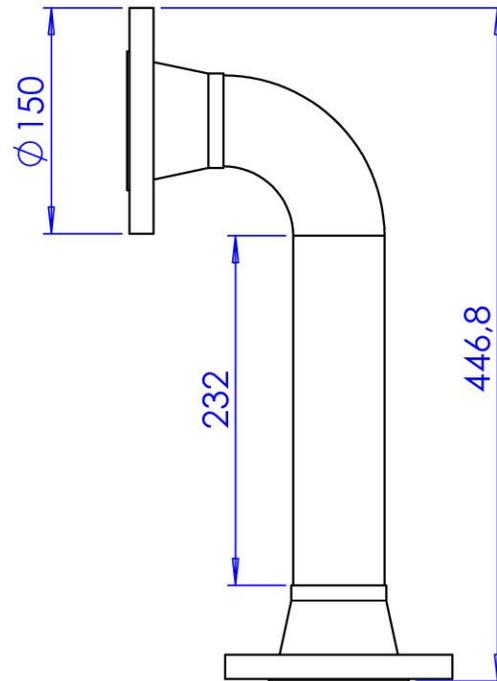
3

4

1.1



1.9



1.2	Curva 2	01	Aço ASTM A53 Gr.A - $\Phi 150 \times 214,8 \times 446,8$
1.1	Curva 1	03	Aço ASTM A53 Gr.A - $\Phi 150 \times 214,8 \times 500,8$

Item	Denominações	Quant.	Material e Dimensões
------	--------------	--------	----------------------



Título:
ESTAÇÃO DE MEDIÇÃO GNV
Curvas 90°

Empresa:
CEFET-RJ

Tempo Previsto:
72h

Desenhado:
Rodrigo Sant'Anna

Revisado:
Fernando Ribeiro

Data:
17/04/2021

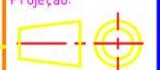
Projeção:

Nome do arquivo:
Projeto de Estação GNV.pdf

Unidade:
mm

Folha Nº:
3/9

Escala:
1:5



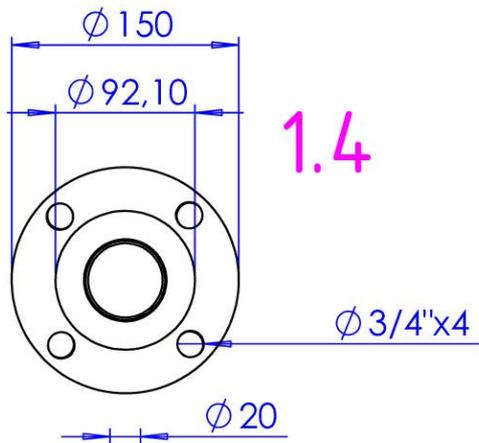
1

2

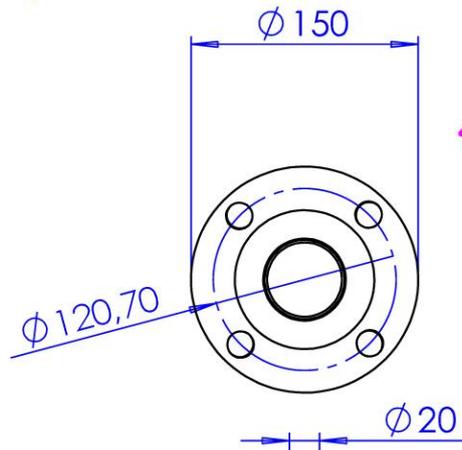
3

4

A

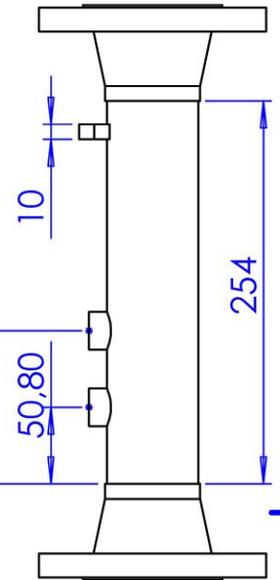
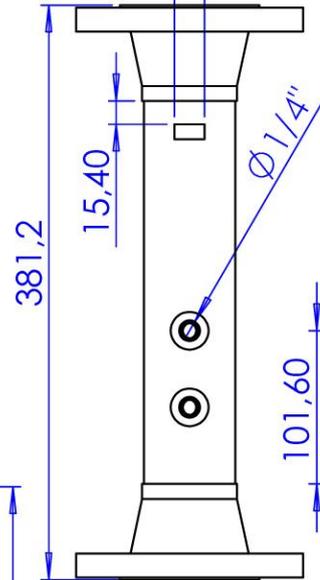
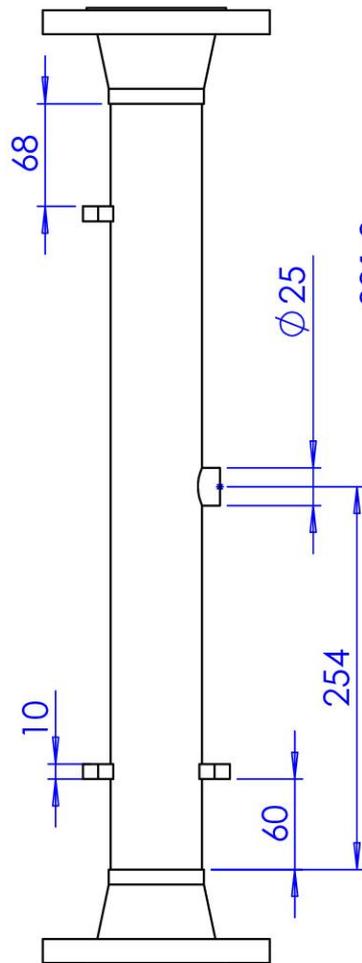
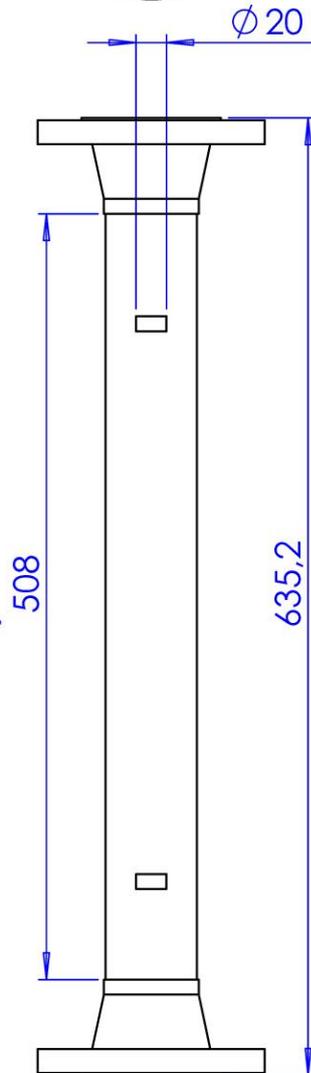


1.4



1.7

B



C

D

1.7	Trecho Reto 2	01	Aço ASTM A53 Gr.A - $\varnothing 150 \times 381,2$
1.4	Trecho Reto 1	01	Aço ASTM A53 Gr.A - $\varnothing 150 \times 635,2$

Item	Denominações	Quant.	Material e Dimensões
------	--------------	--------	----------------------



Título:
ESTAÇÃO DE MEDIÇÃO GNV
Trechos retos

Empresa:
CEFET-RJ

Tempo Previsto: 72h

Desenhado: Rodrigo Sant'Anna

Revisado: Fernando Ribeiro

Data: 17/04/2021

Projeção:

Nome do arquivo:
Projeto de Estação GNV.pdf

Unidade: mm

Folha Nº: 4/9

Escala: 1:5



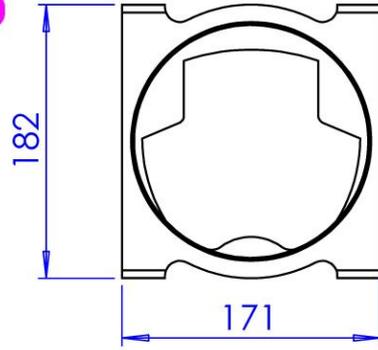
1

2

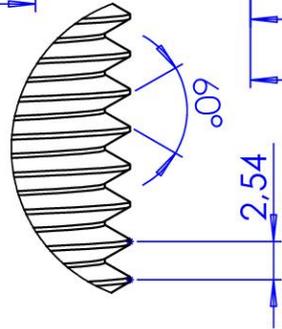
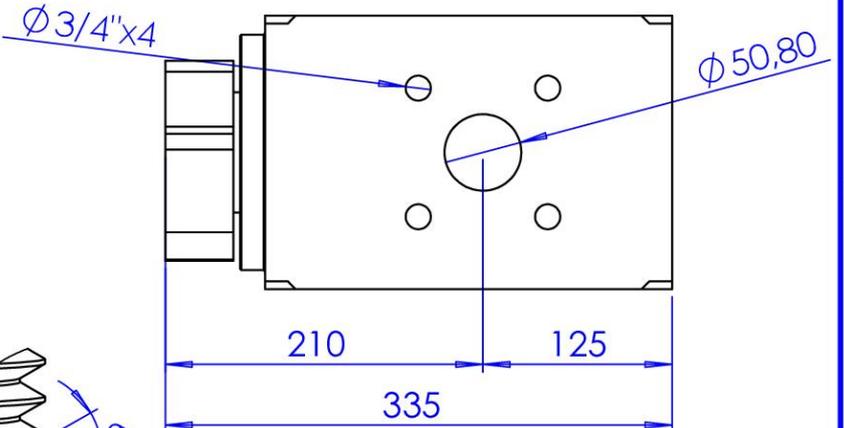
3

4

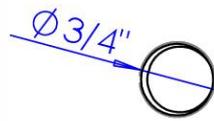
1.6



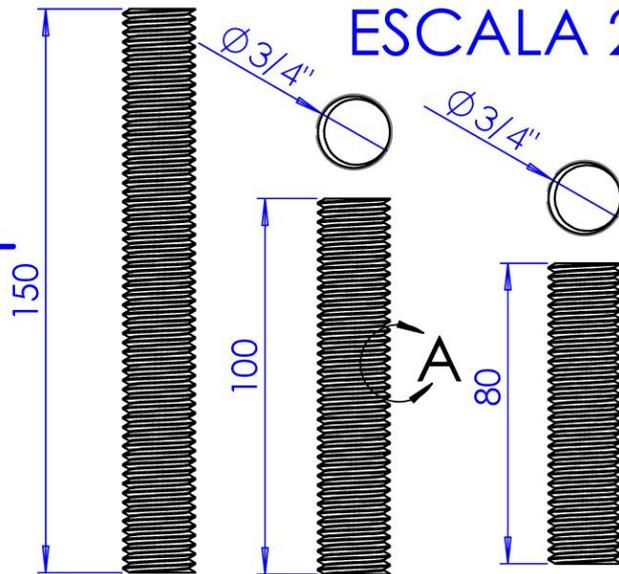
ESC 1:5



1.11

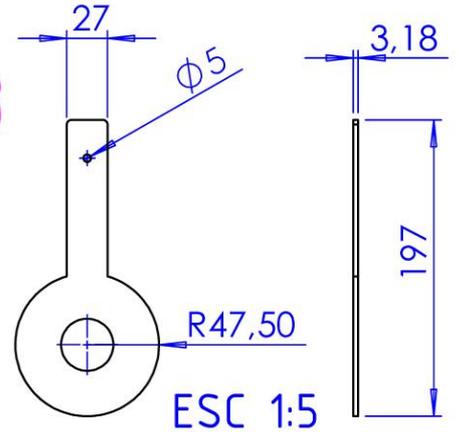


DETALHE A
ESCALA 2:1



1.11.1 1.11.2 1.11.3

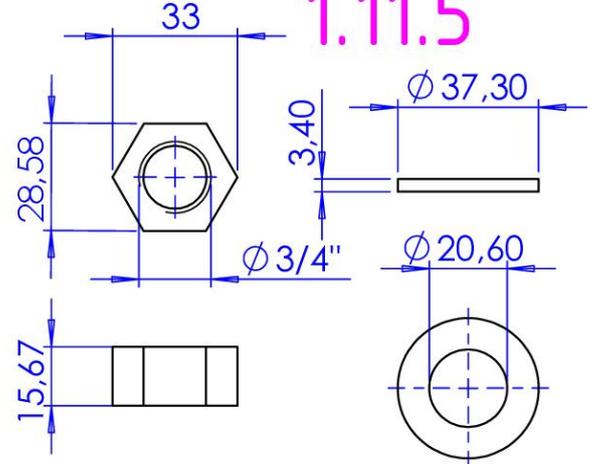
1.8



ESC 1:5

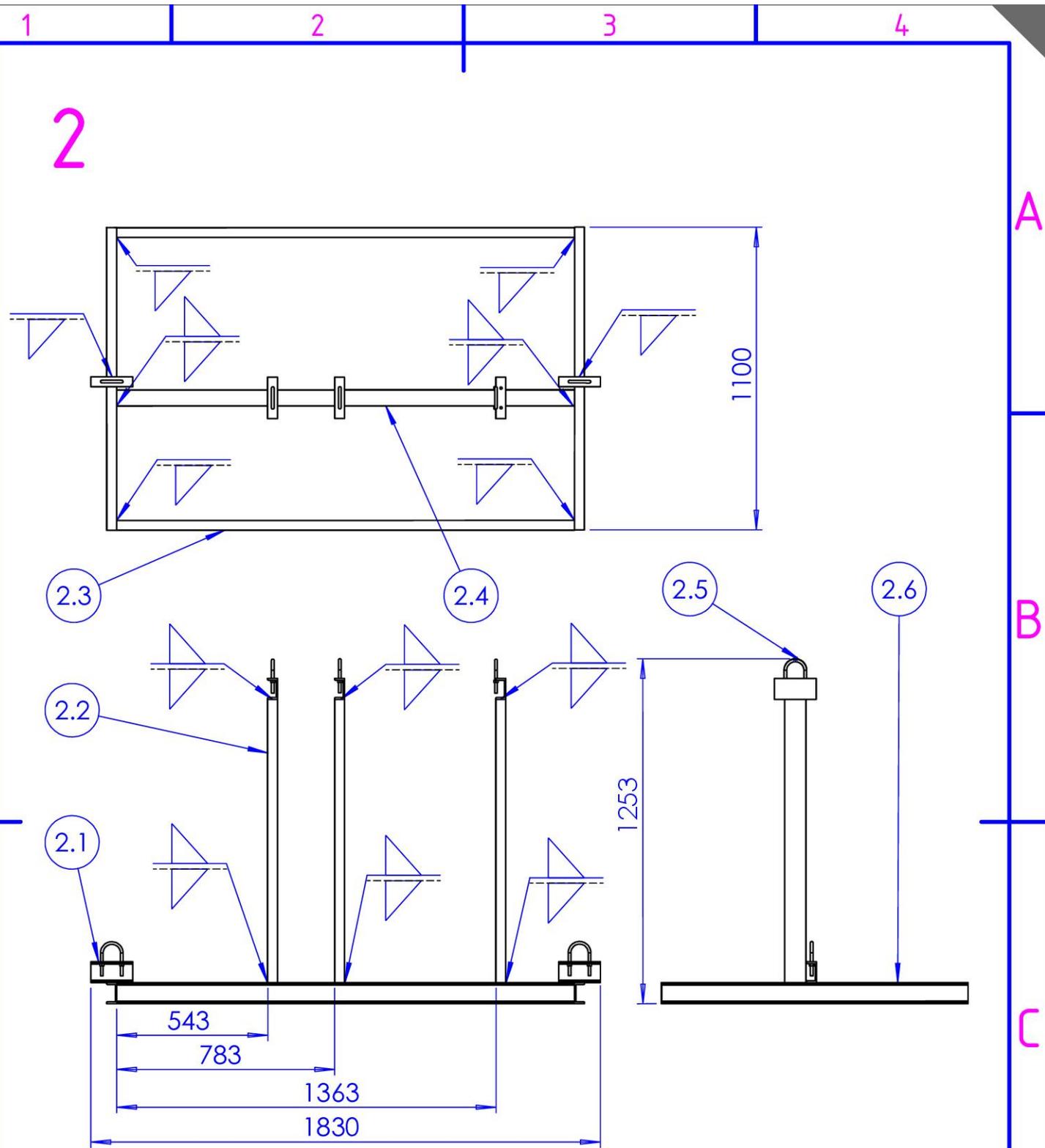
1.11.4

1.11.5



1.11.5	Arruela lisa	64	Aço inox 304 - Φ 37,3x3,4
1.11.4	Porca sextavada	64	Aço inox 304 - 33x15,67
1.11.3	Barra	16	Aço inox 304 - Φ 3/4"x80
1.11.2	Barra	20	Aço inox 304 - Φ 3/4"x100
1.11.1	Barra	04	Aço inox 304 - Φ 3/4"x150
1.11	Elementos de fixação	168	Aço inox 304 - Φ 3/4"
1.8	Placa de restrição	01	Aço AISI 316 - Φ 95x3,18x197
1.6	Medidor G100	01	Alumínio - 335x171x182

Item	Denominações	Quant.	Material e Dimensões
	Título: ESTAÇÃO DE MEDIÇÃO GNV Medidor, placa de restrição e elementos de fixação		Empresa: CEFET-RJ
	Tempo Previsto: 72h	Desenhado: Rodrigo Sant'Anna	Revisado: Fernando Ribeiro
	Nome do arquivo: Projeto de Estação GNV.pdf	Unidade: mm	Folha Nº: 6/9
			Data: 17/04/2021
		Escala: 1:2	



2.6	Base lateral em viga "U"	02	Aço ASTM A36 - 108,97x30x97,44
2.5	Abraçadeiras tipo "U" vergalhão	05	Aço ASTM A36 - 108,97x30x97,44
2.4	Base intermediária em viga "I"	01	Aço ASTM A36 - 108,97x30x97,44
2.3	Base frontal em viga "U"	02	Aço ASTM A36 - 108,97x30x97,44
2.2	Coluna em viga "U"	03	Aço ASTM A36 - 108,97x30x97,44
2.1	Suporte em viga "U"	05	Aço ASTM A36 - 108,97x30x97,44
2	Skid	01	Aço ASTM A36 - 1830x1100x1253

Item	Denominações	Quant.	Material e Dimensões
------	--------------	--------	----------------------



Título:
ESTAÇÃO DE MEDIÇÃO GNV
Skid

Empresa:
CEFET-RJ

Tempo Previsto: 72h

Desenhado: Rodrigo Sant'Anna

Revisado: Fernando Ribeiro

Data: 17/04/2021

Projeção:

Nome do arquivo:
Projeto de Estação GNV.pdf

Unidade: mm

Folha Nº: 7/9

Escala: 1:20



A

B

C

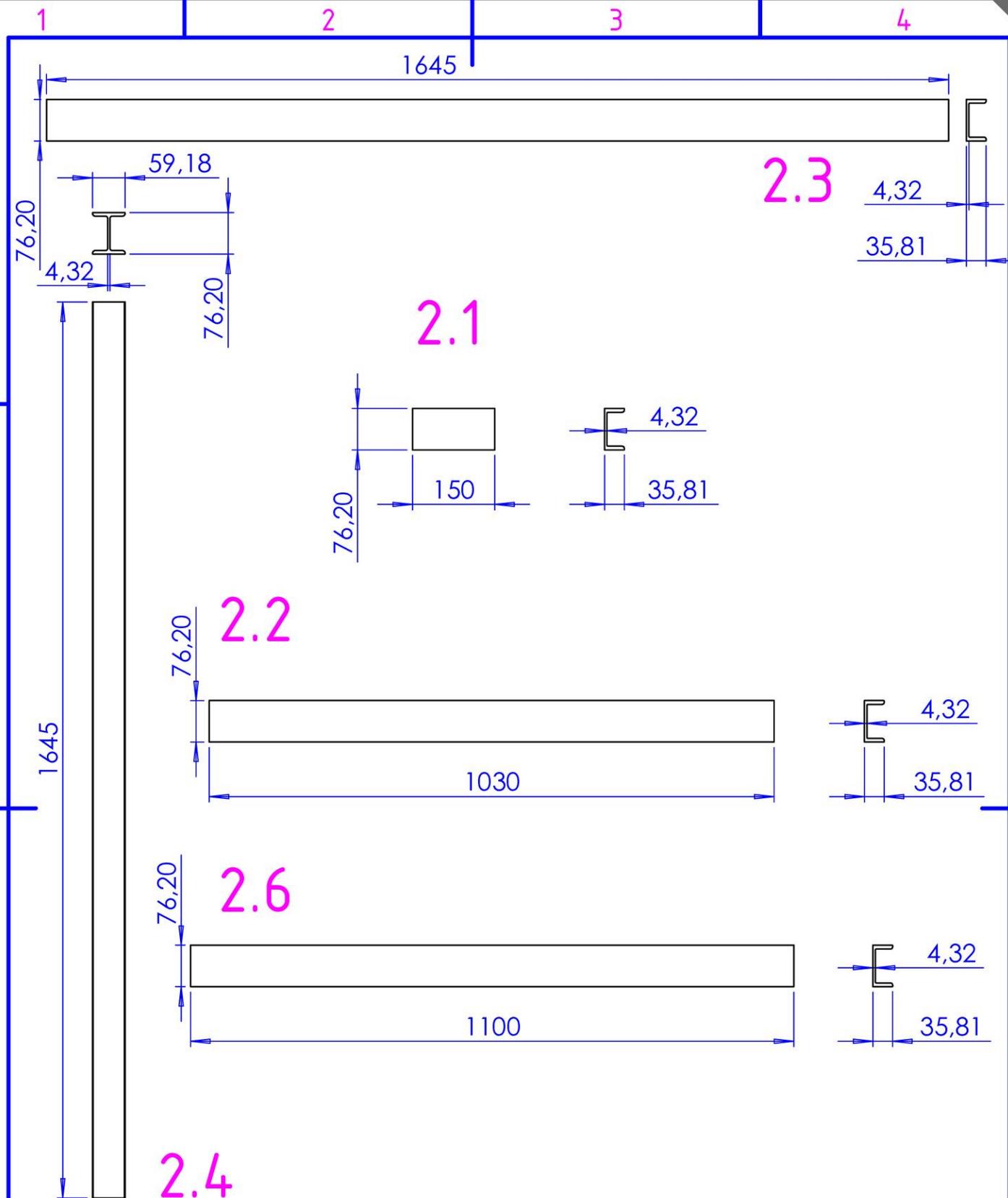
D

A

B

C

D



2.6	Base lateral em viga "U"	02	Aço ASTM A36 - 1100x35,81x76,20
2.4	Base intermediária em viga "I"	01	Aço ASTM A36 - 1645x59,18x76,20
2.3	Base frontal em viga "U"	02	Aço ASTM A36 - 1645x35,81x76,20
2.2	Coluna em viga "U"	03	Aço ASTM A36 - 1030x35,81x76,20
2.1	Suporte em viga "U"	05	Aço ASTM A36 - 150x35,81x76,20

Item	Denominações	Quant.	Material e Dimensões			
	Título: ESTAÇÃO DE MEDIÇÃO GNV Vigas		Empresa: CEFET-RJ			
	Tempo Previsto: 72h	Desenhado: Rodrigo Sant'Anna	Revisado: Fernando Ribeiro	Data: 17/04/2021	Projeção: 	
	Nome do arquivo: Projeto de Estação GNV.pdf		Unidade: mm	Folha Nº: 8/9	Escala: 1:10	

1

2

3

4

2.5

2.5.1

A

A

B

B

C

C

D

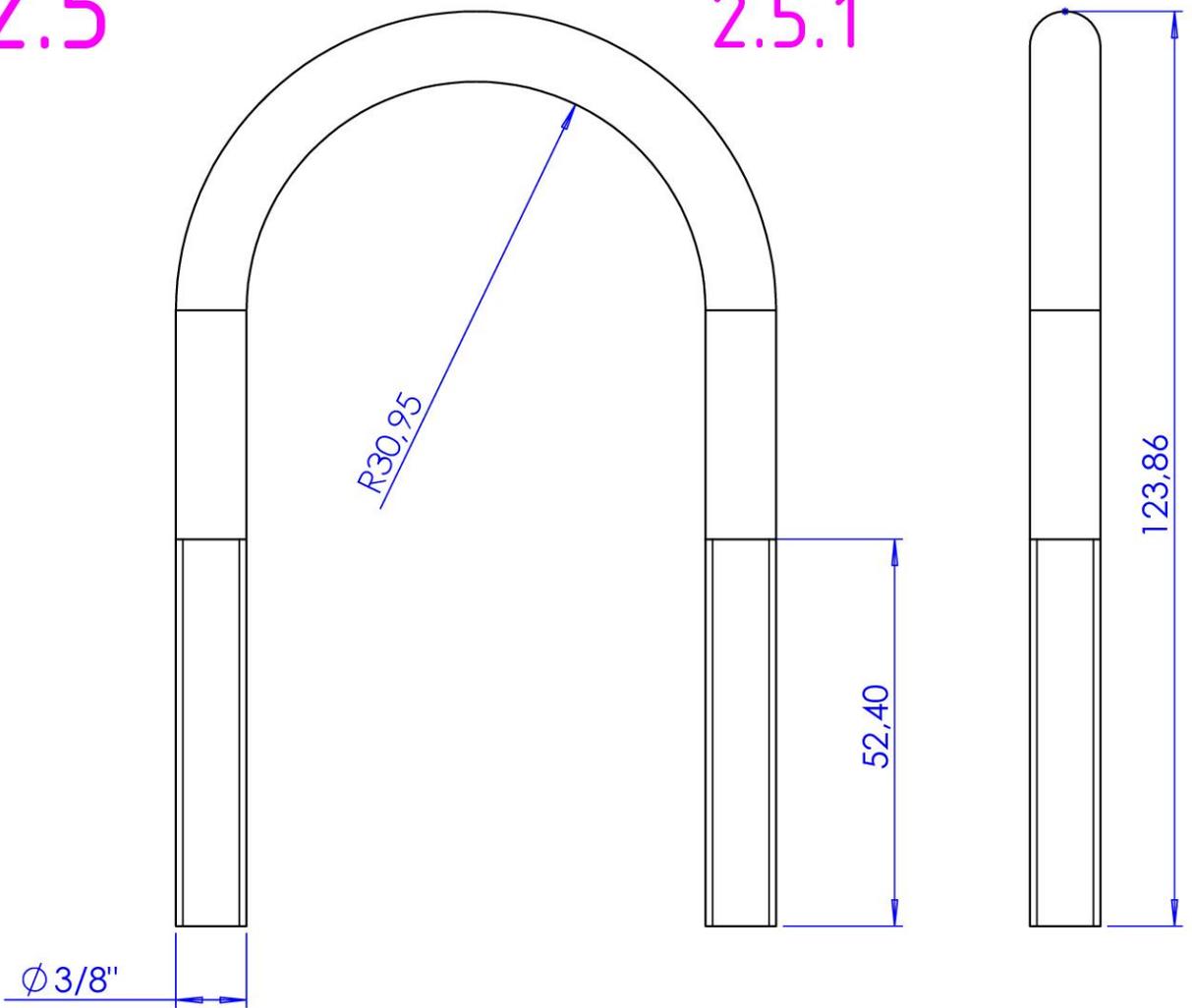
D

1

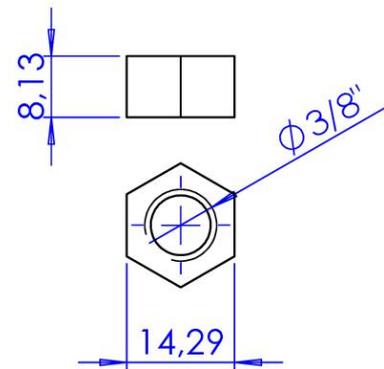
2

3

4



2.5.2



2.5.2	Porca sextavada fixadora	10	Aço galvanizado - 14,29x8,13
2.5.1	Abraçadeira tipo "U"	05	Aço galvanizado - R30,95x ϕ 3/4"x123,86
2.5	Abraçadeira tipo "U" vergalhão	05	Aço galvanizado - 2"x5/16"

Item	Denominações	Quant.	Material e Dimensões
------	--------------	--------	----------------------



Título:
ESTAÇÃO DE MEDIÇÃO GNV
Abraçadeira tipo "U"

Empresa:
CEFET-RJ

Tempo Previsto: 72h

Desenhado: Rodrigo Sant'Anna

Revisado: Fernando Ribeiro

Data: 17/04/2021

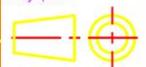
Projeção:

Nome do arquivo:
Projeto de Estação GNV.pdf

Unidade: mm

Folha Nº: 9/9

Escala: 1:1



1

2

3

4

ANEXO A Catálogos

1 - Junta de isolamento elétrico TEADIT



ELECTRON® CS

Junta Isolante Elétrica

Descrição:

Electron® CS é uma junta isolante elétrica e de vedação desenvolvida a partir de PTFE reestruturado, Tealon®. O conjunto inclui luvas isolantes em G-10 (1 por estojo), arruelas isolantes em G-10 (1 por estojo) e arruelas metálicas em aço carbono galvanizado (2 por estojo).

Aplicações:

Electron® CS foi projetada para atender aos requisitos de selabilidade e de isolamento elétrico em ambientes de maior agressividade química. O conjunto é recomendado para tubulações de água (potável, do mar, residuais e produzida), gases, ácidos e hidrocarbonetos em geral. Electron® CS apresenta performance superior e mais confiável que as juntas feitas a partir de resina fenólica, frequentemente recomendadas nesses processos.

Propriedades Físicas Típicas:

Dados Técnicos	
Flanges Tipo/Classe	FF e RF ASME 150 e 300#
Resistência elétrica	> 100 MΩ (1.500 Vcc)
Rigidez dielétrica	4 kV (60 Hz Vac por 1 minuto)
Limite de esmagamento	180 MPa (26.000 psi)
Temperatura máxima	180 °C (356 °F)

Selabilidade

Norma	DIN 3535-4
Vazamento	4,11E-05 mbar.l/s

Fatores de Aperto:

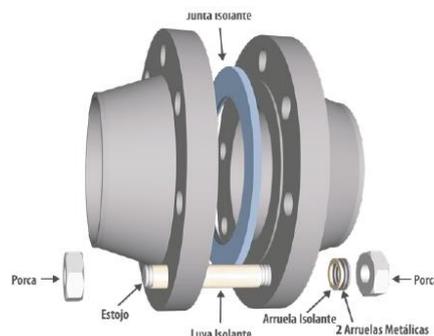
m	2
y	1.500 psi



Montagem de luvas e arruelas:

Configuração de instalação recomendada com base em testes de laboratório:

Componentes isolantes	
Luva	G-10
Arruela	G-10



Os parâmetros de aplicação indicados neste folheto são típicos. Para cada aplicação específica deverá ser realizado um estudo independente e uma avaliação de compatibilidade. Consulte-nos a respeito de recomendações para aplicações específicas. Um equívoco na seleção do produto mais adequado ou na sua aplicação pode resultar em danos materiais e/ou em sérios riscos pessoais, sendo que a Teadit não se responsabiliza pelo uso inadequado das informações constantes do presente folheto, nem por imprudência, negligência ou imperícia na sua utilização, colocando seus técnicos à disposição dos consumidores para esclarecer dúvidas e fornecer orientações adequadas em relação e aplicações específicas. Estas especificações estão sujeitas a mudanças sem prévio aviso, sendo que esta edição substitui todas as anteriores.

Teadit Indústria e Comércio Ltda.

 Av. Pastor Martin Luther King Jr., 8939 - Rio de Janeiro - CEP: 21530-012

 comercial@teadit.com.br

 +55 (19) 3765-6501

www.teadit.com/br

2 - Junta de vedação TEADIT

TEADIT® NA 1100

Papelão Hidráulico de Fibra de Carbono e NBR



Descrição:

O NA1100 é um papelão hidráulico composto de fibras de carbono e grafite, cargas reforçantes e materiais estáveis a elevadas temperaturas, ligados com borracha NBR. O processo de fabricação por meio de calandragem, sob alta pressão e temperatura, aliado a um rigoroso controle de qualidade permite obter um produto com excelente selabilidade, retenção de torque e resistência térmica.

Cor: preta.

Norma atendida: ASTM F104 – F712120E23M6



Aplicações:

É indicado para uma ampla gama de fluidos industriais, tais como, derivados de petróleo, solventes, água, vapor saturado e produtos químicos em geral. Com excelente selabilidade e retenção de torque, aprovado pelo KTW para uso em água potável e DIN 3535-6 sob o nº91.01 e 918 para uso em gás.



Propriedades Físicas Típicas:

Densidade - ASTM F1315 - g/cm ³	1,65
Compressibilidade - ASTM F36J - %	5-15
Recuperação - ASTM F36J - % mínimo	50
Resistência à Tração - ASTM F152 - MPa	15
Perda ao Fogo - ASTM F495 - % máximo	50
Aumento de Espessura - ASTM F146 - % máximo	
ASTM óleo IRM 903, 5h a 150°C	15
Fuel B, 5h a 25°C	15
Aumento de Peso - ASTM F146 - % máximo	
ASTM óleo IRM 903, 5h a 150°C	15
Fuel B, 5h a 25°C	15
Creep - ASTM F38 - %	22
Retenção de Torque - DIN 52913 - N/mm ²	35
Selabilidade a 1000psi - ASTM F37A - ml/h	0,2

Testes ASTM são baseados em folhas com espessura de 0,8 mm e testes DIN em folhas com espessura de 2,0 mm.



Fatores "m" e "y"⁽¹⁾

Espessura (mm)	"m"	"y" (psi)
1.6	2,9	3.500
3.2	4,1	3.500

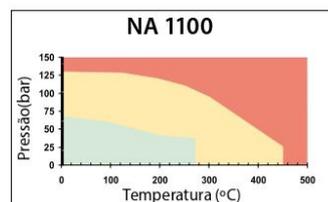
⁽¹⁾ Os fatores de aperto "m" e de esmagamento mínimo "y" de um material de vedação são os fatores a serem considerados quando do cálculo de torque de uma Junta de vedação. São parâmetros determinados experimentalmente por análise de resultados laboratoriais relativos às características inerentes a cada material específico e segundo os critérios obedecidos pelo fabricante. O apêndice 2 do Capítulo VIII Divisão 1 do Código ASME estabelece parâmetros para o projeto de juntas, com valores genéricos das características "m" (fator de aperto, que é sempre uma constante adimensional) e "y" (valor de esmagamento mínimo) da junta.

Os parâmetros de aplicação indicados neste folheto são típicos. Para cada aplicação específica deverá ser realizado um estudo independente e uma avaliação de compatibilidade. Consulte-nos a respeito de recomendações para aplicações específicas. Um equívoco na seleção do produto mais adequado ou na sua aplicação pode resultar em danos materiais e/ou em sérios riscos pessoais, sendo que a Teadit não se responsabiliza pelo uso inadequado das informações constantes do presente folheto, nem por imprudência, negligência ou imperícia na sua utilização, colocando seus técnicos à disposição dos consumidores para esclarecer dúvidas e fornecer orientações adequadas em relação e aplicações específicas. Estas especificações estão sujeitas a mudanças sem prévio aviso, sendo que esta edição substitui todas as anteriores.



Limites de Serviços:

Temperatura em uso contínuo	270°C
Temperatura máxima	450°C
Pressão em uso contínuo	70 bar
Pressão máxima	130 bar



- Área compatível para aplicação
- Consultar a Engenharia de Produtos Teadit
- Deve ser feita uma análise técnica mais detalhada



Fornecimento:

Fornecido em placas 1.500 mm x 1.600 mm ou 1.500 mm x 3.200 mm, nas espessuras de 0,4 mm a 6,4 mm. Outras espessuras sob consulta.



Aprovações:

KTW e DIN 3535-6

R.280716

Teadit Indústria e Comércio Ltda.

Av. Pastor Martin Luther King Jr., 8939 - Rio de Janeiro - CEP: 21530-012

comercial@teadit.com.br

+55 (19) 3765-6501

www.teadit.com/br

3 - Medidor ITRON

SÉRIE ALUMÍNIO

DELTA SILVER EDITION

A faixa Delta Silver Edition combina a faixa Delta comprovada da Itron com um produto ecológico, resultando em um medidor mais leve, pequeno e de fácil manutenção.



Faixa Delta Silver Edition

Características Principais

- » Somente a tampa frontal deve ser preenchida com lubrificante
- » Termopares: fornecidos como uma opção

- » Transmissor de Baixa Frequência Duplo conectado a um plugue Binder de 6 pinos. O recurso antivolação é fornecido como um padrão
- » O MF é fornecido como uma opção
- » O HF é fornecido como uma opção, conectado a um binder de 3 pinos. Possibilidade de ser readaptado

Características Técnicas

Faixa de vazão	0,4 m ³ /h a 250 m ³ /h
Designação G	G16, G25, G40, G65 G100 e G160
Range de medição	1:20 a 1:200
Diâmetro Nominal	50 e 80 (2" e 3")
Flanges	PN 10/16 e Classe 150 (125)
Faixa de pressão	19.3 bar

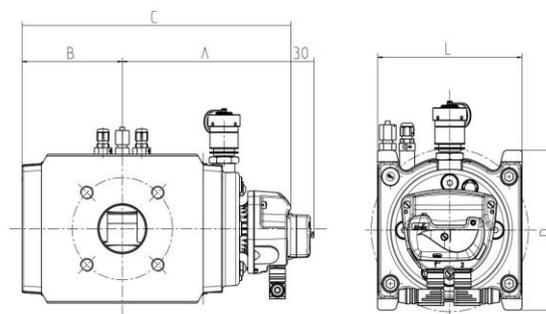
DN50/DN80:

Desig. G	Qmax (m ³ /h)	DN	Dist. de Flange a flange Dim.: L	Range de medição	Perda de Pressão Δpr ⁽¹⁾ (mbar)	1 Imp LF& Cyble (m ³ /Imp)	1 Imp MF (dm ³ /Imp)	Freq MF em Qmax (Hz)	1 Imp HF (dm ³ /Imp) (Padrão Engren. 32/40)	Freq HF em Qmax (Hz)	A	B	C	D	Vc (dm ³)	Peso (Kg)
G16	25	50	171	20 a 50	0.13	0.1	2.72	2.55	0.0583	119	172	87	259	182	0.59	9
G25	40	50	171	20 a 100	0.33	0.1	2.72	4.08	0.0583	191	172	87	259	182	0.59	9
G40	65	50	171	20 a 160	0.88	0.1	2.72	6.64	0.0583	310	172	87	259	182	0.59	9
G65	100	50	171	20 a 200	2.08	0.1	2.72	10.2	0.0583	476	172	87	259	182	0.59	9
G65	100	80	171	20 a 200	0.69	0.1	4.36	6.36	0.0935	297	210	125	335	182	0.94	13
G100	160	50	171	20 a 200	3.25	0.1	4.36	10.2	0.0935	475	210	125	335	182	0.94	13
G100	160	80	171	20 a 200	1.73	0.1	4.36	10.2	0.0935	475	210	125	335	182	0.94	13
G160	250	80	171	20 a 200	3.15	0.1	5.28	13.2	0.113	614	234	149	383	182	1.16	15

⁽¹⁾Δpr: Perda de pressão [mbar] com ρ = 0.83Kg/m³ e em Qmax



Delta Silver DN50 G40



4 - Conversor ITRON



CORUS

Conversor de Volume de Gás

O CORUS é um conversor de volume eletrônico indicado para aplicações comerciais e industriais. Converte o volume real medido pelo medidor de gás para as condições de referência. Assim, o CORUS é um elemento essencial para toda a cadeia de medida da Itron, desde o medidor até aos dados para faturamento.

O CORUS utiliza os valores medidos de funcionamento do volume, pressão e temperatura de modo a fornecer:

- » o volume convertido
- » o fator de conversão
- » o fator de compressibilidade (várias fórmulas disponíveis)
- » uma ampla base de dados
- » retransmissão de pulsos

DESCRIÇÃO

O volume registrado pelo medidor é convertido para as condições de referência usando a fórmula:

$$V_b = \frac{P_m}{P_b} \frac{T_b}{T_m} \frac{Z_b}{Z_m} V_m$$

Terminologia

- V_m volume não-convertido registrado pelo medidor
- V_b volume convertido em condições de referência (base)
- T_m temperatura do gás em condições de funcionamento
- T_b temperatura de referência (base)
- P_m pressão do gás em condições de funcionamento
- P_b pressão de referência (base)
- Z_m fator de compressibilidade em condições de funcionamento
- Z_b fator de compressibilidade em condições de referência (base)

O CORUS é construído numa caixa IP65 para instalação em parede ou no medidor. Graças a precisão do sensor de pressão piezo-resistivo e dos 4 cabos do sensor de temperatura PT1000, Corus fornece uma conversão precisa em todo range de temperatura.

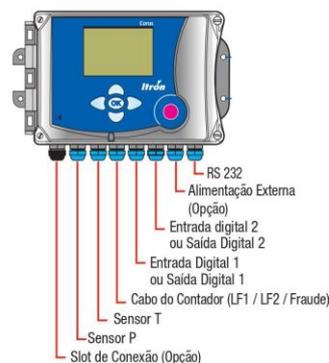
O firmware não-metrológico do CORUS pode ser atualizado em campo sem interromper as operações e sem romper os selos metrológicos (MID). A sua ampla base de dados integrada pode ser personalizada para se adaptar às necessidades do cliente. É possível configurar os dados registrados e o número de registros.

O CORUS é o elemento base de um sistema completo e extremamente flexível, perfeitamente adaptável aos requisitos do cliente:

- » Consumo, pressão e monitoramento da temperatura através da sua ampla base de dados para efeitos de faturamento
- » Funções de monitoramento para estações de Gás
- » Soluções remotas de leitura através de PSTN, GSM, GPRS ou TCP/IP com vários protocolos de comunicação integrados:
 - IEC-62056-21 (IEC-61107)
 - MODBUS RTU
 - IDOM

PRINCIPAIS BENEFÍCIOS

- » Conversor de Volume de Gás T, PT, PTZ
- » Em Conformidade com as Normas Europeias EN 12405-1 e EN 12405-1/A1
- » Aprovação MID
- » Aprovação ATEX para instalação em áreas classificadas (zona 0)
- » Ampla base de dados integrada
- » Compressibilidade de acordo com a AGANX19, S-GERG, AGA 8 (métodos brutos ou detalhados) ou Tabela Z
- » Porta RS 232 e óptica, para comunicação local / à distância
- » Elevada precisão em todos os ranges de temperatura e de pressão
- » Funcionamento autônomo (bateria) ou possibilidade de alimentação externa
- » Display gráfico de largas dimensões
- » Possibilidade de transferir novo firmware em campo
- » Entrada opcional interna para "Ex":
 - Modem PSTN (linha de telefonia fixa)
 - 2 Portas RS-485
 - Entrada para 2º sensor de pressão (P2)



Entradas / Saídas

5 - Tubulação de aço CENTURY TUBOS

Tabelas de Pesos e Medidas

Tubos Schedule

TUBO SCHEDULE						
Com ou sem Costura						
Nominal	Externo	Interno	Parede	Peso	Denomi- nação	Schedule
	mm	mm	mm	kg/mt		
1/4	13,72	9,24	2,24	0,63	STD	40
		7,68	3,02	0,8	XS	80
		7,12	3,3	0,82	-	160
3/8	17,15	12,53	2,31	0,85	STD	40
		10,75	3,2	1,1	XS	80
1/2	21,34	7,65	4,75	1,56	-	160
		15,8	2,77	1,26	STD	40
		14,16	3,59	1,62	XS	80
3/4	26,67	11,78	4,78	1,95	-	160
		6,4	7,47	2,54	XXS	-
		20,93	2,87	1,68	STD	40
1	33,4	18,85	3,91	2,19	XS	80
		15,55	5,56	2,89	-	160
		11,03	7,82	3,63	XXS	-
1 1/4	42,16	26,64	3,38	2,5	STD	40
		24,3	4,55	3,23	XS	80
		20,68	6,36	4,23	-	160
1 1/2	48,26	15,22	9,09	5,45	XXS	-
		35,04	3,56	3,38	STD	40
		32,46	4,85	4,46	XS	80
2	60,32	29,46	6,35	5,6	-	160
		22,76	9,7	7,75	XXS	-
		40,9	3,68	4,05	STD	40
2 1/2	73,03	38,1	5,08	5,4	XS	80
		33,98	7,14	7,23	-	160
		27,94	10,16	9,54	XXS	-
3	88,9	52,5	3,91	5,43	STD	40
		49,24	5,54	7,47	XS	80
		42,84	8,74	11,1	-	160
3 1/2	101,6	38,18	11,07	13,41	XXS	-
		62,71	5,16	8,62	STD	40
		59,01	7,01	11,4	XS	80
4	114,3	53,99	9,52	14,9	-	160
		44,99	14,02	20,37	XXS	-
		77,92	5,49	11,28	STD	40
5	141,3	73,66	7,62	15,25	XS	80
		66,64	11,13	21,31	-	160
		58,42	15,24	27,65	XXS	-
		90,12	5,74	13,56	STD	40
		85,44	8,08	18,6	XS	80
		102,26	6,02	16,06	STD	40
		97,18	8,56	22,29	XS	80
		92,04	11,13	28,27	-	120
		87,32	13,49	33,49	-	160
		80,06	17,12	40,98	XXS	-
		128,3	6,55	21,75	STD	40
		122,26	9,52	30,92	-	80
		115,9	12,7	40,25	XS	120
		109,54	15,88	49,01	-	160
		103,2	19,05	57,36	XXS	-

TUBO SCHEDULE						
Com ou sem Costura						
Nominal	Externo	Interno	Parede	Peso	Denomi- nação	Schedule
	mm	mm	mm	kg/mt		
6	168,3	155,6	6,35	25,33	STD	-
		154,08	7,11	28,23	-	40
		146,36	10,97	42,51	XS	80
		139,76	14,27	54,15	-	120
		131,78	18,26	67,48	-	160
		124,4	21,95	79,1	XXS	-
8	219,07	206,37	6,35	33,27	-	20
		204,99	7,04	36,75	-	30
		202,71	8,18	42,48	STD	40
		198,45	10,31	53,03	-	60
		193,67	12,7	64,56	XS	80
		188,89	15,09	75,81	-	100
		182,55	18,26	90,47	-	120
		177,83	20,62	100,83	-	140
		174,63	22,22	107,76	XXS	-
		173,05	23,01	111,14	-	160
		260,35	6,35	41,74	-	20
		257,45	7,8	50,95	-	30
10	273,05	254,51	9,27	60,23	STD	40
		247,65	12,7	81,45	XS	60
		242,87	15,09	95,87	-	80
		236,53	18,26	114,62	-	100
		230,17	21,44	132,86	-	120
		222,25	25,4	154,95	XXS	140
		215,91	28,57	172,07	-	160
		311,14	6,35	49,67	-	20
		307,08	8,38	65,13	-	30
		304,8	9,52	73,75	STD	-
12	323,84	303,22	10,31	79,64	-	40
		298,44	12,7	97,34	XS	-
		295,3	14,27	108,85	-	60
		288,9	17,47	131,88	-	80
		280,96	21,44	159,69	-	100
		273,04	25,4	186,73	XXS	120
		266,7	28,57	207,83	-	140
		257,2	33,32	238,49	-	160
		344,94	6,35	54,69	-	10
		339,76	7,92	67,87	-	20
14	355,6	336,56	9,52	81,2	STD	30
		334,34	11,13	94,4	-	40
		330,2	12,7	107,27	XS	-
		325,22	15,19	126,56	-	60
		317,55	19,05	157,92	-	80
		307,96	23,82	194,7	-	100
		300,02	27,79	224,38	-	120
		292,1	31,75	253,27	-	140
		284,18	35,71	281,4	-	160

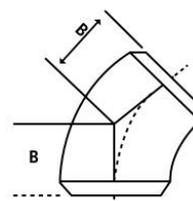
6 - Curvas 90° Açotubo

Conexões - Curva e CAPS | Tampão - Espessura de Parede

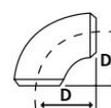
Diâmetro Nominal pol. (")	Diâmetro Externo (mm)	Espessura de Parede											
		Schedule 20	Schedule 30	STD	Schedule 40	Schedule 60	XS	Schedule 80	Schedule 100	Schedule 120	Schedule 140	Schedule 160	XXS
1/2	21,30	-	-	2,76	2,77	-	3,73	3,73	-	-	-	4,77	7,46
3/4	26,67	-	-	2,87	2,87	-	3,91	3,91	-	-	-	5,56	7,82
1	33,40	-	-	3,37	3,38	-	4,54	4,55	-	-	-	6,35	9,09
1 1/4	42,16	-	-	3,55	3,56	-	4,85	4,85	-	-	-	6,35	9,70
1 1/2	48,26	-	-	3,68	3,68	-	5,08	5,08	-	-	-	7,13	10,16
2	60,32	-	-	3,91	3,91	-	5,53	5,54	-	-	-	8,73	11,07
2 1/2	73,02	-	-	5,15	5,16	-	7,01	7,01	-	-	-	9,52	14,02
3	88,90	-	-	5,48	5,49	-	7,62	7,62	-	-	-	11,12	15,24
3 1/2	101,60	-	-	5,74	5,74	-	8,07	8,08	-	-	-	-	16,15
4	114,30	-	-	6,02	6,02	-	8,56	8,56	-	11,12	-	13,48	17,12
5	141,30	-	-	6,55	6,55	-	9,52	9,52	-	12,70	-	18,87	19,05
6	168,30	-	-	7,11	7,11	-	10,97	10,97	-	14,27	-	18,26	21,94
8	219,10	6,35	7,03	8,17	8,18	10,31	12,70	12,70	15,08	18,26	20,62	23,01	22,22
10	273,00	6,35	7,79	9,27	9,27	12,70	12,70	15,08	18,26	21,43	25,40	28,57	25,40
12	328,80	6,35	8,38	9,52	10,31	14,27	12,70	17,47	21,43	25,40	28,57	33,32	25,40
14	355,60	7,92	9,52	9,52	11,12	15,08	12,70	19,50	23,82	27,78	31,75	35,71	-
16	406,40	7,92	9,52	9,52	12,70	16,66	12,70	21,43	26,18	30,96	36,52	40,48	-
18	457,20	7,92	11,12	9,52	14,27	19,05	12,70	23,82	29,36	34,92	39,67	45,23	-
20	580,00	9,52	12,70	9,52	15,08	20,62	12,70	26,18	32,53	38,10	44,45	50,01	-
24	609,60	9,52	14,27	9,52	17,47	24,61	12,70	30,96	38,88	46,02	52,37	59,53	-

Dimensões

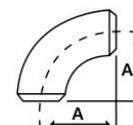
Diâmetro Nominal pol. (")	Dimensões					
	45° Raio Longo B	90° Raio Longo A	90° Raio Curto D	180° Raio Longo K	180° Raio Curto V	CAPS Tampão E
1/2	15,87	38,10	-	47,62	-	25,40
3/4	11,91	28,60	-	42,90	-	25,40
1	15,90	38,10	25,40	55,60	41,30	38,10
1 1/4	19,84	47,60	31,75	69,80	52,40	38,10
1 1/2	23,83	57,30	38,10	82,60	61,90	38,10
2	31,80	76,20	50,80	106,40	81,00	38,10
2 1/2	39,76	95,20	63,50	131,80	100,00	38,10
3	47,60	114,30	76,20	158,80	120,70	50,80
3 1/2	55,60	133,40	88,90	184,20	139,70	63,50
4	63,50	152,40	101,60	209,60	158,80	63,50
5	79,40	190,50	127,00	261,90	196,80	76,20
6	92,30	228,60	152,40	312,70	236,50	88,90
8	127,00	304,80	203,20	414,30	312,70	101,60
10	158,80	381,00	254,00	517,50	390,50	127,00
12	190,50	457,20	304,80	619,10	466,70	152,40
14	222,22	533,40	355,60	711,20	533,40	165,10
16	254,00	609,60	406,40	812,90	609,60	177,80
18	285,80	685,80	457,20	914,40	685,80	203,20
20	317,50	762,00	508,00	1016,00	762,00	228,60
24	381,00	914,40	609,60	1219,00	914,40	266,70



45° RAILO LONGO SOLDA



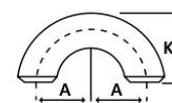
90° RAILO CURTO SOLDA



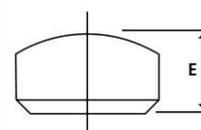
90° RAILO LONGO SOLDA



180° RAILO CURTO SOLDA



180° RAILO LONGO SOLDA



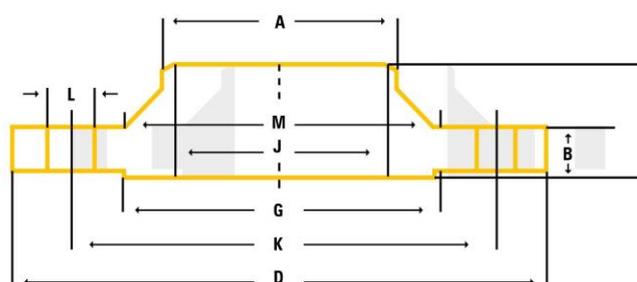
TAMPÃO

7 - Flange pescoço classe 150# AÇOTUBO

Flange Pescoço / Weld Neck

O Flange Pescoço ou Weld Neck, recebe solda circunferencial em seu pescoço, o que facilita o exame da solda por raio X.

Recomentados para trabalhos em qualquer situação de temperatura e pressão, eles são resistentes às tensões e reduzem as turbulências e erosões dentro dos sistemas de tubulação.



150

Dímetro Nominal	Nº de	A	B	D	G	H	J	K	L	M	Peso Aproximado
pol.(")	Furos	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/peça)
1/2	4	21,3	9,6	90	34,9	46	15,8	60,3	15,80	30	0,9
3/4	4	26,7	11,2	100	42,9	51	20,9	69,9	15,80	38	0,9
1	4	33,4	12,7	110	50,8	54	26,6	79,4	15,80	49	1,4
1.1/4	4	42,2	14,3	115	63,5	56	35,1	88,9	15,80	59	1,4
1.1/2	4	48,3	15,9	125	73,0	60	40,9	98,4	15,80	65	1,8
2	4	60,3	17,5	150	92,1	62	52,5	120,7	19,05	78	2,7
2.1/2	4	73,0	20,7	180	104,8	68	62,7	139,7	19,05	90	3,6
3	4	88,9	22,3	190	127,0	68	77,9	152,4	19,05	108	4,5
3.1/2	8	101,6	22,3	215	139,7	70	90,1	177,8	19,05	122	5,4
4	8	114,3	22,3	230	157,2	75	102,3	190,5	19,05	135	6,8
5	8	141,3	22,3	255	185,7	87	128,2	215,9	22,20	164	8,6
6	8	168,3	23,9	280	215,9	87	154,1	241,3	22,20	192	10,9
8	8	219,1	27,0	345	269,9	100	202,7	298,5	22,20	246	17,7
10	12	273,0	28,6	405	323,8	100	254,6	362,0	25,40	305	23,6
12	12	323,8	30,2	485	381,0	113	304,8	431,8	25,40	365	36,3
14	12	355,6	33,4	535	412,8	125	333,5	476,3	28,58	400	50,0
16	16	406,4	35,0	595	469,9	125	387,3	539,8	28,58	457	64,0
18	16	457,0	38,1	635	533,4	138	438,2	577,9	31,75	505	68,0
20	20	508,0	41,3	700	584,2	143	489,0	635,0	31,75	559	81,6
24	20	610,0	46,1	815	692,2	151	590,6	749,3	34,93	663	118,0

8 - Filtro de cartucho GASCAT

METRIUS

APLICAÇÕES TÍPICAS

- Proteção de Compressores.
- Proteção de Turbinas a Gás – evita a corrosão, erosão e o impacto e adesão de sólidos com as partes internas do equipamento.
- Tratamento do gás para instrumentação.
- Estações de Redução de Pressão (ERPM) – protege a estação e os equipamentos de medição e controle, além do que garante a qualidade do gás ao usuário.
- Em Colunas de Secagem e Peneiras Moleculares – protege os dissecantes e o leito das peneiras dos contaminantes sólidos gerados nos compressores.
- Eficiente na remoção de pó preto (óxido e sulfetos) em tubulações.

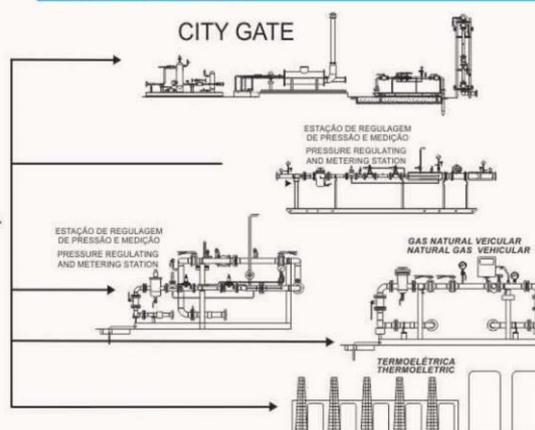
TYPICAL APPLICATIONS

- Compressors Protection.
- Gas Turbines Protection – avoiding corrosion, erosion, impact and adhesion of solids with the internal parts of the equipment.
- Gas treatment for instrumentation.
- Pressure Reducing Stations – protects the station and the measuring and control equipment, in addition to that, guarantees the quality of the gas to the user.
- In Drying Columns and Molecular Sieves – protects crop desiccation and the strainer channel against the solid contaminants generated in the compressors.
- Efficient to removing black powder (oxide and sulfides) in pipelines.

APLICAÇÕES



APPLICATIONS



PRINCIPAIS VANTAGENS DOS FILTROS METRIUS

- Substituem com vantagens os filtros cestos e cartuchos convencionais, utiliza elementos em inox 304 laváveis e reutilizáveis nos filtros tipo cesto.
- Utiliza corpo em aço fundido.
- Projetados e fabricados para uso exclusivo com gás natural e gases combustíveis.
- Equipamentos construídos na Gascat com certificado ISO.
- Dimensões padronizadas, facilitando a substituição de filtros já instalados.
- Elementos filtrantes em estoque e com reposição imediata.
- Meios filtrantes descartáveis em celulose ou reutilizáveis em inox 304.
- A Gascat possui 30 anos de experiência no projeto, fabricação e instalação de equipamentos para a indústria do gás natural e gases combustíveis.
- Assistência técnica em todo Brasil.
- Baixo custo de aquisição e manutenção.

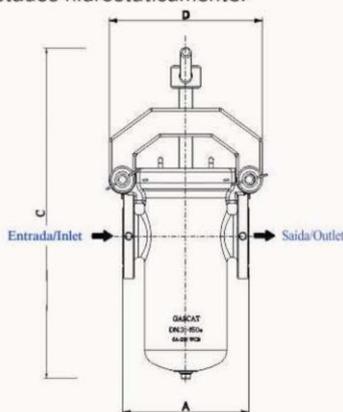
FILTERS METRIUS: MAIN ADVANTAGES

- Replace with advantages the baskets and conventional cartridges filters, uses elements in stainless steel 304 washable and reusable in the basket filters.
- Housing in cast steel.
- Designed and manufactured for exclusive use with natural gas and combustible gases.
- Equipment made in Gascat under ISO certificate.
- Standard dimensions, facilitating the replacement of the filters already installed.
- Filtration elements in stock for immediate replacement.
- Filtering elements disposable in cellulose or reusable in stainless steel 304.
- Gascat has 30 years of experience in project, manufacturing and installation of equipment for the gas industry and combustible gases.
- Technical assistance throughout Brazil.
- Low cost of acquisition and maintenance.



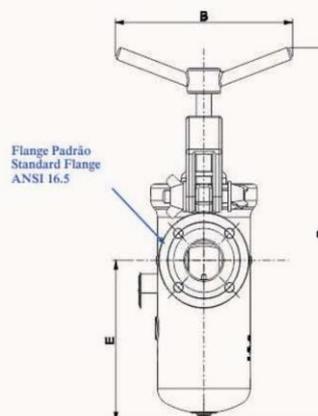
CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

- Documentos para atender Prontuário NR-13.
- Materiais de construção conforme ASTM/ASME.
- Fabricados nas classes de pressão 150# e 300#.
- Podem operar em qualquer posição de montagem.
- Conexões flangeadas ANSI B 16.5 (RF).
- Diâmetros de 1" a 4".
- Construção compacta e de simples operação.
- Não requer ferramentas especiais para manutenção.
- Elementos com dimensões padronizadas e com reposição imediata.
- 100% testados hidrostaticamente.



CONSTRUCTIVE DETAILS

- Documents to attend Standard NR-13.
- Construction materials as ASTM/ASME.
- Manufactured in the pressure classes of 150# and 300#.
- May be operated in any assembly position.
- Flanged connections ANSI B 16.5 (RF).
- Diameters from 1" to 4".
- Compact construction and simple operation.
- Does not require special tools for maintenance.
- Elements with standard dimensions and quick replacement.
- 100% hydrotested.



DIMENSÕES FILTROS FUNDIDOS - CARTUCHO / CESTO CASTING FILTERS DIMENSIONS - CARTRIDGE / BASKET

CLASSE / CLASS 150# / 300#

DN ND	150# A mm	300# A mm	B mm	C mm	E mm	Área Filtragem Cesto Basket Filtering Area cm ²	Área Filtragem Cartucho Cartridge Filtering Area cm ²	PESO / WEIGHT kg
1"	160	167	260	180	150	90	1100	14
2"	210	217	275	470	200	260	2360	25
3"	300	310	400	740	305	540	4860	52
4"	400	416	440	960	415	980	21900	100

Outras configurações, sob consulta. / Other configurations, under request.

Notas

- 1 - O fornecimento de manômetros e outros instrumentos é opcional.
- 2 - Pintados na cor cinza padrão Gascat. Outras cores sob consulta.
- 3 - Fornecidos em embalagem individual de papelão ou engradado de madeira.
- 4 - Drenos são fornecidos plugados.

Notes

- 1 - The supply of pressure indicator and other instruments is optional.
- 2 - Painted in gray color Gascat standard. Other colors under consult.
- 3 - Supplied in individual packaging of paperboard or wood crated.
- 4 - Drains are supplied plugged.



Fábrica / Factory

Rodovia SP 73, nº 1141 - Bairro Pimenta
Indaiatuba - SP - Brasil - CEP 13.347-390
Tel: (55 19) 3936-9300 - Fax: (55 19) 3935-6009
<http://www.gascat.com.br>
e-mail: vendas@gascat.com.br sales@gascat.com.br

ISO 9001



Filial RJ / RJ Branch

Rua Hermengarda 60 Gr. 505 - Méier
Rio de Janeiro - RJ - CEP 20710-010
Tel: (55 21) 2599-3285 / 2592-9915
Fone/Fax: (55 21) 2599-3286
e-mail: gascatrj@uol.com.br

Representante/Distributor:

09/2011

A política da Gascat é embasada na melhoria da qualidade e desenvolvimento contínuos. A empresa reserva o direito de alterar especificações e melhorar projetos sem prévio aviso. The Gascat policy is one of continuous improvement and development. The Company reserves the right to change specifications and introduce improved designs without previous notice.

9 - Válvula de esfera NIAGARA



Niagara Indústria e Comércio de Válvulas
 Vendas: São Paulo: (11) 5660-4444
 E-mail: vendas@niagara.com.br
 Site: www.niagara.com.br

FIG 302 - VÁLVULA ESFERA CLASSE 150 CORPO TRIPARTIDA PP OU PR FLANGEADA



- Válvula de bloqueio de fluxo, indicada para utilização em diversos líquidos, gases e vapores em ampla faixa de temperatura e pressão conforme norma ASME B16.34.
- Construção tripartida (um corpo e duas tampas), facilitando a manutenção sem a necessidade de desconectar as extremidades da linha.
- Haste à prova de expulsão.
- Disponível na construção com dupla vedação, o que proporciona maior segurança quando utilizadas em linha de vapor.
- De fácil aplicação para trava de cadeado.
- Construção BSI BS EN ISO 17292 / ASME B16.34
- Testes API 598
- FLANGE ASME B 16.5 Classe 150
- FACE A FACE ASME B 16.10
- Acabamento dos Flanges: MSS-SP-6



FIG. - 302P/R: Válvula de Esfera Tripartida Flange Classe 150

Normas de Referência

Construção
 BSI BS EN ISO 17292
 ASME B16.34

Testes
 API 598

Conexões

FLANGE
 ASME B 16.5 Classe 150
FACE A FACE ASME B 16.10
Acabamento dos Flanges:
 MSS-SP-6

Materiais

Corpo e Tampas
 ASTM A 216 WCB
 ASTM A 351 - CF8
 ASTM A 351 - CF8M

Esfera

ASTM A 351 - CF8
 ASTM A 351 - CF8M
 ASTM A 217 - CA 15
 ICI 416
 ASTM B16 - C360

Vedações

PTFE

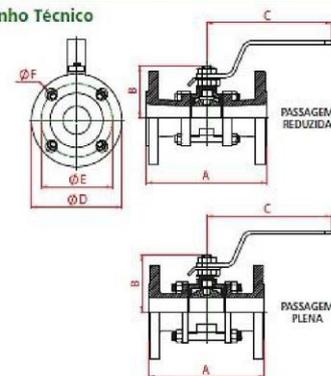
COMP L

Haste

ASTM A 276 - 304
 ASTM A 276 - 316
 SAE 1020
 ASTM A 276 - 410
 ASTM A 582 - 416



Desenho Técnico



VÁLVULA DE ESFERA TRIPARTIDA FLANGE PASSAGEM REDUZIDA (PP)										
TIPO	DN	PN	A	B	C	D	E	F	SE DE FLANGE	PESO
INCH	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	kg
1/2"	15	11,7	108,0	39,0	135,0	98,0	60,9	15,8	4	1,41
3/4"	20	14,0	117,0	41,0	135,0	100,0	60,0	15,8	4	1,98
1"	25	20,4	127,0	51,0	165,0	110,0	75,4	15,8	4	3,89
1.1/4"	32	25,4	140,0	60,0	165,0	115,0	85,0	15,8	4	3,44
1.1/2"	40	31,7	165,0	73,0	170,0	125,0	98,4	15,8	4	5,40
2"	50	38,0	178,0	77,0	255,0	150,0	120,7	19,1	4	7,90
2.1/2"	65	50,8	190,0	86,0	255,0	180,0	159,7	19,1	4	11,15
3"	80	63,0	209,0	116,0	267,0	190,0	153,6	19,1	4	15,40

VÁLVULA DE ESFERA TRIPARTIDA FLANGE PASSAGEM PLENA (PP)										
TIPO	DN	PN	A	B	C	D	E	F	SE DE FLANGE	PESO
INCH	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	kg
1/2"	15	14,0	108,0	41,0	135,0	98,0	60,9	15,8	4	1,56
3/4"	20	20,4	117,0	51,0	165,0	100,0	60,0	15,8	4	2,40
1"	25	25,4	127,0	60,0	165,0	110,0	75,4	15,8	4	3,05
1.1/4"	32	31,7	140,0	73,0	170,0	115,0	85,0	15,8	4	4,42
1.1/2"	40	38,0	165,0	77,0	170,0	125,0	98,4	15,8	4	6,00
2"	50	50,8	178,0	86,0	255,0	150,0	120,7	19,1	4	9,17
2.1/2"	65	63,0	190,0	116,0	267,0	180,0	139,7	19,1	4	14,50

Aviso apresentada em Pa (mN) corresponde a um diferencial de pressão (kg) de 1 bar utilizando água como fluido de teste.

Especificações Técnicas

Válvula de bloqueio de fluxo, indicada para utilização em diversos líquidos, gases e vapores em ampla faixa de temperatura e pressão conforme norma ASME B16.34.

Construção tripartida (um corpo e duas tampas), facilitando a manutenção sem a necessidade de desconectar as extremidades da linha.

Haste à prova de expulsão.

Disponível na construção com dupla vedação, o que proporciona maior segurança quando utilizadas em linha de vapor.

De fácil aplicação para trava de cadeado.

VÁLVULA DE ESFERA TRIPARTIDA FLANGE PASSAGEM REDUZIDA (PR)											
BETOLA		PASS.	A	B	C	D	E	F	N.º DE PARAFUSOS	PESO (kg)	Coeficiente de Ovario (Kv) (m³/h)
POL.	DN										
1/2"	15	11,1	108,0	39,0	125,0	98,0	60,3	15,8	4	1,41	5,0
3/4"	20	14,0	117,0	41,0	125,0	100,0	60,9	15,8	4	1,08	9,8
1"	25	20,4	127,0	51,0	165,0	110,0	79,4	15,8	4	2,80	18,7
1.1/4"	32	25,4	140,0	60,0	165,0	115,0	88,9	15,8	4	3,44	41,0
1.1/2"	40	31,7	165,0	73,0	170,0	125,0	98,4	15,8	4	5,40	72
2"	50	38,0	178,0	77,0	256,0	150,0	120,7	19,1	4	7,90	107
2.1/2"	65	50,8	190,0	86,0	256,0	180,0	130,7	19,1	4	11,15	185
3"	80	63,0	209,0	116,0	267,0	190,0	152,4	19,1	4	15,40	305

VÁLVULA DE ESFERA TRIPARTIDA FLANGE PASSAGEM PLENA (PP)											
BETOLA		PASS.	A	B	C	D	E	F	N.º DE PARAFUSOS	PESO (kg)	Coeficiente de Ovario (Kv) (m³/h)
POL.	DN										
1/2"	15	14,0	108,0	41,0	125,0	98,0	60,3	15,8	4	1,56	14,6
3/4"	20	20,4	117,0	51,0	165,0	100,0	60,9	15,8	4	2,40	27,8
1"	25	25,4	137,0	60,0	165,0	110,0	79,4	15,8	4	3,05	56,5
1.1/4"	32	31,7	140,0	73,0	170,0	115,0	88,9	15,8	4	4,42	104
1.1/2"	40	38,0	165,0	77,0	170,0	125,0	98,4	15,8	4	6,00	161
2"	50	50,8	178,0	86,0	256,0	150,0	120,7	19,1	4	9,17	278
2.1/2"	65	63,0	190,0	116,0	267,0	180,0	130,7	19,1	4	14,50	400

A vazão apresentada em Kv (m³/h) corresponde a um diferencial de pressão (Δp) de 1 bar utilizando água como fluido de teste.

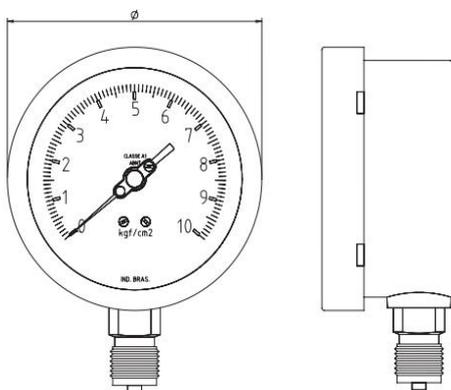
10 - Manômetro ZÜRICH

ZÜRICH

ZIG



ZIG modelo Reto

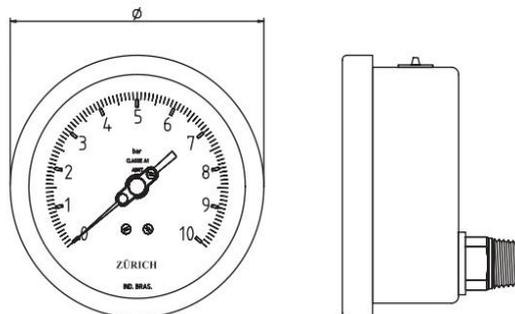


• Manômetro de Processo

Este manômetro foi desenvolvido para atender uma ampla aplicação nas indústrias químicas, farmacêuticas, alimentícias, petroquímica, têxteis, etc. O manômetro ZIG é considerado um instrumento "completo", pela sua versatilidade em admitir diversos tipos de montagens e uma vasta possibilidade de acessórios.

Caracteriza-se por sua construção totalmente em aço inoxidável AISI 304 com enchimento de glicerina, onde faz do modelo ZIG, um dos instrumentos de maior resistência a impactos e a corrosão, sem alterar sua classe de precisão.

ZIG modelo Agular

**Características :**

- Faixa de Pressão: desde vácuo até 1000 Kgf/cm²
- Totalmente em Aço Inox AISI 304/316
- Proteção IP-65
- Anel: Aço Inox AISI 304/316
- Vedação: Borracha nitrílica
- Ponteiro: Leve, balanceado e com ajuste micrométrico
- Ligação: vertical (reto) ou horizontal (angular)
- Conexões: BSP ou NPT
- Fluido anti-vibrante: Glicerina ou silicone.

Performance:

- Precisão +/-1,5% F.E (repetibilidade, histerese, linearidade)
- Sensor Tubo "bourdon" em C aço Inox AISI 316 até 70 Bar, acima, tipo Helicoidal.
- Temperatura do sensor 60 °C com enchimento de glicerina e 120 °C para os demais.
- Visor em vidro de espessura de 3mm ou acrílico a prova de estilhaço.
- Mecanismo: Movimento aço Inox AISI 304, dotado de ajustes internos, embuchados com nylon, para o máximo de precisão e o mínimo de atrito.

ZÜRICH

ZIG

Tabela A - Diâmetro

Cód.	Diâmetro
50	Ø 50mm
60	Ø 60mm
100	Ø 100mm
114	Ø 114mm
160	Ø 160mm
250	Ø 250mm

Tabela B - Ligação

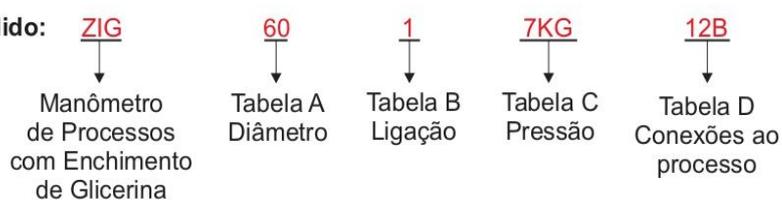
Cód.	Ligação
1	Vertical
2	Angular
3	Angular com flange dianteira
4	Vertical com flange traseira
5	Angular com flange e garras
8	Angular com garras

Tabela D - Conexões ao Processo

Cód.	Conexão
18.B	1/8" BSP
18.N	1/8" NPT
14.B	1/4" BSP
14.N	1/4" NPT
12.B	1/2" BSP
12.N	1/2" NPT
	Outra, especificar

Tabela C - Pressão Relativa

Pressão Relativa		
Escala Simples Bar	Escala Simples Kg/cm ²	Escala Composta Kg/cm ² /PSI
Código		
1 BAR	1 KG	1/15 KG/PSI
2 BAR	2 KG	2/30 KG/PSI
4 BAR	4 KG	4/60 KG/PSI
10 BAR	10 KG	10/150 KG/PSI
15 BAR	15 KG	15/225 KG/PSI
20 BAR	20 KG	20/300 KG/PSI
40 BAR	40 KG	40/600 KG/PSI
100 BAR	100 KG	100/1500 KG/PSI
150 BAR	150 KG	150/2250 KG/PSI
250 BAR	250 KG	250/3750 KG/PSI
350 BAR	350 KG	350/5250 KG/PSI
500 BAR	500 KG	500/7500 KG/PSI
700 BAR	700 KG	700/10500 KG/PSI
1000 BAR	1000 KG	1000/15000 KG/PSI
Outras, especificar		

Código para pedido: **ZIG**Exemplo: **ZIG.60.1 7KG 12B**

11 - Barra roscada CISER

Inox 304 - Barra roscada em metro

Acero inoxidable 304 (A2) - Varilla roscada en metro
304 (A2) stainless steel - Threaded rod in meter

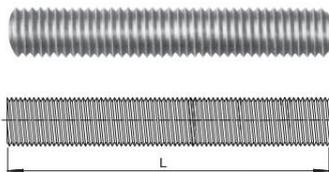


BA RO INOX 304

Rosca UNC: ASME B 1.1 - 2A
Rosca BSW: BS 84 - Média
Material: Aço inox AISI 304
Observação: Austenítico, não magnético e não temperável

Rosca UNC: ASME B 1.1 - 2A
Rosca BSW: BS 84 - Média
Material: Acero inoxidable AISI 304
Observación: Austenítico, no magnético y no endurecer

UNC thread: ASME B 1.1 - 2A
BSW thread: BS 84 - Medium
Material: Stainless steel AISI 304
Observation: Austenitic, non-magnetic and cannot be hardened



Linha / Línea / Line

UNC: 240 - 1 m

UNC: 296 - 3 m

BSW: 241 - 1 m

BSW: 297 - 3 m

Dimensões / Dimensiones / Dimensions

Dimensão nominal <i>Dimensión nominal</i> Nominal size	F.P.P. / H.P.P. / T.P.I.	kg/m	Referência / Referencia / Reference					
			L Comprimento / Longitud / Length					
			1 m			3 m		
1/8" BSW	40	0,04	001	00	30			
5/32" BSW	32	0,07	051	00	30			
3/16"	24	0,1	101	00	1			
3/16 BSW	24	0,1	101	00	30			
1/4"	20	0,2	151	00	1	151	00	10
5/16"	18	0,31	201	00	1	201	00	10
3/8"	16	0,45	251	00	1	251	00	10
7/16"	14	0,58	301	00	1			
1/2"	13	0,83	351	00	1	351	00	5
1/2" BSW	12	0,83	351	00	1	351	00	5
9/16"	12	1,02	401	00	5			
5/8"	11	1,3	451	00	1	451	00	5
3/4"	10	1,9	501	00	1	501	00	3
7/8"	9	2,6	551	00	1	551	00	3
1"	8	3,4	601	00	1	601	00	3
1.1/8"	7	5,01	651	00	2			
1.1/4"	7	6,19	701	00	2			
1.3/8"	6	7,49	711	00	2			
1.1/2"	6	8,91	751	00	2			

Os itens grifados em cinza ou com asteriscos **não são mantidos em estoque**. Podem ser fornecidos, entretanto, condicionados à verificação de quantidades mínimas, preços e prazos de entrega.

Los artículos resaltados en gris o con asteriscos **no se mantienen en stock**. Ellos se pueden proveer, sin embargo, sujeto a la verificación de cantidades mínimas, precios y plazos de entrega.

Highlighted items in gray or with asterisks **are not kept in stock**. They can be provided, however, subject to verification of minimum quantities, prices and delivery times.

Acabamento: 00 Polido
Acabado: Sin Recubrimiento
Finish: Plain

www.ciser.com.br

- 20a -

Embalagem padrão: Peça
Embalaje padrón: Pieza
Standard packaging: Piece



12 - Porca sextavada CISER

Inox 304 - Porca sextavada

Acero inoxidable 304 (A2) - Tuerca hexagonal
304 (A2) stainless steel - Hex nut

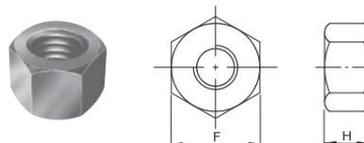


PO SX INOX 304

Dimensões: ASME B 18.2.2
Rosca UNC: ASME B 1.1 - 2B
Rosca BSW: BS 84 - Média
Material: Aço inox AISI 304
Observação: Austenítico, não magnético e não temperável

*Dimensiones: ASME B 18.2.2
Rosca UNC: ASME B 1.1 - 2B
Rosca BSW: BS 84 - Média
Material: Acero inoxidable AISI 304
Observación: Austenítico, no magnético y no endurecer*

Dimensions: ASME B 18.2.2
UNC thread: ASME B 1.1 - 2B
BSW thread: BS 84 - Medium
Material: Stainless steel AISI 304
Observation: Austenitic, non-magnetic and cannot be hardened



Linha / Línea / Line

UNC: 610 - BSW: 611

Dimensões / Dimensiones / Dimensions					
Dimensão nominal <i>Dimensión nominal</i> Nominal size	F.P.P. / H.P.P. / T.P.I.	F	H	Referência <i>Referencia</i> Reference	
		Chave / Entre caras / Across flat	Altura mínima / Minimum height		
1/8" BSW	40	1/4"	2,41	001	00 1
Nº 8 (5/32")	32	11/32"	2,97	076	00 1
Nº 8 (5/32") BSW	32	1/4"	2,97	051	00 1
Nº 10 (3/16")	24	3/8"	2,97	103	00 1
3/16" BSW	24	5/16"	2,97	102	00 1
1/4"	20	7/16"	5,39	154	00 1
5/16"	18	1/2"	6,55	205	00 1
3/8"	16	9/16"	8,13	256	00 1
7/16"	14	11/16"	9,27	308	00 1
1/2"	13	3/4"	10,85	360	00 0,5
1/2" BSW	12	3/4"	10,85	360	00 0,5
9/16"	12	7/8"	12,01	411	00 0,2
5/8"	11	15/16"	13,59	462	00 0,5
3/4"	10	1.1/8"	15,67	514	00 0,2
7/8"	9	1.5/16"	18,39	568	00 0,2
1"	8	1.1/2"	21,11	620	00 0,2
1.1/8"	7	1.11/16"	23,85	671	00 0,2
1.1/4"	7	1.7/8"	26,16	722	00 0,2
1.3/8"	6	2.1/16"	28,91	826	00 0,2
1.1/2"	6	2.1/4"	31,67	774	00 0,2

Os itens grifados em cinza ou com asteriscos **não são mantidos em estoque**. Podem ser fornecidos, entretanto, condicionados à verificação de quantidades mínimas, preços e prazos de entrega.

*Los artículos resaltados en gris o con asteriscos **no se mantienen en stock**. Ellos se pueden proveer, sin embargo, sujeto a la verificación de cantidades mínimas, precios y plazos de entrega.*

Highlighted items in gray or with asterisks **are not kept in stock**. They can be provided, however, subject to verification of minimum quantities, prices and delivery times.

Acabamento: **00** Polido
Acabado: Sin Recubrimiento
Finish: Plain

Embalagem padrão em cento
Embalaje padrón en ciento
Standard packaging in hundred

www.ciser.com.br

- 22a -

ÍNDICE
LÍNEA
ÍNDICE LÍNEA
LINE INDEX

CONSULTA
RÁPIDA
OVERVIEW



13 - Arruela lisa CISER

Inox 304 - Arruela lisa

Acero inoxidable 304 (A2) - Arandela plana

304 (A2) stainless steel - Flat washer

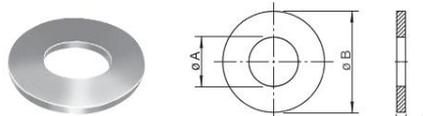


AR LI INOX 304

Dimensões: ANSI B 18.22.1 - N
Material: Aço inox AISI 304
Observação: Austenítico, não magnético e não temperável

Dimensiones: ANSI B 18.22.1 - N
Material: Acero inoxidable AISI 304
Observación: Austenítico, no magnético y no endurecer

Dimensions: ANSI B 18.22.1 - N
Material: Stainless steel AISI 304
Observation: Austenitic, non-magnetic and cannot be hardened



Linha / Línea / Line

813

Dimensões / Dimensiones / Dimensions				
Dimensão nominal Dimensión nominal Nominal size	ø A	ø B	C	Referência Referencia Reference
	Interno ref. Interior ref. Ref. inside (mm)	Externo ref. Exterior ref. Ref. outside (mm)	Espessura ref. Espesor ref. Ref. thickness (mm)	
1/8"	3,96	9,52	1,25	001 00 1
Nº 4	3,17	7,93	0,81	103 00 1
Nº 6	3,96	9,52	1,24	152 00 1
5/32" (Nº 8)	4,78	11,13	1,25	051 00 1
(Nº 10)	5,55	12,7	1,25	102 00 1
3/16"	6,35	14,3	1,25	101 00 1
1/4"	7,15	15,9	1,65	151 00 1
5/16"	8,75	17,45	1,65	201 00 1
3/8"	10,3	20,6	1,65	251 00 1
7/16"	11,9	23,4	1,65	301 00 1
1/2"	13,5	27	2,4	351 00 1
9/16"	15,1	29,35	2,4	401 00 1
5/8"	16,65	33,3	2,4	451 00 0,5
3/4"	20,6	37,3	3,4	501 00 0,5
7/8"	23,8	44,45	3,4	551 00 0,5
1"	26,95	50,8	3,4	601 00 0,5
1.1/8"	28,57	56,51	3,4	651 00 0,5
1.1/4"	34,92	63,5	4,2	701 00 0,5
1.3/8"	38,1	69,85	4,2	702 00 0,5
1.1/2"	41,28	76,2	4,2	751 00 0,5

Os itens grifados em cinza ou com asteriscos **não são mantidos em estoque**. Podem ser fornecidos, entretanto, condicionados à verificação de quantidades mínimas, preços e prazos de entrega.

Los artículos resaltados en gris o con asteriscos **no se mantienen en stock**. Ellos se pueden proveer, sin embargo, sujeto a la verificación de cantidades mínimas, precios y plazos de entrega.

Highlighted items in gray or with asterisks **are not kept in stock**. They can be provided, however, subject to verification of minimum quantities, prices and delivery times.

Acabamento: 00 Polido
Acabado: Sin Recubrimiento
Finish: Plain

Embalagem padrão em cento
Embalaje padrón en ciento
Standard packaging in hundred

www.ciser.com.br

- 30a -

ÍNDICE
Linha
ÍNDICE LÍNEA
LINE INDEX

CONSULTA
RÁPIDA
OVERVIEW



14 - Placa de orifício FLOWMASTER



Medição de Vazão



PLACA DE ORIFÍCIO

Devido à sua simplicidade na instalação, baixo custo de fabricação e alta durabilidade sem nenhum tipo de manutenção, a aplicação da Placa de Orifício é mais favorável quando comparada a outros medidores de vazão.

Para cada situação de processo e necessidade da indústria, a F. Master fornece a solução ideal através das Placas de Orifício com os modelos: Concêntrico, Excêntrico, Segmental, Bordo Quadrante, e Entrada Cônica. Atende às normas ISO, ASME e ISA.

Materiais: Aço Inox, Duplex, Super Duplex, Hastelloy, Monel. Outros sob consulta.

ORIFICEFLOW

O OrificeFlow possui vantagens em relação a outros elementos primários, devido ser utilizado em sua instalação apenas flanges comuns, dispensando flanges de orifício, muito mais caros. Também são eliminados os conectores e tubings.

O OrificeFlow da F. Master tem uma Válvula Manifold 3 Vias acoplada ao medidor, podendo ser conectada em qualquer tipo de transmissor de pressão diferencial.

Materiais: Aço Inox, Duplex, Super Duplex, Hastelloy, Monel. Outros sob consulta.



15 - Válvula de retención GENEBRE

Edificio Genebre. Av. de Joan Carles I, 46-48
08908 L'Hospitalet de Llobregat. Barcelona (Spain)
genebre@genebre.es - www.genebre.es

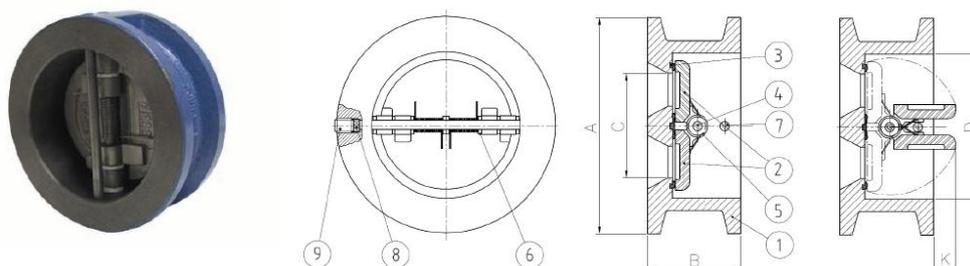
ARTICULO: 2401
Válvula de Retención tipo wafer de doble disco
Check Valve (double disk) wafer type

Características

1. Válvula de retención doble disco tipo wafer.
2. Construcción en Fund. EN-GJL-250 (GG-25).
3. Disco en Acero Inoxidable 1.4408 (CF8M).
4. Eje y resorte en Acero Inoxidable AISI 316.
5. Asiento Nitrilo (NBR) vulcanizado en ranura.
6. Montaje entre bridas EN 1092 PN10/16 y ANSI 150.
7. Instalación Horizontal, Vertical o Inclinada.
8. Longitud entre caras según EN 558-1.
9. Presión de trabajo máxima 16 bar.
10. Temperatura de Trabajo -10 °C +100 °C.

Features

1. Wafer check valve (double disk).
2. Made of Cast Iron EN-GJL-250 (GG-25).
3. Disk made of Stainless Steel 1.4408 (CF8M).
4. Axle and spring made of AISI 316.
5. Seat of NBR vulcanised in groove.
6. Assembly between flanges EN 1092 PN10/16 and ANSI 150.
7. Installed in vertical, horizontal or inclined position.
8. Face to Face according to EN 558-1.
9. Max. working pressure 16 bar.
10. Working temperature -10 °C +100 °C.



Nº	Denominación / Name	Material	Acabado Superficial / Surface Treatment	Cód. Recambio Spare Part Code
1	Cuerpo / Body	Hierro Fundido / Cast iron EN-GJL-250	Pintura Epoxi / Epoxy Painted	-----
2	Disco / Disk	Acero Inox / SS 1.4408	Granallado / Shot blasting	-----
3	Asiento / Seat	NBR	-----	-----
4	Eje / Axle	Acero Inox / SS AISI 316	-----	-----
5*	Resorte / Spring	Acero Inox / SS AISI 316	-----	K2401
6*	Arandela / Washer	PTFE	-----	K2401
7	Tope Disco / Disk Stopper	Acero Inox / SS AISI 316	-----	-----
8*	Tapón / Plug	NBR	-----	K2401
9*	Prisionero / Grub Screw	Acero Inox / SS AISI 304	-----	K2401

* Piezas de recambio disponibles / Available spare parts

16 - Perfis estruturais “I” e “U” Gerdau



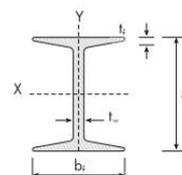
Com formato tradicional de abas inclinadas, os Perfis I e U são ideais para aplicações que exijam maior resistência e robustez, como por exemplo, em componentes de base de máquinas.

Produzidos normalmente em aço ASTM A36, podem também ser fabricados em ASTM A572 ou ASTM A588 sob encomenda.

Aplicados em monovias, vigamentos, escoramentos, estruturas de sustentação, guias, equipamentos de transporte e chassis de ônibus e caminhões e, ainda, em máquinas e implementos agrícolas.

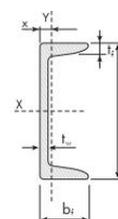
PERFIL I GERDAU

Bitola	Peso	ALMA		MESA		area	EIXO X			EIXO Y			
		Nominal	d	t _w	b _r		t _f	l	W	r	l	W	r
pol	kg/m	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm
3"	8,48	76,20	4,32	59,18	6,00	10,80	105,10	27,60	3,12	18,90	6,40	1,33	1,45
	9,68	76,20	6,38	61,24	6,00	12,32	115,00	30,18	3,06	45,60	11,48	1,92	1,08
4"	11,46	101,60	4,90	67,60	7,44	14,50	252,00	49,70	4,17	31,70	9,40	1,48	1,08
	12,65	101,60	6,43	69,20	7,44	16,11	266,00	52,40	4,06	34,30	9,90	1,48	1,83
5"	14,88	127,00	5,44	76,30	8,28	18,80	511,00	80,40	5,21	50,20	13,20	1,63	1,88
	18,24	127,00	8,81	79,70	8,28	23,24	570,00	89,80	4,96	58,60	14,70	1,69	1,92
6"	18,60	152,40	5,89	84,63	9,12	23,80	919,00	120,60	6,24	75,70	17,90	1,79	2,08
	22,00	152,40	8,71	87,50	9,12	27,97	1003,00	131,70	5,99	84,90	19,40	1,74	2,26



PERFIL U GERDAU

Bitola	Peso	ALMA		ABA		area	EIXO X			EIXO Y			
		Nominal	d	t _w	b _r		t _f	l	W	r	l	W	r
pol	kg/m	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm
3"	6,10	76,20	4,32	35,81	6,93	7,78	68,90	18,10	2,98	8,20	3,32	1,03	1,11
	7,44		6,55	35,05	6,93	9,48	77,20	20,30	2,85	10,30	3,82	1,04	1,11
4"	8,04	101,60	4,67	40,23	7,52	10,10	169,50	31,40	3,97	13,10	4,81	1,14	1,16
	9,30		6,27	41,83	7,52	11,90	174,40	34,30	3,84	15,50	5,10	1,14	1,15
6"	12,20	152,40	5,08	48,77	8,71	15,50	546,00	71,70	5,94	28,80	8,16	1,38	1,30
	15,62		7,98	51,66	8,71	19,90	632,00	82,90	5,63	36,00	9,24	1,34	1,27
8"	17,10	203,20	5,59	57,40	9,50	21,68	1344,30	132,70	7,87	54,10	12,84	1,42	1,47
	20,50		7,70	59,51	9,50	25,93	1490,00	147,50	7,59	62,40	14,09	1,42	1,42
10"	22,77	254,00	6,10	66,04	11,10	29,00	2800,00	221,00	9,84	95,00	19,00	1,81	1,81
	29,76		9,63	69,57	11,10	37,90	3290,00	259,00	9,31	117,00	21,60	1,76	1,54
12"	30,80	305,00	7,20	74,00	12,70	38,30	5370,00	352,00	11,70	161,00	28,30	2,03	1,77
	37,00		9,80	77,00	12,70	47,40	6010,00	394,00	11,30	188,00	30,90	1,98	1,71



OBS.: Todos os pesos e dimensões constantes dessas tabelas são nominais, podendo apresentar diferenças de acordo com as tolerâncias estabelecidas nas especificações ou em norma. As barras são fornecidas com tolerância de comprimento +0-10 cm.