

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**PROJETO PRELIMINAR DE UM FERMENTADOR CILINDRO-
CÔNICO REFRIGERADO PARA CERVEJA ARTESANAL**

Giordano Dias Caprioli

Santa Maria, RS,
2020

Giordano Dias Caprioli

**PROJETO PRELIMINAR DE UM FERMENTADOR CILINDRO-CÔNICO
REFRIGERADO PARA CERVEJA ARTESANAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Engenheiro Mecânico**.

Orientador: Prof. Dr. Denis Rasquin Rabenschlag

Santa Maria, RS,
2020

Giordano Dias Caprioli

**PROJETO PRELIMINAR DE UM FERMENTADOR CILINDRO-CÔNICO
REFRIGERADO PARA CERVEJA ARTESANAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Engenheiro Mecânico**.

Aprovado em 08 de janeiro de 2020:

Eng. Prod. Denis Rasquin Rabenschlag, Dr. (UFSM)
(Presidente/ Orientador)

Eng. Mec. Leandro Costa de Oliveira, Dr. (UFSM)

Eng. Mec. Leonardo Nabaes Romano, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS,
2020

RESUMO

PROJETO PRELIMINAR DE UM FERMENTADOR CILINDRO CÔNICO REFRIGERADO PARA CERVEJA ARTESANAL

AUTOR: Giordano Dias Caprioli

ORIENTADOR: Denis Rasquin Rabenschlag

O presente trabalho teve como objetivo elaborar o projeto de um tanque fermentador refrigerado para produção caseira de cerveja artesanal. Devido ao grande aumento da produção e consumo de cerveja por parte dos brasileiros e com a evolução do padrão econômico, tem-se nisto uma população consumidora de cervejas artesanais, e dentre esses existem potenciais consumidores de equipamentos para produção própria. Por meio desse pressuposto deu-se a ideia de projetar um equipamento que atenda às necessidades de produtores caseiros de cerveja. Desta forma o presente trabalho, com o intuito de analisar a viabilidade técnico-econômica, utilizou-se de algumas etapas. Primeiramente foi feito o projeto preliminar do equipamento, logo após um levantamento do processo produtivo, e por fim realizado a análise econômico-financeira do empreendimento. O projeto mostrou-se tecnicamente promissor, porém para uma produção industrial no cenário estabelecido o resultado foi negativo.

Palavras-chave: Projeto, Fermentador, Cerveja, Análise Técnica-econômica.

ABSTRACT

PRELIMINARY DESIGN OF A CYLINDRICAL-CONICAL FERMENTER REFRIGERATED FOR HANDMADE BEER

AUTHOR: Giordano Dias Caprioli

ADVISOR: Dennis Rasquin Rabenschlag

The present work aimed to elaborate the design of a refrigerated fermenter tank for homemade craft beer production. Due to the large increase in beer production and consumption by Brazilians and the evolution of the economic pattern, there is a population that consumes artisan beers, and among these there are potential consumers of equipment for their own production. This assumption gave rise to the idea of designing equipment that meets the needs of home brewers. Thus, the present work, in order to analyze the technical and economic viability, used some steps. First the preliminary design of the equipment was made, soon after a survey of the production process, and finally the economic-financial analysis of the enterprise was carried out. The project was technically promising, but for an industrial production in the established scenario the result was negative.

Keywords: Project. Brewer. Beer. Technical-Economic. Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cevada.....	15
Figura 2 – Lúpulo.....	15
Figura 3 – Dissipação térmica do processo de fermentação ao longo do tempo.....	20
Figura 4 – Fluxo de calor através de uma parede.....	22
Figura 5 – Cilindro de paredes finas sujeito a pressão interna.....	23
Figura 6 – Fundo cônico.....	24
Figura 7 – Convecção natural em um fermentador cilindro-cônico.....	25
Figura 8 a) – Posição dos sensores.....	29
Figura 8 b) – Gráfico tempo x temperatura.....	29
Figura 9 – Ciclo simples de refrigeração.....	32
Figura 10 – Ciclo teórico de refrigeração por compressão de vapor.....	34
Figura 11 – Ciclo teórico x ciclo real.....	35
Figura 12 – Tipos de aplicações dos aços inoxidáveis.....	37
Figura 13 – Simbologia de soldagem.....	38
Figura 14 – Símbolos de solda a arco e gás.....	38
Figura 15 – Processo de desenvolvimento de produtos.....	41
Figura 16 – Etapas do projeto preliminar.....	43
Figura 17 – Tampa Post Mix.....	54
Figura 18 – Fermentador cilindro-cônico.....	55
Figura 19 – Vaso jaquetado simples.....	57
Figura 20 – Válvula de alívio regulável com manômetro.....	58
Figura 21 – Componentes da válvula do tipo esfera.....	59
Figura 22 – Faixa de composição dos aços inoxidáveis.....	61
Figura 23 – Volumes por região do fermentador.....	63
Figura 24 – Círculo de Mohr para um vaso de pressão cilíndrico de paredes finas.....	64
Figura 25 – Aspectos geométricos e distribuição das tensões no dobramento.....	66
Figura 26 – Modelo 3D do vaso interno do fermentador.....	67
Figura 27 – Juntas soldadas do vaso interno.....	68
Figura 28 – Montagem das jaquetas.....	70
Figura 29 – Região isolante.....	71
Figura 30 – Entradas e saídas do fluido refrigerante.....	75
Figura 31 – UC UMI55HER.....	78

Figura 32 – Posicionamento dos periféricos.....80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Enzimas: temperatura de ativação e função.....	16
Quadro 2 – Constante X em função de Ra.....	28
Quadro 3 – Constante n em função de Ra.....	28
Quadro 4 – Coeficiente de eficiência de solda.....	39
Quadro 5 – Taxas anuais de depreciação.....	45
Quadro 6 – incidência de impostos.....	46
Quadro 7 – Matriz morfológica.....	49
Quadro 8 – Princípios de solução selecionados.....	53
Quadro 9 – Fermentador cilindro-cônico.....	55
Quadro 10 – Dimensões do vaso interno do fermentador.....	62
Quadro 11 – Espessura das paredes do fermentador.....	66
Quadro 12 – Alongamento percentual das fibras das chapas.....	66
Quadro 13 – Tensão de trabalho do fermentador.....	69
Quadro 14 – Coeficiente de segurança do fermentador.....	69
Quadro 15 – Pressão interna máxima admitida no fermentador.....	69
Quadro 16 – Quantidade de calor gerado durante a fermentação.....	71
Quadro 17 – Fluxo de calor gerado durante a fermentação.....	71
Quadro 18 – Número de Grashof.....	72
Quadro 19 – Número de Prandtl.....	72
Quadro 20 – Número de Rayleigh.....	73
Quadro 21 – Coeficiente de filme do lado interno do vaso.....	73
Quadro 22 – Diferença média logarítmica de temperatura.....	73
Quadro 23 – Coeficiente de filme do lado da jaqueta.....	74
Quadro 24 – Coeficiente global de transferência de calor.....	75
Quadro 25 – Área de transferência de calor.....	76
Quadro 26 – Fluxo de calor transferido por convecção.....	76
Quadro 28 – Fluxo de calor na torneira.....	77
Quadro 29 – Fluxo de calor total no fermentador.....	77
Quadro 30 – Componentes periféricos selecionados.....	79
Quadro 31 – Resultado VPL.....	81

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 APRESENTAÇÃO.....	11
1.1.1 Objetivo geral	12
1.1.2 Objetivos específicos	12
1.2 JUSTIFICATIVA.....	12
2 REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA CERVEJA.....	13
2.1.1 Uma breve história da cerveja	13
2.1.2 Matéria prima	14
2.1.3 Mosturação	16
2.1.4 Fervura	17
2.1.5 Fervura	20
2.2 VASOS DE PRESSÃO.....	20
2.3 TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....	24
2.3.1 Convecção natural	25
2.3.2 Diferença de temperatura média logarítmica	28
2.3.3 Coeficiente global de troca de calor	30
2.4 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO.....	31
2.4.1 Componentes do sistema de refrigeração	32
2.4.2 Ciclo teórico de refrigeração por compressão de vapor	33
2.4.3 Ciclo real de refrigeração por compressão de vapor	34
2.5 AÇOS INOXIDÁVEIS.....	36
2.6 UNIÕES SOLDADAS.....	37
2.6.1 Soldagem em vasos de pressão	38
2.7 METODOLOGIA DE PROJETO.....	40
2.7.1 Projeto informacional	41
2.7.2 Projeto conceitual	41
2.7.3 Projeto preliminar	42
2.7.4 Projeto detalhado	42
2.8 ESTUDO DE MERCADO.....	43
2.9 ANÁLISE ECONÔMICA.....	46
3 METODOLOGIA	49
3.1 PROJETO CONCEITUAL.....	49

3.1.1 Matriz morfológica.....	49
3.1.2 Concepções escolhidas.....	52
4 RESULTADOS.....	61
4.1 PROJETO PRELIMINAR.....	61
4.1.1 Seleção do aço inoxidável.....	61
4.1.2 Dimensões do vaso interno do fermentador.....	62
4.1.3 Espessuras das paredes do fermentador.....	63
4.1.4 Tensão de trabalho e coeficiente de segurança.....	67
4.1.5 Dimensionamento das jaquetas.....	70
4.1.6 Sistema de refrigeração.....	71
4.2 SELEÇÃO DOS COMPONENTES.....	78
5 ANÁLISE ECONÔMICA.....	81
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
APÊNDICE 1 – ESPECIFICAÇÕES DE MONTAGEM.....	96
APÊNDICE 2 – ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	111

1. INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO

O mercado de cervejas artesanais cresce no Brasil a cada ano, até junho de 2017 eram 610 cervejarias nessa categoria, e em apenas cinco meses esse número subiu para 675 unidades. A Associação Brasileira de Cerveja Artesanal (Abracerva) junto ao Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA) projetam que o segmento de cervejarias cresça 50% até 2020. O alto índice de crescimento deve-se, principalmente, à busca dos consumidores por produtos que ofereçam qualidade e níveis de experiência acima dos produtos convencionais.

Para entender melhor o segmento, a plataforma de e-commerce Clube do Malte realizou em 2017 um estudo sobre os hábitos de consumo de cerveja no Brasil, revelando o perfil do consumidor, que se mostrou composto na maior parte por homens entre 31 e 40 anos, casados, com renda mensal entre R\$3mil e R\$6mil. A pesquisa também constatou que as regiões Sul e Sudeste predominam no cenário cervejeiro nacional.

Não existem dados oficiais sobre produtores caseiros de cerveja, mas estima-se que o número de adeptos aumente em proporção parecida às cervejarias comerciais, já que eventos e produtos voltados para esse mercado só crescem. Hoje em dia há uma quantidade substancial de equipamentos voltados para a produção caseira de cerveja, porém os cervejeiros que buscam melhorar a qualidade da sua produção se deparam com a escassez de produtos acessíveis com alto nível de qualidade e tecnologia confiável para realizar a fermentação da sua cerveja.

O processo de fabricação de cerveja passa por etapas específicas, e em cada passo da operação o produto passa por alterações, porém a fermentação é o momento fundamental de todo processo, pois é nesse momento que as leveduras irão transformar os substratos fermentáveis do mosto em álcool e CO₂, formando a cerveja.

O equipamento responsável por esse processo – o fermentador – deve ser, basicamente, produzido com material atóxico e de fácil higienização para que o produto não corra o risco de sofrer contaminação. Tal equipamento terá seu projeto

apresentado neste trabalho, voltado para atender os requisitos de produtores caseiros de cerveja.

1.1.1. Objetivo geral

Este trabalho teve como objetivo geral projetar um fermentador cilindro-cônico refrigerado para cerveja artesanal, visando sua ótima combinação entre as soluções disponíveis no mercado para atender as necessidades dos produtores caseiros.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar as dimensões do fermentador cilindro-cônico;
- Selecionar o material mais adequado para a construção do equipamento;
- Dimensionar e selecionar o sistema de refrigeração para o equipamento
- Selecionar os equipamentos acessórios do fermentador;
- Analisar a viabilidade econômica do produto.

1.2. JUSTIFICATIVA

Um dos principais problemas enfrentados pelo cervejeiro caseiro é o controle da temperatura durante a fermentação, visto que os fermentadores existentes, em sua grande maioria, não possuem sistema de refrigeração acoplado ao equipamento, além disso também existe o problema de contaminação, pois a vedação do equipamento e o controle da troca de gases é feito de forma imprecisa.

Tendo em vista tais aspectos, surge a oportunidade de projetar um equipamento que atenda de forma satisfatória os requisitos para um processo de fermentação bem-sucedido. Para isso é necessário que o equipamento seja capaz de controlar a temperatura da cerveja, ser resistente a vazamentos e de material atóxico.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA CERVEJA

2.1.1. Uma Breve história da cerveja

Pão e cerveja tem uma correlação histórica concreta. Por conterem os mesmos ingredientes, especula-se que a cerveja tenha sido descoberta por meio de um processo de fermentação não intencional. Segundo a lenda presente entre os mesopotâmios, a cerveja surgiu a partir do esquecimento de recipientes de grãos fora de casa, que encharcados pela chuva iniciaram o processo de fermentação. (BELTRAMELLI, 2014).

Segundo Dantas (2016), sendo uma espécie de comida líquida, a cerveja tornou-se muito popular, e em decorrência das péssimas condições de higiene na época, era mais seguro beber a cerveja, já que no seu processo de fermentação muitas impurezas são eliminadas, ao contrário da água que era facilmente contaminada, sendo uma grande propagadora de doenças.

A cerveja adquiriu tamanha importância social ao ponto que haviam leis no Código de Hammurabi que tratavam da sua distribuição e consumo. Ficava ditada a porção diária de cerveja por indivíduo de acordo com a sua classe social (trabalhadores normais ganhavam 2 litros por dia, funcionários públicos 3 litros e administradores ou sacerdotes recebiam 5 litros por dia), bem como as orientações sobre sua produção. (ESSLINGER e NARZZIS, 2009).

Porém foi nos mosteiros católicos que a bebida teve um grande avanço em sua técnica de produção, sofrendo melhorias significativas. Para os monges a cerveja era de suma importância alimentar em seus dias de jejum, já que a ingestão de sólidos é proibida nesse período. E na Idade Média, no século XIII, os cervejeiros de origem germânica foram os primeiros a incrementar a cerveja com o lúpulo, o que conferiu à bebida as características básicas da bebida atual que conta com malte, lúpulo, água e fermento. (BELTRAMELLI, 2014; MORADO, 2017).

Em 1876, o cientista francês Louis Pasteur descobriu os microrganismos responsáveis pela deterioração do produto, que poderiam estar no ar, na água e nos equipamentos, levando ao desenvolvimento da "pasteurização", método pelo qual os

microrganismos são inativados por meio do calor. Além disso, no século XIX, Carl Von Linde desenvolveu a refrigeração artificial à base de amônia, permitindo o controle da temperatura durante a fermentação. (MESSERSCHMIDT, 2015).

Pode-se classificar a cerveja de vários modos, quanto ao seu tipo de fermentação, sua coloração, seu teor alcoólico, sua proporção de malte, entre outras características. A principal classificação é pelo seu tipo de fermentação. De acordo com seu processo fermentativo, as cervejas podem ser divididas em dois grandes grupos, de alta fermentação e de baixa fermentação. A primeira é referente as cervejas do tipo “Ale”, em que a fermentação ocorre em temperaturas ao redor de 18°C, durante 4 ou 5 dias. As cervejas de baixa fermentação são referentes ao tipo “Lager”, e a fermentação se dá a uma temperatura ao redor de 7°C, durante 8 ou 9 dias. (MEGA, 2011).

2.1.2. Matéria prima

2.1.2.1. Água

Conforme Gastoni (2005), a água compõe de 92% a 95% do peso da cerveja, desta forma, sua qualidade impacta diretamente na qualidade do produto final. Para micro cervejarias e produtores caseiros, a água de um modo geral é provenientes de estações de tratamentos municipais ou de poços. Devido a isso, realizar análises regulares para dureza em carbonatos, cheiro, sabor, coloração e turbidez é sempre recomendado.

2.1.2.2. Malte

Para produção de cerveja, em geral utiliza-se malte (Figura 1) de cevada. Sua produção é feita nas maltearias. A semente de cevada é exposta a condições favoráveis de germinação, com valores de temperatura, umidade e aeração controlados. A germinação é interrompida no momento que o grão inicia seu processo de transformação para uma nova planta. Quando a semente germina, ativa enzimas que começam a converter suas reservas de amido e proteínas em açúcares e aminoácidos, os quais serão utilizados no crescimento da planta. (GASTONI, 2005; PALMER, 2006).

Figura 1 – Cevada



Fonte: Palmer (2006).

2.1.2.3. Lúpulo

O lúpulo é uma planta dioica, da família das *Canabiacées*, ou seja, tem flores masculinas e femininas. A flor feminina não fertilizada tem preferência para o uso na indústria cervejeira, pois mantém seu poder aromático ao máximo. O amargor proporcionado pelo lúpulo equilibra a doçura dos açúcares do malte. Os componentes presentes no lúpulo que conferem aroma e amargor à cerveja são os óleos essenciais, os polifenóis e as resinas.

Os óleos essenciais garantem ao mosto e a cerveja o caráter aromático do lúpulo. Os polifenóis possuem substâncias tânicas que imprimem as características de corpo, paladar e espuma da cerveja. E as resinas são as principais responsáveis pelo amargor da cerveja. (MARTINS, 1991; GASTONI, 2005; PALMER, 2006).

A Figura 2 abaixo contém a representação do lúpulo.

Figura 2 – Lúpulo



Fonte: Mundo Educação [S. d.].

2.1.2.4. Levedura

As leveduras de fabricação de cerveja, *Saccharomyces cerevisiae* ou *Saccharomyces uvarum* (levedura de alta fermentação, e de baixa fermentação,

respectivamente) são um tipo de fungo. Reproduzem-se assexuadamente por divisão de células. A levedura pode viver sem oxigênio devido ao processo conhecido como fermentação, no qual as células da levedura incorporam açúcares simples, como glicose e maltose, e produzem dióxido de carbono e álcool como produtos residuais. (MARTINS, 1991; PALMER, 2006).

2.1.3. Mosturação

O principal objetivo da mosturação é ativar as enzimas do malte:

“Na brassagem, o cervejeiro mói o malte da cevada e o coloca em água quente para reativar e acelerar a atividade das enzimas, convertendo as reservas de amido da cevada em açúcares num curto período de tempo. O líquido açucarado resultante (mosto) é fervido com lúpulo e fermentado pela levedura, produzindo a cerveja.” (PALMER, 2006, p. 50).

Durante a mosturação, ocorre a elevação gradual da temperatura, com patamares nas temperaturas ótimas para cada tipo de enzima, A mosturação também é responsável por extrair nutrientes, minerais e proteínas presentes nos grãos. Como resultado, o mosto possui as características nutricionais necessárias para que as leveduras atuem de forma adequada, produzindo álcool e outros componentes responsáveis pelo sabor característico da cerveja. (CORRÊA, 2017; CELESTE, 2016).

As rampas de temperatura podem ser observadas na Tabela 1, abaixo:

Quadro 1 – Enzimas: temperatura de ativação e função

Temperatura de ativação e função das enzimas			
Enzima	Faixa Ideal de temperatura (°C)	Faixa de pH	Função da enzima
Phytase	30 - 52	5.0 - 5.5	Diminuir pH do mosto
Debranching	35 - 45	5.0 - 5.8	Solubilizar amidos
Beta Glucanase	35 - 45	4.5 - 5.5	Gelatinização, auxiliando a liberação de açúcares fermentáveis
Peptidase	45 - 55	4.6 - 5.3	Produzir maior quantidade de proteínas solúveis no mosto

Protease	45 - 55	4.6 - 5.3	Quebrar proteínas que geram a turvação da cerveja
Beta Amylase	55 - 65	5.0 - 5.5	Produzir maltose
Alpha Amylase	68 - 72	5.3 - 5.7	Produzir açúcares diversos, incluindo a maltose

Fonte: Homini Lúpulo (2011 apud Messerschmidt, 2015).

2.1.4. Fervura

Como afirmado por Corrêa (2017), a fervura é a última parte quente do processo, é a etapa responsável por uma parte dos sabores e aromas da cerveja, serve também para esterilizar o mosto, eliminando microrganismos indesejáveis, podendo assim evitar contaminações. É nesta etapa do processo que ocorre a isomerização dos alfa-ácidos do lúpulo, que é o principal responsável pelo amargor da cerveja. É também durante a fervura do mosto que alguns compostos voláteis que podem contribuir negativamente com o sabor e aspecto da cerveja são eliminados

De acordo com o tempo em que o lúpulo é adicionado ao mosto, desenvolve-se aroma e sabor característicos. O amargor característico da cerveja é desenvolvido pela adição de lúpulos após trinta minutos de fervura. Já o aroma característico da cerveja é alcançado pela adição de lúpulo ao final da ebulição. O mosto deve ser resfriado tão logo o processo de fervura tenha sido finalizado, para evitar a formação e a dissolução de alguns compostos indesejáveis. Os complexos de proteína, resinas e taninos, denominados de *trub*, são precipitados e separados. (SCHMIDELL et al., 2001; CELESTE, 2016; TOSTES, 2015).

2.1.5. Fermentação

O mosto, após a retirada do *trub* (resíduos flutuantes), é resfriado até a temperatura ideal de fermentação, que varia para o tipo de cerveja que se deseja produzir. No caso das cervejas do tipo “Ale” a temperatura varia entre 18° e 25°C, já nas cervejas tipo “Lager”, o processo de fermentação ocorre entre 7° e 15°C. No processo de fermentação é onde ocorre o consumo dos açúcares fermentáveis pelas leveduras, produzindo álcool e gás carbônico. Alguns fatores são determinantes para que ocorra perfeitamente a fermentação, o primeiro deles é verificar a quantidade da

levedura a ser utilizada, observar a aeração e os nutrientes dissolvidos no mosto, e controlar a temperatura de fermentação. (MESSERSCHMIDT, 2015; CORRÊA, 2017).

A fermentação total pode ser dividida em três fases, a primeira fase é a fase de adaptação, a segunda fase é a fase primária ou atenuativa, e a terceira fase é chamada de fase secundária ou acondicionante.

Na primeira fase da fermentação, imediatamente após a inoculação, a levedura inicia o processo de adaptação às condições do mosto e inicia um período de alta propagação, a levedura utiliza o oxigênio disponível no mosto para este processo. Finalizada a primeira fase, a maior parte dos açúcares foi convertida em álcool e gás carbônico. (SCHMIDELL et al., 2001).

A segunda fase da fermentação, relaciona-se com a maturação da cerveja. A levedura não termina a segunda fase antes de começar a terceira fase, os processos ocorrem em paralelo, mas o processo de acondicionamento ocorre mais lentamente. (PALMER, 2006).

A terceira fase ocorre durante a maturação, e permite a redução lenta dos fermentáveis que não foram consumidos durante a fase primária, ou seja, a levedura consumiu a maioria dos açúcares facilmente fermentáveis e agora começa a digerir os açúcares mais pesados, como a maltose. O período de maturação pode levar de seis a trinta dias, dependendo do tipo de cerveja. (LIMA, 2010).

O gás carbônico liberado durante a fermentação da cerveja é aproveitado em sua carbonatação. Na produção caseira de cervejas a carbonatação é feita por meio do *priming* ou da carbonatação forçada. O *priming* consiste, basicamente, em adicionar uma quantidade extra de açúcares fermentáveis na cerveja para que as leveduras residuais iniciem uma refermentação, gerando CO₂ e a consequente carbonatação da cerveja. Já a carbonatação forçada consiste na aplicação de CO₂ diretamente na cerveja em barrilhada.

2.1.5.1. Influência da temperatura na fermentação

Palmer (2006), afirma que a importância de se ter um controle efetivo sobre o processo de fermentação deve-se ao fato de que a temperatura ideal para as leveduras varia de acordo com seu tipo, tal controle tem a finalidade de evitar perdas

do produto pela formação de compostos indesejáveis que afetariam as propriedades organolépticas da cerveja. As leveduras são fortemente afetadas pela temperatura. Se a temperatura é muito baixa, as leveduras adormecem, e se for muito quente elas promovem a formação de álcoois pesados, que podem ter sabores ruins, e também podem levar a níveis elevados de diacetil.

A levedura é sensível a mudanças bruscas de temperatura, de forma que durante as fases iniciais, o rápido resfriamento deve ser evitado. A fermentação só é possível se a levedura encontrar a temperatura adequada para sua reprodução, sendo assim, o calor gerado pelo processo de fermentação deve ser extraído, impedindo o aumento da temperatura.

A quantidade de calor total gerada durante a fermentação é de 586,6 KJ/kg de extrato produzido, e durante a fermentação, cerca de dois terços (2/3) do extrato total são fermentados. A equação (1) determina a quantidade de calor gerado, durante a fermentação. (MAULE, 1999; SILVEIRA, 2009).

$$Q_g = 586,6 \frac{KJ}{kg} \cdot \frac{2}{3} m_e \quad (1)$$

Onde:

Q_g = Quantidade de calor gerado durante a fermentação (KJ)

m_e = Massa de extrato (kg)

Um estudo experimental realizado por Sgarbi (2016), demonstrou que o fluxo de calor gerado durante a fermentação atinge seu pico em aproximadamente 48h, como pode ser observado na Figura 3 a seguir, sendo assim, dimensionar o sistema de refrigeração de modo que o mesmo tenha capacidade de retirar o calor total gerado dentro deste período é recomendado. A equação (2) representa o fluxo de calor gerado pela fermentação.

$$\dot{Q}_g = \frac{Q_g}{\Delta t} \quad (2)$$

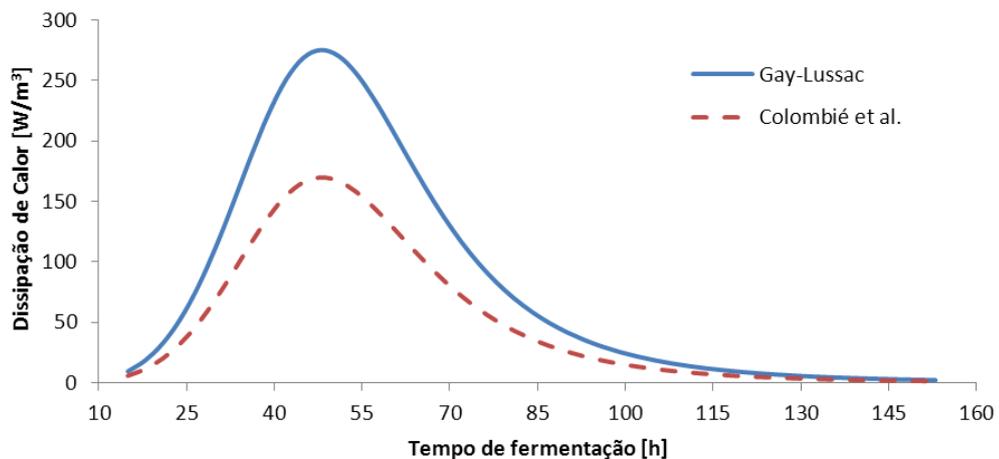
Onde:

\dot{Q}_g = Fluxo de calor gerado durante a fermentação (KW)

Q_g = Quantidade de calor gerado durante a fermentação (KJ)

Δt = Intervalo de tempo (s)

Figura 3 – Dissipação térmica do processo de fermentação ao longo do tempo



Fonte: Sgarbi (2016).

2.1.6. Maturação

Após a fermentação, existe uma grande quantidade de substâncias indesejáveis presentes na cerveja. Estas substâncias indesejadas são eliminadas no processo de maturação e estabilização, onde a cerveja é mantida em descanso em temperatura aproximada de -1°C . O processo dura alguns dias, permitindo a ocorrência das reações químicas para a estabilização. No final da etapa, a cerveja está praticamente concluída, com aroma, sabor e corpo definidos. (LIMA, 2016).

2.2. VASOS DE PRESSÃO

A função primeira de um fermentador é proporcionar um habitat controlado que permita o desenvolvimento das leveduras de modo eficiente. Tal habitat depende de

alguns fatores, como pressão e temperatura de fermentação, geometria e material de construção do fermentador.

A maioria dos fermentadores utilizados hoje em dia tem a geometria cilindro-cônica, com o ângulo do cone entre 60° e 72°. Um fermentador pode ser tratado como um vaso de pressão de paredes finas se a relação entre o seu raio e a espessura da parede for muito pequena. Se esta relação é inferior a 0,1, a tensão normal máxima é menos que 5% maior que a média, fazendo com que a distribuição da tensão normalmente através da espessura da parede possa ser considerada uniforme. (BEER, F. P.; JOHNSTON, E. R., 1984).

Vasos de pressão são recipientes projetados para resistir a diferenças entre a pressão interna e externa. Essa diferença de pressão pode ser causada por uma fonte externa, por aplicação de calor de uma fonte direta ou indireta, por um processo reativo, ou qualquer combinação desses. (ASME, VIII, DIVISION 1, 2007).

Um vaso cilíndrico de paredes finas contendo um fluido sob pressão está sujeito à tensão circunferencial na parede cilíndrica e à tensão longitudinal na parede cilíndrica, como pode ser observado na Figura 4. Tais tensões são respectivamente definidas pelas equações (3) e (4). (ASME, VIII, DIVISION 1, 2007).

$$\sigma_1 = \frac{P \cdot (R+e)}{e} - 0,4 \cdot P \quad (3)$$

Onde:

σ_1 = Tensão circunferencial na parede cilíndrica (MPa)

P = Pressão interna (MPa)

R = Raio interno do cilindro-cônico (m)

e = Espessura selecionada da chapa/ espessura selecionada da casca do cilindro-cônico (mm ou m)

$$\sigma_2 = \frac{P \cdot (R+e)}{2 \cdot e} - 0,7 \cdot P \quad (4)$$

Onde:

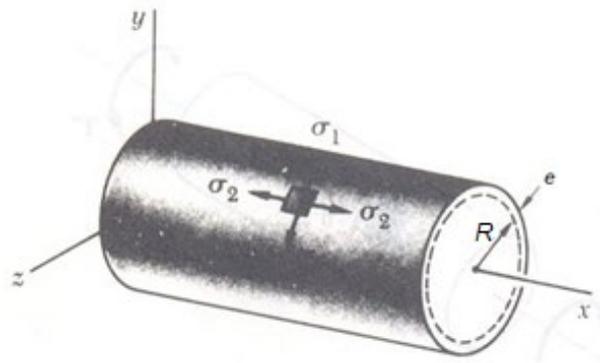
σ_2 = Tensão longitudinal na parede cilíndrica (MPa)

P = Pressão interna (MPa)

R = Raio interno do cilindro-cônico (m)

e = Espessura selecionada da chapa/ espessura selecionada da casca do cilindro-cônico (mm ou m)

Figura 4 – Cilindro de paredes finas sujeito a pressão interna



Fonte: Adaptado de Beer, F. P.; Johnston, E. R. (1984).

No caso de fundos cônicos com ângulo $\alpha \leq 60^\circ$, as fórmulas fornecidas pela ASME para a tensão circunferencial na parede cônica e para a tensão longitudinal na parede cônica são definidas pelas equações (5) e (6).

$$\sigma_3 = \frac{P.(R+e)}{e.\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} - 0,4.P \quad (5)$$

Onde:

σ_3 = Tensão circunferencial na parede cônica (MPa)

P = Pressão interna (MPa)

R = Raio interno do cilindro-cônico (m)

e = Espessura selecionada da chapa/ espessura selecionada da casca do cilindro-cônico (mm ou m)

α = Ângulo de cone (°)

$$\sigma_4 = \frac{P.(R+e)}{2.e.\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} - 0,9.P \quad (6)$$

Onde:

σ_4 = Tensão longitudinal na parede cônica (MPa)

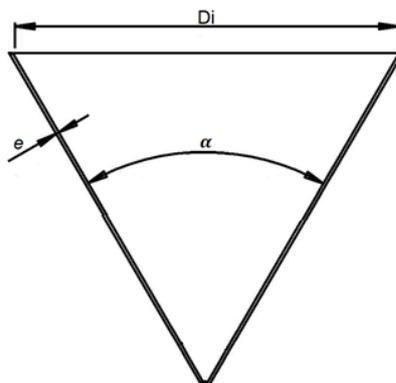
P = Pressão interna (MPa)

R = Raio interno do cilindro-cônico (m)

e = Espessura selecionada da chapa/ espessura selecionada da casca do cilindro-cônico (mm ou m)

α = Ângulo de cone (°)

Figura 5 – Fundo cônico



Fonte: Autor (2019).

Além de uma estrutura adequada para resistir as solicitações, a parede interna de um fermentador deve ter baixa rugosidade. A rugosidade da superfície é dada em rugosidade média superficial (R_a), que avalia a intensidade da aspereza de superfície,

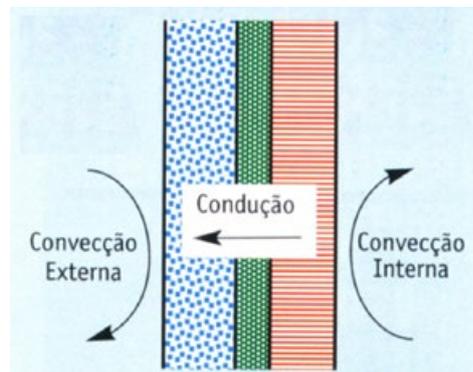
e em fermentadores deve ser menor que $0,8 \mu m$, sendo $0,25 \mu m$ a rugosidade adequada para a fabricação de fermentadores. (KUNZE, 2004).

2.3. TRANSFERÊNCIA DE CALOR

A transferência de calor é a energia trocada entre dois ou mais corpos com temperaturas diferentes, ocorrendo assim uma troca de energia térmica entre os meios. O fluxo de calor ocorre sempre do meio com maior temperatura para o de menor temperatura, seguindo assim a segunda lei a termodinâmica. A transferência de calor pode ser forçada, através de resistências elétricas ou trocadores de calor, mas também pode ser dificultada através de isolantes. (MOLENDAS, 2009).

Para o fermentador em desenvolvimento, pode-se desconsiderar as trocas térmicas de calor proveniente do ambiente (sistema adiabático) através do isolamento térmico, pois os valores são desprezíveis comparados ao valor de troca térmica por convecção.

Figura 6 – Fluxo de calor através de uma parede



Fonte: Molenda (2009).

Para que ocorra a fermentação de forma adequada, o sistema de refrigeração deve manter a temperatura necessária ao processo. Para manter tal temperatura de forma mais eficiente, é feito o uso de isolante térmico para diminuir a troca de calor entre o tanque fermentador e o ambiente externo.

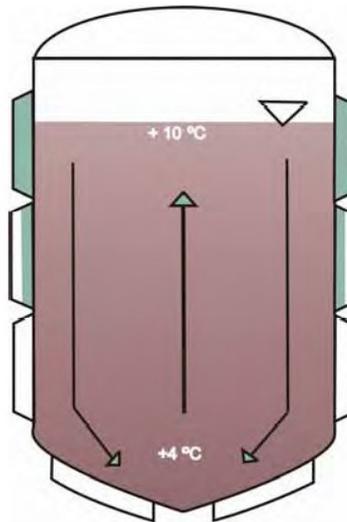
Um bom isolante deve:

- Ter baixa condutividade térmica;
- Ter boa resistência mecânica;
- Não ser combustível;
- Ser imputrescível e inatacável por pragas;
- Ter baixa permeabilidade ao vapor d'água;
- Se possível, ser barato.

2.3.1. Convecção natural

Convecção é a transferência de energia entre uma superfície e um fluido em movimento sobre esta superfície. A convecção natural de um fluido ocorre quando as diferenças locais de densidade geram forças ascensionais no mesmo. O movimento do fluido se deve ao fluxo de calor da superfície para o fluido, a densidade do fluido decresce causando a ascensão do fluido menos denso (mais quente), sendo substituído pelo fluido mais denso (mais frio). (INCROPERA; DEWITT, 2003).

Figura 7 – Convecção natural em um fermentador cilindro-cônico



Fonte: Kunze (2004).

A troca de calor entre o meio refrigerante e o conteúdo a ser resfriado se dará por meio de convecção natural. No caso de convecção natural, os números

adimensionais possuem uma significância física, e Ashrae (2001) define as relações necessárias para se obter o coeficiente de película do fluido a ser resfriado.

O número de *Grashof* (Gr), dado pela equação (7), descreve a influência de forças ascensionais em um fluido, e pode ser entendido como a razão do empuxo ascendente do fluido e a fricção interna retardando a descendência do mesmo fluido.

$$Gr = \left[\frac{\rho_i^2 \cdot g \cdot \beta_i' \cdot (\delta_{me} - \delta_e) \cdot H_m^3}{\mu_i^2} \right] \quad (7)$$

Onde:

Gr = Número de Grashof (adimensional)

ρ_i = densidade à temperatura média da cerveja (kg/m^3)

g = aceleração devido à gravidade (m/s^2)

β_i' = Coeficiente de expansão térmica da cerveja ($1/^\circ\text{C}$)

δ_{me} = Temperatura de parede na entrada da jaqueta ($^\circ\text{C}$)

δ_e = Temperatura de entrada do meio que se escoia na jaqueta ($^\circ\text{C}$)

H_m = Altura total do mosto (m)

μ_i = Viscosidade dinâmica da cerveja (kg/m.s)

O *Número de Prandtl* (NPr) é o parâmetro que relaciona as espessuras relativas das camadas limite hidrodinâmica e térmica, e é determinado através da equação (8).

$$NPr = \frac{c_{p_i} \cdot \mu_i}{\kappa_i} \quad (8)$$

Onde:

Npr = Número de Prandtl (adimensional)

c_{p_i} = Calor específico da cerveja à pressão constante (J/kg.K)

μ_i = Viscosidade dinâmica da cerveja (kg/m.s)

k_i = Condutividade térmica da cerveja (W/m.K)

O número de *Rayleigh* (Ra), equação (9), é definido como a razão de forças de fluabilidade e viscosidade multiplicadas pela razão das difusividades térmica e dinâmica.

$$Ra = Gr \cdot NPr \quad (9)$$

Onde:

Ra = Número de Rayleigh (adimensional)

Gr = Número de Grashof (adimensional)

Npr = Número de Prandtl (adimensional)

Através de testes de convecção natural, com vários fluidos escoando ao longo de tubos horizontais singulares e fios e ao longo de planos verticais, Bronw e Marco (1958) chegaram às constantes que possibilitam o cálculo do coeficiente de película, para convecção natural.

O coeficiente de transferência de calor do fluido a ser resfriado é obtido pela equação (10), onde os valores de X e n podem ser obtidos nos Quadros 2 e 3, respectivamente.

$$h_i = X \cdot \frac{k_i}{H_m} \cdot Ra^n \quad (10)$$

Onde:

h_i = Coeficiente de filme do lado interno do vaso (W/m².K)

X = Constante em função de Ra (adimensional)

k_i = Condutividade térmica da cerveja (W/m.K)

Ra = Número de Rayleigh (adimensional)

n = Constante em função de Ra (adimensional)

H_m = Altura total do mosto (m)

Quadro 2 – Constante X em função de Ra

Geometria	Ra	
	$10^3 - 10^9$	$> 10^9$
	C	
Placas verticais	0,55	0,13
Cilindros horizontais (tubos e arames)	0,45	0,11
Cilindros verticais	0,45 - 0,55	0,11 – 0,13
Placas horizontais, lado quente para cima	0,71	0,17
Placas horizontais, lado quente para baixo	0,35	0,08

Fonte: Brown; Marco (1958).

Quadro 3 – Constante n em função de Ra .

Ra	n
$< 10^3$	$< 1/4$
$10^3 - 10^9$	$1/4$
$> 10^9$	$1/3$

Fonte: Brown; Marco (1958).

2.3.2. Diferença de temperatura média logarítmica

A diferença de temperatura média logarítmica é uma média logarítmica da diferença de temperatura entre as correntes quente e frias em cada extremidade de um trocador de calor, sendo assim, deve-se utilizar a diferença de temperatura média logarítmica para o cálculo do fluxo de calor, pois desta forma estarão sendo considerados os diferentes valores do diferencial de temperaturas ao longo de todo o trocador de calor. (ASHRAE, 2001).

A equação (11) determina a diferença de temperatura térmica logarítmica.

$$\Delta\delta_{lm} = \frac{(\delta_{me}-\delta_e)-(\delta_{ms}-\delta_s)}{\ln\left(\frac{\delta_{me}-\delta_e}{\delta_{ms}-\delta_s}\right)} \quad (11)$$

Onde:

$\Delta\delta_{lm}$ = Diferença média logarítmica de temperatura entre os fluídos de processo e da jaqueta (°C)

δ_{me} = Temperatura de parede na entrada da jaqueta (°C)

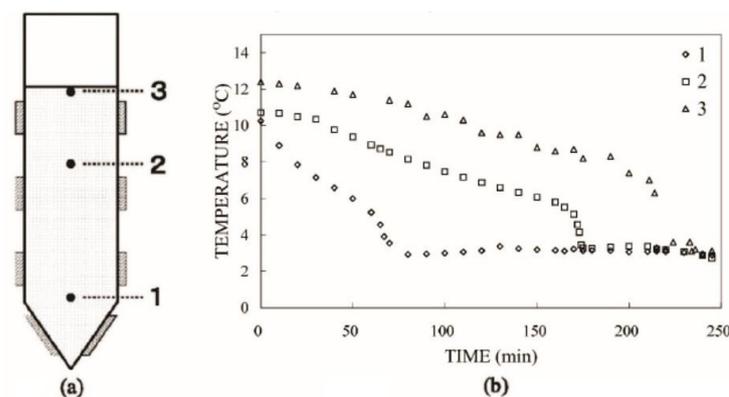
δ_e = Temperatura de entrada do meio que se escoia na jaqueta (°C)

δ_{ms} = Temperatura de parede na saída da jaqueta (°C)

δ_s = Temperatura de saída do meio que se escoia na jaqueta (°C)

Na figura abaixo (8) representa-se um fermentador cilindro-cônico jaquetado, no qual foram instalados sensores em diferentes regiões do equipamento. É possível notar o efeito da diferença de temperatura entre as correntes quentes e frias sobre o tempo de resfriamento em cada extremidade do fermentador.

Figura 8 – a) Posição dos sensores b) Gráfico tempo x temperatura



Fonte: Adaptado de Takamoto; Saito (2003).

2.3.3. Coeficiente global de troca de calor

O coeficiente de transferência de calor global U é determinado pelo inverso de uma série de cinco resistências para a transferência de calor, sendo elas duas convectivas, uma condutiva, e duas relacionadas a incrustações. A equação (12) é válida na situação em que o diâmetro do tanque é muito grande quando comparado com a espessura de sua parede, isto é, a resistência condutiva do tanque é desprezada. (RAZUK, 2006).

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + ffi + \frac{e}{k_a} + ffj + \frac{1}{h_j} \quad (12)$$

Onde:

U = Coeficiente global de transferência de calor (W/m².K)

h_i = Coeficiente de filme do lado interno do vaso (W/m².K)

ffi = Fator de incrustação do lado interno do vaso (m².K/W)

e = Espessura selecionada da chapa/ espessura selecionada da casca do cilindro-cônico (m)

ffj = Fator de incrustação do lado da jaqueta (m².K/W)

h_j = Coeficiente de filme do lado da jaqueta (W/m².K)

A área de transferência de calor pode ser otimizada igualando-a a área de contato do mosto com a parede interna do fermentador.

A transferência de calor no fermentador devido à condução através da parede do vaso interno é dada pela equação (13).

$$\dot{Q}_c = U \cdot A_t \cdot \Delta\delta_{lm} \quad (13)$$

Onde:

\dot{Q}_c = Fluxo de calor transferido por convecção (KW)

U = Coeficiente global de transferência de calor ($W/m^2.K$)

A_t = Área de transferência de calor (m^2)

$\Delta\delta_{lm}$ = Diferença média logarítmica de temperatura entre os fluídos de processo e da jaqueta ($^{\circ}C$)

2.4. SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

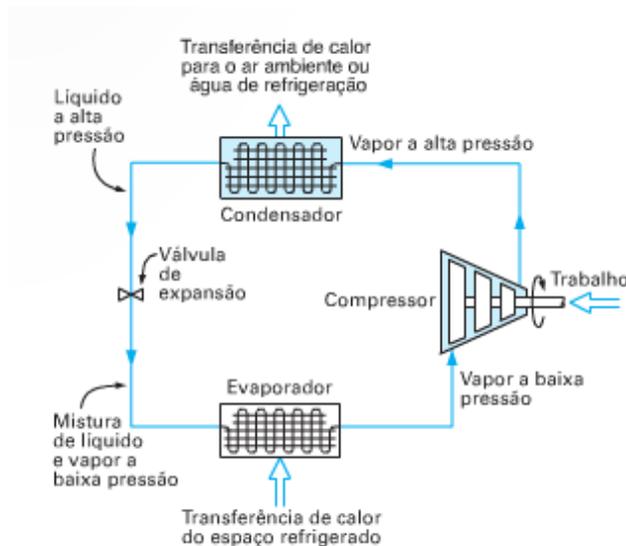
Um sistema de refrigeração tem a finalidade de remover calor, a fim de manter refrigerado constantemente um produto, material ou espaço. Um sistema de refrigeração também pode ser utilizado em processos de mudança das características ou mesmo estrutura química de uma substância. (GEORGE, 1993).

No caso da cerveja, durante a fermentação, por ser um processo exotérmico, o produto deve ser resfriado sob pena de ocorrer um aumento de temperatura suficiente para reduzir ou mesmo interromper a transformação dos açúcares.

Entre os principais sistemas de refrigeração estão os sistemas por compressão de vapor. Os sistemas por compressão de vapor são predominantes nas instalações industriais para processamento e armazenagem de alimentos e em equipamentos de pequeno porte, como refrigeradores e condicionadores de ar compactos.

No ciclo de compressão de vapor, o trabalho fornecido ao compressor é utilizado para elevar a pressão e a temperatura do fluido refrigerante que chega ao compressor. O fluido, no estado de vapor a alta pressão e temperatura, vai para o condensador onde rejeita calor para o meio, condensando o fluido refrigerante. O líquido condensado segue em direção a um dispositivo de expansão onde o fluido passa do estado líquido a alta pressão para uma mistura líquido-vapor a baixa pressão e temperatura. O fluido então retira calor do sistema a ser refrigerado, utilizando esse calor para se vaporizar, seguindo em direção ao compressor, onde completa o ciclo. (SALVADOR, 1999).

Figura 9 – Ciclo simples de refrigeração



Fonte: Borgnakke (2012).

2.4.1. Componentes do sistema de refrigeração

2.4.1.1. Compressor

O compressor é o responsável pela circulação do refrigerante no ciclo, de forma contínua. Uma de suas funções é remover o vapor do fluido refrigerante do evaporador, através de sucção, para manter a pressão compatível com a temperatura de evaporação necessária. A outra função é comprimir este gás, elevando a pressão do vapor, para fazer com que o fluido circule ao longo do sistema. A pressão é elevada até o ponto onde a quantidade de calor retirada no condensador leve o fluido ao estado líquido (PILLIS, 2005).

2.4.1.2. Condensador

O condensador é o elemento do sistema de refrigeração que tem a função de transformar o gás quente a alta pressão, oriundo do compressor, em líquido, rejeitando o calor contido no fluido refrigerante para o meio. O condensador, recupera o líquido refrigerante, deixando-o em condições de repetir o ciclo. O vapor do fluido entra superaquecido no condensador e varia a mistura de líquido mais vapor ao longo do equipamento, até sair completamente líquido. (PILLIS, 2005).

2.4.1.3. Dispositivo de expansão

O dispositivo de expansão tem a função de reduzir a pressão do refrigerante desde a pressão de condensação até a pressão de vaporização. Ao mesmo tempo, este dispositivo deve regular a vazão de refrigerante que chega ao evaporador, de modo a satisfazer a carga térmica aplicada ao mesmo. Na válvula de expansão ocorre a diminuição da pressão do fluido refrigerante com uma mudança de fase parcial de líquido para líquido mais gás. Com a diminuição da pressão a troca de calor na forma de vaporização do fluido no evaporador fica favorecida, além disso, a temperatura mais baixa também favorece a troca térmica. (MENDES, 2014).

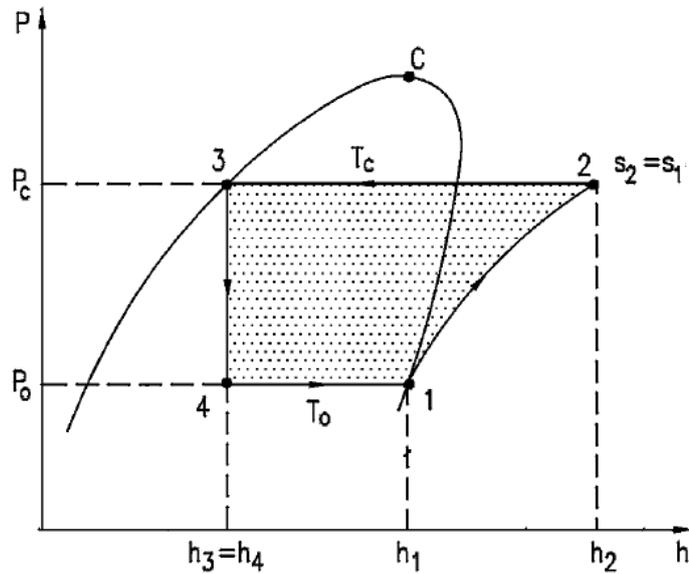
2.4.1.4. Evaporador

O evaporador é a interface entre o sistema de refrigeração e o processo, sendo a parte mais importante de um sistema de refrigeração. É no evaporador que a troca térmica entre o fluido refrigerante e o produto a ser resfriado ocorre, fazendo com que a carga de calor do segundo seja transferida e absorvida pelo primeiro, e este se evapore. (MARTINELLI JUNIOR, 2003).

2.4.2. Ciclo teórico de refrigeração por compressão de vapor

Um ciclo térmico real qualquer deveria ter para comparação o ciclo de Carnot, por ser este o ciclo de maior rendimento térmico possível. Porém, devido as particularidades do ciclo de refrigeração por compressão de vapor, define-se um ciclo teórico no qual os processos são mais próximos aos do ciclo real e, portanto, torna-se mais fácil comparar o ciclo real com este ciclo teórico. (TASSINI, 2012; CASTRO, 2008).

Figura 10 – Ciclo teórico de refrigeração por compressão de vapor



Fonte: Castro (2008).

Os processos termodinâmicos que constituem o ciclo teórico são:

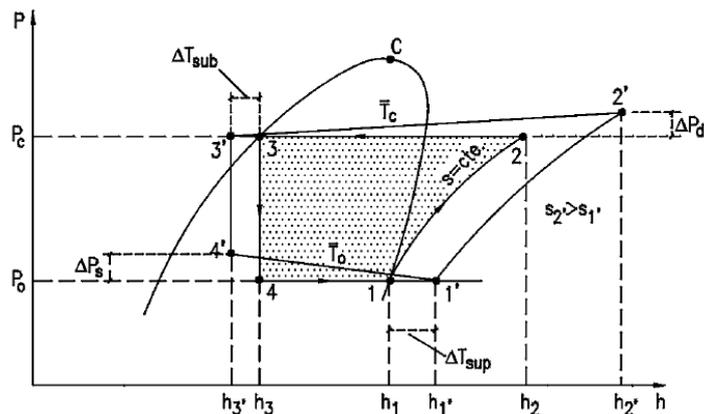
- 1→2. Ocorre no compressor, sendo um processo adiabático reversível e, portanto, isentrópico. O refrigerante entra no compressor à pressão do evaporador P_0 e com título $x=1$. O refrigerante é então comprimido até atingir a pressão de condensação P_c e, ao sair do compressor, está superaquecido à temperatura T_2 , que é maior que a temperatura de condensação T_c .
- 2→3. Ocorre no condensador, sendo um processo de rejeição de calor, do refrigerante para o meio ambiente, à pressão constante. Neste processo o fluido frigorífico é resfriado da temperatura T_2 até a temperatura de condensação T_c e, a seguir, condensado até se tornar líquido saturado na temperatura T_3 , que é igual à temperatura T_c .
- 3→4. Ocorre no dispositivo de expansão, sendo uma expansão irreversível a entalpia constante (processo isentálpico), desde a pressão P_c e líquido saturado ($x=0$), até a pressão de vaporização P_0 . O processo é irreversível e, portanto, a entropia do refrigerante na saída do dispositivo de expansão (s_4) será maior que a entropia do refrigerante na sua entrada (s_3).
- 4→1. Ocorre no evaporador, sendo um processo de transferência de calor a pressão constante (P_0) e a temperatura constante (T_0), ocorre desde vapor

úmido no estado 4, até atingir o estado de vapor saturado seco com título $x=1$. O calor transferido ao refrigerante no evaporador não modifica a temperatura do refrigerante, somente muda sua qualidade.

2.4.3. Ciclo real de refrigeração por compressão de vapor

Uma das diferenças está no processo de compressão, que no ciclo real é politrópico ($s_1 \neq s_2$), e no processo teórico é isentrópico. Devido ao superaquecimento e ao processo politrópico de compressão, a temperatura de descarga do compressor (T_2) pode ser muito elevada, tornando-se um problema para os óleos lubrificantes usados nos compressores frigoríficos.

Figura 11 – Ciclo teórico x ciclo real



Fonte: Castro (2008).

Outra diferença entre o ciclo real e o teórico é a queda de pressão ΔP_d e ΔP_s nas linhas de descarga, de líquido, e de sucção assim como no condensador e no evaporador. Além disso, ocorre o sub-resfriamento do refrigerante na saída do condensador, e o superaquecimento na sucção do compressor, sendo este também um processo importante que tem a finalidade de evitar a entrada de líquido no compressor.

2.5. AÇOS INOXIDÁVEIS

A seleção dos materiais que entrarão em contato com qualquer produto alimentício trata-se de um dos pontos mais importantes em um projeto de equipamentos para o setor. Para garantir as condições adequadas à fermentação, a superfície em contato com o mosto precisa ser lisa, impermeável e livre de fendas, deve ainda ser de material atóxico, resistente a corrosão, não absorvente e incapaz de migrar para o produto. O material que melhor atende estes requisitos é o aço inoxidável devido às suas propriedades. (MACEIRAS, 2016).

Os aços inoxidáveis são altamente resistentes à corrosão em diversos ambientes. Seu elemento de liga predominante é o Cromo com teores superiores a 11% e sua resistência à corrosão pode ser aumentada com a adição de Níquel e Molibdênio. Os aços inoxidáveis podem ser classificados em três grupos, sendo eles: os aços inoxidáveis Martensíticos, os aços inoxidáveis Ferríticos, e os aços inoxidáveis Austeníticos. (CHIAVERINI, 2002).

Os aços inoxidáveis Martensíticos são ligas de ferro, cromo e carbono, sendo o teor de cromo na faixa de 10,5 a 18%, são ferromagnéticos, endurecíveis por tratamentos térmicos e geralmente só resistem à corrosão em ambiente não muito agressivo. Possuem estrutura cúbica de corpo centrado (CCC) e quando endurecidos apresentam estrutura martensítica. O cromo e o carbono são equilibrados para garantir a estrutura martensítica após o endurecimento. (ASM METALS HANDBOOK, VOL 1, 2005).

Os aços inoxidáveis Ferríticos são ligas de ferro e cromo com estrutura cristalina cúbica de corpo centrado (CCC). O teor de cromo presente nesses aços está na faixa de 10,5 a 30%. Em algumas ligas enxofre e selênio podem ser adicionados para aumentar a usinabilidade. Os aços inoxidáveis Ferríticos são ferromagnéticos e possuem boa ductilidade e conformabilidade, mas a altas temperaturas são menos resistentes que os aços inoxidáveis austeníticos. (ASM METALS HANDBOOK, 2005).

Os aços inoxidáveis Austeníticos apresentam uma estrutura de cúbica de face centrada (CFC). Essa estrutura proporciona o uso de elementos austenitizantes como, por exemplo, o níquel, manganês e nitrogênio. São essencialmente não magnéticos e possuem excelentes propriedades criogênicas. O teor de cromo presente pode variar

de 16 a 26%, o de níquel no máximo 35% e o de manganês no máximo 15%. (ASM METALS HANDBOOK, VOL 1, 2005).

Uma ampla faixa de propriedades mecânicas, combinadas com uma excelente resistência à corrosão, torna os aços inoxidáveis muito versáteis nas suas possíveis aplicações como pode ser observado abaixo na Figura 12.

Figura 12 – Tipos de aplicações dos aços inoxidáveis

Tipo do Aço Inoxidável	Aplicações
Ferrítico	Componentes de exaustão automotivos, tanques para pulverizadores agrícolas, válvulas (alta temperatura) e câmeras de combustão.
Austenítico	Equipamentos para processos químicos e de alimento, vasos criogênicos e construções com solda.
Martensítico	Canos de rifles, peças de motores a jato, mancais, eixos e material cirúrgico.

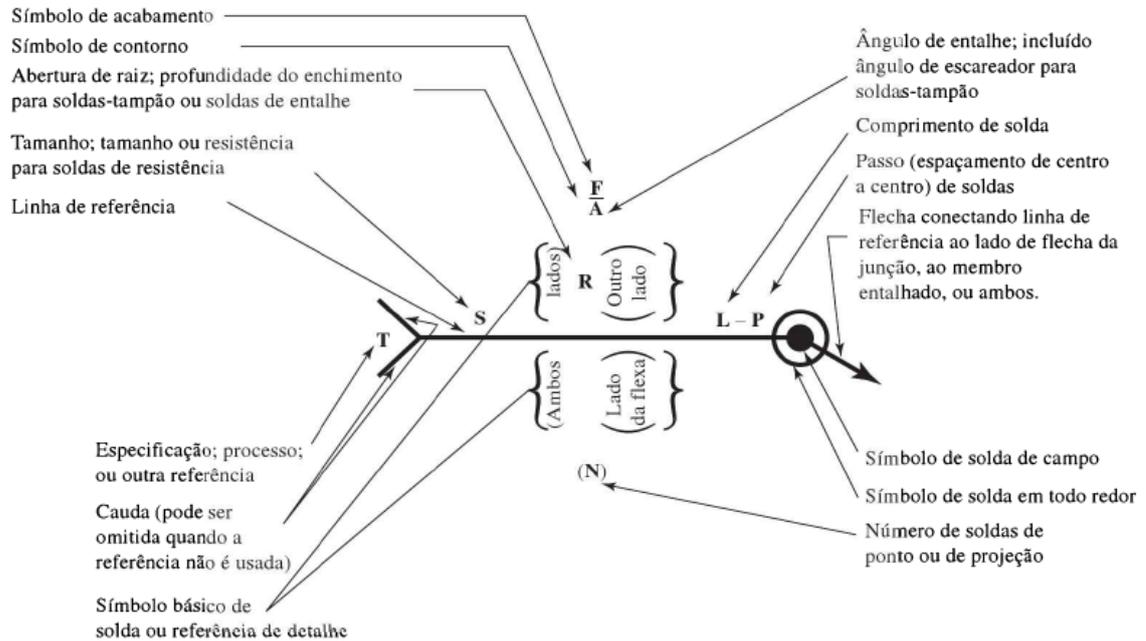
Fonte: Ochoa (2007).

2.6. UNIÕES SOLDADAS

Uniões soldadas são junções permanentes entre peças realizadas através do processo de soldagem, e são empregadas em junções de peças de aço, ferro fundido, ligas de cobre, alumínio e magnésio entre outras. Atualmente, os processos de soldagem por fusão, tais como arco elétrico, MIG/MAG, arco submerso, e TIG estão entre os mais usuais. (BUDYNAS; NISBETT, 2011).

As soldas são geralmente especificadas pela resistência a tração do material utilizado, seguida de detalhes construtivos e das dimensões. A Figura 13 abaixo mostra o símbolo de soldagem padronizado pela American Welding Society (AWS).

Figura 13 – Simbologia de soldagem



Fonte: Budynas, R. G.; Nisbett, J. K. (2011).

Em geral, a maioria das soldas em elementos gerais de máquinas é de filete, exceto em projetos de vasos de pressão onde a solda de topo se faz necessária.

Figura 14 – Símbolos de solda a arco e gás

Conta Cordão	Filete	Tampão ou Entalhe	Sulco ou Encaixe				
			Quadrado	V	Bisel ou Chanfro	U	J

Fonte: Budynas; Nisbett (2011).

2.6.1. Soldagem em vasos de pressão

Em vasos de pressão, todas as soldas de emenda de chapas em cascos e tampos de vasos de pressão devem ser soldas de topo, e de penetração total. O emprego de mata-juntas internos de aço, embora permitidos, não é recomendável, podendo-se como alternativa, empregar mata-juntas de cobre, que são facilmente removíveis após a soldagem. (ASME, VIII, DIVISION 1, 2007).

O coeficiente de junta soldada é destinado a compensar a possível menor resistência na região da solda. O coeficiente de eficiência de uma junta soldada é determinado de acordo com o tipo de solda e o grau de inspeção adotado, que estão detalhados no Quadro 4, que segue abaixo.

Quadro 4 – Coeficiente de eficiência de solda

Tipo de junção	Limitações	Grau de inspeção		
		Radiografia total	Radiografia parcial (por amostragem)	Não radiografada
 <p>Junções de topo soldadas em ambos os lados da superfície</p>	Nenhuma	1,00	0,85	0,70
 <p>Junções de topo soldadas em apenas um dos lados da superfície, com mata junta</p>	Nenhuma	0,90	0,80	0,65
 <p>Junções de topo soldadas em apenas um dos lados da superfície, sem mata junta</p>	Permitido apenas em soldas circunferenciais, para espessuras inferiores a 16mm, e diâmetro do vaso inferior a 610mm	-	-	0,60
 <p>Junções de topo soldadas em apenas um dos lados da superfície, sem mata junta</p>	Permitido para soldas longitudinais em	-	-	0,55

Junções sobrepostas, com filete duplo de altura total	espessuras inferiores a 10mm, e em soldas circunferenciais em espessuras inferiores a 16mm			
---	--	--	--	--

Fonte: Tabela UW-12, ASME VIII DIV. 1 (2007).

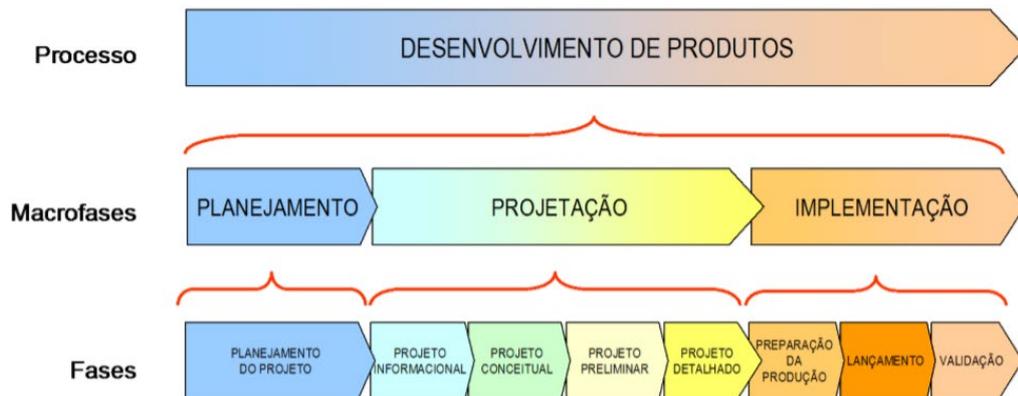
As soldas devem ser conduzidas o mais simetricamente possível em relação ao eixo neutro do vaso para reduzir e compensar as deformações decorrentes da solda. Também com a finalidade de controlar as deformações decorrentes da soldagem, é usual alternar-se o sentido geral de avanço da soldagem para cordões sucessivos. (ASME, VIII, DIVISION 1, 2007).

As soldas em aços inoxidáveis e em muitos metais não ferrosos devem, de preferência e sempre que possível, ser feitas em recinto fechado e com atmosfera limpa e controlada para evitar a contaminação do metal depositado por partículas de ferrugem, fumaças, poeiras e afins.

2.7. METODOLOGIA DE PROJETO

No desenvolvimento de um projeto de qualquer produto é fundamental estabelecer uma metodologia a ser seguida com o fim de se obter a melhor concepção. A metodologia a ser aplicada neste trabalho é a metodologia apresentada por Romano (2013) para o processo de desenvolvimento de produtos. Esse projeto está compreendido na macrofase de projeção, mais precisamente na fase de projeto preliminar. A Figura 15 apresenta as macrofases e fases do processo de desenvolvimento de produtos.

Figura 15 – Processo de desenvolvimento de produtos



Fonte: Romano (2013).

2.7.1. Projeto informacional

A fase de Projeto Informacional consiste em estabelecer as especificações do projeto. Esta etapa busca guiar o desenvolvimento do equipamento, através de um conjunto de requisitos que devem ser levados em consideração na execução do projeto, a fim de elucidar os problemas a serem resolvidos. (ROMANO, 2013).

Na fase de Projeto Informacional, primeiramente é feito a identificação dos requisitos básicos, técnicos e de atratividade, permitindo a definição dos requisitos necessários e desejáveis para o produto. Como resultado, é elaborada a lista de requisitos e emitidas as especificações do projeto. O Diagrama de Mudge consiste em construir uma matriz quadrada comparando o elemento de cada linha com o elemento de cada coluna, conseguindo priorizar as características do projeto. O QFD desdobra as necessidades dos clientes e os requisitos técnicos relacionados a elas através de matrizes que utilizam sete ferramentas de planejamento e gerenciamento. (ROMANO, 2013).

2.7.2. Projeto conceitual

A fase de Projeto Conceitual tem o objetivo de desenvolver a concepção do produto alinhada com as especificações do projeto, elaboradas durante a fase de Projeto Informacional (ROMANO,2013).

Durante esta fase são identificados os problemas essenciais do projeto, definidas a função global e as subfunções do produto, procurados os princípios de solução para as subfunções, combinados e selecionados os princípios de solução até finalmente chegar-se na solução inicial, que dará origem a uma concepção para o produto.

Identificados os problemas essenciais do projeto deve-se identificar a função global e as condicionantes principais do projeto. A função global define o objetivo do produto. Ela representa a inter-relação geral entre a entrada e a saída de um sistema, apontando a relação entre as variáveis com referência à conversão de energia, material e/ou sinal, de forma neutra com relação à solução. Depois disso, é elaborada a estrutura funcional para decompor a função global em funções mais simples, denominadas funções parciais, até o nível de funções elementares, de modo a atender as especificações do projeto.

Os princípios de solução destinam-se a passar do abstrato ao concreto ou da função à forma as especificações do projeto, ou seja, pegar as funções elementares da estrutura funcional e desenvolver princípios de solução convencionais, intuitivos ou discursivos. O resultado disso é a matriz morfológica, que apresenta sistematicamente os dados e, a partir disso, podem-se combinar princípios de solução que atendem de forma mais adequada aos requisitos do projeto. (ROMANO, 2013).

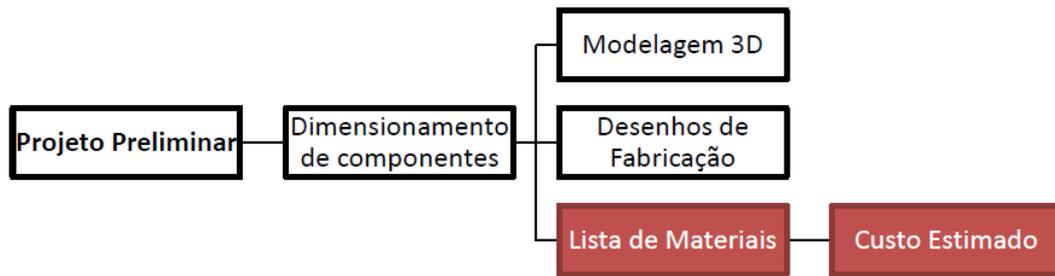
2.7.3. Projeto Preliminar

A fase de Projeto Preliminar destina-se ao estabelecimento do leiaute ou configuração final do produto e a determinação da sua viabilidade econômica.

Esta etapa analisa todos os aspectos construtivos dos componentes, tais como dimensionamento, seleção de material e desenho de conjuntos e subconjuntos. Nesta fase também é realizada a modelagem 3D do produto, e também são geradas as listas de materiais a serem empregados na fabricação e estimativa de custo do modelo (ROMANO, 2013).

A Figura 16 abaixo apresenta as etapas do Projeto Preliminar.

Figura 16 – Etapas do projeto preliminar



Fonte: Bueno (2018).

2.7.4. Projeto Detalhado

A fase de Projeto Detalhado tem como finalidade estabelecer as especificações finais, gerando a configuração final do produto. Nele são definidas as especificações dos sistemas, dos subsistemas e dos componentes (SSCs) do produto e confeccionados os desenhos finais com tolerâncias, bem como planos de processo, fabricação e montagem. Além disso, essa etapa também pode contemplar o projeto de embalagem e o material de suporte do produto. (ROMANO, 2013).

2.8. ESTUDO DE MERCADO

“Estudo de mercado é o conjunto de atividades orientadas para antever as vendas e os preços de certo produto com a finalidade de estimar as receitas futuras. Sendo assim, o estudo de mercado envolve projeções das vendas e dos preços, ano a ano, para o horizonte de planejamento adotado para certo projeto”. (Clemente e Souza, 2009, p. 114).

Neste projeto, o que está sendo proposto é a introdução de um novo produto em um mercado que ainda não atingiu seu potencial máximo. De maneira geral a empresa deve conhecer seus consumidores, mercados e concorrentes, e entregar um produto que agrega valor superior para o cliente. Além de inovar, é preciso demonstrar e dar qualidade ao novo produto oferecido, sendo assim, não basta apenas perguntar aos clientes potenciais o que eles desejam, mas também saber do que é provável que esses precisam.

O método mais simples de determinação de preços é o preço por custo mais margem, que adiciona uma margem de lucro aos custos do produto.

Churchill (2010), leva em consideração os concorrentes como tomada de preço-base, o autor mostra que para superar algumas limitações do preço baseado nos custos, é preferível levar em conta também a concorrência para tomar a decisão final de preços. Os mesmos devem ser capazes de ficar abaixo ou se igualar aos concorrentes. E caso o valor estipulado seja mais alto, deve ser mostrado ao consumidor o motivo pelo qual tal preço foi escolhido.

A escolha da localização está condicionada pelo comportamento e influência das forças locacionais, assim consideradas as variáveis que determinam a distribuição geográfica das atividades econômicas e suas características de concentração e dispersão, em relação à base física da economia de um país ou região. Essas forças e fatores estão divididos em: custos de produção e transferência, custos básicos e locacional, localização e transportes, disponibilidade e custos dos insumos, entre outros fatores. (HOLANDA, 1987)

A análise do equilíbrio financeiro é essencial para um novo projeto, pois esta análise irá conter tudo que uma empresa gera de recursos e despesas e também será a base para os cálculos dos índices. Tal análise é composta de muitas variáveis que compõem a empresa, como: receitas, custos e despesas, capital de giro, efeitos de depreciação, impostos e contribuições, efeitos das fontes de financiamento.

Sobre investimentos de projeto, Brito (2011) nos diz.

“Os usos dos recursos de um projeto são os investimentos, que podem ser inversões fixas mais capital de trabalho. As inversões fixas são terrenos, edificações, equipamentos, móveis, instalações despesas de implantação, marcas, patentes, veículos, semoventes. As inversões em capital de trabalho (ou de giro) são as necessidades permanentes de estoques, créditos, descontos e encaixes. A rigor, o reposto durante a operacionalidade da empresa.” (Brito, 2011, pg. 38).

Basicamente, investimento é todo capital necessário até que a empresa possa “sobreviver” de forma independente, ou seja, com recursos gerados da própria produção e venda de seus produtos, uma análise de investimentos elaborada de forma eficiente pode determinar a viabilidade ou não do projeto em questão. Visto que se o custo de operação for muito elevado, a empresa não terá capital para movimentar sua produção até pagar o investimento, no caso contrário o baixo investimento inviabilizaria o projeto pela baixa produtividade e baixo lucro final obtido.

Os custos e as despesas podem ser fixos ou variáveis. Os custos fixos são aqueles que independem da quantidade produzida, como custos de investimentos em equipamentos, serviços terceirizados, custos de área e instalações entre outros. Já custos variáveis são diretamente proporcionais à quantidade produzida, como custos de mão de obra, matéria-prima e insumos, transporte de insumos, consumo de energia, combustíveis e desgaste de ferramentas. As despesas fixas englobam custos administrativos, custos com pessoal e encargos, impostos fixos e serviços terceirizados. E as despesas variáveis englobam comissões de vendas, impostos variáveis e transporte de entrega. (CASAROTTO, 2010).

Capital de giro refere-se aos ativos circulantes que sustentam as operações do dia-a-dia da empresa. Já o capital de giro líquido refere-se à diferença entre os ativos e passivos circulante, é uma medida conveniente da liquidez da empresa e também reflete sua capacidade de gerenciar suas relações com fornecedores e clientes. (GITMAN, 1997).

Clemente e Souza (2009) definem a depreciação de bens abaixo.

“A depreciação de bens do ativo imobilizado corresponde a diminuição do valor dos elementos ali classificáveis, resultante do desgaste pelo uso, ação da natureza ou obsolescência. A referida perda de valor dos ativos, que tem por objeto bens físicos do imobilizado das empresas, será registrada periodicamente nas contas de custos ou despesa (depreciação do período de apuração) que terão como contrapartida as contas de registros de depreciação acumulada, classificadas como contas retificadoras do ativo permanente. Como regra geral, a taxa de depreciação será fixada em função do período em que se espera a utilização econômica do bem, pelo contribuinte, na produção de seus rendimentos.” (Clemente e Souza, 2009, p. 110).

O Quadro 5 abaixo apresenta algumas taxas de depreciação de bens.

Quadro 5 – Taxas anuais de depreciação

Bens	Taxa Anual de Depreciação	Prazo
Caminhões	25%	4 anos
Veículos de Passageiros	20%	5 anos
Computadores	20%	5 anos
Veículos de Carga	20%	5 anos

Maquinário, equipamentos, móveis e instalações industriais	10%	10 anos
Edificações	5%	25 anos

Fonte: Receita Federal (2019).

Impostos e contribuições em que as empresas estão sujeitas também influenciam no fluxo de caixa.

Quadro 6 – Incidência de impostos.

TIPO	SIGLA	ATIVIDADE	ALÍQUOTA	BASE DE CÁLCULO
Imposto de Renda sobre o Lucro Líquido	IR	Comércio, indústria e serviços	15% até R\$ 240 mil/ano	Lucro Líquido
Contribuição Social sobre o Lucro Líquido	CSSL	Comércio, indústria e serviços	9%	Lucro Líquido
Programação de Integração Social	PIS	Comércio, indústria e serviços	1,65%	Faturamento
Contribuição Financeira Social	COFINS	Comércio, indústria e serviços	7,6%	Faturamento
Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços	ICMS	Comércio, indústria e serviços	0 a 25%	Faturamento
Imposto sobre Produtos Industrializados	IPI	Indústria	5 a 15%	Faturamento
Imposto sobre Serviços	ISS	Serviços	0 a 5%	Faturamento

Fonte: Clemente e souza (2009).

2.9. ANÁLISE ECONÔMICA

“A engenharia econômica objetiva a análise econômica de decisões sobre investimentos. E tem aplicações bastante amplas, pois os investimentos poderão tanto ser de empresa, como de particulares ou de entidades governamentais” (Casarotto, 2010, p. 92).

A atratividade financeira de um projeto é o que estimula um empreendedor a formalizar um projeto de implantação, quanto maior o retorno financeiro em relação

ao investimento mais atrativo ele será. Um projeto será atrativo se o Fluxo Esperado de Benefícios, mensurados em valores monetários, superar o valor do investimento que originou esse fluxo. O Fluxo Esperado de Benefícios é obtido por meio de estimativas de prováveis valores para prováveis cenários. (CLEMENTE E SOUZA, 2009).

O Valor Presente Líquido (VPL) reflete a riqueza em valores monetários do investimento medida pela diferença entre o valor presente das entradas de caixa e o valor presente das saídas de caixa, à determinada taxa de desconto. Se o VPL for maior que zero, significa que o projeto merece continuar sendo analisado, indicando que o fluxo esperado de benefícios supera os investimentos. (CLEMENTE E SOUZA, 2009)

O VPL é definido pela equação (14) abaixo.

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{(CF_j)}{(1+TMA)^j} \quad (14)$$

Onde:

n = Tempo total de projeto (mês ou anos)

j = Período (mês ou ano)

CF_j = Fluxo de caixa de cada período j

TMA = Taxa mínima de atratividade

A taxa mínima de atratividade pode ser definida como:

“Ao analisar um projeto de investimento deve-se considerar o fato de se estar perdendo a oportunidade de auferir retornos pela aplicação do mesmo capital em outros projetos. O novo projeto para ser atrativo deve render, no mínimo, a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco. Sendo assim definida a Taxa de Mínima Atratividade (TMA)”. (Casarotto, 2010, p. 97).

A taxa de Interna de Retorno (TIR) representa a taxa de desconto que se iguala, num único momento, os fluxos de entrada com os fluxos de saída de caixa. Em outras palavras, em outras palavras é a taxa que produz um VPL igual a zero. Sendo assim,

se $TIR > TMA$, trata-se de um projeto economicamente viável, já se $TIR < TMA$, trata-se de um projeto economicamente inviável. (CLEMENTE E SOUZA, 2009).

A equação (15) estima o valor da TIR.

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{(CF_j)}{(1+TMA)^j} = 0 \quad (15)$$

Onde:

n = Tempo total de projeto (mês ou anos)

j = Período (mês ou ano)

CF_j = Fluxo de caixa de cada período j

TMA = Taxa mínima de atratividade

Pay Back Time mede o tempo necessário para que o somatório das parcelas anuais do fluxo de benefícios seja igual ao investimento inicial. Este método não leva em consideração a vida do investimento, e pode ser dificultada sua aplicação quando o investimento inicial se der por mais de um ano. De forma simples, o cálculo base se dá pela diminuição do valor do investimento inicial, pelo lucro líquido final obtidos após todos descontos, a fim de pagar o que foi gasto para começar a empresa e desse modo gerar de fato capital próprio para novos investimentos. (CASAROTTO, 2010).

O ponto de equilíbrio pode mostrar o nível de atividade a partir do qual um negócio se torna lucrativo. Também pode-se verificar por meio do ponto de equilíbrio qual a melhor alternativa para diferentes níveis de produção ou demanda. (CASAROTTO, 2010).

3. METODOLOGIA

Messerschmidt (2015), em seu trabalho de conclusão de curso, intitulado “Sistematização de Conhecimentos para o Projeto de Fermentadores de Cerveja”, utilizando a metodologia de projeto já apresentada, executou as etapas de Projeto informacional e de Projeto Conceitual, obtendo a matriz morfológica

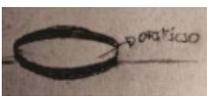
Partindo da matriz morfológica, foi selecionada a concepção final, sendo o próximo no próximo passo executada a etapa de Projeto Preliminar neste trabalho.

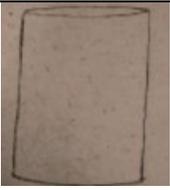
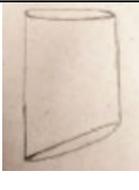
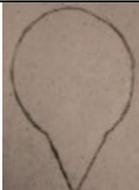
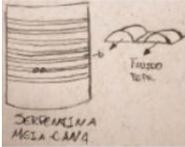
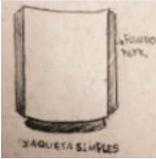
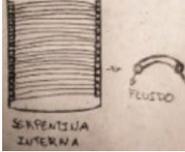
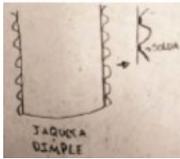
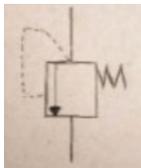
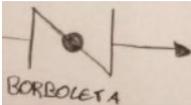
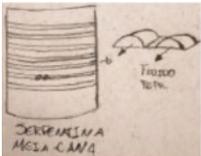
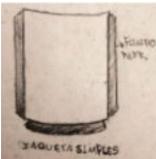
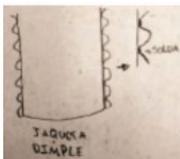
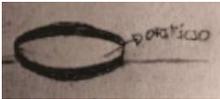
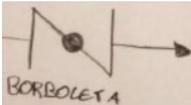
3.1. PROJETO CONCEITUAL

3.1.1. Matriz morfológica

Os princípios de solução, após definição da estrutura funcional, foram esboçados e agrupados em uma matriz morfológica por Messerschmidt (2015) conforme o Quadro 7 abaixo.

Quadro 7 – Matriz morfológica

Função Elementar	Princípios de Solução			
	I	II	III	IV
a) Acessar reservatório	Orifício 			
b) Fechar reservatório	Tampa com braço articulado 	Tampa Post Mix 	Tampa com rosca 	
c) Armazenar mistura	Cilindro chato	Cilindro-cônico	Cilindro inclinado	Esfera-cônica

				
d) Controlar temperatura de fermentação	Serpentina meia cana 	Jaqueta simples 	Serpentina interna 	Jaqueta dimple 
e) Aliviar pressão	Válvula de segurança 			
f) Retirar leveduras e proteínas/ Retirar cerveja	Válvula esfera 	Válvula borboleta 	Válvula globo 	
g) Controlar temperatura de maturação	Serpentina meia cana 	Jaqueta simples 	Serpentina interna 	Jaqueta dimple 
h) Adicionar ingredientes	Orifício 			
i) Retirar condimento	Válvula esfera 	Válvula borboleta 	Válvula globo 	

Fonte: Messerschmidt (2015)

O Quadro 7 apresenta soluções para cada função, sendo estas descritas por Messerschmidt (2015), resumidamente, que seguem:

- a) Acessar Reservatório: orifício (solução I), é basicamente uma abertura na parte superior do fermentador que permite o acesso ao interior do equipamento.
- b) Fechar Reservatório: tampa com braço articulado (solução I), consiste em um braço articulado em uma das extremidades, na parte superior o braço é fixo à tampa, e na outra extremidade o braço possui um parafuso que prende a tampa na base instalada no fermentador. Tampa Post Mix (solução II), é uma tampa que é fixada ao fermentador por meio da força exercida por duas hastes na parte externa do fermentador, a tampa possui bordas que são pressionadas contra a parte interna do fermentador. Tampa com rosca (solução III), mais simples, é basicamente rosqueada na sua base que é fixada no fermentador.
- c) Armazenar Mistura: cilindro com o fundo chato (solução I), geometria mais simples de ser fabricada, porém não facilita a retirada de resíduos. Cilindro-cônico (solução II), solução mais difundida atualmente. Cilindro com a sua base inclinada em uma das faces (solução III), geometria pouco usual, funcionalidade média entre as soluções I e II. Esférico na parte superior e base com um tronco de cone (solução IV), possui a geometria ideal do ponto de vista da relação área superficial-volume, porém a sua fabricação é custosa pois envolve técnicas de construção avançadas e gera um grande desperdício de material.
- d) Controlar Temperatura de Fermentação: serpentina meia cana (solução I), consiste de tubos nos quais sua seção transversal é cortada ao meio, ou a um terço dele, soldados diretamente à parede do fermentador. Jaqueta simples (solução II), capa extra ao longo de todo o fermentador, ou somente em partes dele, com um espaço anular concêntrico entre a parede externa do vaso e a parede interna da jaqueta. Serpentina interna (solução III), serpentinas que passam pela face interna do fermentador. Jaquetas *dimple* (solução IV), é obtida por meio de chapas metálicas soldadas em pontos, em intervalos bem curtos.
- e) Aliviar Pressão: válvula de segurança (solução I), onde a pressão dentro do vaso é controlada pela abertura da válvula, que acontece a uma pressão pré-

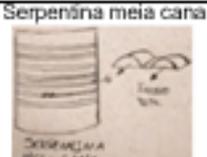
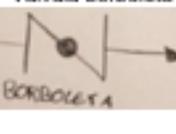
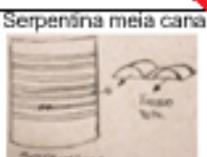
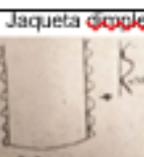
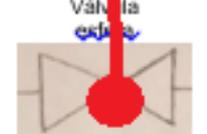
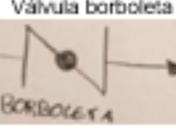
regulada, quando essa pressão é atingida a válvula cede, aliviando a pressão dentro do fermentador.

- f) Retirar Leveduras e Proteínas/ Retirar Cerveja: válvula do tipo esfera (solução I), possui um obturador em forma esférica vazada onde o fluido passa quando está totalmente aberta e alinhada à tubulação, quando fechada o seu furo fica perpendicular ao sentido do fluxo, bloqueando a passagem. Válvula borboleta (solução II), consiste em um anel, e dentro deste um disco de mesmo diâmetro que gira em torno de um eixo, abrindo ou obstruindo a passagem de fluido. Válvula do tipo globo (solução III), este tipo de válvula, diferente das demais, permite o controle da vazão do fluido.
- g) Controlar Temperatura de Maturação: devido ao fato de também exercer a função refrigerar, foi estabelecido o mesmo princípio de solução da função elementar “controlar temperatura de fermentação”.
- h) Adicionar Ingredientes: mesma abertura usada para acessar o interior do equipamento, logo, mesmo princípio de solução para “acessar reservatório”.
- i) Retirar Condimento: mesmos princípios de “retirar leveduras e proteínas/ retirar cerveja”.

3.1.2. Concepções escolhidas

Os princípios de solução apresentados na seção anterior foram combinados, formando a concepção selecionada, como mostra o Quadro 8, em seguida:

Quadro 8 – Princípios de solução selecionados

Função Elementar	Princípios de Solução			
	I	II	III	IV
a) Acessar reservatório	Orifício 			
b) Fechar reservatório	Braço articulado 	Post pio 	Rosca 	
c) Armazenar mistura	Cilindro chato 	Cilindro cônico 	Cilindro inclinado 	Esfera-cônica 
d) Controlar temperatura de fermentação	Serpentina meia cana 	Jaqueta simples 	Serpentina interna 	Jaqueta dupla 
e) Aliviar pressão	Válvula de segurança 			
f) Retirar leveduras e proteínas/ Retirar cerveja	Válvula esfera 	Válvula borboleta 	Válvula globa 	
g) Controlar temperatura de maturação	Serpentina meia cana 	Jaqueta simples 	Serpentina interna 	Jaqueta dupla 
h) Adicionar ingredientes	Orifício 			
i) Retirar condimento	Válvula esfera 	Válvula borboleta 	Válvula globa 	

Fonte: Autor (2019).

3.1.2.1. Acessar reservatório e adicionar ingredientes

O princípio de solução selecionado para as funções “acessar reservatório” e “adicionar ingredientes” foi o orifício, solução mais simples para acessar o interior do fermentador.

3.1.2.2. Fechar reservatório

Para a função “fechar reservatório”, o princípio de solução selecionado é tampa do tipo *Post Mix*. Tampas desse tipo são largamente comercializadas, o que facilita o processo de fabricação e manutenção do equipamento fermentador. Além disso, a tampa *Post Mix* fornecida para equipamentos cervejeiros possui uma válvula de alívio de pressão de emergência.

Figura 17 – Tampa *Post Mix*



Fonte: Lamas Brew Shop (2019).

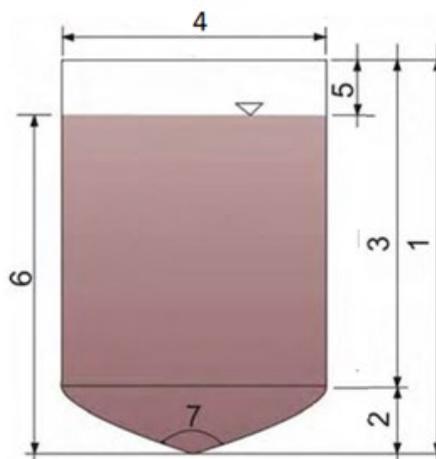
3.1.2.3. Armazenar mistura

Como pode ser notado fazendo-se uma breve pesquisa no mercado, a maioria dos fermentadores para cerveja utilizados hoje em dia têm geometria cilindro-cônico.

Os tanques cilindro-cônicos são constituídos de uma parte cilíndrica superior e uma parte cônica inferior. A grande vantagem de se utilizar os fermentadores cilindro-cônicos está na facilidade com que os resíduos da fermentação podem ser retirados. A angulação do cone no fundo do fermentador faz com que as leveduras e outros sólidos insolúveis decantem e se aglomerem no fundo do cone, facilitando sua retirada sem perdas de cerveja significativas.

A Figura 18 e o Quadro 9 referem-se a um fermentador cilindro-cônico.

Figura 18 – Fermentador cilindro-cônico.



Fonte: Adaptado de Silveira (2009).

Quadro 9 – Fermentador cilindro cônico.

Fermentador cilindro cônico	
Nº	Nomenclatura
1	Altura total do cilindro-cônico (H_t)
2	Altura do cone (H_{co})
3	Altura do cilindro (H_{ci})
4	Diâmetro interno do cilindro-cônico (D_i)
5	Altura do headspace (H_{hs})
6	Altura total do mosto (H_m)
7	Ângulo de cone (α)

Fonte: Autor (2018).

Os tanques para fermentação de cerveja não podem ser preenchidos completamente pelo mosto devido ao enorme volume de espuma gerado pela emissão de CO₂ durante a fermentação. Sendo assim, é necessário um *headspace* de 25% da capacidade volumétrica máxima que se deseja fermentar. (SILVEIRA, 2009).

O crescimento da levedura e a velocidade com que a fermentação ocorre é maior quando a agitação do mosto é maior, o que ocorre em fermentadores altos. Isso ocorre porque a agitação do mosto aumenta logaritmicamente com a altura da coluna de mosto no fermentador. Por outro lado, uma fermentação muito agitada tende a produzir cervejas menos encorpadas e pobres em aromas, consequência do baixo nível de nitrogênio, baixo pH e grande quantidade de álcoois superiores. (MAULE, 1986).

Kunze (2004), afirma que a relação raio-altura total do mosto deve ser em torno de 1:4, e a relação raio-altura de mosto na parte cilíndrica deve ser entre 1:2 e 1:10. Além disso, ângulos de cone entre 60° e 75° são os mais usuais. Para fins de cálculos, para um cone com ângulo de 60°, a altura do cone é igual 1,732 vezes o raio.

A capacidade volumétrica do fermentador cilindro-cônico pode ser calculada por meio da equação (16), que corresponde a parte cilíndrica, e a equação (17), que corresponde a parte cônica. (MESSERSCHMIDT, 2015).

$$V_{ci} = R^2 \cdot \pi \cdot H_{ci} \quad (16)$$

Onde:

V_{ci} = Capacidade volumétrica do cilindro (m³ ou L)

R = Raio interno do cilindro-cônico (mm ou m)

H_{ci} = Altura do cilindro (mm ou m)

$$V_{co} = \frac{R^2 \cdot \pi \cdot H_{co}}{3} \quad (17)$$

Onde:

V_{co} = Capacidade volumétrica do cone (m³ ou L)

R = Raio interno do cilindro-cônico (mm ou m)

H_{co} = Altura do cone (mm ou m)

3.1.2.4. Controlar temperatura de fermentação e de maturação

Um vaso com jaqueta de resfriamento possibilita uma transferência de calor com melhor controle e eficiência, além disso, ao contrário de serpentinas internas, não oferece risco de contaminar o conteúdo no interior do equipamento, pois não tem contato com o mesmo.

Para o resfriamento e posterior armazenamento a frio da cerveja à -1°C é necessário que o fermentador tenha zona de resfriamento no cone; pois a cerveja quando atingir $2,5^{\circ}\text{C}$ tenderá a situar-se no cone devido à sua maior densidade a esta temperatura, sendo assim, o vaso deve ser jaquetado no cone. (KUNZE, 2004).

Jaquetas simples se aplicam melhor em vasos de pequeno volume, menos de 1893 litros ($1,893\text{m}^3$), sendo a melhor opção para o equipamento em desenvolvimento. A jaqueta convencional é uma capa extra ao longo do vaso, com um espaço concêntrico entre a parede interna da jaqueta e a parede externa do vaso interno, e circulação natural é o principal modo de transferência de calor. (McKETTA, 1992).

Figura 19 – Vaso com jaqueta simples



Fonte: ASME VIII Div. 1. (2007)

A jaqueta assume o papel de evaporador no sistema de refrigeração, e o coeficiente de troca térmica para o fluxo de calor entre o fluido da jaqueta e a parede externa do vaso (h_j) pode ser dado pela equação (18). (UHL & GRAY, 1966 apud SILVEIRA, 2009).

$$h_j = k_j \cdot [0,8 \cdot k' \cdot \left(\frac{c_{p_j} \cdot \mu_j}{k_j}\right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\rho_j^2 \cdot g \cdot \beta_j' \cdot \Delta\delta_{lm}}{\mu_j^2}\right)^{1/3}] \quad (18)$$

Onde:

h_j = Coeficiente de filme do lado da jaqueta (W/m².K)

k_j = Condutividade térmica do fluido refrigerante (W/m.K)

k' = Constante da direção do fluido refrigerante (adimensional)

c_{p_j} = Calor específico do fluido refrigerante à pressão constante (J/kg.K)

μ_j = Viscosidade dinâmica do fluido refrigerante (kg/m.s)

ρ_j = densidade à temperatura média do fluido refrigerante (kg/m³)

g = aceleração devido à gravidade (m/s²)

β_j' = Coeficiente de expansão térmica do fluido refrigerante (1/°C)

$\Delta\delta_{lm}$ = Diferença média logarítmica de temperatura entre os fluidos de processo e da jaqueta (°C)

3.1.2.5. Aliviar pressão

Para a função “aliviar pressão” é necessário a instalação de uma válvula de segurança que purga o excesso de CO₂ quando a pressão interna atinge o limite estabelecido.

Figura 20 – Válvula de alívio regulável com manômetro



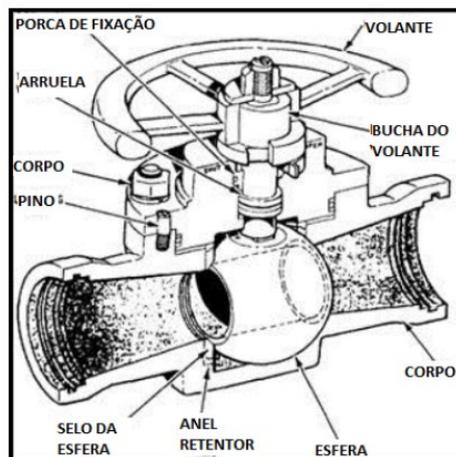
Fonte: WE consultoria (2019).

3.1.2.6. Retirar leveduras, proteínas e condimentos

A válvula de esfera foi selecionada devido à sua vedação hermética e confiável quando na posição fechada, são duráveis, apresentam bom desempenho após muitos ciclos e são confiáveis, fechando com segurança mesmo após longos períodos de desuso.

Uma válvula de esfera, como seu nome sugere, é uma válvula cujo obturador é uma esfera oca, perfurada e pivotante, assentada dentro de um corpo tubular e que controla o fluxo de fluídos ou gases permitindo sua passagem de uma extremidade à outra através da abertura vazada de sua esfera. O centro oco da esfera é chamado de passagem ou furo. A válvula de esfera está na posição aberta quando esta porta central está alinhada na mesma direção da tubulação conectada, pois esse posicionamento permite que o fluido ou gás flua através dela. A válvula gira para a posição fechada quando a porta se torna perpendicular, bloqueando o caminho do fluxo e evitando que quaisquer substâncias continuem circulando dentro da tubulação. A válvula de esfera faz parte da família ¼ de volta pois para obter o fechamento ou abertura é necessário apenas um quarto de giro, ou seja, um movimento de 90°. (MATHIAS, 2003).

Figura 21 – Componentes da válvula do tipo esfera



Fonte: Celeste (2016).

4. RESULTADOS

4.1. PROJETO PRELIMINAR

O equipamento visa atender as necessidades de produtores caseiros de pequenos volumes de cerveja por brasagem. Partindo das concepções selecionadas, podemos iniciar a fase de Projeto Preliminar.

4.1.1. Seleção do aço inoxidável

O aço inoxidável Austenítico foi selecionado por se tratar de um equipamento que tem contato direto com produto orgânico, o mosto. A introdução do Níquel melhora consideravelmente a resistência à corrosão, visto que forma uma camada de óxido que protege o aço espontaneamente. (CHIAVERINI, 2002).

A Figura 22 abaixo apresenta a faixa de composição do aço inoxidável Austenítico, e suas propriedades físicas podem ser observadas no Anexo A.

Figura 22 – Faixa de composição dos aços inoxidáveis

Tipo de aço	Faixa de composição		
	% C	% Cr	% Ni
Ferrítico	<0,08	12-14	-
	<0,10	16-19	-
	<0,25	24-28	-
Martensítico	>0,09	12-14	-
	0,17	16-18	1,25-2,5
Ferrítico-austenítico (Duplex)	<0,10	24-27	4,5-7
Austenítico	<0,10	16-26	7-26

Fonte: Chiaverini (2002).

O aço inox tipo AISI 304 é menos suscetível a corrosão e é o mais indicado para equipamentos e processadores de alimentos, sendo recomendado o polimento como acabamento superficial.

4.1.2. Dimensões do vaso interno do fermentador

O volume total do fermentador é igual a soma das capacidades volumétricas do cilindro e do cone, que pode ser definida pela equação (19).

$$V_t = R^2 \cdot \pi \cdot H_{ci} + \frac{R^2 \cdot \pi \cdot H_{co}}{3} \quad (19)$$

Onde:

V_t = Capacidade volumétrica total do fermentador cilindro-cônico (L)

R = Raio interno do cilindro-cônico (m)

H_{ci} = Altura do cilindro (m)

H_{co} = Altura do cone (m)

O volume de fermentação de 30 litros foi selecionado com base nos volumes comerciais de panelas cervejeiras, levando em conta a fervura em um fogão doméstico. Como já foi citado, para fermentadores de cerveja é necessário um volume extra de 25% da capacidade volumétrica total, ou seja, para fermentar 30 litros (0,03m³), o fermentador deve ter um volume mínimo de 37,5 litros (0,0375m³).

Admitindo a relação raio-altura do cilindro como $H_{ci}=3 \cdot R$, e um ângulo de cone de 60°, com $H_{co}=1,732 \cdot R$, podemos interpolar alguns valores de R e calcular as dimensões necessárias para que o fermentador tenha capacidade de fermentar 30 litros de cerveja. As dimensões encontradas são apresentadas no Quadro 10 abaixo.

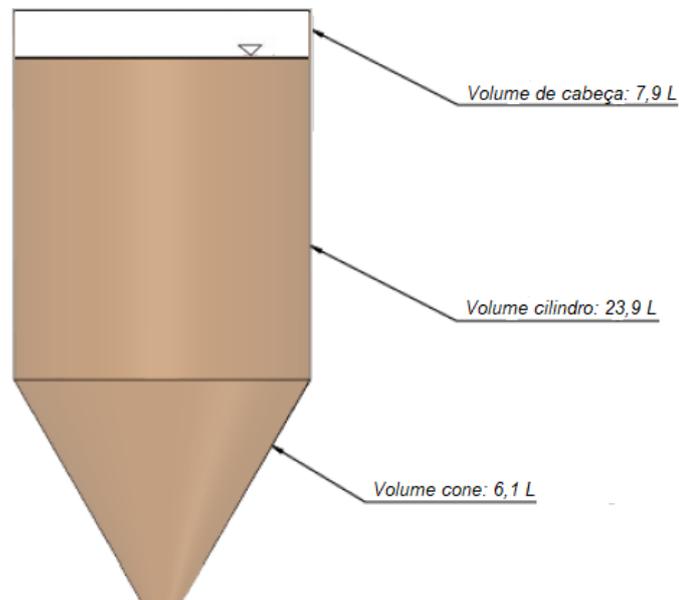
Quadro 10 – Dimensões do vaso interno do fermentador

$V_t = R^2 \cdot \pi \cdot H_{ci} + \frac{R^2 \cdot \pi \cdot H_{co}}{3}$	
Raio interno do cilindro-cônico (R)	0,150 (m)
Altura do cilindro (H_{ci})	0,450 (m)
Altura do cone (H_{co})	0,260 (m)
Volume total (V_t)	37,9 (Lts)

Fonte: Autor (2019).

Com as dimensões internas do cilindro-cônico definidas, obtemos o volume total do fermentador, sendo encontrado uma capacidade volumétrica total de 37,9 litros ($0,0379\text{m}^3$), a qual obedece ao requisito de volume mínimo igual a 37,5 litros.

Figura 23 – Volumes por região do fermentador

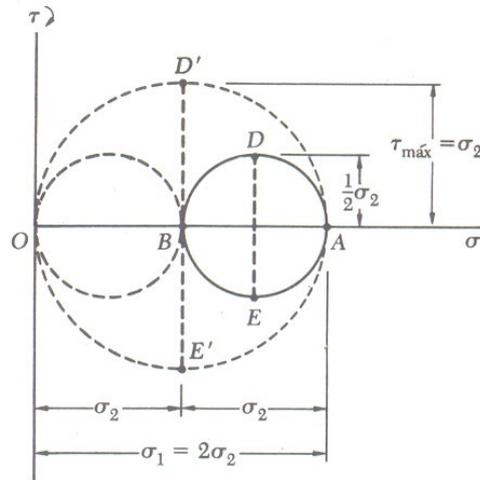


Fonte: (Adaptado de Sturmer, 2016).

4.1.3. Espessura das paredes do fermentador

Problemas que envolvem vasos de pressão de paredes finas que contém fluidos sujeitos a pressões internas podem ser resolvidos mais facilmente considerando um caso de estado plano de tensões devido à pequena espessura da parede. (BEER; JOHNSTON, 1984).

Figura 24 – Círculo de Mohr para um vaso de pressão cilíndrico de paredes finas.



Fonte: Beer; Johnston (1984).

Como pode ser observado através do círculo de Mohr na imagem acima, a tensão circunferencial é a de maior solicitação. Sendo assim, reorganizando os termos das equações (3) e (5), podemos calcular a espessura necessária para a parede do cilindro e para a parede do cone através das equações (20) e (21) respectivamente.

$$e_{ci} = R \cdot \left(\frac{P}{\sigma_1 - 0,6.P} \right) \quad (20)$$

Onde:

e_{ci} = Espessura da parede do cilindro interno (m)

R = Raio interno do cilindro-cônico (m)

P = Pressão interna (MPa)

σ_1 = Tensão circunferencial na parede cilíndrica (MPa)

$$e_{co} = R \cdot \left[\frac{P}{(\sigma_3 - 0,6.P) \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \right] \quad (21)$$

Onde:

e_{co} = Espessura da parede do cone interno (m)

R = Raio interno do cilindro-cônico (mm ou m)

P = Pressão interna (MPa)

σ_3 = Tensão circunferencial na parede cônica (MPa)

α = Ângulo de cone (°)

Conforme já observado, a tensão circunferencial é a tensão de maior solicitação, e pelo cone conter uma angulação de 60° no fundo, a tensão circunferencial no cone é maior que a tensão circunferencial do cilindro, desse modo, pode ser usada como tensão crítica de projeto.

Admitindo a tensão circunferencial no cone, igual a tensão de escoamento do material, e atribuindo uma pressão interna de trabalho, podemos calcular a espessura necessária para a parede do vaso interno do fermentador cilindro-cônico. Importante salientar que por se tratar de um equipamento que armazenará líquidos ricos em açúcares e micro-organismos vivos, é recomendável uma sobre camada na espessura da parede, mesmo selecionando um material resistente a corrosão.

Fazendo as substituições citadas acima e somando a sobre camada à equação (21), temos a equação (22), que determina a espessura da casca do cilindro-cônico.

$$e_f = R \cdot \left[\frac{P}{(\sigma_e - 0,6 \cdot P) \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \right] + c \quad (22)$$

Onde:

e_f = Espessura calculada da casca do cilindro-cônico (m)

R = Raio interno do cilindro-cônico (m)

P = Pressão interna (MPa)

σ_e = Tensão de escoamento do material (MPa)

α = Ângulo de cone (°)

Selecionado o aço inoxidável, sabemos sua tensão de escoamento, e calculado o raio do equipamento, podemos atribuir uma pressão de trabalho igual a 6 bar e uma sobre camada de 0,5mm para calcularmos a espessura de parede do fermentador cilindro-cônico.

Quadro 11 – Espessura das paredes do fermentador

$e_f = R \cdot \left[\frac{P}{(\sigma_e - 0,6 \cdot P) \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \right] + c$	
Raio interno do cilindro-cônico (R)	0,150 (m)
Pressão interna (P)	0,6 (MPa)
Tensão de escoamento AISI 304 (σ_e)	240 (MPa)
Ângulo de cone (α)	60 (°)
Sobre camada (c)	0,0005 (m)
Espessura da parede (e_f)	0,00093 (m)

Fonte: Autor (2019).

Outro ponto a ser observado, é que o processo de fabricação de um vaso cilindro-cônico envolve processos de dobramento – curvamento especificamente – que provocam alongamento das fibras da chapa. Para vasos de paredes finas, com um raio muito grande em relação à sua espessura, para o qual a fibra isenta de deformações encontra-se à meia espessura, o alongamento percentual é definido pela equação (23) abaixo. (LIMBERGER, 2009).

$$a_e = \frac{e_f}{2 \cdot R} \cdot 100\% \quad (23)$$

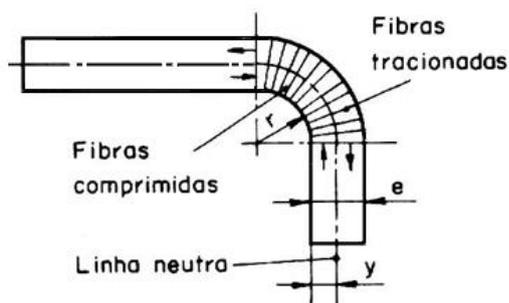
Onde:

a_e = Alongamento das fibras (%)

e_f = Espessura calculada da casca do cilindro-cônico (m)

R = Raio interno do cilindro-cônico (m)

Figura 25 – Aspectos geométricos e distribuição das tensões no dobramento



Fonte: Limberger (2009).

Quadro 12 – Alongamento percentual das fibras das chapas.

$a_e = \frac{e_f}{2 \cdot R} \cdot 100\%$	
Espessura da parede (e_f)	0,00093 (m)
Raio interno do cilindro-cônico (R)	0,150 (m)
Alongamento das fibras (a_e)	0,31 (%)

Fonte: Autor (2019)

Com um alongamento das fibras de apenas 0,31%, a espessura das paredes do cilindro-cônico pode ser considerada igual à espessura original das chapas que o compõe. Esta espessura depende de valores comerciais para as chapas do AISI 304, sendo assim, a espessura comercial selecionada (e) é igual a 1mm.

Definidas as dimensões e a espessura da parede do vaso interno do fermentador é possível fazer seu modelo 3D com o auxílio de um *software* de *computer aided design* (CAD). O modelo é apresentado na Figura 26 abaixo. Maiores detalhes das especificações do fermentador podem encontrados no Apêndice 1 (página 96).

Figura 26 – Modelo 3D do vaso interno do fermentador



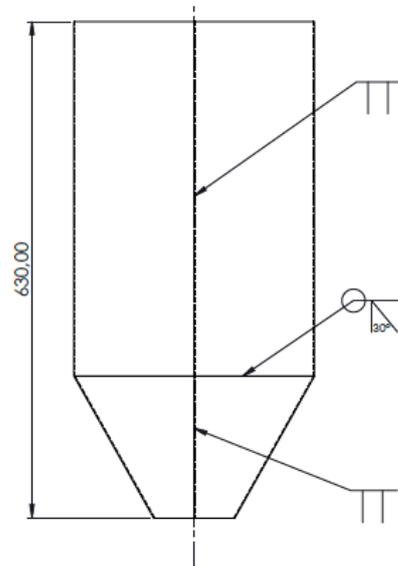
Fonte: Autor (2019).

4.1.4. Tensão de trabalho e coeficiente de segurança

Sendo definida a espessura das paredes do cilindro cônico, podemos determinar a tensão de trabalho que o fermentador será submetido, na sequência é possível calcular o coeficiente de segurança e a pressão máxima que o vaso interno admite.

Conforme consta no Quadro 4, junções de topo soldadas em apenas um dos lados da superfície e sem mata junta têm um coeficiente de junta igual a 0,6. Como artifício de cálculo para o projeto, multiplicaremos a tensão de escoamento do AISI 304 pelo coeficiente de junta a fim de garantir um coeficiente de segurança, como pode ser observado na equação (24). A Figura 27 abaixo representa as juntas soldadas do vaso interno do fermentador.

Figura 27 – Juntas soldadas do vaso interno



Fonte: Autor (2019)

$$S = \frac{\sigma_e \times 0,6}{\sigma_3} \quad (24)$$

Onde:

S = Coeficiente de segurança

σ_e = Tensão de escoamento do material (MPa)

σ_3 = Tensão circunferencial na parede cônica (MPa)

$$P_{max} = S.P \quad (25)$$

Onde:

P_{max} = Pressão máxima admitida

S = Coeficiente de segurança

P = Pressão interna (MPa)

Quadro 13 – Tensão de trabalho do fermentador.

$\sigma_3 = \frac{P \cdot (R + e)}{e \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} - 0,4 \cdot P$	
Raio interno do cilindro-cônico (R)	0,150 (m)
Pressão interna (P)	0,6 (MPa)
Espessura (e)	0,001 (m)
Ângulo de cone (α)	60 (°)
Tensão circunferencial no cone (σ_3)	104,38 (MPa)

Fonte: Autor (2019)

Quadro 14 – Coeficiente de segurança do fermentador

$S = \frac{\sigma_e \times 0,6}{\sigma_3}$	
Tensão de escoamento AISI 304 (σ_e)	240 (MPa)
Coeficiente de junta	0,6 (adimensional)
Tensão circunferencial no cone (σ_3)	104,38 (MPa)
Coeficiente de segurança (S)	1,37 (adimensional)

Fonte: Autor (2019)

Quadro 15 – Pressão interna máxima admitida no fermentador

$P_{max} = S \cdot P$	
Coeficiente de segurança (S)	1,37 (adimensional)
Pressão interna (P)	0,6 (MPa)
Pressão máxima admitida (P_{max})	0,82 (MPa)

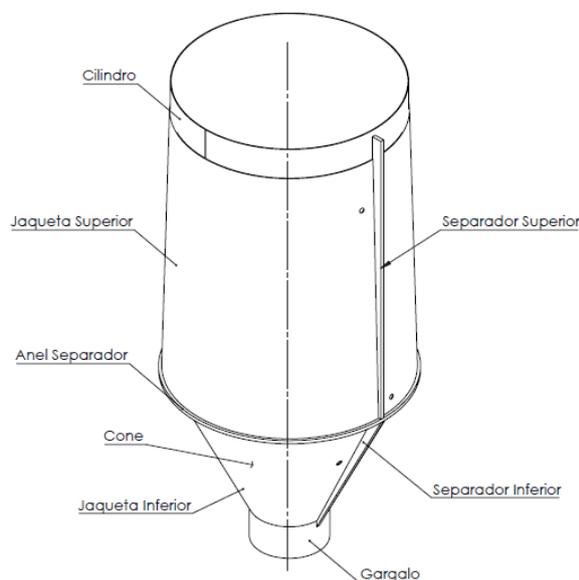
Fonte: Autor (2019)

O vaso interno tem a capacidade de suportar 8,2bar de pressão, o que é bem acima das pressões atingidas durante a fermentação de 30 litros de cerveja. Além disso, a pressão máxima admitida de trabalho será delimitada pela pressão suportada pelos periféricos, como válvulas e a tampa.

4.1.5. Dimensionamento das jaquetas

As jaquetas foram dimensionadas de forma que o refrigerante possa atuar em toda a área de contato do mosto com o vaso interno, garantindo uma troca de calor mais eficiente. Para o posicionamento e montagem das jaquetas sobre o vaso interno é necessária a instalação de separadores, além disso deve-se ter uma atenção especial em relação às soldas para evitar possíveis vazamentos. A Figura 28 abaixo apresenta o vaso interno com as jaquetas montadas.

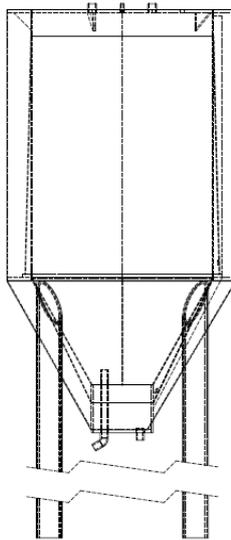
Figura 28 – Montagem das jaquetas



Fonte: Autor (2019)

Entre o corpo interno do equipamento e o corpo externo é injetado o isolante térmico, que são as espumas de poliuretano, obtidas pela reação química de 2 componentes líquidos (Isocianato e Poli-hidroxilo) em presença de catalizadores. O espaço onde o isolante é injetado pode ser observado na Figura 29 abaixo.

Figura 29 – Região isolante



Fonte: Autor (2019)

4.1.6. Sistema de refrigeração

Sabendo que 30 litros de mosto necessitam de 3,6kg de extrato, e que o fluxo de calor gerado durante a fermentação tem seu pico nas primeiras 48 horas, o Quadro 16 e o Quadro 17, respectivamente, apresentam os resultados para a quantidade e o fluxo de calor gerado durante a fermentação.

Quadro 16 – Quantidade e fluxo de calor gerado durante a fermentação

$Q_g = 586,6 \frac{KJ}{kg} \cdot \frac{2}{3} m_e$	
Massa de extrato (m_e)	3,6 (kg)
Quantidade de calor (Q_g)	1407,84 (KJ)

Fonte: Autor (2019)

Quadro 17 – Fluxo de calor gerado durante a fermentação

$\dot{Q}_g = \frac{Q_g}{\Delta t}$	
Quantidade de calor (Q_g)	1407,84x10 ³ (J)
Intervalo de tempo (Δt)	172800 (s)

Fluxo de calor (\dot{Q}_g)	8,147 (W)
--------------------------------	-----------

Fonte: Autor (2019)

Para a cerveja, podemos usar os valores das propriedades físicas da água. O resultado para o Número de Grashof pode ser observado no Quadro 18.

Quadro 18 – número de Grashof

$Gr = \left[\frac{\rho_i^2 \cdot g \cdot \beta_i' \cdot (\delta_{me} - \delta_e) \cdot H_m^3}{\mu_i^2} \right]$	
Densidade da cerveja à 13°C (ρ_i)	999,46 (kg/m ³)
Aceleração da gravidade (g)	9,81 (m/s ²)
Coefficiente de expansão térmica da cerveja (β_i')	4,604x10 ⁻⁵ (1/°C)
Temperatura inicial da cerveja (δ_{me})	25 (°C)
Temperatura de entrada do meio refrigerante (δ_e)	-5 (°C)
Altura da coluna de líquido (H_m)	0,59 (m)
Viscosidade dinâmica da cerveja à 13°C (μ_i)	1,202x10 ⁻³ (kg/m.s)
Número de Grashof (Gr)	1,92x10 ⁹ (adimensional)

Fonte: Autor (2019)

O Quadro 19 e o Quadro 20 a seguir apresentam, respectivamente, os resultados para o Número de Prandtl e o Número de Rayleigh.

Quadro 19 – Número de Prandtl

$NPr = \frac{Cp_i \cdot \mu_i}{k_i}$	
Calor específico da cerveja à pressão constante (Cp_i)	4191 (J/kg.K)
Viscosidade dinâmica da cerveja à 13°C (μ_i)	1,202x10 ⁻³ (kg/m.s)
Condutividade térmica da cerveja (k_i)	0,581 (W/m.K)
Número de Prandtl (NPr)	8,67 (adimensional)

Fonte: Autor (2019)

Quadro 20 – Número de Rayleigh

$Ra = Gr \cdot NPr$	
Número de Grashof (Gr)	1,92x10 ⁹ (adimensional)
Número de Prandtl (NPr)	8,67 (adimensional)
Número de Rayleigh (Ra)	1,67x10 ¹⁰ (adimensional)

Fonte: Autor (2019)

Obtendo o Número de Rayleigh, podemos consultar os Quadros 2 e 3 para obter as constantes e calcular o coeficiente de filme do lado interno do vaso. O Quadro 21 abaixo apresenta o resultado.

Quadro 21 – Coeficiente de filme do lado interno do vaso

$h_i = X \cdot \frac{k_i}{H_m} \cdot Ra^n$	
Constante (X)	0,13 (adimensional)
Condutividade térmica da cerveja (k_i)	0,581 (W/m.K)
Altura da coluna de líquido (H_m)	0,59 (m)
Número de Rayleigh (Ra)	1,67x10 ¹⁰ (adimensional)
Constante (n)	1/3 (adimensional)
Coeficiente de filme do lado interno do vaso (h_i)	327,16 (W/m ² .K)

Fonte: Autor (2019)

Quadro 22 – Diferença média logarítmica de temperatura

$\Delta\delta_{lm} = \frac{(\delta_{me} - \delta_e) - (\delta_{ms} - \delta_s)}{\ln\left(\frac{\delta_{me} - \delta_e}{\delta_{ms} - \delta_s}\right)}$	
Temperatura inicial da cerveja (δ_{me})	25 (°C)
Temperatura de entrada do meio refrigerante (δ_e)	-5 (°C)
Temperatura final da cerveja (δ_{ms})	-1 (°C)
Temperatura de saída do meio refrigerante (δ_s)	-5 (°C)
Diferença média logarítmica de temperatura ($\Delta\delta_{lm}$)	12,9 (°C)

Fonte: Autor (2019)

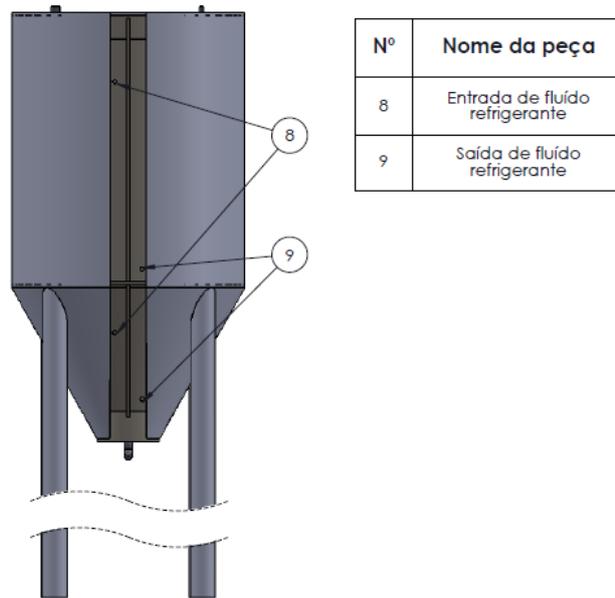
Para a circulação do fluido refrigerante foi escolhida a corrente de fluido descendente, pois assim a porção superior é resfriada primeiro, deixando essa porção mais densa, o que aumenta a convecção do líquido. O Quadro 23 apresenta o resultado para o coeficiente de filme do lado da jaqueta.

Quadro 23 – Coeficiente de filme do lado da jaqueta

$h_j = k_j \cdot \left[0,8 \cdot k' \cdot \left(\frac{Cp_j \cdot \mu_j}{k_j} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\rho_j^2 \cdot g \cdot \beta_j' \cdot \Delta\delta_{lm}}{\mu_j^2} \right)^{1/3} \right]$	
Condutividade térmica do R-134a (k_j)	9,51x10 ⁻² (W/m.K)
Constante de corrente de fluido descendente (k')	0,15 (adimensional)
Calor específico do R-134a à pressão constante (Cp_j)	1323,834 (J/kg.K)
Viscosidade dinâmica do R-134a à -5°C (μ_j)	2,791x10 ⁻⁴ (kg/m.s)
Densidade do R-134a à -5°C (ρ_j)	1299,149 (kg/m ³)
Aceleração da gravidade (g)	9,81 (m/s ²)
Coeficiente de expansão térmica do R-134a (β_j')	2,514x10 ⁻³ (1/°C)
Diferença média logarítmica de temperatura ($\Delta\delta_{lm}$)	12,9 (°C)
Coeficiente de filme do lado da jaqueta (h_j)	341,468 (W/m ² .K)

Fonte: Autor (2019)

Figura 30 – Entradas e saídas do fluido refrigerante



Fonte: autor, 2019

O Quadro 24 abaixo apresenta o valor para o coeficiente global de transferência de calor.

Quadro 24 – Coeficiente global de transferência de calor

$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + ffi + \frac{e}{k_a} + ffj + \frac{1}{h_j}$	
Coeficiente de filme do lado interno do vaso (h_i)	327,16 (W/m ² .K)
Fator de incrustação da cerveja (ffi)	8,8x10 ⁻⁵ (m ² .K/W)
Espessura da parede do vaso interno do fermentador (e)	0,001 (m)
Condutividade térmica do aço AISI 304 (k_a)	15 (W/m.K)
Fator de incrustação do R-134a (ffj)	4,3x10 ⁻⁵ (m ² .K/W)
Coeficiente de filme do lado da jaqueta (h_j)	341,468 (W/m ² .K)
Coeficiente global de transferência de calor (U)	161,74 (W/m ² .K)

Fonte: Autor (2019)

A área de transferência de calor é igual a área de contato da cerveja com o vaso interno do fermentador.

Quadro 25 – Área de transferência de calor.

$A_t = \pi \cdot R [2 \cdot (H_m - H_{co}) + (R^2 + H_{co}^2)^{1/2}]$	
Raio da circunferência externa do cilindro (R)	0,150 (m)
Altura da coluna de líquido (H_m)	0,59 (m)
Altura do cone (H_{co})	260 (mm)
Área de transferência de calor (A_t)	0,452 (m ²)

Fonte: Autor (2019)

O Quadro 26 abaixo apresenta o resultado para o fluxo de calor transferido por convecção.

Quadro 26 – Fluxo de calor transferido por convecção

$\dot{Q}_c = U \cdot A_t \cdot \Delta\delta_{lm}$	
Coefficiente global de transferência de calor (U)	161,74 (W/m ² .K)
Área de transferência de calor (A_t)	0,452 (m ²)
Diferença média logarítmica de temperatura ($\Delta\delta_{lm}$)	12,9 (°C)
Fluxo de calor transferido por convecção (\dot{Q}_c)	944,331 (W)

Fonte: Autor (2019)

Por opção de desenvolvimento de projeto, o sistema de refrigeração do fermentador também deve ser capaz de resfriar de forma rápida o fluxo de cerveja (\dot{m}_c), que passa pela torneira de prova.

$$\dot{Q}_v = \dot{m}_c \cdot Cp_i \cdot (\delta_{me} - \delta_{ms}) \quad (26)$$

Onde:

\dot{Q}_v = Fluxo de calor na torneira

\dot{m}_c = Vazão mássica na torneira

Cp_i = Calor específico da cerveja à pressão constante

δ_{me} = Temperatura inicial da cerveja

δ_{ms} = Temperatura final da cerveja

Arbitrando um fluxo de 5ml/s de cerveja na torneira de prova, temos o resultado para o fluxo de calor na torneira pode ser observado no Quadro 27 a seguir.

Quadro 27 – Fluxo de calor na torneira

$\dot{Q}_v = \dot{m}_c \cdot C_{p_i} \cdot (\delta_{me} - \delta_{ms})$	
Vazão mássica na torneira (\dot{m}_c)	0,0005 (kg/s)
Calor específico da cerveja à pressão constante (C_{p_i})	4191 (J/kg.K)
Temperatura inicial da cerveja (δ_{me})	25 (°C)
Temperatura final da cerveja (δ_{ms})	-1 (°C)
Fluxo de calor na torneira (\dot{Q}_v)	54,48 (W)

Fonte: Autor (2019)

O fluxo de calor total a ser retirado pelo sistema de refrigeração é obtido através da equação (27) a seguir.

$$\dot{Q}_t = \dot{Q}_g + \dot{Q}_c + \dot{Q}_v \quad (27)$$

Onde:

\dot{Q}_t = Fluxo de calor total no fermentador

\dot{Q}_g = Fluxo de calor gerado durante a fermentação

\dot{Q}_c = Fluxo de calor transferido por convecção

\dot{Q}_v = Fluxo de calor na torneira

Quadro 28 – Fluxo de calor total no fermentador.

$\dot{Q}_t = \dot{Q}_g + \dot{Q}_c + \dot{Q}_v$	
Fluxo de calor gerado durante a fermentação (\dot{Q}_g)	8,14 (W)

Fluxo de calor transferido por convecção (\dot{Q}_c)	944,33 (W)
Fluxo de calor na torneira (\dot{Q}_v)	54,48 (W)
Fluxo de calor total no fermentador (\dot{Q}_t)	1006,95 (W)

Fonte: Autor (2019)

Conforme obtido, o fluxo de calor total \dot{Q}_t no fermentador é igual a 1006,95 W, o que equivale a $\dot{Q}_t=865,98$ Kcal/h, sendo assim, o sistema deve ser capaz de retirar essa quantidade de calor. Unidades condensadoras são mais vantajosas técnica e economicamente para o tipo de projeto em desenvolvimento, pois proporcionam compressor, condensador e periféricos já conectados, eliminando o tempo e possíveis erros de montagem dos mesmos.

A unidade condensadora selecionada foi a UC UMI55HER, 220V, 50-60Hz, da marca Embraco e com potência de 1/6 hp. Os dados técnicos sobre a unidade podem ser encontrados no Anexo E (página 95).

Figura 31 – UC UMI55HER



Fonte: Embraco (2018)

4.2. SELEÇÃO DOS COMPONENTES

O tanque fermentador em desenvolvimento se destina ao uso doméstico, sendo assim, os componentes do equipamento foram selecionados através de tabelas comerciais. O Quadro 29 abaixo contém os componentes selecionados.

Quadro 29 – Componentes periféricos selecionados

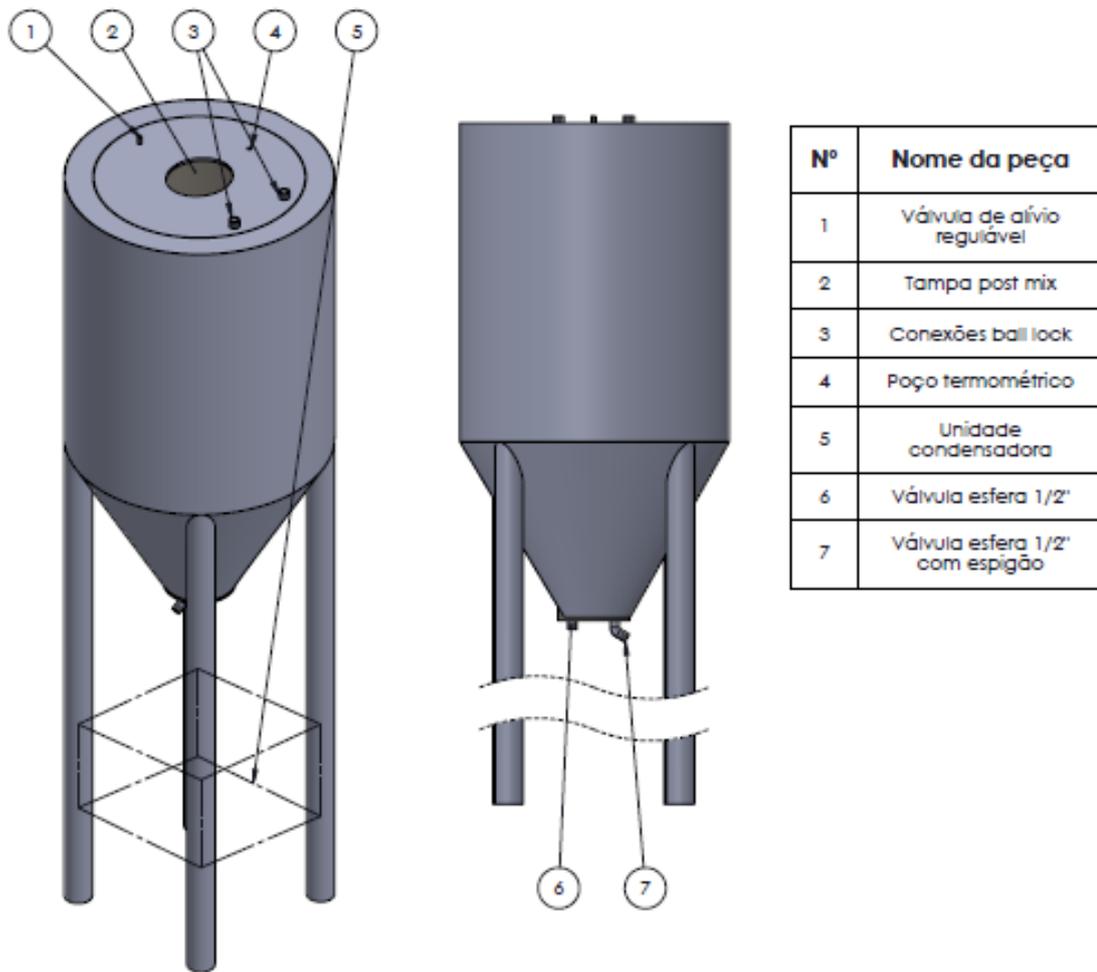
Função	Periféricos		
a) Fechar reservatório	<p>Tampa Post Mix</p> 		
b) Aliviar Pressão	<p>Válvula de alívio regulável</p> 		
c) Controlar temperatura	<p>Unidade condensadora UC UMI55HER.</p> 	<p>Controlador MT-512E.</p> 	<p>Poço termométrico</p> 
d) Retirar "lama"	<p>Válvula esfera 1/2"</p> 		
e) Retirar amostra cerveja	<p>Válvula esfera 1/2" com espigão</p> 		
f) Conexões para função chopeira	<p>Conexões Ball lock</p>		



Fonte: Autor (2019)

A Figura 32 abaixo indica a posição os componentes selecionados são instalados.

Figura 32 – Posicionamento dos periféricos



Fonte: Autor (2019)

5. ANÁLISE ECONÔMICA

A análise econômica inicia-se a partir de informações colhidas em função da demanda, receita e custo para a fabricação do produto. Os valores utilizados nesse trabalho foram estipulados com base em pesquisas e estimativas. O custo unitário de fabricação deve-se a uma estimativa dos valores necessários para a fabricação.

Foi possível observar que a maior parcela no custo total para a produção mensal do produto surgiu em função do custeio estrutural da empresa. O custo total é, portanto, representado pelo custo fixo mais o custo variável de fabricação. Além disso, o investimento inicial foi descrito considerando o início da empresa e a sua abertura. Considerando um investimento na sua abertura e na compra do mínimo de suplementos e equipamentos necessários para o seu funcionamento.

A receita, em função da venda do produto, considerou a produção de oito unidades mensais no primeiro ano, atingindo a produção de 20 unidades mensais no quinto ano. Com custos de investimentos iniciais e de operação elevados, o empreendimento mostrou-se inviável, como pode ser observado no Quadro 30 abaixo, onde é apresentado o resultado do VPL.

Quadro 30 – Resultado VPL

ANO	FLUXO	TAXA
0	- 426,112.19	5%
1	(90,112.19)	
2	(75,628.77)	
3	(68,826.79)	
4	(61,527.12)	
5	(49,861.97)	
VPL	- 729,672.69	

Fonte: Autor (2019)

Com o resultado negativo do VPL não se deu seguimento na análise da TIR e *Pay Back*, pois a TIR também seria negativa, e o *Pay Back* tenderia ao infinito. Importante ressaltar que o empreendimento se demonstrou inviável dentro dos fatores e modelo de negócio considerados, o que não impede que o mesmo seja viável dentro de outro modelo.

Devido à quantidade de tabelas, a análise de viabilidade econômica completa encontra-se no Apêndice 2 (página 111).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor de produção e consumo de cerveja artesanal vem crescendo no mercado brasileiro. Com a expansão do mercado, a cultura de fazer cerveja em casa também cresce, fazendo com que a procura por equipamentos para a fabricação de cerveja artesanal aumente consideravelmente. Levando em conta todo o processo de fabricação da cerveja artesanal, pode-se considerar a etapa da fermentação uma das etapas mais importantes para que o produto final tenha qualidade.

Observou-se que o equipamento utilizado pelos produtores caseiros nessa fase do processo é mais simples e rústico e que se não for operado e manejado corretamente poderá comprometer a produção inteira. Assim, surgiu a proposta de desenvolvimento de um tanque fermentador de cerveja artesanal, todo produzido em materiais atóxicos, com sistema de isolamento térmico, bem como sistema de refrigeração. Partindo desse projeto inicial foram selecionados os materiais a serem utilizados e o sistema de refrigeração.

Utilizando metodologia de projeto, os requisitos e soluções foram selecionados, sendo o equipamento foi projetado em aço inoxidável 304, selecionado o poliuretano como isolamento térmico e o sistema de refrigeração composto por uma unidade condensadora. Partindo dessa premissa, foram analisadas as características do projeto e feita a análise de viabilidade econômica de produção do equipamento como negócio. E dentro do cenário arbitrado para a simulação, o empreendimento mostrou-se inviável, principalmente devido aos custos fixos de produção.

Portanto, após a finalização do projeto preliminar, o equipamento apresentou resultados técnicos satisfatórios, visto que a temperatura no processo de fermentação poderia ser controlada pelo produtor diretamente no tanque fermentador, sem interferência do ambiente externo, garantindo assim que fermentação estaria na temperatura correta pelo tempo correto. Além disso, com a solução dos terminais Ball Lock, o equipamento tem a possibilidade de executar a função de chopeira, agregando maior valor e versatilidade para o consumidor. O resultado negativo foi a inviabilidade econômica de produção para venda do mesmo. Porém, estudos futuros podem demonstrar que a produção poderia ser viável em outro modelo de negócio, como uma produção terceirizada baseada na demanda instantânea.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACERVA. Reportagem: **Em cinco meses, Brasil registra 65 novas cervejarias artesanais**. Disponível em: <<http://abracerva.com.br/em-cinco-meses-brasil-registra-65-novas-cervejarias-artesanais/>>. Acesso em: 20 ago de 2018.

ASME. **Boiler & Pressure Vessel Code Section VIII Division 1**. Ano International Code: New York, 2007.

ASM METALS HANDBOOK. **Properties and Selection Irons, Steel, and High Performance Alloy**. Vol. 1. [S. l.], 2005.

ASHRAE. **Handbook Fundamentals SI Edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc.**, GA: Atlanta, 2001.

BEER, F. P.; JOHNSTON, E. R. **Resistência dos materiais**. 2 ed. São Paulo: Mc Graw-Hill, 1984.

BELTRAMELLI, Mauricio. **Cervejas, brejas e birras**. 2 ed. São Paulo: [S. n.], 2014.

BORGNAKKE, C.; SONNTAG, R. E. **Fundamentos da Termodinâmica**. 7. ed. São Paulo: Blucher, 2012.

BRASIL. Receita Federal. **Taxa anual de depreciação de bens**. Brasília. Disponível em: <<http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/anexoOutros.action?idArquivoBinario=36085>>. Acesso em: 01 jun. de 2019.

BRITO, Paulo. **Análise e Viabilidade de projetos de Investimento**. 2ª ed. São Paulo: Atlas S/A, 2011.

BROWN, A. I.; MARCO, S. M. **Introduction to Heat Transfer**. McGraw-Hill Book Company, Inc. & Kogakusha Co. Ltd. 3 ed. International Student Edition: [S. l.], 1958.

BUDYNAS, R. G.; NISBETT, J. K. **Elementos de Máquinas de Shigley**. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

BUENO, F. S. **Projeto de um Acessório Direcionador para Remoção dos Grãos Acumulados entre a Lateral do Silo Vertical de Fundo Plano e a Extremidade de uma Rosca Varredora Automática.** Trabalho de Conclusão de Curso. Centro de Tecnologia Curso de Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM): Santa Maria, 2018. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1as3H3ds6r5LEcCGiRW9HQWjYLjcPBOU/view>>. Acesso em: 4 jan. de 2019.

CASAROTTO, Nelson; KOPITTKKE, Bruno H. **Análise de investimentos.** 11. ed. São Paulo: Atlas S/A, 2010.

CASTRO, J. **Engenharia Mecânica: Apostila de Refrigeração.** Universidade Federal do Vale do Rio São Francisco. Petrolina, 2008. Disponível em: <<http://www.univasf.edu.br/~castro.silva/disciplinas/MT/mt.html>>. Acesso em: 19 out. de 2018.

CELESTE, V. Poliana. **Estudo de Manuseio de Fluidos de Processo de Produção de Cerveja em Escala de Micro Cervejaria.** Lorena, 2016. Disponível em: <<https://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2016/MBI16010.pdf>>. Acesso em: 26 ago. de 2018.

CHIAVERINI, Vicente. **Aços e ferros fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos.** 7. ed. São Paulo: ABM, 2002.

CHURCHILL, Gilbert A.; PETER, J. Paul. **Marketing: Criando valor para os clientes.** 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

CLEMENTE, Ademir; SOUZA, Alceu. **Decisões Financeiras e Análise de Investimentos - Fundamentos, Técnicas e Aplicações.** 6. ed. São Paulo: Atlas S/A, 2009.

CORRÊA, M. Marcos. **Determinação da Quantidade de Calor Requerida nos Processos de Brassagem e Fervura de uma Microcervejaria.** Tubarão, 2017. Disponível em: <<https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/4300/Relat%C3%B3rio%20de%20Est%C3%A1gio%20Marcos%20Modolon%20Corr%C3%AAa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 26 ago. de 2018.

DANTAS, N. Vitória. **A Trajetória da Cultura Cervejeira e sua Introdução no Brasil.** Juiz de Fora, 2016. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/bach/files/2016/10/VITORIA-NASCIMENTO-DANTAS.pdf>>. Acesso em: 23 ago. de 2018.

ESSLINGER, H. M.; NARZISS, L. Beer. In. **Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry**. [S. l.], 2009. Disponível em: <<http://www.pasqualepetrilli.it/Didattica/Tecnologia/BiblioBirra/beer3.pdf>>. Acesso em: 27 ago. de 2018.

GASTONI, V. F. Waldemar. **Tecnologia de Bebidas**. São Paulo: Blucher, 2005.

GEORGE, R. M. **Freezing Processes Used in the Food Industry, Trends in Food Technology**. vol. 4. [S. l.]: [S. n.], 1993.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de Administração Financeira**. 3. ed. São Paulo: Bookman, 2001.

HOLANDA, Nilson. **Planejamento e projetos**. 13. ed. Fortaleza: Estrela, 1987.

INCROPERA, F.P; DEWITT, D.P. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. 5. ed. Rio de Janeiro, 2003.

KUNZE, W. **Technology Brewing and Malting**. 3. ed. Trad. Susan Pratt. Berlin: VBL Berlin, 2004.

LAMAS BREW SHOP. **Tampa para Post Mix**. Disponível em: <<https://loja.lamasbrewshop.com.br/tampa-para-postmix-cornelius.html>>. Acesso em: 12 jan. de 2019.

LIMA, P. O. Jéssica. **Eficiência Energética no Sistema de Refrigeração de uma Cervejaria**. Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/147776>>. Acesso em: 29 ago. de 2018.

LIMBERGER, I. F. **Conformação Mecânica dos Metais**. Vol. 3. Santa Maria, 2009.

MACEIRAS, A. C. **Atributos dos aços inoxidáveis como materiais de contato com alimentos**. [S. l.]. Disponível em: <<http://www.abinox.org.br/upfiles/arquivos/downloads/apresentacoes/Artigo-ACM-Revista-Carne.pdf>>. Acesso em: 30 ago. de 2018.

MARTINELLI JUNIOR, L.C. **Refrigeração**. UNIJUÍ. Departamento de Tecnologia: Panambi, 2003.

MARTINS, Silvio de Melo. **Como fabricar Cerveja**. 2 ed. São Paulo: Ícone, 1991.

MATHIAS, A. C. **Válvulas: Industriais, segurança, controle: tipos, seleção, dimensionamento**. [S.l.]: Artliber, 2003.

MAULE, D.R. **A century of fermenter design**. [S. l.], Journal Institute of Brewing, 1985. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/j.2050-0416.1986.tb04387.x>>. Acesso em: 29 ago. de 2018.

McKETTA, J. J. **Heat Transfer Design Methods**. Texas: CRC Press, 1992.

MEGA, J. F.; NEVES, E.; ANDRADE, C. J. **A produção de cerveja no Brasil**. Revista CITINO, v. 1, n. 1. [S. l.], 2011. Disponível em: <<http://www.hestia.org.br/wpcontent/uploads/2012/07/CITINOAno1V01N1Port04.pdf>>. Acesso em: 23 ago. de 2018.

MENDES, J. E. A. **Eficiência Energética aplicada na indústria de bebidas em sistemas de refrigeração e ar comprimido**. Dissertação. Mestrado em Engenharia Mecânica. Universidade Estadual Paulista: Guaratinguetá, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/99353>>. Acesso em: 4 jan. de 2019.

MESSERSCHMIDT, Z. H. Paulo. **Sistematização de Conhecimentos para o Projeto de Fermentadores de Cerveja**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Mecânica. Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM): Santa Maria, 2015. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1wwiJGy8hPwUExfZ-m5qs_GmKiN4Zt7lh/view>. Acesso em: 23 ago. de 2018.

MOLENDIA, Carlos Henrique de Andrade. **Refrigeração e Ar Condicionado: Unidade IX – Carga Térmica de Refrigeração**. Santa Maria, 2009.

MORADO, Ronaldo. **Larousse da Cerveja. Larousse do Brasil**. 1. p. ~ç1aqqed São Paulo: Alaúde, 2017.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Lúpulo**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/curiosidades/lupulo.htm>>. Acesso em: 23 ago. de 2018.

PALMER, John J. **How to Brew: Everything You Need to Know to Brew Beer Right the First Time**. 3. ed. Colorado, USA: Brewers, 2006.

PILLIS, J.. **Screw Compressors Basics**. YORK Refrigeration - Technical Description of FV19D - SABROE REFRIGERATION AB. Tradução e Adaptação da Engenharia de Aplicação da Divisão de Contrato YORK Refrigeration. Joinville, 2005.

RAZUK, P. C. Apostila: **Troca de Calor em Tanques Agitados**, UNESP: BAURU, 2006.

ROMANO, L. N. **Desenvolvimento de máquinas agrícolas**: planejamento, projeto e produção. São Paulo: Blücher Acadêmico, 2013.

SALVADOR, F. **Projeto de Um Sistema de Refrigeração Industrial Com 'Set-Point' Variável**. São Paulo, 1999. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3139/tde-05102010-112239/publico/Dissertacao_Francisco_Salvador.pdf>. Acesso em: 4 jan. de 2019.

SCHMIDELL, W. et al. **Biotecnologia industrial**. Vol. 2. São Paulo: Blucher, 2001.

SILVEIRA, R. G. **Análise térmica de sistemas de refrigeração direta em fermentadores cilindros cônicos**. Dissertação. Mestrado. Engenharia Mecânica. Universidade Estadual Paulista: Bauru, 2009. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91713/silveira_rg_me_bauru.pdf?sequence=1>. Acesso em: 4 set. de 2018.

SGARBI, Willian Marchesi. **Análise Térmica do Processo de Fermentação Alcoólica Não Isotérmica em Fermentadores Cilíndricos de Fundo Plano**. Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/150973>>. Acesso em: 12 set. de 2018.

STURMER, Márcio José. **Desenvolvimento e Otimização de Tanque Fermentador para Cerveja Artesanal**. Horizontina, 2016. Disponível em: <http://www.fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Mecanica/2016/Marcio_Jose_Sturmer.pdf>. Acesso em: 30 ago. de 2018.

TAKAMOTO, Y.; SAITO, Y. **Thermal convection in cylindro-conical tanks during the early cooling process**. Journal Institute of Brewing, 2003.

TASSINI, J. O. **Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial: Estudo de Caso**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012. Disponível em: <

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/99296/tassini_jo_me_guara.pdf?sequence=1&isAllowed=y >. Acesso em: 29 ago. de 2018.

TOSTES, L. R. de M. **Instrumentação e Controle do Processo de Produção de uma Microcervejaria**. Tese. Doutorado. Rio de Janeiro,

2015. Disponível em:

<<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10013395.pdf> >. Acesso em: 27 ago. de 2018.

WE, CONSULTORIA. **Válvula de Alívio Regulável**. Disponível em:

<<https://loja.weconsultoria.com.br/valvula-de-alivio-regulavel-para-conectores-ball-pin-lock-p51025/>>. Acesso em: 23 jan. de 2019.

ANEXO A – PROPRIEDADES FÍSICAS AISI 304

PROPRIEDADES FÍSICAS	Estrutura	Austenítica
	Densidade (g/cm ³)	8,00
	Calor Específico	0,29
	Coefficiente Médio de Dilatação Térmica 0 – 300 C	17,90
	(Um/m C) 0 – 650 C	18,80
	Intervalo de Fusão C	1398 1454
	Magnetismo em Estado	Não Magnético
	Resistividade Elétrica Específica a Temperatura Ambiente (UW – cm)	70,00
	Condutividade Térmica a 100 C (cal/s cm C)	0,033
	Módulo de Elasticidade (Gpa)	200,00
	Módulo de Rigidez (Gpa)	86,20
PROPRIEDADES MECÂNICAS REPRESENTATIVAS	Limite de Resistencia (Mpa)	530 / 770
	Limite de Escoamento (Mpa)	240 / 350
	Alongamento 50mm – (%)	50 / 65
	Dureza RockWell – B	75 / 85
	Limite de Fadiga (Mpa)	241,00
	Dobramento a Frio (Graus)	180,00
	Embutimento Erichsen	12,00
	Embutibilidade	Ótima
TRATAMENTOS TÉRMICOS	Temperatura inicial de Forjamento (C)	1150 1260
	Temperatura formação de Carepa (C)	840,00
	Recozimento Contínuo (C)	1010 1120
	Resfriamento	Rápido
	Temperatura de Têmpera (C)	Não Temperável
	Soldabilidade	Ótima

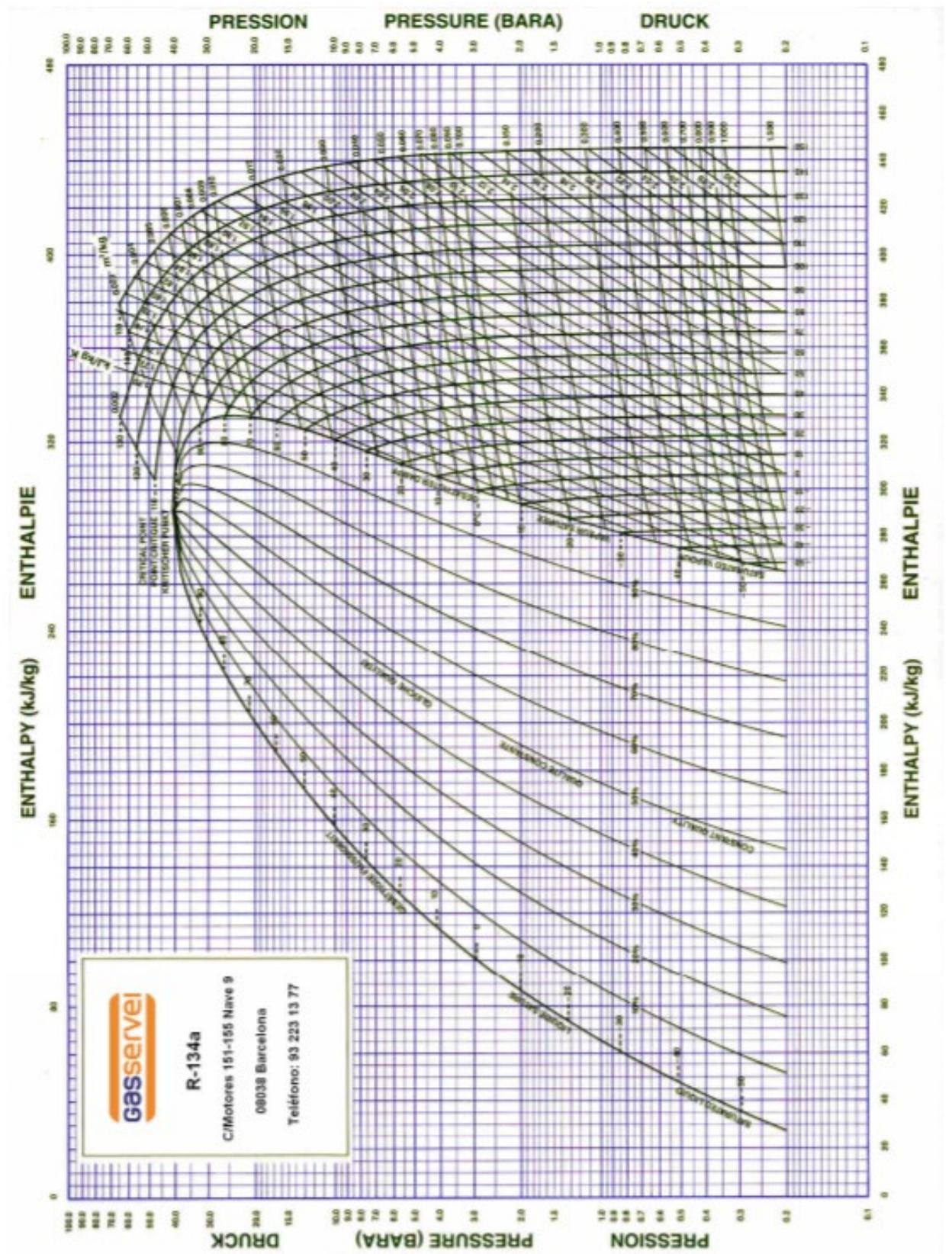
ANEXO B – DENSIDADE E VISCOSIDADE DINÂMICA DA ÁGUA EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA

Temperatura °C	Densidad kg / m ³	Temperatura °C	Viscosidad dinámica kg / (m·s)
0 (hielo)	917,00	0	0,001792
0	999,82	1	0,001731
1	999,89	2	0,001674
2	999,94	3	0,001620
3	999,98	4	0,001569
4	1000,00	5	0,001520
5	1000,00	6	0,001473
6	999,99	7	0,001429
7	999,96	8	0,001386
8	999,91	9	0,001346
9	999,85	10	0,001308
10	999,77	11	0,001271
11	999,68	12	0,001236
12	999,58	13	0,001202
13	999,46	14	0,001170
14	999,33	15	0,001139
15	999,19	16	0,001109
16	999,03	17	0,001081
17	998,86	18	0,001054
18	998,68	19	0,001028
19	998,49	20	0,001003
20	998,29		

ANEXO C – PROPRIEDADES FÍSICAS DO TETRAFLUORETANO (R-134A)

Property	Value	Unit
Medium :	Tetrafluorethan	
state of aggregation :	boiling curve	
Pressure :	2.4334	[bar]
Temperature :	-5	[Celsius]
Density fluid :	1311.1	[kg / m ³]
Density gas :	12.077	[kg / m ³]
Specific Enthalpy fluid :	193.3	[kJ / kg]
Specific Enthalpy gas :	395.7	[kJ / kg]
Specific Entropy fluid :	0.9754	[kJ / kg K]
Specific Entropy gas :	1.73	[kJ / kg K]
Specific isobar heat capacity : fluid cp'	1.328	[kJ / kg K]
Specific isobar heat capacity : gas cp''	0.8752	[kJ / kg K]
Specific isochor heat capacity : fluid cv'	0.8729	[kJ / kg K]
Specific isochor heat capacity : gas cv''	0.7464	[kJ / kg K]
Isobar coefficient of thermal expansion fluid :	2.49	[10 ⁻³ (1 / K)]
Isobar coefficient of thermal expansion gas :	5.11	[10 ⁻³ (1 / K)]
Heat conductance fluid :	95.87	[10 ⁻³ (W / m * K)]
Heat conductance gas :	11.49	[10 ⁻³ (W / m * K)]
Dynamic viscosity fluid :	281.6	[10 ⁻⁶ (Pa s)]
Dynamic viscosity gas :	10.81	[10 ⁻⁶ (Pa s)]
Kinematic viscosity fluid :	2.15	[10 ⁻⁶ m ² / s]
Kinematic viscosity gas :	8.95	[10 ⁻⁶ m ² / s]
Thermal diffusivity fluid :	0.551	[10 ⁻⁷ m ² / s]
Thermal diffusivity gas :	10.9	[10 ⁻⁷ m ² / s]
Prandtl-Number fluid :	3.9	
Prandtl-Number gas :	0.823	
Coefficient of compressibility Z fluid :	0.0084937928321418	
Coefficient of compressibility Z gas :	0.92210083482828	
speed of sound fluid :	644.6	[m / s]
speed of sound gas :	147	[m / s]

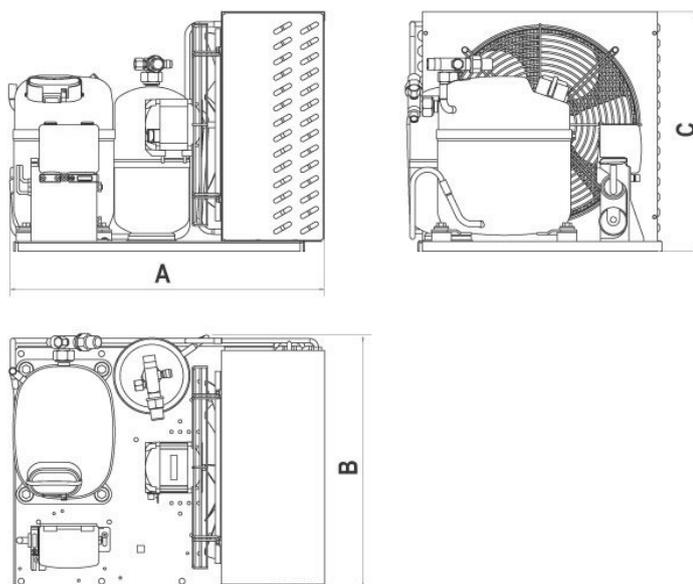
ANEXO D – DIAGRAMA DE MOLLIER DO TETRAFLUORETANO (R-134A)

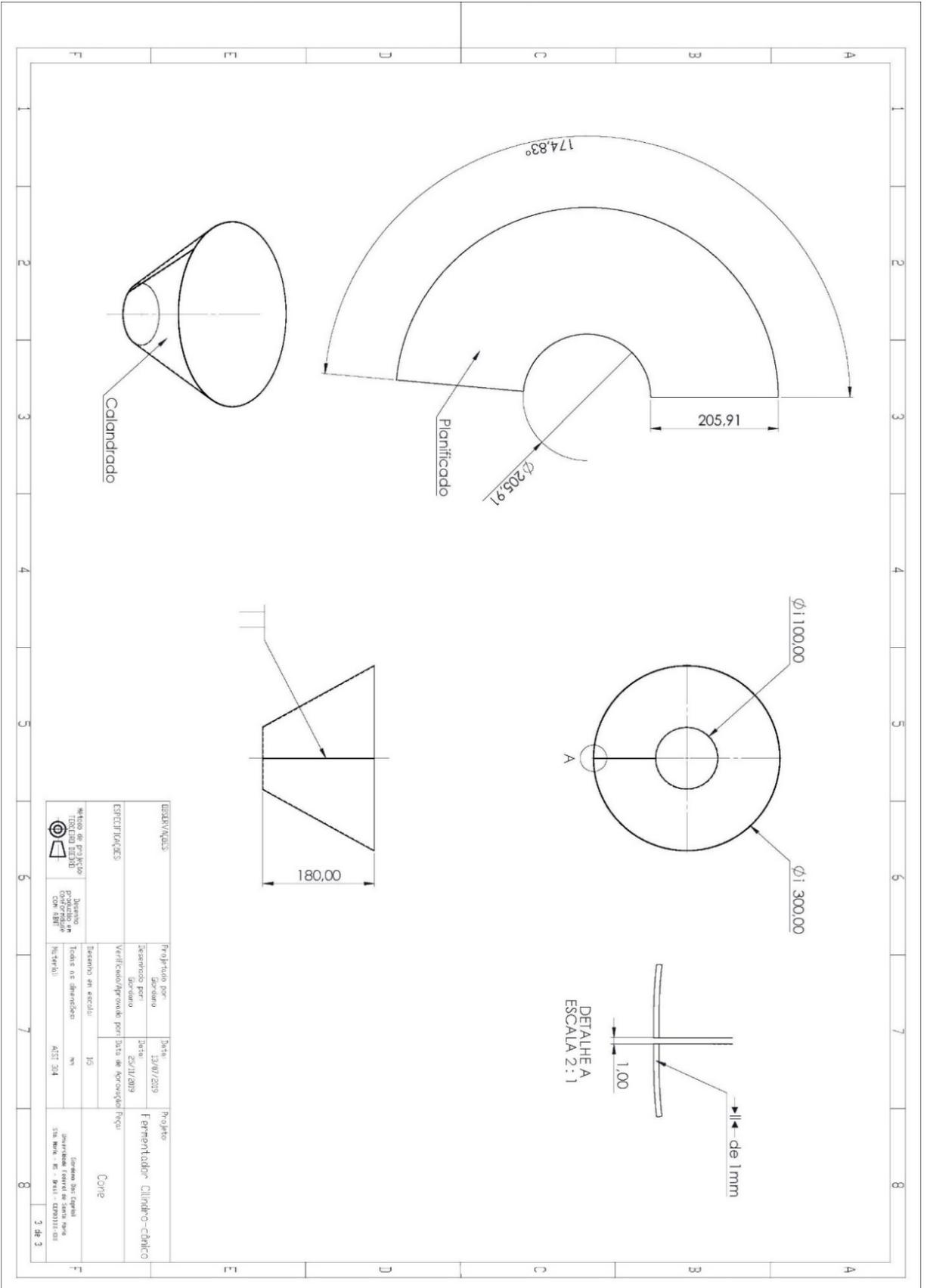


ANEXO E – DADOS TÉCNICOS UNIDADE CONDENSADORA EMBRACO UC UMI5HER

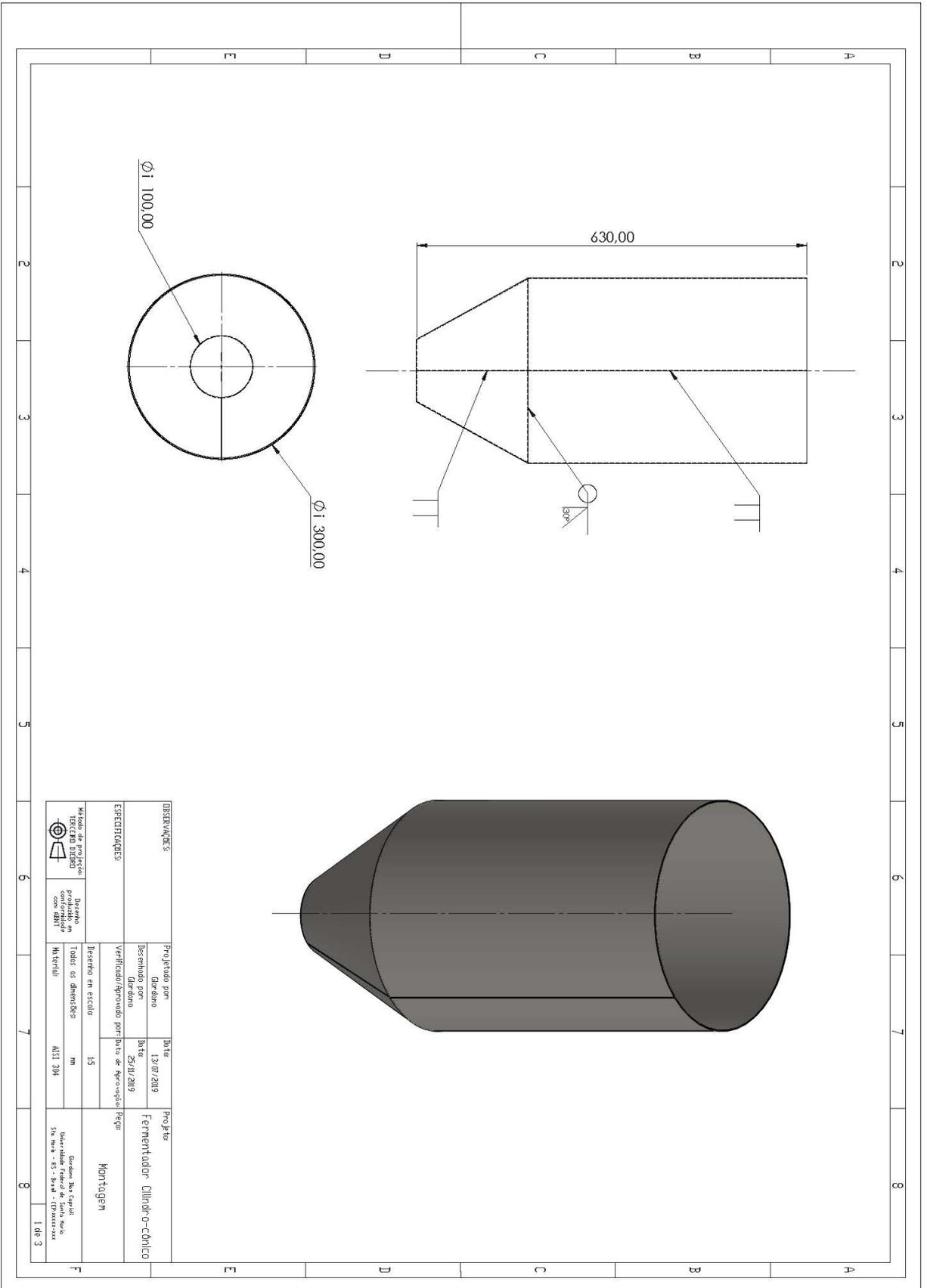
Evaporating Temperature (°C)	Cooling Capacity +/-5%		
	(kcal/h)	(W)	(Btu/h)
-35	276	321	1.095
-30	332	386	1.317
-25	384	447	1.525
-20	478	556	1.897
-15	596	693	2.365
-10	733	853	2.911
-5	874	1.017	3.470

Suction Line Dimension:	6,5
Liquid Line Dimension:	6,5
A:	420,0 (mm)
B:	286,0 (mm)
C:	244,0 (mm)
Condenser Tube Quantity:	1
Number of Tube Rows:	8

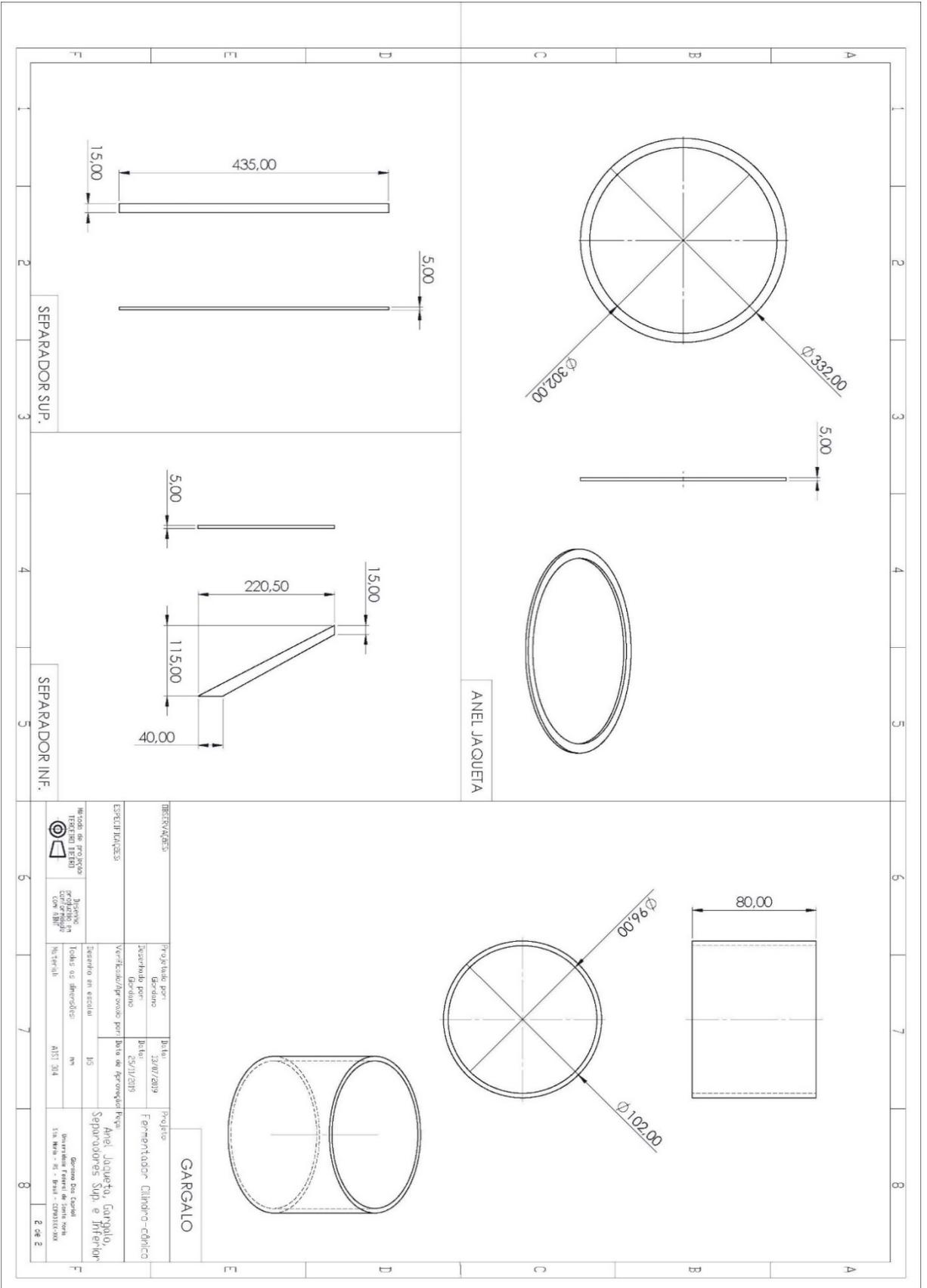




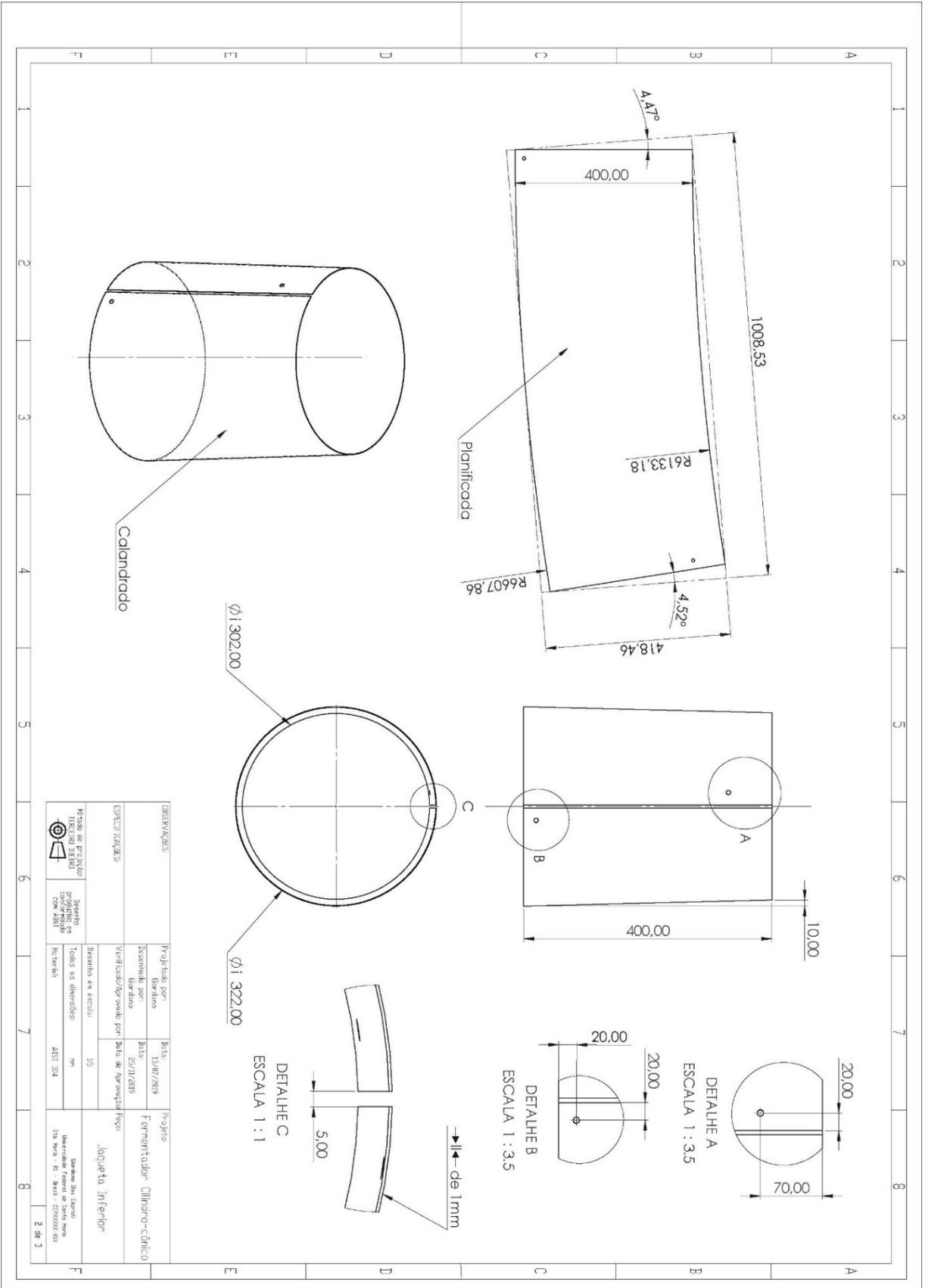
ESPECIFICAÇÕES		Método de projeção 1ª Angulação		Desenho elaborado com AutoCAD	
ESPECIFICAÇÕES		Projeto por desenho		Data: 13/07/2019	
ESPECIFICAÇÕES		Desenho por desenho		Data: 03/11/2019	
ESPECIFICAÇÕES		Verificado/aprovado por		Data de aprovação: Frege	
ESPECIFICAÇÕES		Desenho em escala:		1:5	
ESPECIFICAÇÕES		Tudo de dimensionar:		N/A	
ESPECIFICAÇÕES		Verificação:		ACST 304	
ESPECIFICAÇÕES		Projeto		Ermentador Cilindro-cônico	
ESPECIFICAÇÕES		Tipo de projeto		Cone	
ESPECIFICAÇÕES		Instituto		Instituto Federal de Santa Catarina	
ESPECIFICAÇÕES		Cidade		Florianópolis	
ESPECIFICAÇÕES		Rua		R. Santa Catarina, 135	
ESPECIFICAÇÕES		CEP		88015-090	
ESPECIFICAÇÕES		Telefone		(51) 3241-3000	
ESPECIFICAÇÕES		E-mail		ifsc@ifsc.edu.br	
ESPECIFICAÇÕES		Site		www.ifsc.edu.br	
ESPECIFICAÇÕES		Página		3 de 3	



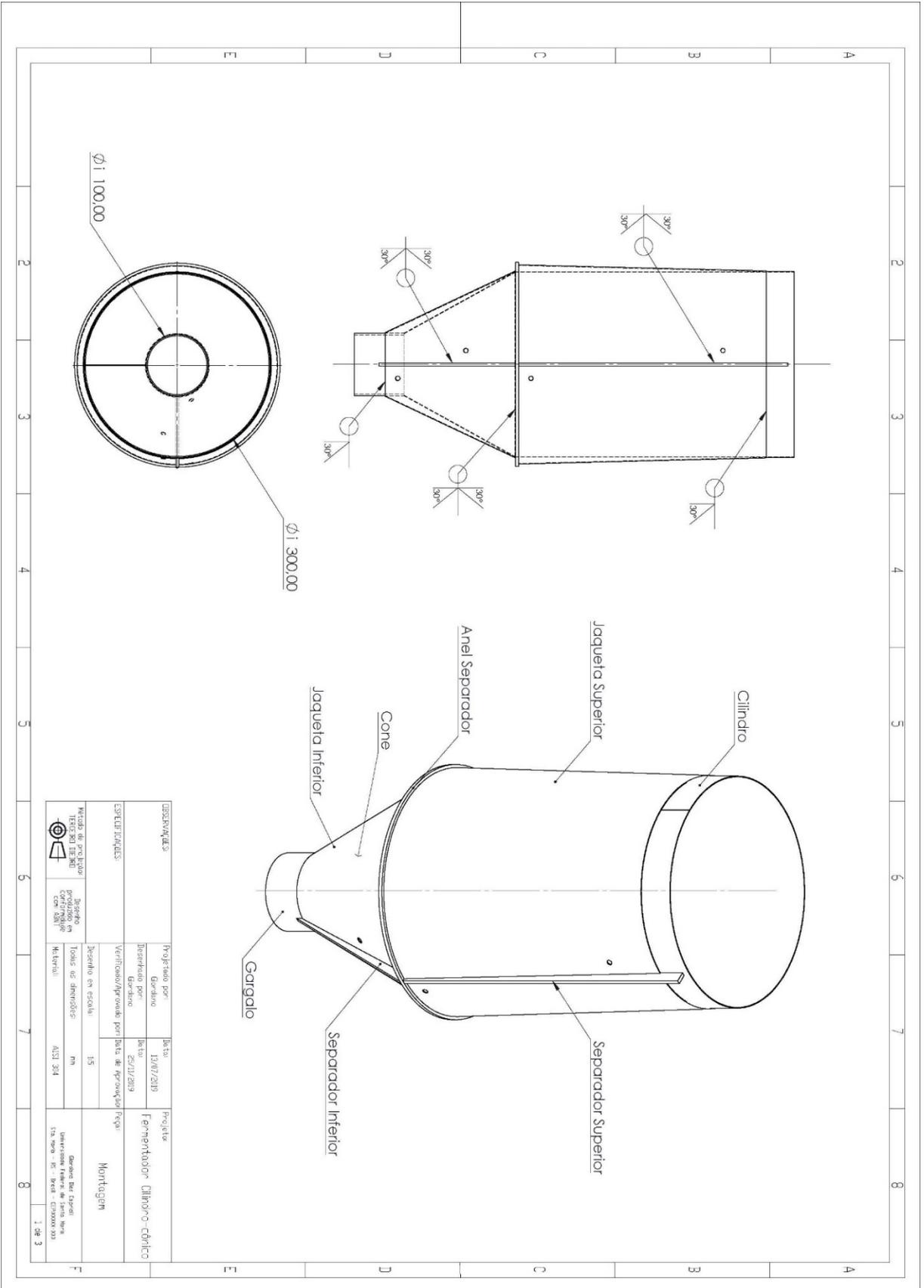
OBSERVAÇÕES		Projeto para	Unidade	Projeto
		desenho	139/07/2019	Fermentador Cilindro-cônico
ESPECIFICAÇÕES		Desenho para	Unidade	
		desenho	639/11/2019	
		Verificador/Aprovado por: (abaixo da reprodução) Pqgr		
		Desenho em escala:		1:5
		Tolerâncias dimensionais:		mm
		Material:		AL51 304
Nota de projeto para a fabricação com DNT		Desenho para fabricação com DNT		Gustavo B. G. G. G. Universidade Federal de Santa Maria 91401-900 - Santa Maria - RS - Brasil - CBRG@UFSM.br
				1 de 3



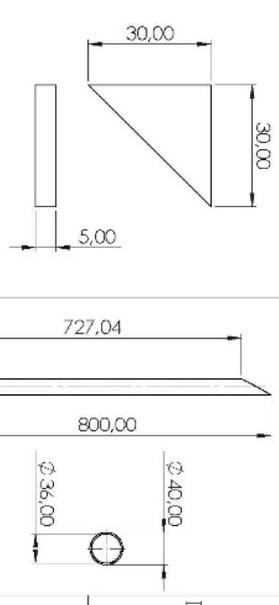
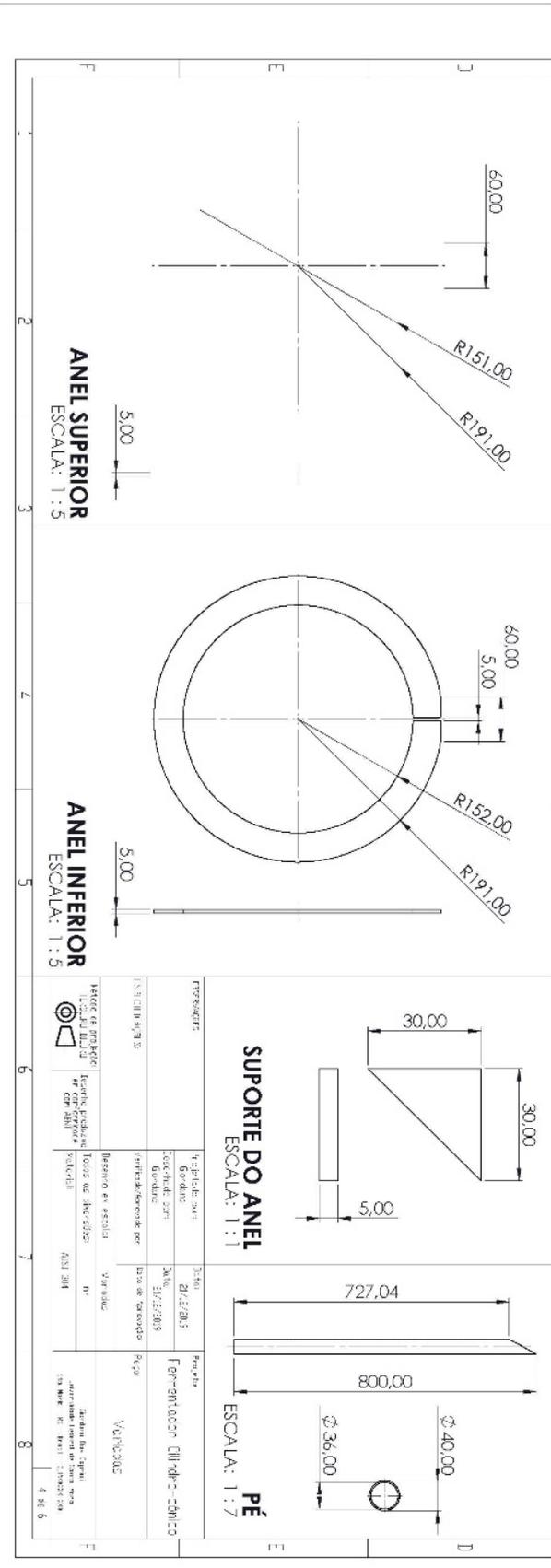
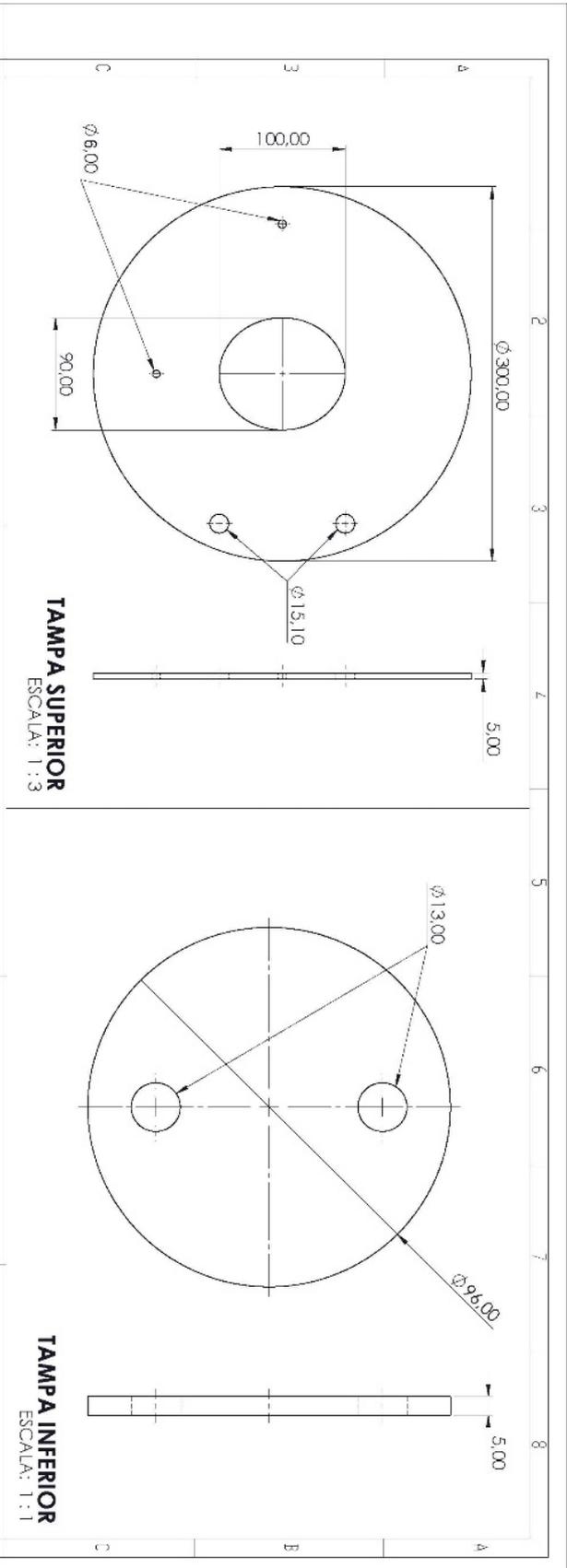
ESPECIFICACIONES Proyecto de protección de la salud en el ambiente Diseñado y certificado con el sello del INIA		Proyecto de Diseño Verificado con el sello del INIA		Verificado en escala 1:5 Todos los materiales AISI 304		Verificado y aprobado por el INIA Verificado y aprobado por el INIA		Proyecto Fecha: 13/07/2019 Diseñado por: Fecha: 03/11/2019		Proyecto Fecha: 13/07/2019 Diseñado por: Fecha: 03/11/2019	
GARGALO Anel Jaqueta, Gargallo, Separadores Sup. e Inferior				Proyecto Fecha: 13/07/2019 Diseñado por: Fecha: 03/11/2019				Proyecto Fecha: 13/07/2019 Diseñado por: Fecha: 03/11/2019			



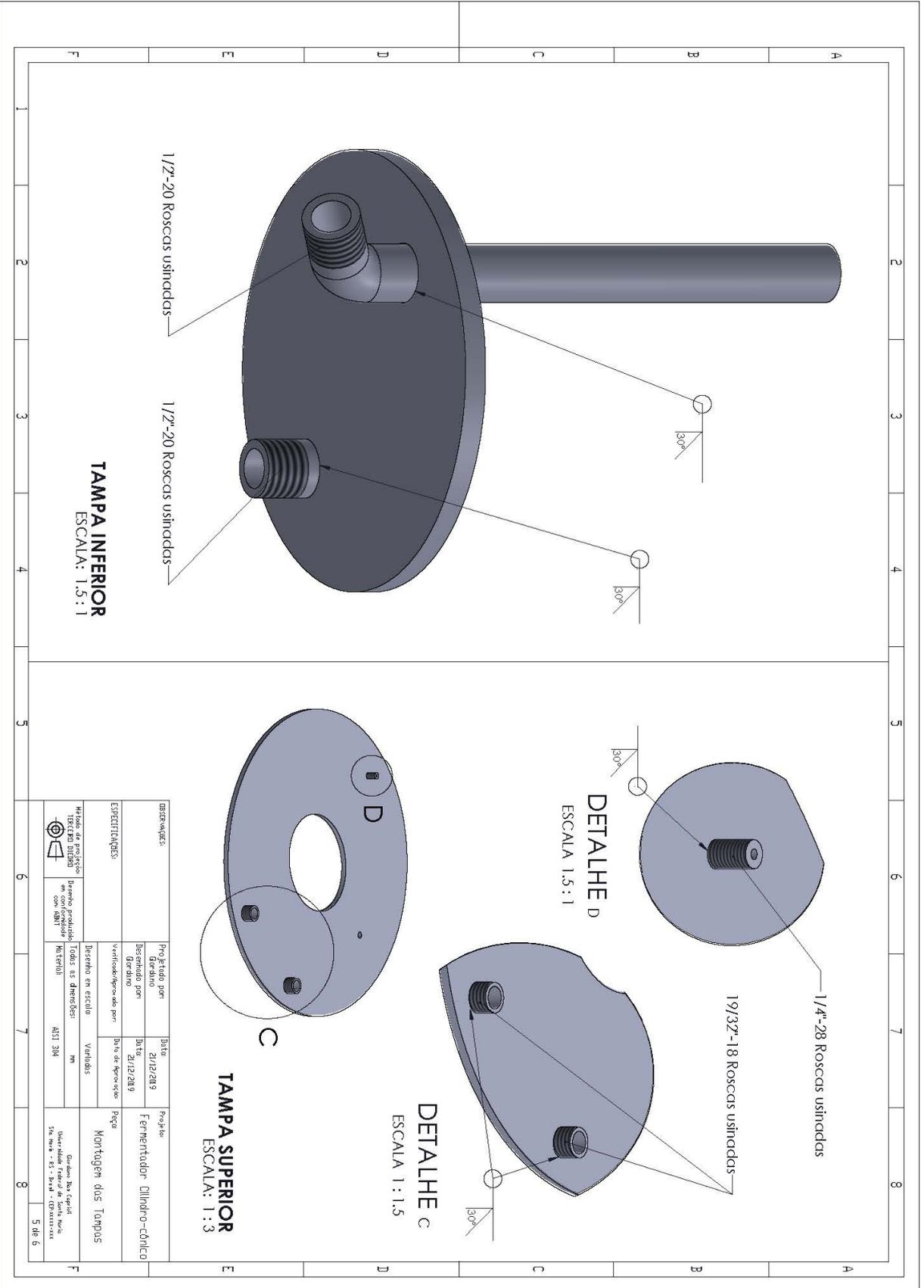
REVISÃO	ESPECIFICAÇÕES	PROJETO	DATA
1	Projeto de execução	13/07/2019	
2	Revisão	13/07/2019	
3	Revisão	13/07/2019	
4	Revisão	13/07/2019	
5	Revisão	13/07/2019	
6	Revisão	13/07/2019	
7	Revisão	13/07/2019	
8	Revisão	13/07/2019	
9	Revisão	13/07/2019	
10	Revisão	13/07/2019	
11	Revisão	13/07/2019	
12	Revisão	13/07/2019	
13	Revisão	13/07/2019	
14	Revisão	13/07/2019	
15	Revisão	13/07/2019	
16	Revisão	13/07/2019	
17	Revisão	13/07/2019	
18	Revisão	13/07/2019	
19	Revisão	13/07/2019	
20	Revisão	13/07/2019	
21	Revisão	13/07/2019	
22	Revisão	13/07/2019	
23	Revisão	13/07/2019	
24	Revisão	13/07/2019	
25	Revisão	13/07/2019	
26	Revisão	13/07/2019	
27	Revisão	13/07/2019	
28	Revisão	13/07/2019	
29	Revisão	13/07/2019	
30	Revisão	13/07/2019	
31	Revisão	13/07/2019	
32	Revisão	13/07/2019	
33	Revisão	13/07/2019	
34	Revisão	13/07/2019	
35	Revisão	13/07/2019	
36	Revisão	13/07/2019	
37	Revisão	13/07/2019	
38	Revisão	13/07/2019	
39	Revisão	13/07/2019	
40	Revisão	13/07/2019	
41	Revisão	13/07/2019	
42	Revisão	13/07/2019	
43	Revisão	13/07/2019	
44	Revisão	13/07/2019	
45	Revisão	13/07/2019	
46	Revisão	13/07/2019	
47	Revisão	13/07/2019	
48	Revisão	13/07/2019	
49	Revisão	13/07/2019	
50	Revisão	13/07/2019	
51	Revisão	13/07/2019	
52	Revisão	13/07/2019	
53	Revisão	13/07/2019	
54	Revisão	13/07/2019	
55	Revisão	13/07/2019	
56	Revisão	13/07/2019	
57	Revisão	13/07/2019	
58	Revisão	13/07/2019	
59	Revisão	13/07/2019	
60	Revisão	13/07/2019	
61	Revisão	13/07/2019	
62	Revisão	13/07/2019	
63	Revisão	13/07/2019	
64	Revisão	13/07/2019	
65	Revisão	13/07/2019	
66	Revisão	13/07/2019	
67	Revisão	13/07/2019	
68	Revisão	13/07/2019	
69	Revisão	13/07/2019	
70	Revisão	13/07/2019	
71	Revisão	13/07/2019	
72	Revisão	13/07/2019	
73	Revisão	13/07/2019	
74	Revisão	13/07/2019	
75	Revisão	13/07/2019	
76	Revisão	13/07/2019	
77	Revisão	13/07/2019	
78	Revisão	13/07/2019	
79	Revisão	13/07/2019	
80	Revisão	13/07/2019	
81	Revisão	13/07/2019	
82	Revisão	13/07/2019	
83	Revisão	13/07/2019	
84	Revisão	13/07/2019	
85	Revisão	13/07/2019	
86	Revisão	13/07/2019	
87	Revisão	13/07/2019	
88	Revisão	13/07/2019	
89	Revisão	13/07/2019	
90	Revisão	13/07/2019	
91	Revisão	13/07/2019	
92	Revisão	13/07/2019	
93	Revisão	13/07/2019	
94	Revisão	13/07/2019	
95	Revisão	13/07/2019	
96	Revisão	13/07/2019	
97	Revisão	13/07/2019	
98	Revisão	13/07/2019	
99	Revisão	13/07/2019	
100	Revisão	13/07/2019	



DESENVOLVIDO		Projeto por:	Bois	Projeto
ESPELULICADOS		Desenho por:	18/07/2019	Fermentador Citrico cônico
		Verificado/aprovado por:	Bois	15/07/2019
Notas do projeto Leitura e interpretação com o SEN		Desenho em escala:	1:1	Montagem
Desenho profissional Certificado com SEN		Todas as dimensões:	mm	
		Verificado/aprovado por: Boas de aprovação Pega	ACS 304	Gabinete de Engenharia Uniriossion Mendes de Santa Ana 124.908-16 - Breda - C/00000000
				1 de 3



<p>PROPOSTA Nº: 009/2010</p> <p>LOCAL: Rua do Comércio, 100 - Centro - Curitiba - PR</p> <p>PROPOSTA Nº: 009/2010</p> <p>LOCAL: Rua do Comércio, 100 - Centro - Curitiba - PR</p>		<p>Objeto: OBRAS DE REFORMA E MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE CURITIBA - PR</p> <p>Valor estimado: R\$ 1.500.000,00</p>	
<p>EMPRESA: CONSTRUTORA NOROESTE S/A</p> <p>CPF: 06.908.888/0001-00</p> <p>INSC. ESTADUAL: 090.248.900-00</p> <p>INSC. MUNICIPAIS: 000.000.000-00</p>		<p>EMPRESA: CONSTRUTORA NOROESTE S/A</p> <p>CPF: 06.908.888/0001-00</p> <p>INSC. ESTADUAL: 090.248.900-00</p> <p>INSC. MUNICIPAIS: 000.000.000-00</p>	
<p>PROPOSTA Nº: 009/2010</p> <p>LOCAL: Rua do Comércio, 100 - Centro - Curitiba - PR</p> <p>PROPOSTA Nº: 009/2010</p> <p>LOCAL: Rua do Comércio, 100 - Centro - Curitiba - PR</p>		<p>Objeto: OBRAS DE REFORMA E MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE CURITIBA - PR</p> <p>Valor estimado: R\$ 1.500.000,00</p>	
<p>EMPRESA: CONSTRUTORA NOROESTE S/A</p> <p>CPF: 06.908.888/0001-00</p> <p>INSC. ESTADUAL: 090.248.900-00</p> <p>INSC. MUNICIPAIS: 000.000.000-00</p>		<p>EMPRESA: CONSTRUTORA NOROESTE S/A</p> <p>CPF: 06.908.888/0001-00</p> <p>INSC. ESTADUAL: 090.248.900-00</p> <p>INSC. MUNICIPAIS: 000.000.000-00</p>	



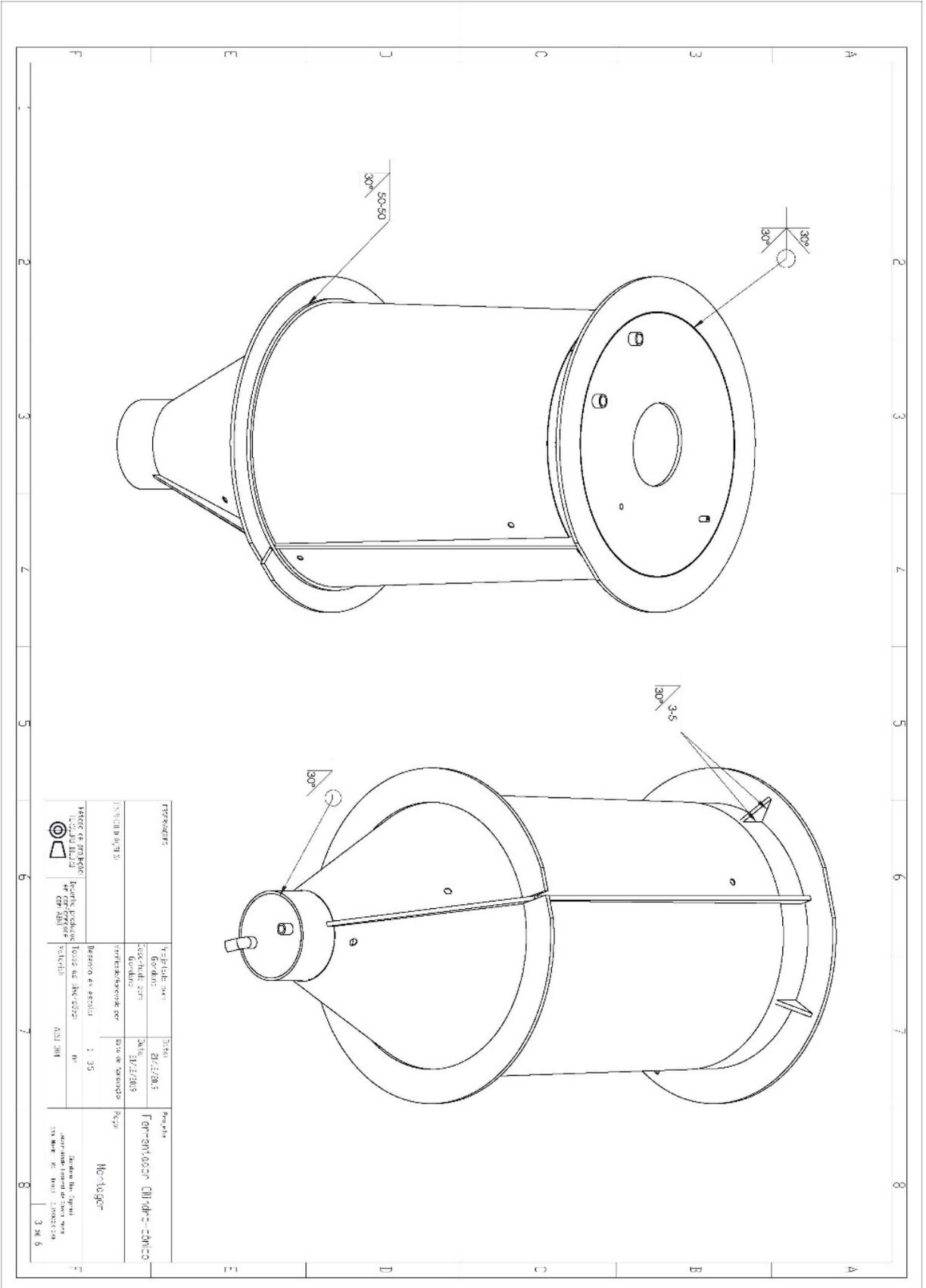
TAMPA INFERIOR
ESCALA: 1,5 : 1

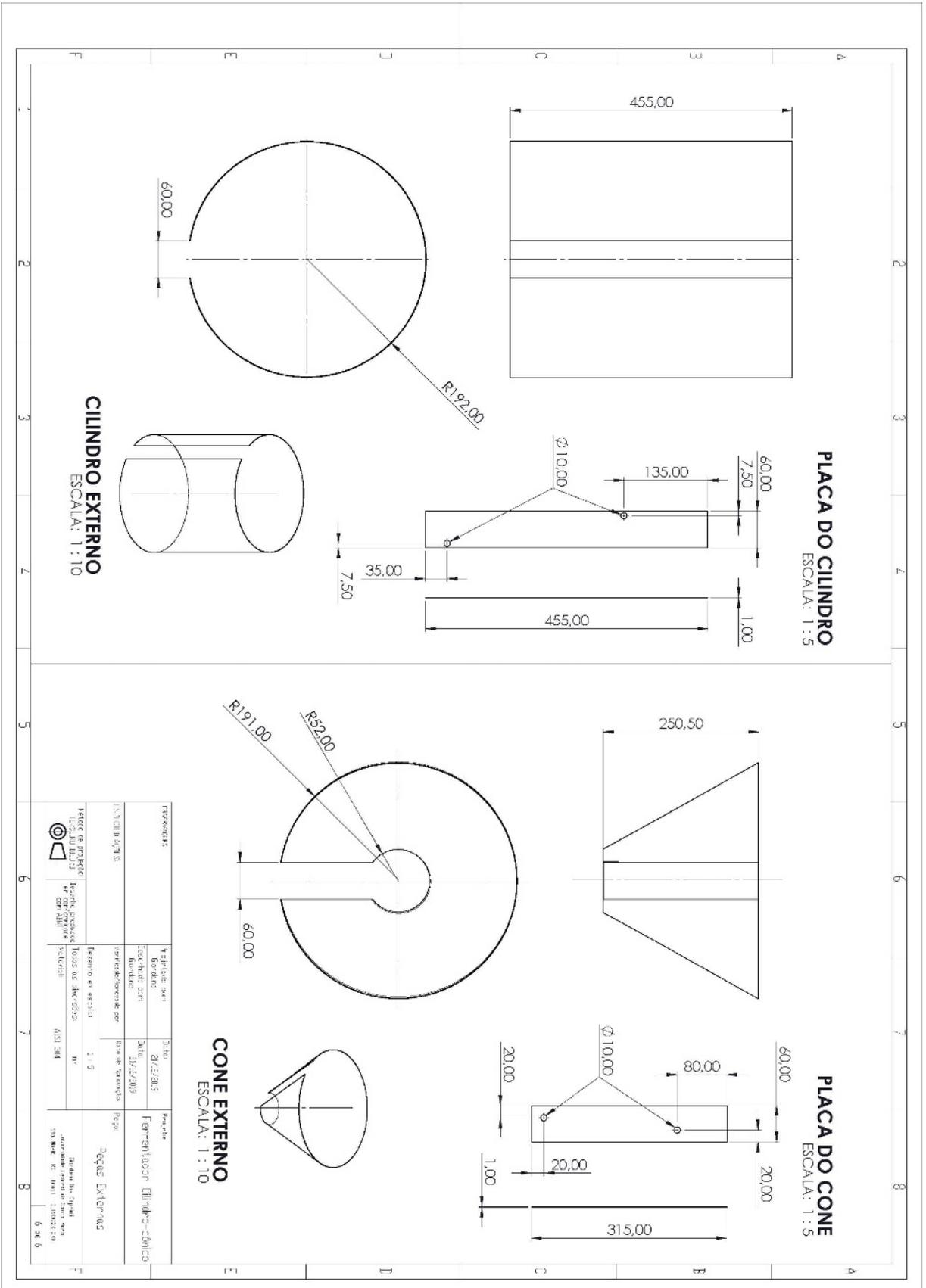
DETALHE D
ESCALA 1,5 : 1

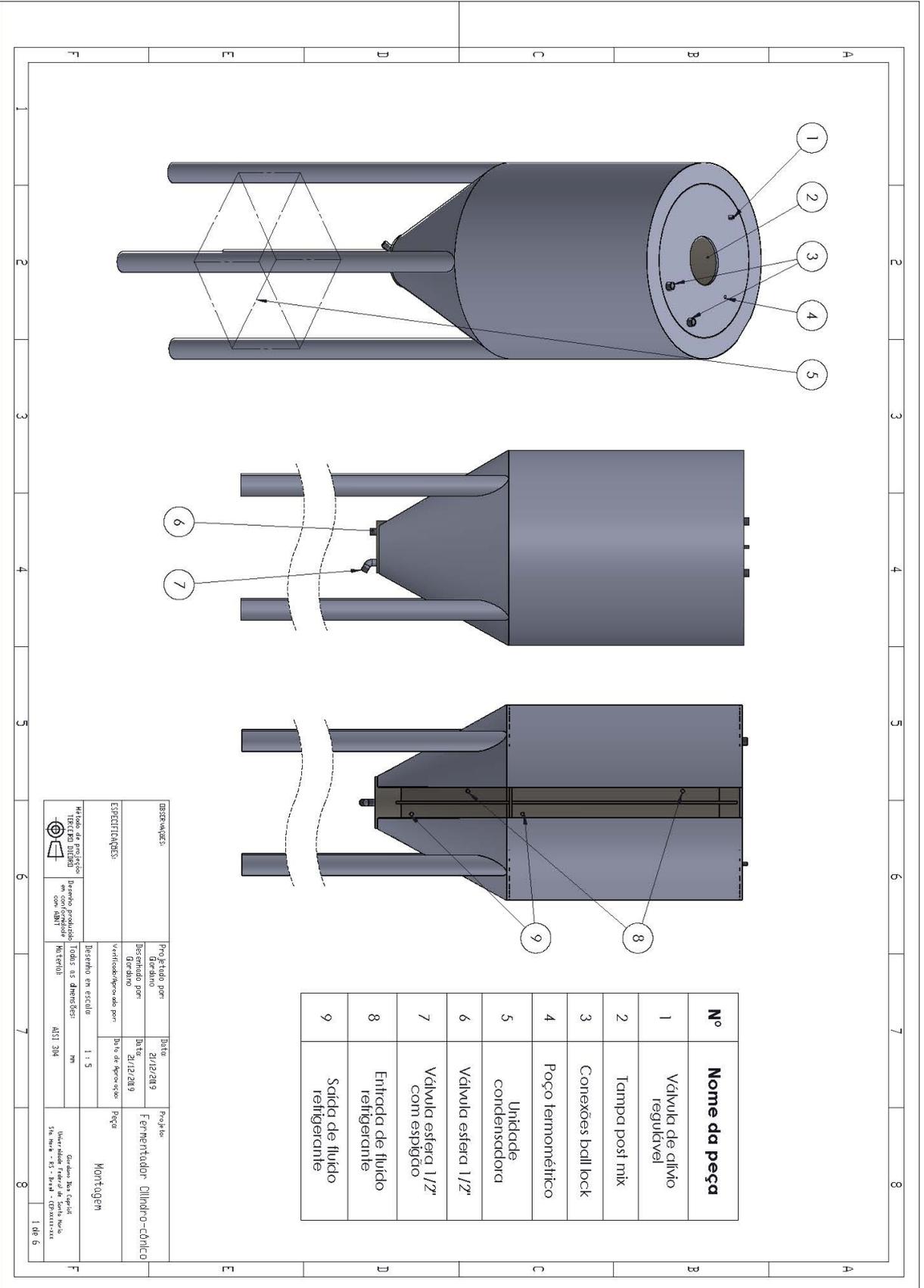
DETALHE C
ESCALA 1 : 1,5

TAMPA SUPERIOR
ESCALA: 1 : 3

DESIGNAÇÃO	Proj. feito por	DATA	Proj. feito
	Discutido por	DATA	Ferrmentador
ESPECIFICAÇÕES	Verificado/aprovado por	DATA	Operário
	Desenho em escala	Verificações	
	Todas as dimensões	mm	
	Material	ANIL 304	
NOTAS	MONTAGEM DAS TAMPAS		
	Guilherme dos Santos		
	Vice Diretor Técnico de Santa Maria		
	140 N.º 15 - Vila - CEP: 91200-000		







Nº	Nome da peça
1	Válvula de alívio regulável
2	Tampa post mix
3	Conexões ball lock
4	Pogo termométrico
5	Unidade condensadora
6	Válvula esfera 1/2"
7	Válvula esfera 1/2" com espigão
8	Entrada de fluido refrigerante
9	Saída de fluido refrigerante

DESIGNAÇÃO	Projeto para	Data	Projeto
	Desenho	21/12/2019	Fermentador Cilíndrico-Cônico
ESPECIFICAÇÕES	Desenho para	Data	
	Guilherme	21/12/2019	
	Verificado/validado por	Data de aprovação	
	Desenho em escala	1 : 5	Montagem
	Todas as dimensões	mm	
	MATERIAL	ALUMINIO	
Notas: 4º trabalho em grupo Trabalho realizado em conjunto com o colega com o nome:			
Guilherme dos Santos Vitor Mendes 16/01/2020 - 15/01/2020 - 16/01/2020			

APÊNDICE 2 – ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

1. ESTUDO DE MERCADO

1.1. O produto

Identificação do produto	Tanque Fermentador Refrigerado 30L
Identificação do consumidor	Pessoas Físicas
Identificação da vida útil do	De 10 à 15 anos

1.2. Levantamento

Consumo histórico	Na última década a produção de cerveja no Brasil cresceu de 8,2 bilhões para 13,4 bilhões de litros anuais, ou seja, 64% de aumento, sendo assim um mercado ainda em expansão no país. O mercado de cerveja artesanal é um dos responsáveis por esse crescimento, e junto a isso, o número de pessoas interessadas em produzir sua própria cerveja vem aumentando.
Capacidade de produção	Até 20 fermentadores/mês
População consumidora	Pessoas que fazem cerveja em casa
Preferência dos	Produtos de qualidade e de alta durabilidade.
Consumo em função do	Consumidores pagam por produto bom
Mercado internacional	Não haverá exportação
Preço, concorrência, formas e dificuldades de comercialização	O preço é fixo. A concorrência nesse setor é relativamente baixa na região escolhida. A dificuldade seria manter um fluxo estável de vendas.

1.3. Projeção dos dados

Tendência histórica da demanda	Segundo o Sebrae, a cerveja é a bebida preferida de 2/3 da população brasileira. A tendência segundo o mesmo Sebrae é de crescimento no país, sendo que na última década a produção de cerveja teve um aumento de 64%. O segmento também tem sido febre entre amigos e pessoas diversas, sendo um bom produto para ocupar o tempo ocioso de produção os fermentadores caseiros.
Projeção da demanda	A tendência é que as cervejas artesanais atinjam uma participação de mercado de 20% em 2020, impulsionando a venda de equipamentos para produção caseira também.

2. TAMANHO E LOCALIZAÇÃO

2.1. Tamanho

Viabilidade e escolha do tamanho ótimo	Região com escola de cerveja, grande produção mecânica e estrategicamente posicionada para atender as demandas das regiões que mais produzem cerveja no país.
---	---

2.2. Localização

Macrolocalização	Vale do Itajaí
Microlocalização	Blumenau

3. ENGENHARIA

3.1. Etapas

Investigações e ensaios preliminares	O processo de produção de tanques fermentadores é relativamente simples, uma vez que são poucos os processos produtivos envolvidos. O processo inicia-se na seleção da chapa. Logo após o profissional transporta a chapa para o processo de corte laser onde serão feitas as tampas e as divisórias internas do reservatório. A próxima etapa da fabricação é a montagem do corpo do reservatório. Este procedimento é feito com o auxílio da calandra, a qual é utilizada para a conformar a chapa em formato cilíndrico no diâmetro necessário. O processo de montagem continua com a soldagem do corpo do reservatório, a soldagem é feita através de um equipamento Tig, o acabamento externo é feito com a lixadeira elétrica equipada com discos de flap e espuma. Após a montagem do corpo do reservatório, o próximo procedimento é a fabricação dos pés do reservatório, que são cortados e logo após fixados no corpo. Instala-se a Unidade de refrigeração, assim como todos os elementos periféricos como: válvulas, medidores de nível e vedações necessárias, o reservatório é lavado e está pronto para ser comercializado.
Estudo e seleção do processo de produção	Corte laser, Calandragem, Soldagem, Dobra, Corte, Acabamento
Projeto de construção civil e infra-estrutura	Optou-se por alugar o espaço para a fábrica.

4. RECEITAS

4.1. Receitas diretas

Capacidade Operacional	100%	Ano 1				
Produto	Preço (R\$)	Prod. Mensal	Prod. Anual	Rec. Mensal (R\$)	Rec. Anual(R\$)	
Tanque fermentador 30L	3,500	8	96	28,000	336,000	
Total (R\$)					336,000.00	
Ano 2						
Produto	Preço (R\$)	Prod. Mensal	Prod. Anual	Rec. Mensal (R\$)	Rec. Anual(R\$)	
Tanque fermentador 30L	3,500	11	132	38,500	462,000	
Total (R\$)					462,000.00	
Ano 3						
Produto	Preço (R\$)	Prod. Mensal	Prod. Anual	Rec. Mensal (R\$)	Rec. Anual(R\$)	
Tanque fermentador 30L	3,500	14	168	49,000	588,000	
Total (R\$)					588,000	
Ano 4						
Produto	Preço (R\$)	Prod. Mensal	Prod. Anual	Rec. Mensal (R\$)	Rec. Anual(R\$)	
Tanque fermentador 30L	3,500	17	204	59,500	714,000	
Total (R\$)					714,000	
Ano 5						
Produto	Preço (R\$)	Prod. Mensal	Prod. Anual	Rec. Mensal (R\$)	Rec. Anual(R\$)	
Tanque fermentador 30L	3,500	20	240	70,000	840,000	
Total (R\$)					840,000	

4.2. Receitas indiretas

Receitas não-operacionais	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
	Valor (R\$)				
Vendas de equipamentos					10330
Valor residual					
Total	0	0	0	0	10330

4.3. Receitas totais

Receitas Totais	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
	Valor (R\$)				
Receitas Operacionais	336,000.00	462,000.00	588,000	714,000	840,000
Receitas não-operacionais	0	0	0	0	10330
Total	336,000.00	462,000.00	588,000.00	714,000.00	850,330.00

5. CUSTOS DO INVESTIMENTO

5.1. Investimentos Fixos

Máquinas, equipamentos e acessórios	ANO 1		
	Unidades	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Calandra 3 rolos para chapas	1	9,900.00	9,900.00
Torno	1	3,329.00	3,329.00
Dobradeira	1	1,099.00	1,099.00
Máquina de solda TIG	2	3,000.00	6,000.00
Policorte	1	332.00	332.00
Total (R\$)			20,660.00
	ANO 2		
	Unidades	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Calandra 3 rolos para chapas			-
Torno			
Dobradeira			-
Máquina de solda TIG			-
Policorte			-
Total (R\$)			-
	ANO 3		
	Unidades	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Calandra 3 rolos para chapas			-
Torno			
Dobradeira			-

Máquina de solda TIG				-
Policorte				-
Total (R\$)				-
ANO 4				
			Unidades	Preço Unitário (R\$)
				Preço Total (R\$)
Calandra 3 rolos para chapas				-
Torno				
Dobradeira				-
Máquina de solda TIG				-
Policorte				-
Total (R\$)				-
ANO 5				
			Unidades	Preço Unitário (R\$)
				Preço Total (R\$)
Calandra 3 rolos para chapas				-
Torno				
Dobradeira				-
Máquina de solda TIG				-
Policorte				-
Total (R\$)				-

Móveis e utensílios	ANO 1		
	Unidades	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Computador	1	2,500.00	2,500.00
Mesa de escritório	1	300.00	300.00
Cadeira giratória estofada	1	350.00	350.00
Cadeira normal	2	150.00	300.00
Armário/arquivo	1	350.00	350.00
Telefone	1	100.00	100.00
Cafeteira	1	100.00	100.00
Modem roteador	1	100.00	100.00
Roteador	1	100.00	100.00
Materiais de escritório	1	400.00	400.00
Impressora	1	500.00	500.00
Total			5,100.00
ANO 2			
		Unidades	Preço Unitário (R\$)
			Preço Total (R\$)
Computador			-
Mesa de escritório			-
Cadeira giratória estofada			-
Cadeira normal			-
Armário/arquivo			-
Telefone			-
Cafeteira			-

Roteador			-
Materiais de escritório	1	400.00	400.00
Impressora			-
Total			400.00

Instalações		ANO 1		
		Unidades	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Instalação de máquinas		1	3,000.00	3,000.00
Total				3,000.00
		ANO 2		
		Unidades	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Instalação de máquinas				-
Total				-
		ANO 3		
		Unidades	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Instalação de máquinas				-
Total				-
		ANO 4		
		Unidades	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Instalação de máquinas				-
Total				-
		ANO 5		
		Unidades	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Instalação de máquinas				-
Total				-

Serviços de terceiros		ANO 1		
		Unidades	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Instalação de rede entre os computadores		1	250.00	250.00
Desenvolvimento do site da empresa		1	1,000.00	1,000.00
Total				1,250.00
		ANO 2		
		Unidades	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Instalação de rede entre os computadores				-
Desenvolvimento do site da empresa				-
Total				-
		ANO 3		
		Unidades	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Instalação de rede entre os computadores				-
Desenvolvimento do site da empresa				-
Total				-
		ANO 4		
		Unidades	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)

Instalação de rede entre os computadores			
Desenvolvimento do site da empresa			-
Total			-
ANO 5			
	Unidades	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Instalação de rede entre os computadores			
Desenvolvimento do site da empresa			-
Total			-

Outros	ANO 1		
	Unidades	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
			-
Total			-
	ANO 2		
	Unidades	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
			-
			-
	ANO 3		
	Unidades	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
			-
			-
	ANO 4		
	Unidades	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
			-
			-
	ANO 5		
	Unidades	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
			-
			-

Investimentos Fixos					
Discriminação	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
	Sub-total (R\$)	Sub-total (R\$)	Sub-total (R\$)	Sub-total (R\$)	Sub-total (R\$)
Máquinas, Equipamentos, Veículos e Acessórios	20,660.00	-	-	-	-
Móveis e utensílios	5,100.00	400.00	400.00	400.00	400.00
Instalação	3,000.00	-	-	-	-
Serviços de terceiros	1,250.00	-	-	-	-
Subtotal	30,010.00	400.00	400.00	400.00	400.00
Eventuais	1,500.50	20.00	20.00	20.00	20.00
Total	31,510.50	420.00	420.00	420.00	420.00

5.2. Capital de Giro

Estimativa de Estoque Inicial (A)	Unidades	Preço Unitário (R\$)	Sub-total
Sachês de protetor solar FP 30	6	R\$ 29.90	R\$ 179.40
Discos de Corte	6	R\$ 4.50	R\$ 27.00
Discos de Flap	6	R\$ 5.80	R\$ 34.80
Disco de Desbaste	10	R\$ 5.76	R\$ 57.60
Discos de Tecido p/ Polimento	10	R\$ 18.50	R\$ 185.00
Eletrodo Revestido	15	R\$ 74.80	R\$ 1,122.00
Lente para Máscara de Solda	8	R\$ 1.70	R\$ 13.60
Máscara de Solda	2	R\$ 76.90	R\$ 153.80
Protetor Auricular	6	R\$ 3.32	R\$ 19.92
Botinas	2	R\$ 42.00	R\$ 84.00
Luvras de Couro para Soldagem	6	R\$ 49.00	R\$ 294.00
Kit de Ferramentas	2	R\$ 490.00	R\$ 980.00
Macacão de Couro	2	R\$ 380.00	R\$ 760.00
Massa de Polimento	5	R\$ 27.80	R\$ 139.00
Gás	2	R\$ 1,037.60	R\$ 2,075.20
Biqueira Corte Laser	2	R\$ 210.00	R\$ 420.00
Total			R\$ 6,545.32

Caixa mínimo (B)

Contas a receber - Cálculo do prazo médio de vendas

Prazo Médio de Vendas	%	Número de dias	Média Ponderada em dias
a vista	35	0	0
a prazo (1)	30	30	9
a prazo (2)	35	60	21
a prazo (3)			0
a prazo (4)			0
Total		Prazo médio total	30

Fornecedores - Cálculo do prazo médio de compras

Prazo Médio de Vendas	%	Número de dias	Média Ponderada em dias
a vista	50	0	0
a prazo (1)	25	30	7.5
a prazo (2)	25	60	15
a prazo (3)			0
a prazo (4)			0
Total		Prazo médio total	22.5

Estoques - Cálculo da necessidade média de estoques

Necessidade média de estoques	Número de dias
	30

Necessidade Líquida de Capital de giro em dias	
Recursos da empresa fora do seu caixa	Número de dias
Contas a receber - Cálculo do prazo médio de vendas	30
Estoques - necessidade média de estoques	30
Subtotal	60
Recursos de terceiros no caixa da empresa	
3. Fornecedores – prazo médio de compras	22.5
Subtotal 2	22.5
Necessidade Líquida de Capital de Giro em dias (Subtotal)	37.5

Capital de Giro	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5
Custos fixos	R\$ 126,618.59	R\$ 135,253.32	R\$ 144,843.49	R\$ 154,419.49	R\$ 164,121.49
Custos variáveis	R\$ 266,061.60	R\$ 383,868.45	R\$ 489,894.30	R\$ 594,408.15	R\$ 705,789.00
Custo total da empresa	R\$ 392,680.19	R\$ 519,121.77	R\$ 634,737.79	R\$ 748,827.64	R\$ 869,910.49
Custo total diário	R\$ 1,090.78	R\$ 1,442.00	R\$ 1,763.16	R\$ 2,080.08	R\$ 2,416.42
Necessidade Líquida de Capital de Giro em dias	R\$ 37.50				
Capital de Giro	R\$ 40,904.19	R\$ 54,075.18	R\$ 66,118.52	R\$ 78,002.88	R\$ 90,615.68

5.3. Investimentos pré-operacionais

Investimentos pré-operacionais					
Discriminação	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
	Sub-total (R\$)				
Despesas de legalização	5,000.00				
Divulgação	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00
Total	7,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00

5.4. Investimento total

Investimento total					
Discriminação	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
	Sub-total (R\$)				
Investimento fixo	31,510.50	420.00	420.00	420.00	420.00
Capital de giro	40,904.19	54,075.18	66,118.52	78,002.88	90,615.68
Investimento pré-operacional	7,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00
Total (R\$)	79,414.69	56,495.18	68,538.52	80,422.88	93,035.68

6. CUSTOS OPERACIONAIS

6.1. Custos Fixos

Mão-de-obra	ANO 1		
	Salário/mês	Encargos	Total/ano
Sócio 1	1000	5%	12,600.00
Funcionário 1	1800	35%	29,160.00
Funcionário 2	1400	35%	22,680.00
Total (R\$)			64,440.00
	ANO 2		
	Salário/mês	Encargos	Total/ano
Sócio 1	1000	5%	12,600.00
Funcionário 1	1900	35%	30,780.00
Funcionário 2	1500	35%	24,300.00
Total (R\$)			67,680.00
	ANO 3		
	Salário/mês	Encargos	Total/ano
Sócio 1	1000	5%	12,600.00
Funcionário 1	2000	35%	32,400.00
Funcionário 2	1600	35%	25,920.00
Total (R\$)			70,920.00
	ANO 4		
	Salário/mês	Encargos	Total/ano
Sócio 1	1000	5%	12,600.00
Funcionário 1	2100	35%	34,020.00
Funcionário 2	1700	35%	27,540.00
Total (R\$)			74,160.00
	ANO 5		
	Salário/mês	Encargos	Total/ano
Sócio 1	1000	5%	12,600.00
Funcionário 1	2200	35%	35,640.00
Funcionário 2	1800	35%	29,160.00
Total (R\$)			77,400.00

Custos Operacionais	ANO 1	
	Custo/mês (R\$)	Custo/ano(R\$)
Aluguel	2,500	30,000
IPTU	400	4,800
Água	150	1,800
Material de Limpeza	100	1,200

Luz	1,000	12,000
Telefone	150	1,800
Total (R\$)		51,600
ANO 2		
	Custo/mês (R\$)	Custo/ano(R\$)
Aluguel	2,750	33,000
IPTU	420	5,040
Água	170	2,040
Material de Limpeza	110	1,320
Luz	1,100	13,200
Telefone	150	1,800
Total (R\$)		56,400
ANO 3		
	Custo/mês (R\$)	Custo/ano(R\$)
Aluguel	3,000	36,000
IPTU	440	5,280
Água	190	2,280
Material de Limpeza	120	1,440
Luz	1,300	15,600
Telefone	150	1,800
Total (R\$)		62,400
ANO 4		
	Custo/mês (R\$)	Custo/ano(R\$)
Aluguel	3,250	39,000
IPTU	460	5,520
Água	200	2,400
Material de Limpeza	130	1,560
Luz	1,500	18,000
Telefone	150	1,800
Total (R\$)		68,280
ANO 5		
	Custo/mês (R\$)	Custo/ano(R\$)
Aluguel	3,500	42,000
IPTU	480	5,760
Água	220	2,640
Material de Limpeza	140	1,680
Luz	1,700	20,400
Telefone	150	1,800
Total (R\$)		74,280

Manutenção e Conservação	ANO 1		
	Valor	Taxa	Total/ano (R\$)
Máquinas, Equipamentos, Veículos e Acessórios	20,660.00	3%	619.80

Móveis e utensílios	5,100.00	3%	153.00
Instalações	3,000.00	3%	90.00
Outros	-	3%	-
Eventuais	1,500.50	3%	45.02
Total(R\$)			907.82
ANO 2			
	Valor	Taxa	Total/ano (R\$)
Máquinas, Equipamentos, Veículos e Acessórios		3%	619.80
Móveis e utensílios	8,295.00	3%	248.85
Instalações	-	3%	-
Outros	950.00	3%	28.50
Eventuais	489.75	3%	14.69
Total(R\$)			911.84
ANO 3			
	Valor	Taxa	Total/ano (R\$)
Máquinas, Equipamentos, Veículos e Acessórios		3%	619.80
Móveis e utensílios	8,295.00	3%	248.85
Instalações	-	3%	-
Outros	950.00	3%	28.50
Eventuais	489.75	3%	14.69
Total(R\$)			911.84
ANO 4			
	Valor	Taxa	Total/ano (R\$)
Máquinas, Equipamentos, Veículos e Acessórios		3%	619.80
Móveis e utensílios	8,295.00	3%	248.85
Instalações	-	3%	-
Outros	950.00	3%	28.50
Eventuais	489.75	3%	14.69
Total(R\$)			911.84
ANO 5			
	Valor	Taxa	Total/ano (R\$)
Máquinas, Equipamentos, Veículos e Acessórios	-	3%	619.80
Móveis e utensílios	8,295.00	3%	248.85
Instalações	-	3%	-
Outros	950.00	3%	28.50
Eventuais	489.75	3%	14.69
Total(R\$)			911.84

Seguro sobre o Ativo Fixo	ANO 1		
	Valor	Taxa	Total/ano (R\$)
Máquinas, Equipamentos, Veículos e Acessórios	20,660.00	3%	619.80
Móveis e utensílios	5,100.00	3%	153.00
Instalações	3,000.00	3%	90.00

Serviços de terceiros	1,250.00	3%	37.50
Outros	-	3%	-
Eventuais	1,500.50	3%	45.02
Total(R\$)			945.32
ANO 2			
	Valor	Taxa	Total/ano (R\$)
Máquinas, Equipamentos, Veículos e Acessórios	-	3%	619.80
Móveis e utensílios	8,295.00	3%	248.85
Instalações	-	3%	90.00
Serviços de terceiros	550.00	3%	16.50
Outros	950.00	3%	28.50
Eventuais	489.75	3%	14.69
Total(R\$)			1,018.34
ANO 3			
	Valor	Taxa	Total/ano (R\$)
Máquinas, Equipamentos, Veículos e Acessórios	-	3%	619.80
Móveis e utensílios	8,295.00	3%	248.85
Instalações	-	3%	90.00
Serviços de terceiros	550.00	3%	16.50
Outros	950.00	3%	28.50
Eventuais	489.75	3%	14.69
Total(R\$)			1,018.34
ANO 4			
	Valor	Taxa	Total/ano (R\$)
Máquinas, Equipamentos, Veículos e Acessórios	-	3%	619.80
Móveis e utensílios	8,295.00	3%	248.85
Instalações	-	3%	90.00
Serviços de terceiros	550.00	3%	16.50
Outros	950.00	3%	28.50
Eventuais	489.75	3%	14.69
Total(R\$)			1,018.34
ANO 5			
	Valor	Taxa	Total/ano (R\$)
Máquinas, Equipamentos, Veículos e Acessórios	-	3%	619.80
Móveis e utensílios	8,295.00	3%	248.85
Instalações	-	3%	90.00
Serviços de terceiros	550.00	3%	16.50
Outros	950.00	3%	28.50
Eventuais	489.75	3%	14.69
Total(R\$)			1,018.34

Depreciação	ANO 1		
	Valor	Taxa	Total/ano (R\$)

Máquinas, Equipamentos, Veículos e Acessórios	20,660.00	10%	2,066.00
Móveis e utensílios	5,100.00	10%	510.00
Instalações	3,000.00	4%	120.00
Serviços de terceiros		10%	-
Outros		10%	-
Eventuais		10%	-
Total			2,696.00
ANO 2			
	Valor	Taxa	Total/ano (R\$)
Máquinas, Equipamentos, Veículos e Acessórios	20,660.00	10%	2,066.00
Móveis e utensílios	5,100.00	10%	510.00
Instalações	3,000.00	4%	120.00
Serviços de terceiros		10%	-
Outros		10%	-
Eventuais		10%	-
Total			2,696.00
ANO 3			
	Valor	Taxa	Total/ano (R\$)
Máquinas, Equipamentos, Veículos e Acessórios	20,660.00	10%	2,066.00
Móveis e utensílios	5,100.00	10%	510.00
Instalações	3,000.00	4%	120.00
Serviços de terceiros		10%	-
Outros		10%	-
Eventuais		10%	-
Total			2,696.00
ANO 4			
	Valor	Taxa	Total/ano (R\$)
Máquinas, Equipamentos, Veículos e Acessórios	20,660.00	10%	2,066.00
Móveis e utensílios	5,100.00	10%	510.00
Instalações	3,000.00	4%	120.00
Serviços de terceiros		10%	-
Outros		10%	-
Eventuais		10%	-
Total			2,696.00
ANO 5			
	Valor	Taxa	Total/ano (R\$)
Máquinas, Equipamentos, Veículos e Acessórios	20,660.00	10%	2,066.00
Móveis e utensílios	5,100.00	10%	510.00
Instalações	3,000.00	4%	120.00
Serviços de terceiros		10%	-
Outros		10%	-
Eventuais		10%	-
Total			2,696.00

Custos Fixos Totais	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
	Sub-total (R\$)				
Mão de Obra	64,440.00	67,680.00	70,920.00	74,160.00	77,400.00
Custos Operacionais	51,600.00	56,400.00	62,400.00	68,280.00	74,280.00
Manutenção e Conservação	907.82	1,018.34	911.84	911.84	911.84
Seguro sobre o Ativo Fixo	945.32	1,018.34	1,018.34	1,018.34	1,018.34
Depreciação	2,696.00	2,696.00	2,696.00	2,696.00	2,696.00
Subtotal	120,589.13	128,812.69	137,946.19	147,066.19	156,306.19
Eventuais	6,029.46	6,440.63	6,897.31	7,353.31	7,815.31
Total	126,618.59	135,253.32	144,843.49	154,419.49	164,121.49

6.2. Custos Variáveis

Insumos	ANO 1		
	Quant./mês	Custo (R\$)	Total/ano
Eletrodo para solda	5	8.00	480.00
Discos para policorte	30	4.00	1,440.00
Luvras de couro p/ solda	1	50.00	600.00
Gás de solda	3	200.00	7,200.00
Vareta de solda	10	40.00	4,800.00
kit elementos AISI 304	8	700.00	67,200.00
kit periféricos	8	500.00	48,000.00
unidade 1/6 hp	8	800.00	76,800.00
Total			206,520.00
Insumos	ANO 2		
	Quant./mês	Custo (R\$)	Total/ano
Eletrodo para solda	10	8.00	960.00
Discos para policorte	40	4.00	1,920.00
Luvras de couro p/ solda	2	50.00	1,200.00
Gás de solda	4	200.00	9,600.00
Vareta de solda	20	40.00	9,600.00
kit elementos AISI 304	11	700.00	92,400.00
kit periféricos	11	500.00	66,000.00
unidade 1/6 hp	11	800.00	105,600.00
Total			287,280
Insumos	ANO 3		
	Quant./mês	Custo (R\$)	Total/ano
Eletrodo para solda	15	10.00	1,800.00
Discos para policorte	50	4.00	2,400.00
Luvras de couro p/ solda	2	50.00	1,200.00
Gás de solda	5	200.00	12,000.00

Vareta de solda	25	45.00	13,500.00
kit elementos AISI 304	14	700.00	117,600.00
kit periféricos	14	500.00	84,000.00
unidade 1/6 hp	14	800.00	134,400.00
Total			366,900
ANO 4			
	Quant./mês	Custo (R\$)	Total/ano
Eletrodo para solda	20	10.00	2,400.00
Discos para policorte	60	4.00	2,880.00
Luvas de couro p/ solda	2	50.00	1,200.00
Gás de solda	6	200.00	14,400.00
Vareta de solda	30	45.00	16,200.00
kit elementos AISI 304	17	700.00	142,800.00
kit periféricos	17	500.00	102,000.00
unidade 1/6 hp	17	800.00	163,200.00
Total			445,080
ANO 5			
	Quant./mês	Custo (R\$)	Total/ano
Eletrodo para solda	25	12.00	3,600.00
Discos para policorte	70	5.00	4,200.00
Luvas de couro p/ solda	2	50.00	1,200.00
Gás de solda	7	200.00	16,800.00
Vareta de solda	40	50.00	24,000.00
kit elementos AISI 304	20	700.00	168,000.00
kit periféricos	20	500.00	120,000.00
unidade 1/6 hp	20	800.00	192,000.00
Total			529,800

Comercialização	ANO 1		
	Taxa	Receita estimada	Custo Total
1 Impostos			
Impostos Federais			
SIMPLES	4.50%	336,000.00	R\$ 15,120.00
IRPJ	0.00%		R\$ -
PIS	0.00%		R\$ -
COFINS	0.74%		R\$ 2,486.40
IPI	0.25%		R\$ 840.00
CSLL - Contribuição social sobre o lucro líquido	0.21%		R\$ 705.60
Impostos estaduais			
ICMS	1.25%	336,000.00	R\$ 4,200.00
Impostos municipais			
ISS	3%	336,000.00	R\$ 10,080.00
Subtotal 1			33,432.00

2 Gastos com vendas						
Comissões	0%		336,000.00	R\$	-	
Propaganda	3%		336,000.00	R\$	10,080.00	
Outros	1%		336,000.00	R\$	3,360.00	
Subtotal 2					13,440.00	
TOTAL					46,872.00	
ANO 2						
				Taxa	Receita estimada	Custo Total
1 Impostos						
Impostos Federais						
SIMPLES	4.50%		462,000.00		R\$ 20,790.00	
IRPJ	0.00%				R\$ -	
PIS	0.00%				R\$ -	
COFINS	0.74%				R\$ 3,418.80	
IPI	0.25%				R\$ 1,155.00	
CSLL - Contribuição social sobre o lucro líquido	0.21%				R\$ 970.20	
Impostos estaduais						
ICMS	1.25%		462,000.00	R\$	5,775.00	
Impostos municipais						
ISS	3%		462,000.00	R\$	13,860.00	
Subtotal 1					45,969.00	
2 Gastos com vendas						
Comissões	3%		462,000.00	R\$	13,860.00	
Propaganda	3%		462,000.00	R\$	13,860.00	
Outros	1%		462,000.00	R\$	4,620.00	
Subtotal 2					32,340.00	
TOTAL					78,309.00	
ANO 3						
				Taxa	Receita estimada	Custo Total
1 Impostos						
Impostos Federais						
SIMPLES	4.50%		588,000.00		R\$ 26,460.00	
IRPJ	0.00%				R\$ -	
PIS	0.00%				R\$ -	
COFINS	0.74%				R\$ 4,351.20	
IPI	0.25%				R\$ 1,470.00	
CSLL - Contribuição social sobre o lucro líquido	0.21%				R\$ 1,234.80	
Impostos estaduais						
ICMS	1.25%		588,000.00	R\$	7,350.00	
Impostos municipais						
ISS	3%		588,000.00	R\$	17,640.00	
Subtotal 1					58,506.00	
2 Gastos com vendas						

Comissões	3%	588,000.00	R\$ 17,640.00
Propaganda	3%	588,000.00	R\$ 17,640.00
Outros	1%	588,000.00	R\$ 5,880.00
Subtotal 2			41,160.00
TOTAL			99,666.00
ANO 4			
	Taxa	Receita estimada	Custo Total
1 Impostos			
Impostos Federais			
SIMPLES	4.50%	714,000.00	R\$ 32,130.00
IRPJ	0.00%		R\$ -
PIS	0.00%		R\$ -
COFINS	0.74%		R\$ 5,283.60
IPI	0.25%		R\$ 1,785.00
CSLL - Contribuição social sobre o lucro líquido	0.21%		R\$ 1,499.40
Impostos estaduais			
ICMS	1.25%	714,000.00	R\$ 8,925.00
Impostos municipais			
ISS	3%	714,000.00	R\$ 21,420.00
Subtotal 1			71,043.00
2 Gastos com vendas			
Comissões	3%	714,000.00	R\$ 21,420.00
Propaganda	3%	714,000.00	R\$ 21,420.00
Outros	1%	714,000.00	R\$ 7,140.00
Subtotal 2			49,980.00
TOTAL			121,023.00
ANO 5			
	Taxa	Receita estimada	Custo Total
1 Impostos			
Impostos Federais			
SIMPLES	4.50%	840,000.00	R\$ 37,800.00
IRPJ	0.00%		R\$ -
PIS	0.00%		R\$ -
COFINS	0.74%		R\$ 6,216.00
IPI	0.25%		R\$ 2,100.00
CSLL - Contribuição social sobre o lucro líquido	0.21%		R\$ 1,764.00
Impostos estaduais			
ICMS	1.25%	840,000.00	R\$ 10,500.00
Impostos municipais			
ISS	3%	840,000.00	R\$ 25,200.00
Subtotal 1			83,580.00
2 Gastos com vendas			
Comissões	3%	840,000.00	R\$ 25,200.00
Propaganda	3%	840,000.00	R\$ 25,200.00

Outros	1%	840,000.00	R\$	8,400.00
Subtotal 2				58,800.00
TOTAL				142,380.00

Custos Variáveis Totais	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
	Sub-total (R\$)				
Insumos	206,520.00	287,280.00	366,900.00	445,080.00	529,800.00
Insumos para a embalagem	-	-	-	-	-
Mão de Obra Variável	-	-	-	-	-
Comercialização	46,872.00	78,309.00	99,666.00	121,023.00	142,380.00
Subtotal	253,392.00	365,589.00	466,566.00	566,103.00	672,180.00
Diversos	12,669.60	18,279.45	23,328.30	28,305.15	33,609.00
Total	266,061.60	383,868.45	489,894.30	594,408.15	705,789.00

6.3. Custos Totais

Custos Totais	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
	Sub-total (R\$)				
Custos fixos totais	126,618.59	135,253.32	144,843.49	154,419.49	164,121.49
Custos variáveis totais	266,061.60	383,868.45	489,894.30	594,408.15	705,789.00
Total	392,680.19	519,121.77	634,737.79	748,827.64	869,910.49

7. AVALIAÇÃO ECONÔMICO-FINANCEIRA

7.1. Demonstrativo de resultados

Demonstrativo de Resultados					
Discriminação	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5
	Total (R\$)	Total (R\$)	Total (R\$)	Total (R\$)	Total (R\$)
Receita total (1)	336,000.00	462,000.00	588,000.00	714,000.00	850,330.00
Custos Variáveis totais (2)	266,061.60	383,868.45	489,894.30	594,408.15	705,789.00
Impostos	33,432.00	18,507.00	22,089.00	25,671.00	29,253.00
Gastos com vendas	13,440.00	5,580.00	6,600.00	7,740.00	8,820.00
Sub-total de 2	219,189.60	359,781.45	461,205.30	560,997.15	667,716.00
Margem de Contribuição (1-2)	116,810.40	102,218.55	126,794.70	153,002.85	182,614.00
Custos Fixos totais	126,618.59	135,253.32	144,843.49	154,419.49	164,121.49
Resultado Operacional (Lucro/Prejuízo)	(9,808.19)	(33,034.77)	(18,048.79)	(1,416.64)	18,492.51

7.2. Ponto de equilíbrio

Ponto de Equilíbrio					
Discriminação	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5
	Total (R\$)				

Receita total	336,000.00	462,000.00	588,000.00	714,000.00	850,330.00
Custos Variáveis totais	266,061.60	383,868.45	489,894.30	594,408.15	705,789.00
Custos Fixos totais	126,618.59	135,253.32	144,843.49	154,419.49	164,121.49
Índice da margem de contribuição	0.21	0.17	0.17	0.17	0.17
Ponto de Equilíbrio	608,304.52	799,766.98	868,124.63	921,931.71	965,521.41

7.3. Lucratividade

Lucratividade Discriminação	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5
	Total (R\$)				
Receita total	336,000.00	462,000.00	588,000.00	714,000.00	850,330.00
Lucro líquido	(9,808.19)	(33,034.77)	(18,048.79)	(1,416.64)	18,492.51
Lucratividade	-3%	-7%	-3%	0%	2%

7.4. Tempo de Retorno do Investimento

Tempo de retorno do investimento Discriminação	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5
	Total (R\$)	Total (R\$)	Total (R\$)	Total (R\$)	Total (R\$)
Lucro líquido	(9,808.19)	(33,034.77)	(18,048.79)	(1,416.64)	18,492.51
Investimento	79,414.69	56,495.18	68,538.52	80,422.88	93,035.68
Tempo de retorno do investimento	(8.10)	(1.71)	(3.80)	(56.77)	5.03

7.5. Fluxo de Caixa

Fluxo de caixa Discriminação	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5
	Total (R\$)				
Investimento	79,414.69	56,495.18	68,538.52	80,422.88	93,035.68
Receita	336,000.00	462,000.00	588,000.00	714,000.00	850,330.00
Custos totais	392,680.19	519,121.77	634,737.79	748,827.64	869,910.49
Depreciação	2,696.00	1,028.48	1,028.48	1,028.48	1,028.48
Impostos	33,432.00	18,507.00	22,089.00	25,671.00	29,253.00
Lucro Líquido	(90,112.19)	(75,628.77)	(68,826.79)	(61,527.12)	(49,861.97)

7.6. VPL

ANO	FLUXO	TAXA
0	- 426,112.19	5%
1	(90,112.19)	
2	(75,628.77)	
3	(68,826.79)	
4	(61,527.12)	
5	(49,861.97)	
VPL	- 729,672.69	

