

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS, ALIMENTOS E NUTRIÇÃO**  
**(FACFAN)**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

GIOVANA GUERINO

**ESTUDO CONCEITUAL PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA CERVEJARIA**

CAMPO GRANDE- MS

2026

Giovana Guerino

## **ESTUDO CONCEITUAL PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA CERVEJARIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos

Prof (a) Dr (a) Orientadora: Luísa Freire Colombo

CAMPO GRANDE- MS

2026

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
2.1 Histórico do produto.....	10
2.2 Definição do produto.....	11
2.3 Legislação e normativas aplicada ao produto.....	13
2.4 Inovações tecnológicas e patentes.....	13
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>14</b>
3.1. Análise do ambiente e de mercado.....	15
3.2 Definição e descrição do processo produtivo.....	15
3.3 Especificação do processo.....	15
3.4 Dimensionamento de equipamentos principais.....	16
3.5 Elaboração da planta industrial e layout.....	16
3.6 Definição de localização, logística e mão de obra.....	16
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>17</b>
4.1 Análise do ambiente.....	17
4.1.1 Público alvo e dados de consumo.....	17
4.1.2 Concorrentes diretos e indiretos.....	19
4.1.3 Fornecedores.....	21
4.1.4 Canais de venda e distribuição.....	21
4.1.5 Especificações técnicas do produto acabado.....	22
4.1.6 Projeções.....	24
4.1.7 Estimativa de preço.....	28
4.2 Definição e descrição do processo produtivo.....	28
4.2.1 Natureza do processo.....	28
4.2.2 Ciclo do processo.....	29
4.2.3 Descrição das etapas do processo.....	29
4.2.4 Características dos insumos de produção e as utilidades industriais envolvidas em cada etapa.....	31
4.3 Especificação do processo.....	51
4.3.1 Plano de produção.....	51
4.3.2 Ritmo de produção.....	51
4.3.3 Balanço de massa.....	53
4.3.4 Balanço de energia.....	76
4.3.5 Redimentos.....	87
4.3.6 Fluxograma do processo.....	88
4.3.7 Diagrama do processo.....	89
4.3.8 Mapa ocupacional.....	90
4.3.9 Demanda de matérias-primas.....	92
4.3.10 Sistemas de manuseio e de armazenamento do produtos acabados.....	95
4.3.11 Sistema adotado para garantia da qualidade.....	96

4.3.11.1 Boas práticas de fabricação e procedimentos operacionais padronizados	96
4.3.11.1.1 Armazenamento adequado de matérias-primas e produtos acabados..	96
4.3.11.1.2 Controle de pragas.....	97
4.3.11.1.3 Higiene pessoal e treinamento dos colaboradores.....	97
4.3.11.1.4 Identificação e rastreabilidade dos lotes.....	97
4.3.11.1.5 Higiene e limpeza das instalações, equipamentos e utensílios.....	98
4.3.11.1.6 Controle de qualidade dos insumos, produtos intermediários e produtos acabados.....	98
4.3.11.1.7 Gerenciamento de resíduos e efluentes.....	98
4.3.11.1.8 Controle de documentos e registros.....	99
4.3.11.2 Análise dos perigos e pontos críticos de controle (APPCC).....	99
4.4 Dimensionamento de equipamentos principais.....	99
4.4.1 Capacidade de produção.....	99
4.4.1.1 Capacidade efetiva.....	100
4.4.1.2 Capacidade nominal.....	100
4.4.1.3 Capacidade instalada.....	101
4.4.1.4 Grau de disponibilidade.....	102
4.4.2 Especificação dos equipamentos.....	103
4.5 Elaboração da planta industrial e layout.....	110
4.5.1 Descrição das instalações.....	110
4.5.2 Layout.....	110
4.6 Definição de localização, logística e mão de obra.....	111
4.6.1 Localização.....	111
4.6.1.1 Modelo de ponderação qualitativa e aspectos econômicos.....	111
4.6.1.2 Caracterização da cidade.....	114
4.6.2 Logística.....	115
4.6.2.1 Malhas.....	115
4.6.2.2 Principais distâncias da cidade.....	116
4.6.3 Mão de Obra.....	117
4.6.3.1 Legislações.....	117
4.6.3.2 Mão De Obra Direta.....	117
4.6.2.3 Mão De Obra Indireta.....	118
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>119</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>120</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Análise de mercado cervejeiro no Brasil em 2021.....	17
Figura 2 - Produção de cerveja mundial (produção/ano em milhões de hectolitros).....	18
Figura 3 - Consumo de cerveja no Brasil por região.....	19
Figura 4 - Market Share dos grupos no Brasil.....	20
Figura 5 - Projeção de produção de cerveja entre os períodos de 2013-2035.....	26
Figura 6 - Fator de correlação com a densidade - Simplificando C. ....	61
Figura 7 - Fator de Utilização - Mosher.....	62
Figura 8 - Fator de Correção com a densidade - Mosher - C2.....	63
Figura 9 - Propriedades termofísicas dos principais componentes dos alimentos ( $0 \leq T \leq 150$ ) .....	78
Figura 10 - Fluxograma da produção de cerveja do estilo Kölsch.....	89
Figura 11 - Diagrama de blocos do processo de fabricação da cerveja estilo Kölsch.....	90
Figura 12 - Mapa ocupacional para o primeiro turno.....	92
Figura 13 - Layout da indústria Heaven.....	111
Figura 14 - Mapa da malha rodoviária da região de Araçatuba.....	114

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Exemplos de patentes tecnológicas relacionadas à produção de cerveja no Brasil.....	14
Quadro 02 - Especificações técnicas do produto acabado.....	22
Quadro 03 - Cálculo das taxas de projeção utilizando aritméticas e geométricas.....	25
Quadro 04 - Dados de projeção de produção observados através da taxa aritmética e geométrica.....	25
Quadro 05 - Projeção da quantidade de vendas (em Litros) de cerveja de 2024 a 3035 com market share de 0,05%.....	27
Quadro 06 - Volume de produção até 2035.....	27
Quadro 07 - Comparação de cervejas artesanais brasileiras semelhantes ao estilo Kölsch, com características físico-químicas e preço médio.....	28
Quadro 08 - Especificação técnica da água potável para produção de cerveja.....	32
Quadro 09 - Especificação técnica dos Maltes.....	33
Quadro 10 - Especificação técnica dos Lúpulos.....	37
Quadro 11 - Especificação técnica da Levedura Safale k-97.....	40
Quadro 12 - Especificação da Embalagem Primária tipo Long Neck.....	43
Quadro 13 - Especificação da Embalagem Secundária - Pack.....	45
Quadro 14 - Especificação da Embalagem terciária - Stretch.....	46
Quadro 15 - Especificação dos Sanitizante.....	48
Quadro 16 - Balanço de material na etapa de moagem da cerveja estilo Kölsch.....	55
Quadro 17 - Balanço de material na etapa de mosturação da cerveja estilo Kölsch.....	56
Quadro 18 - Balanço de material na etapa de filtração da cerveja estilo Kölsch.....	58
Quadro 19 - Quantidade de lúpulos para o chute 2.....	65
Quadro 20 - Balanço de material na etapa de fervura e whirlpool.....	67
Quadro 21 - Balanço de material na etapa de resfriamento.....	68
Quadro 22 - Balanço de material na etapa de fermentação.....	70
Quadro 23 - Balanço de material na etapa de maturação.....	72
Quadro 24 - Balanço de material na etapa de clarificação.....	73
Quadro 25 - Balanço de material na etapa de pasteurização.....	74
Quadro 26 - Balanço de material na etapa de carbonatação.....	75
Quadro 27 - Balanço de material na etapa de envase.....	76
Quadro 28 - Composição centesimal do mosto de cerveja.....	79
Quadro 29 - Temperatura, capacidade calorífica, entalpia e volume do mosto nas correntes de entrada e saída da mosturação.....	80
Quadro 30 - Temperatura, entalpia e capacidade calorífica do vapor de água utilizado para aquecer o mosto na mosturação.....	80
Quadro 31 - Temperatura, capacidade calorífica, entalpia e volume do mosto nas correntes de entrada e saída da fervura.....	81
Quadro 32 - Temperatura, entalpia e capacidade calorífica do vapor de água utilizado para aquecer o mosto na mosturação.....	81

Quadro 33 - Temperatura, capacidade calorífica, entalpia e do mosto no resfriamento....	83
Quadro 34 - Temperatura, entalpia e capacidade calorífica da massa de água utilizado para resfriar o mosto na etapa de resfriamento.....	83
Quadro 35 - Temperatura, capacidade calorífica, entalpia e do mosto na pasteurização...85	
Quadro 36 - Temperatura, entalpia e capacidade calorífica da massa vapor de água utilizado para aquecer o mosto na etapa de pasteurização.....	85
Quadro 37 - Capacidade calorífica da madeira e o vapor à 150°C, e a massa total de vapor.	87
Quadro 38 - Rendimentos dos processos na fabricação de cerveja.....	88
Quadro 39 - Demanda de água para produção da cerveja por dia, mês e ano.....	92
Quadro 40 - Demanda de maltes para produção da cerveja por dia, mês e ano.....	93
Quadro 41 - Demanda de lúpulos para produção da cerveja por dia, mês e ano.....	93
Quadro 42 - Demanda de levedura para produção da cerveja por dia, mês e ano.....	94
Quadro 43 - Demanda de embalagem primária para produção da cerveja por dia, mês e ano.....	94
Quadro 44 - Demanda de embalagem secundária para produção da cerveja por dia, mês e ano.....	95
Quadro 45 - Capacidade efetiva de cada processo.....	100
Quadro 46- Capacidade nominal semanal, mensal e anual dos processos da cerveja.....	101
Quadro 47 - Capacidade instalada semanal, mensal e anual dos processos da cerveja....	102
Quadro 48 - Grau de disponibilidade semanal, mensal e anual dos processos da cerveja	103
Quadro 49 - Descrição do equipamento de moagem.....	103
Quadro 50- Descrição do equipamento de brassagem.....	104
Quadro 51 - Descrição do equipamento de resfriamento.....	105
Quadro 52- Descrição do equipamento de fermentação.....	106
Quadro 53 - Descrição do equipamento de clarificação.....	107
Quadro 54 - Descrição do equipamento de pasteurização.....	107
Quadro 55- Descrição do equipamento de carbonatação.....	108
Quadro 56 - Descrição do equipamento de envase.....	109
Quadro 57 - Pesos e notas para o modelo de ponderação qualitativa.....	112
Quadro 58 - Modelo de ponderação qualitativa.....	113
Quadro 59 - Quantidade de mão de obra direta nos setores ligados diretamente a produção por ano.....	118
Quadro 60 - Quantidade de mão de obra indireta nos setores de apoio por ano.....	118

## RESUMO

A indústria cervejeira constitui um dos segmentos mais relevantes do setor de bebidas, tem grande impacto econômico na cadeia produtiva e alta geração de empregos diretos e indiretos. No Brasil, o setor caracteriza-se por um mercado consolidado e altamente competitivo, composto por grandes grupos industriais e por um número crescente de microcervejarias e cervejarias artesanais. Um crescimento significativo tem sido observado nas últimas décadas, impulsionado pela diversificação do mercado, aumento do consumo de cervejas especiais e pela valorização de produtos regionais e artesanais. Além do impacto econômico, a cadeia cervejeira envolve setores estratégicos como o agrícola, na produção de cevada, maltes e lúpulos, o industrial, na fabricação de insumos, embalagens e equipamentos, e o logístico, evidenciando sua relevância sistêmica. Sob essa perspectiva dinâmica, marcado por exigências regulatórias rigorosas, inovação tecnológica constante e oscilações nos custos de matérias-primas e energia, a análise integrada dos aspectos técnicos apresenta-se como instrumento sistemático de apoio à tomada de decisão, fornecendo diretrizes para a estruturação, planejamento e gestão da indústria. Neste contexto, a realização de um estudo de viabilidade técnica assume papel estratégico na estruturação de novos empreendimentos, por integrar as diferentes análises necessárias ao processo de planejamento industrial. Para isso, foi desenvolvido um estudo com abordagem aplicada, fundamentado em pesquisa bibliográfica e documental, contemplando as principais etapas para a implantação de uma indústria cervejeira. Inicialmente, foi realizada uma análise do ambiente e do mercado. Em seguida, foram definidos os processos produtivos, o planejamento da produção e os balanços de massa e energia. Posteriormente, foram elaborados o layout industrial, os estudos de localização da planta, a logística, o dimensionamento da mão de obra e os demais aspectos necessários ao planejamento do empreendimento.

**Palavras-Chaves:** Planejamento estratégico; Indústria cervejeira; Análise de mercado

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria cervejeira configura-se como um dos segmentos mais dinâmicos e representativos do setor de bebidas, apresentando relevância econômica, social e tecnológica em âmbito global. Segundo dados da The Brewers of Europe (2023), o setor movimentava bilhões de euros anualmente e gera milhões de empregos diretos e indiretos, consolidando-se como importante setor de desenvolvimento. No contexto brasileiro, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) destaca que o Brasil se coloca entre os maiores produtores mundiais de cerveja, com milhares de estabelecimentos registrados impulsionados especialmente pelo crescimento do segmento artesanal (BRASIL, 2022a).

Nos últimos anos, observa-se uma transformação significativa no perfil produtivo e no comportamento do consumidor, que passou a demandar mais diversidade de estilos, qualidade sensorial diferenciada e práticas sustentáveis. Relatórios da CervBrasil (2023), apontam que a valorização de produtos regionais e a busca por experiências gastronômicas ampliaram as oportunidades para micro e pequenas cervejarias. Paralelamente, o setor enfrenta desafios relacionados à competitividade, controle de qualidade, gestão eficiente de processos e adequação às exigências sanitárias e ambientais.

Neste cenário, a implantação de uma unidade industrial cervejeira demanda uma abordagem sistêmica, fundamentada em princípios de engenharia de processos, gestão industrial e análise econômica, com um planejamento técnico rigoroso e o atendimento às exigências legais. Entretanto, para além dos aspectos técnicos, a análise de mercado constitui elemento central na avaliação de viabilidade do empreendimento. O estudo da demanda potencial, do perfil do consumidor, da concorrência direta e indireta, das tendências de consumo e da variabilidade de preços fornece informações essenciais para a definição do posicionamento estratégico do produto. A previsão de produção e vendas, fundamentada em dados históricos, análises estatísticas e construção de cenários prospectivos, permite alinhar a capacidade produtiva à demanda projetada. A ausência de estrutura adequada pode comprometer a competitividade e inviabilizar o empreendimento financeiramente. Adicionalmente, a implantação de um sistema produtivo tecnicamente planejado permite mitigar problemas recorrentes, como perdas de matéria-prima, falhas no controle de processos fermentativos, inadequado armazenamento e inconsistências na padronização do produto final.

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um projeto técnico para a implantação de uma indústria cervejeira, contemplando o planejamento produtivo, o

dimensionamento dos principais equipamentos, e a análise mercadológica. Para tanto, serão realizados o levantamento do referencial teórico e da legislação aplicável ao setor, a análise do mercado consumidor e do público-alvo, a descrição e o dimensionamento do processo produtivo, a elaboração dos balanços de massa e energia, o dimensionamento dos principais equipamentos envolvidos na produção, e o desenvolvimento do layout industrial. Para a elaboração do projeto será considerada uma empresa fictícia denominada Heaven Cervejaria, a partir da qual serão desenvolvidas todas as etapas de planejamento, dimensionamento e avaliação técnica do empreendimento.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Histórico do produto**

A cerveja é uma das bebidas mais antigas da humanidade, tem-se registros na China de mais de 2000 a.C. e aos arredores da Mesopotâmia e Egito datam cerca de 4000 a.C. (MORADO, 2011). As primeiras cervejas foram feitas na Mesopotâmia (o berço da civilização) há muitos anos atrás. As referências às cervejarias, foram registradas no Código de Hamurabi, que foi escrito por volta de 1772 a.C. pelo sexto rei da Babilônia, Hamurabi. (MOSHER; TRANTHAM, 2017). A cerveja também foi notada em muitos lugares dentro de outras leis, sugerindo que a cerveja era anterior a essa época, como data os Egípcios Antigos, que, por volta de 3100 a.C, utilizavam a cerveja produzida a partir da cevada e do trigo como alimento no cotidiano de todos (SINDICERV, 2022).

No Brasil, a partir do desembarque de uma expedição holandesa no século XVII e com a criação da Companhia das Índias Ocidentais, uma empresa que tinha como objetivo quebrar o monopólio ibérico das Américas, o norte do Brasil passou por inúmeras mudanças culturais realizadas por Maurício de Nassau, que foi um conde e militar germânico enviado ao Brasil para uma expansão territorial e econômica. Em 1640 ele chegou a convidar o mestre cervejeiro holandês Dirck Dix para fundar em Pernambuco uma cervejaria, a *La Fontaine*. Essa cerveja era produzida a partir da cana-de-açúcar e da cevada e possuía alto teor alcoólico (MEDEIROS, Liliane. 2020). Após a saída dos holandeses em 1654, a presença deste produto foi rara até 1808, quando a família real portuguesa desembarcou na colônia brasileira. Com a grande chegada de imigrantes no início do século XIX no Brasil, começou a onda de pequenas produções de cerveja para consumo próprio. Devido a influência da Inglaterra no comércio, o mercado cervejeiro no Brasil até 1870 era em sua maioria de cervejas Inglesas e, após o aumento dos impostos de importação no final do século XIX, houve um incentivo interno para o surgimento das cervejarias nacionais (MORADO. R, 2009).

A cerveja é uma bebida carbonatada que é obtida através da fermentação alcoólica do mosto, sendo os principais ingredientes do mosto a água, o malte de cevada, o lúpulo e a levedura. O Brasil se encontra como terceiro maior produtor mundial de cerveja, possuindo ao todo 1729 estabelecimentos de cervejarias registradas no Brasil, com maior concentração de cervejarias nas regiões Sul e Sudeste, somando ao todo 85% das cervejarias registradas no Brasil nessas concentrações (BRASIL, 2023)

O objeto de estudo é a cerveja do estilo Köln, conhecida atualmente como Kölsch, cuja tradição cervejeira remonta ao período médio e que se caracteriza pelo processo de alta fermentação, é uma etapa utilizada na produção de cervejas artesanais do tipo *ale* e ocorre com leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, que atuam em temperaturas mais elevadas, geralmente entre 15°C e 25°. Durante a fermentação, os açúcares fermentescíveis presentes no mosto são convertidos em etanol, dióxido de carbono e compostos secundários, como ésteres e álcoois superiores, que contribuem significativamente para o aroma e o sabor característico das cervejas artesanais. Nesse tipo de fermentação, as leveduras tendem a se concentrar na superfície do meio devido à intensa liberação de CO<sub>2</sub>, característica que originou a denominação alta fermentação (GALLONE et al., 2016). Este estilo específico de cerveja foi desenvolvido no final do século XIX como uma alternativa às cervejas do estilo pale lagers, incorporando métodos de produção e técnicas que datam dessa época. Kölsch é uma designação protegida pela convenção Kölsch (1986) e é restrita às cervejarias em Colônia (Alemanha), ou seja, esse estilo de cerveja há uma denominação de origem (DO), que corresponde a um mecanismo de proteção e valorização de produtos cujas características de qualidade, identidade e reputação estão diretamente associadas às condições naturais e aos fatores humanos de uma determinada região geográfica, assegurando a autenticidade e a tipicidade do produto produzido nesse território (BARHAM, 2003), sendo assim a denominação utilizada neste projeto será de “tipo Kölsch”. A Kölsch Konvention define a ale Kölsch como "uma Vollbier leve, altamente atenuada, com acentuação de lúpulo, límpida e de alta fermentação"(Certification Beer Judge Program, 2021).

## 2.2 Definição do produto

A legislação que regulamenta a produção de cerveja no Brasil é o Decreto N° 9.902, de 8 de julho de 2019. Esse decreto estabelece diretrizes para a padronização da cerveja, sua classificação, fiscalização e a formulação que inclui adjuntos cervejeiros (BRASIL, 2019).

A portaria N° 8, de 17 de janeiro de 2014 define cerveja como um produto resultante da fermentação do mosto de cevada maltada, sendo este o líquido açucarado obtido a partir da

mosturação do malte, etapa fundamental do processo de produção de cerveja. Durante essa fase, o malte de cevada moído é misturado com água em temperaturas controladas, permitindo que enzimas naturais do malte convertam o amido presente nos grãos em açúcares fermentescíveis, como maltose e glicose utilizando levedura cervejeira, podendo incluir extrato de malte, sendo esse um produto concentrado obtido a partir do mosto produzido pela mosturação do malte de cevada. Esse mosto é submetido a um processo de cocção prévio, ao qual é adicionado de lúpulo. Além disso, parte do malte de cerveja poderá ser substituído por cereais maltados ou não (BRASIL, 2014).

Os estilos de cerveja podem ser classificados principalmente de acordo com o tipo de fermentação, ingredientes utilizados e características sensoriais, resultando em diferentes categorias amplamente reconhecidas na indústria cervejeira. De modo geral, as cervejas são divididas em dois grandes grupos: ales e lagers.

As cervejas do tipo *ale* são produzidas por processo de alta fermentação, realizada por leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae* em temperaturas mais elevadas, geralmente entre 15 °C e 25 °C, o que favorece a formação de compostos aromáticos como ésteres e álcoois superiores.

Já as cervejas do tipo *lager* são obtidas por processo de baixa fermentação, conduzida por leveduras como *Saccharomyces pastorianus* em temperaturas mais baixas, normalmente entre 7 °C e 15 °C, resultando em bebidas com perfil sensorial mais limpo e suave. Além dessas categorias principais, diversos estilos foram desenvolvidos ao longo do tempo, incluindo Pale Ale, IPA, Stout, Porter, Pilsner e Weissbier, cada um apresentando características específicas de cor, aroma, sabor e teor alcoólico, determinadas pela composição do mosto, pelas cepas de levedura e pelas condições de fermentação (BOKULICH; BAMFORTH, 2013; STEWART, 2017).

A Kölsch é definida por sua coloração clara, que varia do amarelo palha ao dourado, apresentando um sabor refrescante com sutis notas florais e frutadas. Adicionalmente, ela exibe uma espuma característica, densa, cremosa e de longa duração. A limpidez da cerveja, indica sua maturação em baixas temperaturas e sua filtração pela qual passou. Sua formulação é definida por predominantemente malte Pilsner ou malte claro de cevada, podendo incluir pequenas quantidades de malte de trigo para melhorar o corpo e retenção de espuma, tipo de lúpulos que contribuem para notas mais florais e herbais suaves, e a levedura utilizada é ale de alta fermentação *saccharomyces cerevisiae* (Certification Beer Judge Program, 2021).

### **2.3 Legislação e normativas aplicada ao produto**

O decreto nº 10.026, de 25 de setembro de 2019, regulamenta as bebidas, vinhos e seus derivados, complementado pelos Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade (RTIQ) estabelecidos em Instruções Normativas específicas (BRASIL, 2019).

Em alguns países, o uso de aditivos na cerveja é proibido, porém no Brasil, a RDC Nº 64, de 29 de novembro de 2011, lista os coadjuvantes permitidos. O anexo à norma interna DIPOV Nº 01/2019 - consolida as Normas de Bebidas, Fermentado Acético, Vinho e Derivados da Uva e do Vinho, estabelecendo todos os parâmetros e limites (BRASIL, 2019).

De acordo com a legislação, fica estabelecido que a graduação alcoólica deve ser declarada em porcentagem em volume (em %, em v/v), com uma tolerância de  $\pm 0,5\%$  em v/v, conforme o artigo 29 da Instrução Normativa nº 65/2019 (BRASIL, 2019). Além disso, o Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Vegetal (DIPOV), define que a lista de ingredientes deve ser organizada em ordem decrescente de quantidade, incluindo todos os aditivos utilizados.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) considera o padrão microbiológico como um critério para determinar a aceitabilidade de um lote ou do processo de alimento, baseado na ausência/presença ou na concentração de microrganismos, toxinas e metabólitos por unidade de massa, volume, área ou lote (ANVISA, 2020). A Resolução - RDC Nº 331, de 23 de dezembro de 2019, determina a segurança dos alimentos e as práticas de higiene que devem ser seguidas, abrangendo os padrões microbiológicos para produção, armazenamento, transporte, distribuição e comercialização de alimentos (ANVISA, 2019).

Paralelamente, as cervejarias também devem seguir normas sanitárias aplicáveis aos estabelecimentos produtores de alimentos, como a Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que estabelece os requisitos de Boas Práticas de Fabricação (BPF) e procedimentos operacionais padronizados para garantir condições adequadas de higiene e controle sanitário durante o processamento de alimentos e bebidas (BRASIL, 2002).

### **2.4 Inovações tecnológicas e patentes**

O processo de patenteamento de cerveja envolve a proteção de uma invenção específica relacionada à produção, formulação embalagem ou algum outro aspecto exclusivo da cerveja. Em termos de tendências na área de cerveja, muitas patentes estão relacionadas a tecnologias que visam melhorar a eficiência da produção, a qualidade do produto final, a segurança do alimento, a sustentabilidade ambiental e a experiência do consumidor. Isso pode

incluir, por exemplo, métodos de fermentação mais eficientes, o uso de novos ingredientes ou aditivos, embalagens que prolongam a vida útil da cerveja ou que a tornam mais conveniente para o consumidor, e assim por diante. Nesse contexto, o Quadro 01 apresenta exemplos de patentes relacionadas à produção cervejeira registradas no Brasil, evidenciando diferentes abordagens tecnológicas voltadas à inovação no setor.

**Quadro 01** – Exemplos de patentes tecnológicas relacionadas à produção de cerveja no Brasil.

Nº	Número do pedido	Título da patente	Titular/Inventor	Ano	Descrição da tecnologia
1	BR 10 2013 029281-8	Processo para produção de cerveja com substituição parcial ou total do lúpulo por <i>Quassia amara</i>	Fernando Cunha Peixoto	2013	Propõe a utilização da planta pau-tenente como alternativa ao lúpulo para conferir amargor à cerveja
2	BR 10 2022 00539-4	Cerveja com substituição parcial ou total por losna ( <i>Artemisia absinthium</i> )	Instituto Federal Catarinense	2022	Processo de produção de cerveja do estilo IPA utilizando losna como substituto parcial do lúpulo, mantendo característica sensorial da bebida
3	PI 0621111-9 A2	Processo para produção de cerveja e intermediário de cerveja	—	2006	Processo que descreve a obtenção de um intermediário cervejeiro com controle posterior da carbonatação por adição de CO <sub>2</sub>
4	BR 10 2024 012421-9	Embalagem biodegradável produzida a partir de resíduos da produção de cerveja	Universidade Federal do Rio Grande	2024	Desenvolvimento e embalagens biodegradáveis utilizando resíduos proteicos do processo cervejeiro, agregando valor a subprodutos industriais

**Fonte:** Adaptado de dados do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI, 2026).

### 3. METODOLOGIA

A presente pesquisa configura-se como um estudo aplicado, de natureza qualitativa e quantitativa, estruturado a partir da elaboração de um projeto conceitual voltado à implantação de uma indústria cervejeira. O desenvolvimento do trabalho fundamentou-se em pesquisa bibliográfica e documental, complementada pela realização de cálculos técnicos pertinentes ao planejamento industrial. A condução metodológica seguiu as diretrizes estabelecidas na disciplina Projetos na Indústria de Alimentos I, as quais orientam a sistematização das etapas necessárias para a concepção e análise do projeto. O desenvolvimento metodológico ocorreu de forma sistemática e sequencial, conforme descrito a seguir.

### **3.1. Análise do ambiente e de mercado**

A análise do ambiente e do mercado foi realizada com base em dados secundários obtidos em relatórios setoriais, bases estatísticas e literatura especializada. Nessa etapa, foram avaliados o público-alvo e os dados de consumo do setor cervejeiro, bem como identificados os principais concorrentes diretos e indiretos, fornecedores de insumos e equipamentos e os canais de venda e distribuição mais adequados ao empreendimento. Também foram elaboradas projeções de demanda e vendas com base em tendências de mercado e informações históricas do setor. Por fim, foi realizada a estimativa do preço de venda dos produtos, considerando os custos envolvidos, o posicionamento da marca e os preços praticados pelos concorrentes.

### **3.2 Definição e descrição do processo produtivo**

A definição do processo produtivo foi realizada com base nas características do produto e em informações obtidas na literatura técnica especializada. Nessa etapa, foram estabelecidas a natureza e o ciclo do processo produtivo, bem como descritas detalhadamente todas as etapas de produção e seus principais parâmetros operacionais. Também foram identificadas e caracterizadas as matérias-primas, ingredientes, materiais de embalagem e utilidades industriais necessárias ao funcionamento do processo, considerando sua aplicação em cada etapa produtiva.

### **3.3 Especificação do processo**

A especificação do processo foi realizada com base nas informações obtidas nas etapas anteriores e na demanda projetada para a indústria. Nessa etapa, foi elaborado o plano de produção e definido o ritmo produtivo em diferentes escalas temporais, contemplando a produção anual, mensal, diária e horária. Também foram realizados os balanços de massa e de energia das principais operações unitárias, permitindo a determinação dos rendimentos do processo e a quantificação dos fluxos de materiais e energia envolvidos.

Adicionalmente, foram desenvolvidos o fluxograma e o diagrama do processo, bem como o mapa de ocupação das áreas produtivas. Foram estimadas as demandas de matérias-primas, ingredientes, materiais de embalagem, utilidades industriais e demais insumos necessários à operação da unidade. Por fim, foram definidos os sistemas de manuseio e armazenamento dos produtos acabados e estabelecidas as diretrizes do sistema de garantia

da qualidade a ser adotado pela empresa, visando assegurar a conformidade do produto e a padronização do processo produtivo.

### **3.4 Dimensionamento de equipamentos principais**

O dimensionamento dos equipamentos foi realizado com base na capacidade produtiva estabelecida para o empreendimento e nos requisitos operacionais de cada etapa do processo. Inicialmente, foram determinadas as capacidades efetiva, nominal e instalada da unidade produtiva, bem como o grau de disponibilidade dos equipamentos, considerando aspectos relacionados à operação, manutenção e eficiência do sistema. Em seguida, foram especificados os equipamentos principais e auxiliares necessários ao processo produtivo, definindo suas características técnicas e capacidades operacionais.

### **3.5 Elaboração da planta industrial e layout**

A planta industrial foi elaborada com base nos requisitos operacionais, construtivos e sanitários aplicáveis ao empreendimento. Nessa etapa, foram descritas as instalações industriais e edificações necessárias ao funcionamento da unidade produtiva, bem como desenvolvido o layout da área produtiva e o layout geral da indústria, visando otimizar o fluxo de materiais, pessoas e processos.

### **3.6 Definição de localização, logística e mão de obra**

A definição da localização da indústria foi realizada por meio de um modelo de ponderação qualitativa, considerando fatores técnicos, econômicos, mercadológicos e logísticos relevantes para o empreendimento. Após a seleção da localidade mais adequada, foi realizada a caracterização da cidade escolhida, contemplando aspectos relacionados à infraestrutura, disponibilidade de serviços, mercado consumidor e potencial de desenvolvimento industrial.

A análise logística envolveu a avaliação das principais malhas de transporte disponíveis e das distâncias entre a unidade produtiva e os principais fornecedores, mercados consumidores e centros de distribuição, visando subsidiar o planejamento do abastecimento e da distribuição dos produtos.

O dimensionamento da mão de obra foi realizado com base nas necessidades operacionais da indústria e na legislação trabalhista vigente. Nessa etapa, foram consideradas as exigências legais aplicáveis às atividades desenvolvidas, bem como definidos os

quantitativos de mão de obra direta, relacionada às operações produtivas, e de mão de obra indireta, vinculada às atividades administrativas, de apoio e gestão do empreendimento.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

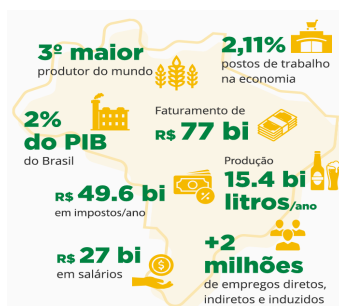
### 4.1 Análise do ambiente

#### 4.1.1 Público alvo e dados de consumo

O comportamento do consumidor é influenciado por uma série de variáveis, incluindo sazonalidade, tendências, clima do local e, de forma crucial, estratégias de marketing. Uma tendência emergente no mercado de cerveja, é a busca por aromas e sabores diferenciados, refletindo uma mudança nos hábitos de consumo, com os consumidores cada vez mais priorizando experiências e buscando compreender profundamente o que consomem. Para cervejas com estilos menos difundidos no Brasil, o público-alvo é composto por apreciadores de cervejas de alta qualidade, com sabores complexos e produção artesanal. Dentre as categorias de consumidores foco, destacam-se os entusiastas da gastronomia (“foodies”), que valorizam experiências sensoriais e a harmonização entre cerveja e alimentos. Estudos indicam que a percepção e a escolha da cerveja artesanal estão fortemente associadas ao potencial de harmonização e à complexidade sensorial do produto (Aguiar et al., 2022). Além disso, consumidores dispostos a pagar mais por atributos de qualidade e diferenciação sensorial representam um importante segmento do mercado premium (Lerro; Marotta; Nazzaro, 2020). Outro grupo relevante é composto por jovens adultos, público frequentemente associado ao consumo de cervejas artesanais e à busca por alternativas às cervejas comerciais tradicionais (Haddad et al., 2023).

O mercado brasileiro de cerveja tem experimentado um crescimento significativo nos últimos anos, impulsionado pela diversidade de consumidores e produtores. A dinâmica do mercado é moldada pela organização e planejamento estratégico das empresas, visando uma performance otimizada (Figura 1).






**Figura 1-** Análise de mercado cervejeiro no Brasil em 2021



Fonte: SINDICERV (2021)

Uma das balanças econômicas mais significativas do país é o setor cervejeiro, que cativa os consumidores pela paixão pela bebida, explorando uma ampla gama de aromas e sabores. Isso levou o Brasil a se posicionar como o terceiro maior produtor mundial de cerveja, ficando atrás apenas da China e dos Estados Unidos (Figura 2). No entanto, o país é fortemente dependente de importações no setor cervejeiro. Esse cenário é resultado da superior produtividade e qualidade comercial dos produtos importados. Em 2021, dados do Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja (Sindicerv, 2021) indicam que o Brasil importou 78% da cevada e 65% do malte consumidos no país, destacando a necessidade de uma análise aprofundada desse fenômeno econômico (Sindicerv, 2021).

**Figura 2** - Produção de cerveja mundial (produção/ano em milhões de hectolitros)

	Produção/Ano (em milhões de hectolitros)			
	1990	2000	2010	2016
 China	70.000	220.000	448.304	460.000*
 EUA	238.997	232.500	228.982	221.353
 Brasil	58.000	82.600	128.700	133.346
 Alemanha	120.161	110.429	95.683	94.957
 Rússia	**	54.900	102.930	78.200

\* Estimativa \*\* Dado indisponível

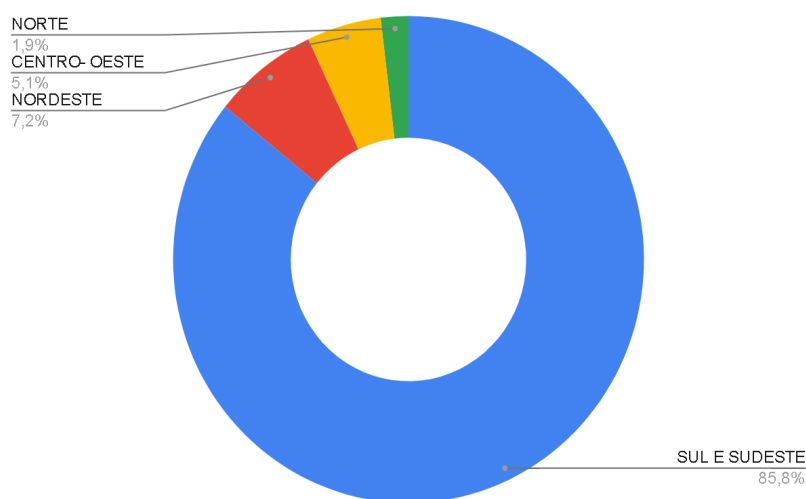
Fonte: SINDICERV (2023)

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, em 2021, o mercado brasileiro registrou um total de 1.549 cervejarias, indicando um aumento de 12% em relação ao ano anterior, quando havia 1.383 cervejarias registradas (Mapa, 2021). Esse crescimento foi impulsionado pela percepção crescente dos consumidores em relação à qualidade e sabor das cervejas, bem como pelo grande número de lançamentos por parte dos fabricantes, incluindo categorias premium, opções sem álcool e com baixa caloria, o que estimulou o consumo desta bebida.

Nos últimos 30 anos, o mercado cervejeiro nacional experimentou um aumento significativo, conforme relatórios do MAPA (2021). Notavelmente, as regiões Sul e Sudeste do país se destacam, contribuindo com mais de 85% da produção total (Figura 3). Esse

fenômeno é devido à influência marcante da imigração europeia nessas regiões, introduzindo o hábito de consumir cerveja, além das condições propícias para a fabricação de cerveja nestas áreas específicas, tais como mercado consumidor, logística, insumos e isenção de impostos.

**Figura 3** - Consumo de cerveja no Brasil por região



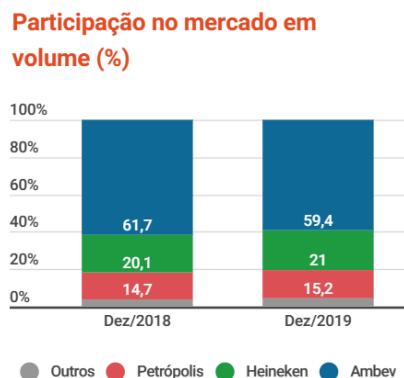
**Fonte:** (Autora, 2022)

#### 4.1.2 Concorrentes diretos e indiretos

Para a introdução bem-sucedida de uma nova marca, produto ou empresa, é essencial compreender profundamente os concorrentes e o mercado. No Brasil, mais de 90% do consumo de cerveja é dominado pelas cervejas do tipo Pilsen, da família Lager, caracterizada por um teor alcoólico médio e de coloração clara (CervBrasil, 2022). Com base nos dados de mercado, os principais concorrentes que se destacam são as marcas Antártica, Black's, Bohemia, Brahma, Budweiser, Original, Skol, Heineken, Spaten e Stella.

O market share dos grupos cervejeiros no Brasil tem experimentado um grande avanço, especialmente para a Ambev, a multinacional Heineken e o Grupo Petrópolis. Isso se deve ao fato de que quanto maior é a participação no mercado, mais próximo se está da posição de liderança (Figura 4). Esse cenário ilustra a dinâmica competitiva do setor cervejeiro, onde o domínio de determinadas marcas e grupos influencia diretamente a estratégia de inserção de novos competidores no mercado.

**Figura 4 - Market Share dos grupos no Brasil.**



**Fonte:** Sindicerv, Cervbrasil, Nielsen e IBGE compilados pelo Valor Econômico.

No cenário cervejeiro, diversas marcas se destacam, cada uma com suas características distintivas:

**ANTARCTICA:** Esta cerveja de baixa fermentação apresenta coloração clara, aroma e sabor suaves, com um amargor (medido em IBU) de 9,0 e teor alcoólico de 4,7%. Pertence ao estilo American Lager e detém um market share de 11,4% (Propmark, 2004).

**BECK'S:** Trata-se de uma genuína German Lager puro malte, seguindo estritamente a lei alemã com um sabor intenso e amargo. Possui um amargor de 20,0 IBU e teor alcoólico de 5,0%. Enquadra-se no estilo German Pilsner e tem um market share de 11,6% (ABRAS, 2021).

**BOHEMIA:** Como a primeira cerveja produzida no Brasil, esta cerveja possui um amargor de 9,0 IBU e um teor alcoólico de 5,0%. Pertence ao estilo Premium American Lager, destacando-se por sua história e qualidade (AMBEV, 2024).

**BRAHMA DUPLO MALTE:** Esta cerveja combina dois tipos de malte, conferindo-lhe uma cor dourada e uma espuma cremosa. Apresenta um amargor de 11,0 IBU e um teor alcoólico de 4,7%, sendo classificada como Premium American Lager (AMBEV, 2024).

**BUDWEISER:** Conhecida por seu sabor único e equilibrado, esta cerveja tem um toque especial de lascas de beechwood (madeira especial). Possui um amargor de 10,0 IBU e um teor alcoólico de 5,0%, enquadrando-se no estilo American Lager. (AMBEV, 2024).

**ORIGINAL:** Esta cerveja, de estilo clássico, possui um sabor suave com um leve amargor e aroma de lúpulo. Sua alta carbonatação proporciona refrescância. O amargor é de 9,5 IBU e o teor alcoólico é de 4,5%, enquadrando-se no estilo American Lager (ORIGINAL, 2024).

SKOL PURO MALTE: Esta cerveja leve é caracterizada por seu aroma e sabor suaves. Possui um amargor de 11,0 IBU e um teor alcoólico de 4,4%, sendo classificada como Premium American Lager (SKOL, 2024).

HEINEKEN: Reconhecida pelo sabor equilibrado com notas frutadas, esta cerveja tem um amargor de 19,0 IBU e um teor alcoólico de 5,0%. Pertence ao estilo Lager premiada e detém um market share de 9,6% (ABRAS, 2021).

STELLA: Com um aroma suave e notas maltadas, esta cerveja possui um amargor de 16,0 IBU e um teor alcoólico de 5,0%. Pertence ao estilo Lager Belga e detém um market share de 11,6% (ABRAS, 2021).

#### **4.1.3 Fornecedores**

Os fornecedores essenciais de matéria-prima, como malte pilsen, malte munich, malte melano e lúpulo, incluindo as variedades mittelfruh e columbus, serão predominantemente provenientes do Brasil, destacando a relevância da produção nacional para a fabricação da cerveja.

A empresa Granobrew, sediada em Valinhos - SP, na cidade de Paiquere Valinho, possui uma notável trajetória com mais de 25 anos de experiência no mercado, com uma vasta experiência com a distribuição de maltes. Outras empresas fornecedoras de insumos são fundamentais para o processo. A DuPappi, por exemplo, se destaca por sua produção local de lúpulo, estabelecida na cidade de São Paulo, capital do estado. Além disso, a E-brew shop, com mais de uma década de atuação, é uma referência no mercado devido à sua vasta gama de ingredientes e equipamentos para a indústria cervejeira, situada também em São Paulo capital. A Agrária, uma cooperativa agroindustrial, contribui significativamente como fornecedora de insumos, situada em em Guarapuava, no estado do Paraná, está é a maior maltaria da América Latina, e tem como carro chefe a produção de Malte Pilsen, atendendo aproximadamente 30% da demanda do mercado brasileiro de cerveja. Por fim, a Lamas Brew Shop, com sede em Campinas - SP, desempenha um papel vital como fornecedora na região, enriquecendo a diversidade de insumos disponíveis para a produção de cerveja artesanal.

#### **4.1.4 Canais de venda e distribuição**

A eficiência e eficácia dos canais de distribuição podem impactar diretamente a capacidade da empresa de alcançar seus objetivos de marketing, incluindo o alcance do público-alvo e a entrega oportuna e adequada dos produtos. O principal canal de distribuição, será os supermercados e distribuidoras de bebidas, uma escolha fundamentada pela frequência

com que os consumidores realizam suas compras nesses locais. Além disso, a utilização do e-commerce surge como um grande diferencial, desempenhando um papel significativo no contexto do mundo globalizado em que vivemos. O comércio eletrônico está intrinsecamente ligado às transformações tecnológicas e à interconectividade global proporcionada pela internet. Através de plataformas de venda online, torna-se possível ultrapassar as fronteiras geográficas e disponibilizar produtos para consumidores em diversas localidades, independentemente da distância física entre eles. Portanto, a utilização de vendas online por meio do site oficial da empresa também será implementada como um canal de distribuição adicional, ampliando assim a disponibilidade dos produtos para um público mais amplo.

#### 4.1.5 Especificações técnicas do produto acabado

No Quadro 2, apresentam-se as especificações técnicas detalhadas do produto acabado, Heaven Beer, produzido pela Heaven Cervejaria. Esta cerveja, do tipo Kölsch, é conhecida por suas características delicadamente equilibradas, com um caráter sutil de fruta e lúpulo, resultando em um sabor agradável, bem atenuado e um final refrescante. A composição inclui malte pilsen, malte vienna, malte de trigo e lúpulo.

**Quadro 02** - Especificações técnicas do produto acabado.

<b>Identificação do produto</b>
<b>Nome:</b> Heaven Beer <b>Marca:</b> Heaven cervejaria <b>Fabricante:</b> Heaven cervejaria
<b>Descrição do produto</b>
É uma cerveja tipo kolsch, com características limpas e delicadamente equilibrada. Geralmente com um caráter muito sutil de fruta e lúpulo. Apresenta um sabor agradável, bem atenuado e um final refrescante.
<b>Composição</b>
<b>Ingredientes:</b> malte pilsen, malte viana, malte de trigo, levedura e lúpulo.
<b>Características do Produto</b>
<u>Sensoriais</u>
<b>Aspecto visual:</b> coloração límpida e amarelada. <b>Cor:</b> dourado muito pálido a dourado claro. <b>Aroma:</b> agradável e sutil de frutas provenientes da fermentação (maçã, cereja ou pêra),podendo apresentar nuances viníferas ou sulfurosas, dependendo da cepa de levedura utilizada. <b>Percepção em boca:</b> Corpo médio-leve a médio. Carbonatação média a média-alta
<u>Físico-Químicos</u>

Continua

<b><u>Físico-Químicos</u></b>
<p><b>OG (densidade original - densidade específica do mosto antes da fermentação):</b> 1.044 – 1.050 °Plato</p> <p><b>IBUs (unidades de amargor):</b> 18 – 30 IBU</p> <p><b>FG (densidade final - densidade específica do mosto depois da fermentação):</b> 1.007 – 1.011 °Plato</p> <p><b>ABV (teor alcoólico):</b> 4.4 – 5.2%</p>
<b>Embalagem</b>
<p><b><u>Embalagem primária</u></b></p> <p><b>Dimensões:</b> Altura: 227 mm Diâmetro: 61mm</p> <p>Volume: 355 mL</p> <p><b>Peso:</b> 190 g</p> <p><b>Forma:</b> Long neck</p> <p><b>Materiais:</b> Vidro</p>
<p><b><u>Embalagem secundária</u></b></p> <p><b>Dimensões:</b> 19 cm altura X 20,5 cm largura X 28 cm comprimento, contendo 6 garrafas.</p> <p><b>Materiais:</b> Papelão com gramatura de 275 a 300g/m<sup>2</sup></p>
<p><b><u>Embalagem terciária - Stretch</u></b></p> <p><b>Dimensões:</b> 500mm largura</p> <p>Micro: 0,025 mm</p> <p><b>Peso:</b> 3,5 a 4 kg</p> <p><b>Materiais:</b> Polietileno</p>
<b>Rotulagem</b>
<p><b>Nome do produto:</b> Heaven beer</p> <p><b>Lista de ingredientes:</b> Água, maltes de cevada, malte de trigo, leveduras e lúpulo.</p> <p><b>Identificação do lote:</b> número de identificação do lote de fabricação da cerveja.</p> <p><b>Data de validade:</b> até 5 meses após produção</p> <p><b>Teor alcoólico:</b> 5%</p> <p><b>Volume da embalagem:</b> 355 mL.</p> <p><b>Nome e endereço do fabricante:</b> nome e endereço da empresa responsável pela fabricação da cerveja.</p> <p><b>Contato do SAC</b></p> <p><b>Registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA):</b> número de registro da empresa junto ao MAPA.</p>
<b>Armazenamento</b>
Deve ser armazenado em local fresco e arejado, longe da incidência de luz.
<b>Transporte</b>
O transporte deve ser realizado em caminhões apropriados, evitando contato direto com o sol.
<b>Recomendações durante o manuseio</b>
É recomendado evitar deitar as garrafas para que não facilite o processo de oxidação, ter cuidado ao carregar por ser um produto com embalagem primária pouco resistente a impactos.

**Fonte:** A autora (2023), adaptado de: ABLAKE. D. et al. (2015)

#### 4.1.6 Projeções

A elaboração de uma projeção de demanda e de vendas constitui um ponto muito importante dentro de um projeto industrial, ela irá fornecer estimativas sobre o comportamento futuro do mercado e orientar decisões estratégicas relacionadas à capacidade produtiva, dimensionamento de equipamentos e planejamento financeiro. Em estudos de viabilidade técnico-econômica, a projeção permite avaliar se a produção estimada será capaz de atender à demanda potencial (MAKRIDAKIS; WHEELWRIGHT; HYNDMAN, 1998).

Diversos métodos matemáticos podem ser empregados para realizar projeções de crescimento de mercado ou de vendas. Entre os mais utilizados em estudos preliminares estão as taxas de crescimento aritmética e geométrica, que permitem estimar a evolução de uma variável ao longo do tempo a partir de dados históricos.

O método aritmético (fórmula 1) baseia-se na premissa de que o crescimento ocorre de forma constante ao longo do tempo, ou seja, considera que a variável analisada apresenta crescimento igual em cada período subsequente. Dessa forma, a projeção é realizada a partir de dados históricos conhecidos, assumindo um comportamento linear de crescimento. Por apresentar uma evolução mais estável e previsível, esse método é considerado mais conservador e associado a menores níveis de risco nas estimativas (TSUTIYA, 2006).

Por sua vez, o método geométrico (fórmula 2) assume que o crescimento ocorre de maneira proporcional ao valor existente em cada período, caracterizando um comportamento exponencial. Nesse caso, tanto a produção quanto a taxa de crescimento são proporcionais ao volume já estabelecido em determinado momento, resultando em crescimentos progressivamente maiores ao longo do tempo. Em função dessa característica, esse método tende a apresentar projeções mais elevadas, sendo considerado menos conservador e associado a maiores níveis de risco quando comparado ao método aritmético (TSUTIYA, 2006).

$$V_n = V_o (1+i*n) \quad (1)$$

$$V_n = V_o (1+i)^n \quad (2)$$

Onde:  $V_n$  = volume do último ano;  $V_o$  = volume do primeiro ano;  $i$  = índice,  $n$  = número de anos.

Utilizando como base os valores de produção de cerveja entre os anos de 2013 (13,5 bilhões de litros/cerveja) e 2021 (15,4 bilhões de litros/cerveja) (SINDICERV, 2023), as taxas aritmética e geométrica foram calculadas e estão apresentadas no Quadro 3.

**Quadro 03** - Cálculo das taxas de projeção utilizando aritméticas e geométricas.

Cálculo da taxa aritmética	Cálculo da taxa geométrica
$V_n = V_o (1+i^n)$	$V_n = V_o (1+i)^n$
$15,400,000,000 = 13,500,000,000 (1+i^9)$	$15,400,000,000 = 13,500,000,000 (1+i)^9$
0.02	0.01
$i = 0,02$	$i = 0,01$

Fonte: elaborada pela autora em Excel (2023).

Para este projeto, foi utilizado o cálculo da taxa aritmética, que, justifica-se por seu caráter mais conservador e por considerar um crescimento constante ao longo do tempo, o que contribui para reduzir possível superestimação nas projeções e proporcionar estimativas mais seguras para o planejamento do projeto (Quadro 4). Neste contexto, temos que o índice de crescimento da produção de cerveja no Brasil será de 2% ao ano.

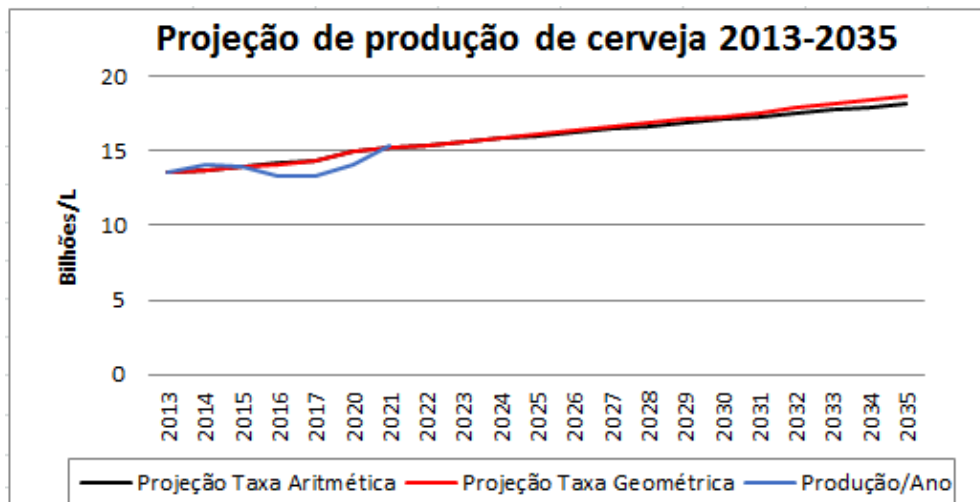
**Quadro 04** - Dados de projeção de produção observados através da taxa aritmética e geométrica.

Ano	Produção/ano	Projeção Taxa Aritmética	Projeção Taxa Geométrica
2013	13,500,000,000.00	13,500,000,000	13,500,000,000.00
2014	14,100,000,000.00	13,711,111,111	13,698,968,729.41
2015	13,900,000,000.00	13,922,222,222	13,900,869,944.39
2016	13,345,000,000.00	14,133,333,333	14,105,746,865.17
2017	13,300,000,000.00	14,344,444,444	14,313,643,348.95
2020	14,100,000,000.00	14,977,777,778	14,955,898,503.60
2021	15,400,000,000.00	15,188,888,889	15,176,324,883.03
2022	-	15,400,000,000	15,400,000,000.00
2023	-	15,611,111,111	15,626,971,735.77
2024	-	15,822,222,222	15,857,288,677.30
2025	-	16,033,333,333	16,091,000,127.67
2026	-	16,244,444,444	16,328,156,116.58
2027	-	16,455,555,556	16,568,807,411.10
2028	-	16,666,666,667	16,813,005,526.54
2029	-	16,877,777,778	17,060,802,737.44
2030	-	17,088,888,889	17,312,252,088.79
2031	-	17,300,000,000	17,567,407,407.41
2032	-	17,511,111,111	17,826,323,313.39
2033	-	17,722,222,222	18,089,055,231.89
2034	-	17,933,333,333	18,355,659,404.90
2035	-	18,144,444,444	18,626,192,903.36

Fonte: elaborada pela autora em excel (2023).

A partir dos dados obtidos através do quadro 4, foi possível elaborar a figura 5, onde foi observado o comportamento de crescimento até 2035.

**Figura 5** - Projeção de produção de cerveja entre os períodos de 2013-2035



**Fonte:** elaborada pela autora em Excel (2026).

O Market Share (participação de mercado) é definido pela proporção de vendas (em volume ou valor) de uma empresa em relação ao total de mercado onde ela está inserida. Esse indicador permite avaliar o posicionamento competitivo e a relevância de uma empresa dentro de determinado setor. No contexto de mercado cervejeiro brasileiro, como visto no item **4.2 CONCORRENTES DIRETOS E INDIRETO**, esse índice é caracterizado por elevada concentração nas grandes indústrias. A estimativa de market share para microcervejarias pode ser realizada a partir de métodos quantitativos baseados em dados de consumo, produção e segmentação de mercado.

Segundo literatura, microcervejarias em fase inicial tendem a apresentar participações inferiores a 1% do mercado, com projeções de crescimento gradual à medida que ocorre a consolidação da marca e o aumento da demanda por diferentes produtos. (FRAGOSO; SILVA, 2016).

Neste cenário, utilizando a projeção de produção calculada acima, foi determinada uma participação de mercado (market share) de 0,05 % do volume total projetado até 2035, como mostra o Quadro 5.

**Quadro 05** - Projeção da quantidade de vendas (em Litros) de cerveja de 2024 a 2035 com market share de 0,05%.

Ano	Projeção Taxa Aritmética	Market Share (%)	Vendas (bilhões/L)
2024	15,822,222,222	0.05	7,515,555.56
2025	16,033,333,333	0.05	7,615,833.33
2026	16,244,444,444	0.05	7,716,111.11
2027	16,455,555,556	0.05	7,816,388.89
2028	16,666,666,667	0.05	7,916,666.67
2029	16,877,777,778	0.05	8,016,944.44
2030	17,088,888,889	0.05	8,117,222.22
2031	17,300,000,000	0.05	8,217,500.00
2032	17,511,111,111	0.05	8,317,777.78
2033	17,722,222,222	0.05	8,418,055.56
2034	17,933,333,333	0.05	8,518,333.33
2035	18,144,444,444	0.05	8,618,611.11

**Fonte:** elaborada pela autora em Excel (2026).

Para o cálculo da produção anual foi acrescido 5% a mais da produção desejada, em relação ao valor de vendas do produto, para cobrir eventuais perdas durante o processo e pós processo, como mostra o Quadro 6.

**Quadro 06** - Volume de produção até 2035

Ano	Produção (bilhões/L)	Produção diária (L/dia)*
2024	7,911,111.11	24,722.22
2025	8,016,666.67	25,052.08
2026	8,122,222.22	25,381.94
2027	8,227,777.78	25,711.81
2028	8,333,333.33	26,041.67
2029	8,438,888.89	26,371.53
2030	8,544,444.44	26,701.39
2031	8,650,000.00	27,031.25
2032	8,755,555.56	27,361.11
2033	8,861,111.11	27,690.97
2034	8,966,666.67	28,020.83
2035	9,072,222.22	28,350.69

**Fonte:** elaborada pela autora em Excel (2026).

\*Produção diária de um ano com 320 dias úteis.

#### 4.1.7 Estimativa de preço

Uma forma simplificada e amplamente utilizada em estudos iniciais de viabilidade é a estimativa de preço por comparação com concorrentes, considerando apenas o custo dos insumos como base. No mercado brasileiro de cerveja, dados do Ministério da Agricultura e Pecuária indicam que o custo médio de produção da cerveja artesanal gira em torno de R\$8,00 por litro, enquanto o preço médio de venda ao consumidor é de aproximadamente R\$30,00 por litro (MAPA, 2025). O Quadro 7 apresenta uma estimativa de preço determinada mediante uma análise comparativa, levando em consideração marcas de cervejas artesanais, características similares a cerveja tipo Kölsch, tais como volume (mL), IBU e teor alcoólico (ABV%). Esse processo de avaliação foi essencial para estabelecer um valor competitivo e alinhado ao mercado para o produto da empresa. Diante disso, foi estimado um preço de venda de R\$9,00 para a cerveja.

**Quadro 07** - Comparação de cervejas artesanais brasileiras semelhantes ao estilo Kölsch, com características físico-químicas e preço médio.

Marcas	Amargor (IBU)	Teor Alcoólico (ABV%)	Estilo	Valor (R\$)	volume (mL)
Eisenbahn	8 – 12	4,8	Kölsch	8,00 – 12,00	335
Colorado	~20	4,5	Blonde Ale	9,00 – 13,00	335
Eisenbahn	~10	5,0	Wheat Beer	8,00 – 12,00	335
Brahma Duplo Malte	11	4,70	premium american lager	6,99	330
Spaten	16	5,2	munich helles	7,00	335
Heaven	18	4,4	Kölsch	9,00	335

**Fonte:** Adaptado de dados técnicos de fabricantes e literatura cervejeira, incluindo caracterização de estilos e rótulos nacionais.

## 4.2 Definição e descrição do processo produtivo

### 4.2.1 Natureza do processo

Na produção de cerveja, os principais processos tecnológicos envolvidos são a fermentação e a pasteurização. Para a cerveja do estilo Kölsch, é tradicionalmente utilizada a alta fermentação, que ocorre em temperaturas entre 14°C a 16°C.

Na indústria cervejeira, diversos tipos de pasteurizadores são comumente empregados. Estes incluem pasteurizadores de placas ou fluxo, caracterizados por sua natureza compacta e facilidade de adaptação, devido à independência das placas que o compõem. Outro tipo é o pasteurizador de câmara, que opera em batelada. Existe também o pasteurizador de túnel, que opera de forma contínua, com o produto já envasado, embora sua desvantagem esteja na necessidade de uma área considerável para instalação. Adicionalmente, o pasteurizador de banho, operando também em batelada, é outra alternativa utilizada na indústria cervejeira. Cada um desses pasteurizadores possui características específicas que atendem às necessidades particulares dos processos de produção de cerveja, proporcionando eficiência e qualidade aos produtos finais (CZECH BREWERY SYSTEM, 2023).

Dessa forma, em conformidade com a tradição do estilo da cerveja Kölsch, será adotada a técnica de alta fermentação para a produção da bebida. Quanto à pasteurização, optar-se-á pelo uso do pasteurizador de fluxo contínuo (placas), sendo o mais indicado para este produto devido a maior uniformidade na distribuição do calor (NEVES, 2017).

#### 4.2.2 Ciclo do processo

Os processos industriais podem ser divididos em contínuo, misto e em batelada. Para a produção de cerveja em larga escala é comumente utilizado os processos contínuos, onde não se tem a ociosidade de maquinário.

Para a empresa Heaven Cervejaria, iremos utilizar método misto, onde alguns processos serão em batelada, como é o caso da, moagem de grãos, mosturação, filtração, fervura e whirlpool, fermentação e maturação, e outros processos se caracterizam como contínuo: o resfriamento, pasteurização e o envase.

#### 4.2.3 Descrição das etapas do processo

A produção de cerveja Kölsch envolve nove etapas distintas: moagem dos grãos, mosturação, filtragem, fervura e whirlpool, resfriamento, fermentação, maturação, pasteurização e envase (SILVA, Hiury Araújo *et al* 2021).

**Moagem dos grãos:** Consiste na exposição amido contido dentro do endosperma do malte através da ruptura de sua casca por processos mecânicos, com o objetivo de facilitar a atuação das enzimas no processo de conversão do amido em açúcar na etapa de mosturação. Em contrapartida, as suas cascas devem permanecer parcialmente íntegras para ajudar na filtração do mosto (THAUMATURGO, alex., 2016).

**Mosturação:** A mosturação é realizada nas dornas de aço inoxidável. Durante esse processo, os grãos de malte moídos são misturados com água quente a aproximadamente 65°C, visando a quebra das ligações de carboidrato e extração dos açúcares do grão. A temperatura é mantida por 90 minutos para assegurar a quebra completa do amido em açúcares e dextrinas (SPIESS, 2020; OLIVER, 2012).

**Filtragem:** O mosto passa por filtros de placa, retendo a borra. Para uma maior eficiência na extração dos açúcares, é adicionada água sobre a borra, para lavá-la.

**Fervura e whirlpool:** Após a separação da borra, o mosto segue para a fervura que é realizada em dornas de brassagem e dura cerca de 90 minutos entre 98~100°C, para diminuir o risco de gerar compostos tóxicos como o dimetilsulfureto (DMS), responsáveis pela formação de “off flavors”, que são os aromas indesejados. Durante a fervura, o lúpulo é adicionado em momentos específicos, através do processo de lupulagem, para conferir aromas desejados à cerveja. É realizada de forma manual nas dornas, após 60 minutos de fervura, adiciona-se o lúpulo Mittelfruech e aos 12 minutos finais (78 minutos de fervura) adiciona-se o lúpulo Columbus (GOOGLE GROUPS, 2013)(SPIESS, 2020). Ao final da fervura é feito o Whirlpool, onde se utiliza a força centrípeta para separar as partículas sólidas de lúpulo e proteínas coaguladas do mosto que seguirá para a próxima etapa.

**Resfriamento:** O mosto é rapidamente resfriado em um trocador de calor de placas, atingindo uma temperatura de 20°C para seguir para a fermentação (ALFA LAVAL, 2023).

**Fermentação:** Realiza-se a inoculação do mosto com cepas da levedura Safale K-97 e inicia-se o processo fermentativo. A fermentação é realizada em tanques a uma temperatura controlada de 14°C a 16°C, característica da alta fermentação. Durante este estágio, os açúcares são convertidos em álcool e dióxido de carbono pela levedura. A fermentação dura 7 dias. Deve-se esperar uma atenuação próximo aos 80% (refere-se à porcentagem de açúcares convertidos em álcool e  $CO_2$ ) (ADMIN, 2018). Ao fim da fermentação o produto é transferido para o tanque de maturação .

**Maturação:** A maturação da cerveja do estilo Kölsch é uma etapa essencial para o desenvolvimento de seu perfil sensorial característico. Segundo a literatura técnica, o produto é mantido de 0°C a 4°C durante a fase de maturação (KUNZE, 2014; BRIGGS et al., 2004). O tempo de maturação geralmente varia entre 2 a 4 semanas, podendo se estender conforme o objetivo de clarificação e refinamento sensorial. No presente trabalho será utilizado o tempo de 2 semanas. Durante esse período, ocorre uma fermentação secundária, convertendo os açúcares restantes em álcool e proporcionando uma cerveja mais clara. Em seguida, o

processo de clarificação é iniciado, utilizando filtração por membrana para remover leveduras e outras partículas suspensas.

**Pasteurização:** Após a clarificação, a cerveja é pasteurizada em trocador de placas para garantir a estabilidade microbiológica. Um dos principais parâmetros utilizados para quantificar a intensidade da pasteurização em cervejas é a Unidade de Pasteurização (UP), que representa o efeito letal do calor sobre os microrganismos ao longo do tempo. Convencionalmente, 1 UP é definido como o efeito de manter a cerveja a 60 °C por 1 minuto. Será utilizado 72°C por 30 segundos, com a UP de 30. A cerveja é aquecida rapidamente e logo é resfriada próximo de 10°C para preservar seu sabor e características e, em seguida, o produto passa para a carbonatação (KUNZE, 2014; BRIGGS et al., 2004).

**Carbonatação:** Um dos métodos mais conhecidos de carbonatação em cervejas é a da injeção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), chamada de carbonatação forçada. É um processo amplamente utilizado e descrito na literatura por sua eficiência, controle e padronização do produto final. Depois de passar pela pasteurização a cerveja é direcionada para tanques pressurizados (bright tanks), onde o CO<sub>2</sub> é dissolvido diretamente no líquido sob condições controladas de pressão e temperatura, seguindo os princípios de solubilidade de gases, descritos pela lei de Henry, onde estudos indicam que em temperaturas mais baixas aumentam a solubilidade do CO<sub>2</sub>, proporcionando maior eficiência e estabilidade (BRIGGS et al., 2004).

**Envase:** A primeira etapa do processo de envase é a limpeza e esterilização das garrafas Long Neck. As garrafas são submetidas a uma máquina de lavagem e esterilização, que as enxágua com água quente e os produtos químicos de limpeza necessários para garantir sua completa esterilização.

Após a limpeza e esterilização, as garrafas são transportadas para a linha de envase, onde são preenchidas com a cerveja. A cerveja é bombeada de grandes tanques de armazenamento para a linha de envase, preenchendo 335 mL em cada garrafa. Após o envase, as garrafas são seladas com tampas metálicas, rotuladas e inspecionadas para garantir sua integridade. Finalmente, as garrafas são embaladas em caixas de papelão com divisórias para transporte e armazenamento seguro (PALMER, 2006; PAZIAN, 2014).

#### **4.2.4 Características dos insumos de produção e as utilidades industriais envolvidas em cada etapa**

No contexto do processo produtivo, entender as características dos insumos de produção é fundamental para garantir a eficiência e qualidade em todas as etapas industriais.

Cada insumo utilizado possui propriedades específicas que desempenham um papel crucial no resultado final do produto. Além disso, a análise das utilidades industriais associadas a cada etapa torna-se essencial para otimizar recursos, reduzir custos e promover práticas sustentáveis. A seguir são apresentadas detalhadamente as características dos principais insumos de produção e as diversas utilidades industriais envolvidas em cada fase do processo.

### Água

É um dos principais ingredientes da formulação para a elaboração da cerveja. É importante que ela seja de alta qualidade e esteja livre de contaminantes que possam afetar o sabor, aroma e aparência da cerveja, além da segurança, alguns parâmetros são de extrema importância, pois afetam diretamente a qualidade e segurança do produto, como descrito no Quadro 8. Como utilidade, a água é utilizada em diversos processos, desde a limpeza e higienização das instalações e em equipamentos até o resfriamento da cerveja durante a produção.

**Quadro 08** - Especificação técnica da água potável para produção de cerveja.

Parâmetros	Padrões	Justificativa tecnológica
Turbidez	$\leq 5,0$ NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez)	Evita interferência na clarificação e estabilidade da cerveja
Cor	$\leq 15$ uH	Evita interferência na clarificação e estabilidade da cerveja
Cloro Residual Livre	2,0 mg/L	Evita formação de off-flavors
pH	6,0 - 9,5	Faixa exigida para potabilidade; influencia reações enzimáticas na mosturação
Coliformes totais	Ausência em 100mL	Segurança microbiológica
<i>E. coli</i>	Ausência em 100mL	Garantia de potabilidade
Ferro	$\leq 0,3$ mg/L	Evita turbidez, oxidação e alteração de sabor
Manganês	$\leq 0,1$ mg/L	Previne alterações sensoriais e coloração
Dureza total	50 – 150 mg/L (recomendado)	Importante para atividade enzimática e perfil sensorial

**Fonte:** Adaptado de Brasil (2021a) e Brasil (2009).

### Malte

Segundo a literatura, qualquer cereal pode ser utilizado na produção de cervejas, sendo o mais comum a cevada. A denominação malte, deriva do processo de malteação, que por sua vez é o nome dado ao processo de germinação artificial do grão, que ocorre de forma controlada e predefinida, sendo interrompida de maneira proposital e podendo ser associada a outros processos, como de secagem e torrefação. Essa técnica busca obter enzimas fundamentais para o processo de produção da cerveja, e a converter cadeias longas de amidos insolúveis do endosperma dos cereais (THAUMATURGO, alex., 2016). O malte Pilsen é um malte altamente fermentável, o que significa que é facilmente transformado em açúcares simples durante o processo de mosturação e fermentação, resultando em um teor alcoólico mais elevado e perfil de sabor seco, além de conferir uma tonalidade mais clara à bebida, evidenciando suas notas maltadas. Por outro lado, o malte Munich, quando incorporado à produção cervejeira, contribui para uma coloração mais acobreada, conferindo à cerveja maior corpo e uma textura mais cremosa. Adicionalmente, a presença de açúcares residuais não fermentáveis preserva a doçura na cerveja. Quanto ao malte Chateau Melano, este apresenta um aroma intensamente maltado e um sabor pronunciado, além de uma coloração avermelhada que proporciona corpo e uniformidade à cerveja. Sua adição resulta em uma espuma mais persistente e duradoura, aprimorando a experiência sensorial do consumidor. As características específicas de cada malte utilizado na formulação estão descritas no Quadro 9.

**Quadro 09** - Especificação técnica dos Maltes

Identificação		
Nome: <b>Malte Pilsen</b>	Nome: <b>Malte Munich</b>	Nome: <b>Malte Chateau Melano</b>
Descrição		
<b>Malte Pilsen:</b> é um malte da espécie <i>Hordeum vulgare</i> , tipo base, ou seja, que serve como base para outras variedades de maltes.	<b>Malte Munich:</b> é um malte da espécie <i>Hordeum vulgare</i> , tipo especial, que passa por um processo de malteação mais longo e intenso, resultando em um malte mais escuro e rico em sabores.	<b>Malte Chateau Melano:</b> é um malte da espécie <i>Hordeum vulgare</i> , tipo especial, que passa por um processo de malteação diferenciado, com temperatura e umidade controladas, resultando em um malte vermelho intenso e rico em sabores e aromas.
Apresentação		

Continua

<b>Apresentação</b>		
Eles serão recebidos em sacas de 20kg. Os produtos deverão ser apresentados em embalagens novas, limpas e secas, que não transmitam odor ou sabor estranho, sem quaisquer danos que acarretem a qualidade do grão.		
<b>Rotulagem</b>		
As embalagens deverão ser rotuladas ou etiquetadas, em alguma lugar de fácil visualização (de preferência em dois lados do saco), e de difícil remoção, contendo no mínimo as seguintes informações: Nome e endereço do fabricante, importador ou distribuidor; Nome e tipo do produto (malte de cevada, malte de trigo, etc.); Peso líquido em quilogramas (kg); Lote ou número de partida; Data de produção ou validade; Indicação da origem do produto, no caso de maltes importados; Instruções de armazenamento e conservação; Grau de torrefação.		
<b>Características Sensoriais</b>		
<p><b>Cor:</b> amarelo palha</p> <p><b>Brilho:</b> brilho sutil, contribuindo para a aparência límpida e brilhante da cerveja.</p> <p><b>Transparência:</b> transparente e brilhante.</p> <p><b>Espuma:</b> espuma branca e consistente.</p> <p><b>Aroma:</b> leve, doce e maltado, com notas sutis de pão e biscoito.</p> <p><b>Sabor:</b> malte-doce com leves notas gustativas de mel.</p> <p><b>Corpo:</b> refrescante/leve, corpo médio.</p> <p><b>Carbonatação:</b> média a alta.</p> <p><b>Suavidade:</b> mantém equilíbrio entre o amargor e as notas aromáticas.</p> <p><b>Creiosidade:</b> ajuda a produzir espuma consistente.</p>	<p><b>Cor:</b> dourado escuro a um marrom avermelhado.</p> <p><b>Brilho:</b> brilho mais intenso e claro na cerveja.</p> <p><b>Transparência:</b> límpida e translúcida em pouca quantidade (em muita quantidade cerveja mais turva).</p> <p><b>Espuma:</b> consistente e persistente.</p> <p><b>Aroma:</b> intenso, com notas de pão torrado, caramelo e nozes.</p> <p><b>Sabor:</b> sabor maltado, com notas de caramelo, toffee, nozes e pão torrado.</p> <p><b>Corpo:</b> médio a encorpado (“cheio”).</p> <p><b>Carbonatação:</b> média a alta.</p> <p><b>Suavidade:</b> o malte mantém o equilíbrio menos agressivo entre o amargor e as notas aromáticas.</p> <p><b>Creiosidade:</b> formação de espuma consistente e cremosa na cerveja.</p>	<p><b>Cor:</b> âmbar profundo a tons de vermelho e marrom.</p> <p><b>Brilho:</b> brilho intenso.</p> <p><b>Transparência:</b> sem influência.</p> <p><b>Espuma:</b> melhora a formação e a estabilidade da espuma.</p> <p><b>Aroma:</b> rico e complexo, com notas de caramelo, toffee, biscoito e nozes.</p> <p><b>Sabor:</b> sabor maltado intenso, com notas de caramelo, toffee e frutas secas (em quantidades maiores, pode ter um sabor mais torrado ou levemente defumado).</p> <p><b>Corpo:</b> médio a encorpado.</p> <p><b>Carbonatação:</b> sem influência.</p> <p><b>Suavidade:</b> mais suave e equilibrada, com notas maltadas e um final mais seco.</p> <p><b>Creiosidade:</b> mais cremosa e aveludada.</p>

Continua

<b>Características físico-químicas e microbiológicas</b>		
<b>Umidade:</b> entre 4-5% <b>Proteína:</b> entre 10-12% <b>Extrato potencial**:</b> entre 80-85% <b>Acidez total:</b> entre 1,5 - 2,5% de NaOH a 0,1N por 100g de malte. <b>Atividade enzimática (poder diastático):</b> entre 220-250 Lintner (ou 45-50 °WK). <b>Teor de fenólicos:</b> abaixo de 0,5 mg/kg.	<b>Umidade:</b> entre 3-5% <b>Proteína:</b> entre 10-12% <b>Extrato potencial**:</b> entre 78-82% <b>Acidez total:</b> entre 1,5-2,5% de NaOH a 0,1N por 100g de malte. <b>Atividade enzimática (poder diastático):</b> entre 50-70 Lintner (ou 10-14 °WK).* <b>Teor de fenólicos:</b> abaixo de 1,5 mg/kg.	<b>Umidade:</b> entre 4-5% <b>Proteína:</b> entre 9-11,5% <b>Extrato potencial**:</b> entre 78-82% <b>Acidez total:</b> entre 1,2-1,8% de NaOH a 0,1N por 100g de malte. <b>Atividade enzimática (poder diastático):</b> entre 150 Lintner (ou 75 °WK). <b>Teor de fenólicos:</b> abaixo de 50-200 mg/kg.
<b>Características Microscópicas</b>		
A matéria-prima deve ser livre de sujidades, fungos, partes de insetos e isento de quaisquer materiais estranhos.		
<b>Requisitos Gerais</b>		
Os maltes devem ser bem limpos, livres de umidade externa anormal e organizados em sacas. Para aqueles que não atenderem esses requisitos definidos, serão considerados “fora do padrão” e devolvidos para o fornecedor.		
<b>Armazenamento</b>		
O malte deve ser mantido em sacos de papel ou plástico próprios para este fim, que sejam resistentes e protejam o produto da umidade, insetos e roedores. Os sacos devem ser mantidos fechados até o momento de uso. O local de armazenamento deve ser limpo, seco e protegido da luz solar direta e da umidade. O ideal é que a temperatura seja mantida abaixo dos 25°C, de preferência entre 10°C e 20°C, para evitar o desenvolvimento de fungos e a perda de qualidade do malte.		
<b>Recepção</b>		
Serão recebidos mediante a identificação e certificação do MAPA e da ANVISA, que garantem a qualidade e segurança do produto, e análise do fornecedor com os parâmetros exigidos nesta especificação.		

**Fonte:** Autora (2023) (Weyermann, 2022)

*\*O poder diastático do malte Munich é geralmente menor do que o do malte pilsen porque ele passa por um processo de malteação mais intenso, que envolve temperaturas mais altas e um período de germinação mais longo. Esse processo acaba afetando as enzimas presentes no malte, o que pode resultar em uma redução do poder diastático.*

*\*\*O extrato potencial são os açúcares disponíveis para serem fermentados pelas leveduras durante o processo de fermentação da cerveja.*

## **Lúpulo**

O lúpulo é a flor de uma planta fêmea, cujo nome científico é *humulus lupulus*, ela possui em sua estrutura glândulas de lupulina, onde se encontram óleos essenciais e resinas, cada variedade de lúpulo apresenta características sensoriais específicas. Os óleos essenciais presentes no lúpulo são cerca de 0,4% a 2,0% do peso total da flor, o que lhe confere sabor e aroma. Já as resinas podem variar de 10% a 25% do peso total da flor, ela corresponde a dois principais elementos: os Alfa-ácidos (*humulona*) que contribuem para o teor de amargor da cerveja, em sua forma isomerizada, sendo necessário uma fonte de calor para liberá-los, assim chamados de iso-alfa-ácidos, e os beta-ácidos (*Lupulona*) (THAUMATURGO, alex., 2016).

Segundo a literatura, a princípio, a produção de cerveja não apresentava o lúpulo como um dos principais ingredientes em sua formulação, somente a partir do século XV foi inserida de fato na fabricação, agregando em fatores intrínsecos como: mais sabor, aroma, amargor, e textura a cerveja. O lúpulo também pode auxiliar em algumas etapas de produção, aumentando a sua estabilidade coloidal, que por sua vez, possui taninos e polifenóis que ajudam na precipitação de proteínas, tornando a cerveja mais clara e estável. (THAUMATURGO, alex., 2016). O lúpulo pode ser fornecido em forma natural (flor desidratada), em pellets prensados ou em extratos.

O Lúpulo Mittelfrüh ou Mittelfrueh é empregado na produção cervejeira para conferir um amargor moderado que se harmoniza com a doçura proveniente dos maltes, resultando em uma cerveja suave e agradável ao paladar. Além disso, sua presença na composição aromática da cerveja é percebida através de notas florais e herbais sutis, o que contribui para uma experiência sensorial mais refrescante. O lúpulo é adicionado aproximadamente no meio do processo de fervura, permitindo que seu aroma distintivo seja incorporado à cerveja.

No caso do Lúpulo Columbus, conhecido por suas características de lúpulo amargo com notas picantes e herbais, é utilizado como um agente de amargor. Devido ao seu perfil aromático específico, é adicionado no final da fervura para preservar o amargor desejado na cerveja. Esta adição tardia garante que as propriedades amargas sejam mantidas, uma vez que a preservação do amargor requer a inclusão do lúpulo próximo ao término do processo de fervura, evitando assim sua perda durante a produção da cerveja. As características específicas de cada lúpulo utilizado na formulação estão descritas no Quadro 10.

**Quadro 10 - Especificação técnica dos Lúpulos**

<b>Identificação</b>	
Nome: <b>Lúpulo Mittelfruh</b>	Nome: <b>Lúpulo Columbus</b>
<b>Descrição</b>	
O Mittelfruh é uma variedade tradicional de lúpulo alemão da espécie <i>Humulus lupulus</i> , característico por ser usado tanto para amargor quanto para aroma. Ele é considerado um dos lúpulos mais populares da Alemanha.	O lúpulo Columbus é uma variedade de lúpulo americano cultivado principalmente nos Estados Unidos da espécie <i>Humulus lupulus</i> . É conhecido por seu alto teor de alfa-ácidos, que lhe confere um amargor intenso e pungente.
<b>Apresentação</b>	
Os lúpulos serão recebidos em pacotes de 1kg. A embalagem do lúpulo deve ser nova, limpa e seca, de modo a não transmitir nenhum tipo de odor ou sabor estranho para o produto. A embalagem não deve apresentar danos que possam comprometer a qualidade do lúpulo, como rasgos, furos ou amassados, e deve ser resistente o suficiente para suportar o manuseio e o transporte sem que o lúpulo seja danificado. Além disso, a embalagem deve proteger o lúpulo da umidade, luz e oxigênio, que podem afetar a qualidade do produto.	
<b>Rotulagem</b>	
<p>As embalagens deverão ser rotuladas ou etiquetadas, em algum lugar de fácil visualização (de preferência em dois lados da embalagem, e de difícil remoção, contendo no mínimo as seguintes informações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Nome e endereço do fabricante, importador ou distribuidor;</li> <li>-Nome e tipo do produto (lúpulo em flor, lúpulo em pellets, lúpulo em extrato, etc.);</li> <li>-Peso líquido em quilogramas (kg) ou gramas (g);</li> <li>-Lote ou número de partida;</li> <li>-Data de produção ou validade;</li> <li>-País de origem do lúpulo;</li> <li>-Variedade do lúpulo;</li> <li>-Nível de alfa-ácidos (ou ácidos alfa) do lúpulo, que é uma medida da potência do lúpulo para amargor;</li> <li>-Potencial de aromatizantes do lúpulo, que é uma medida do potencial do lúpulo para sabor e aroma;</li> <li>-Perfil de sabor e aroma do lúpulo;</li> <li>-Instruções de armazenamento e conservação;</li> </ul>	
<b>Características Sensoriais</b>	

<b>Características Sensoriais</b>	
<p>Aroma floral; Notas herbais e terrosas; Aromas de especiarias e frutas cítricas; Baixa intensidade de amargor; Sabor suave e agradável; Possui traços de limão e laranja; Perfil de sabor equilibrado e delicado.</p>	<p>Aroma cítrico e resinoso; Notas de frutas tropicais e de caroço; Sabor amargo e picante; Possui um teor de óleo essencial alto, o que contribui para suas características sensoriais intensas; Também pode apresentar notas herbais e terrosas; Pode apresentar um aroma mais agressivo do que outros lúpulos americanos; Pode contribuir para um sabor mais seco e menos maltado na cerveja.</p>
<b>Características físico-químicas e microbiológicas</b>	
<p><b>Umidade:</b> 6,5% <b>Acidez Total:</b> 7,5% <b>Óleo Total:</b> 0,6 - 1,2 mL/100g <b>Alfa-Ácidos:</b> 3,5 - 5,5% <b>Beta-Ácidos:</b> 3,5 - 5,5% <b>*Cohumulona:</b> 22 - 27% <b>*Colupulona:</b> 32 - 37% <b>*Xanthohumul:</b> 1,2 - 2,0% <b>Solubilidade de Óleo:</b> 28 - 32%</p> <p><b>Características microbiológicas</b> <b>Contagem total de bactérias:</b> &lt; 10 UFC/g** <b>Contagem total de fungos:</b> &lt; 10 UFC/g <b>Contagem de Enterobactérias:</b> Ausente <b>Salmonella:</b> Ausente em 25g <b>E. Coli:</b> Ausência em 1g <b>Listeria monocytogenes:</b> Ausente em 25g</p>	<p><b>Umidade:</b> 8-10% <b>Acidez Total:</b> 5-10% <b>Óleo Total:</b> 1,5-4,5% <b>Alfa-Ácidos:</b> 14-18% <b>Beta-Ácidos:</b> 4,5-6% <b>*Cohumulona:</b> 37-42% <b>*Colupulona:</b> 17-23% <b>*Xanthohumul:</b> 0,3-0,6% <b>Solubilidade de Óleo:</b> 28-35%</p> <p><b>Características microbiológicas</b> <b>Contagem total de bactérias:</b> &lt; 100 UFC/g <b>Contagem total de fungos:</b> &lt; 100 UFC/g <b>Contagem de Enterobactérias:</b> Ausência <b>Salmonella:</b> Ausência em 25g <b>E. Coli:</b> Ausência em 1g <b>Listeria monocytogenes:</b> Ausência em 25g</p>
<b>Características Microscópicas</b>	

<b>Características Microscópicas</b>
A matéria-prima deve ser livre de sujidades, partes de insetos e isento quaisquer materiais estranhos. Ele não pode conter qualquer contaminação por fungos, bactérias ou outros microrganismos que possam afetar a qualidade da cerveja.
<b>Requisitos Gerais</b>
Para receber lúpulo na indústria de cerveja, é importante verificar se os requisitos gerais são atendidos, como a umidade, acidez total, óleo total, contagem de leveduras e bactérias, entre outros. É necessário armazenar o lúpulo em condições adequadas, como em câmaras frias, para preservar sua qualidade. Caso o lúpulo não atenda aos padrões definidos, ele será considerado fora do padrão e devolvido ao fornecedor.
<b>Armazenamento</b>
Armazenar os lúpulos em temperaturas frias e estáveis, preferencialmente entre 0°C e 5°C (não pode deixar que congele). Evite flutuações de temperatura ou armazenamento em temperaturas superiores a 10°C. Manter os lúpulos em um ambiente com baixa umidade, abaixo de 60%. Isso pode ser alcançado armazenando os lúpulos em sacos hermeticamente fechados, deve-se armazenar em um local escuro ou em recipientes opacos e evitar o contato dos lúpulos com o ar, pois pode oxidá-los e diminuir a qualidade. Deve-se utilizar os lúpulos o mais rápido possível após a abertura do pacote.
<b>Recepção</b>
O lúpulo deve ser proveniente de um fornecedor confiável e documentado, com todas as informações necessárias, como data de colheita, local de origem, variedade, certificações e análises.

**Fonte:** Autora (2023) (Weyermann, 2022)

*Notas: \*\*UFC/g: Unidade Formadora de Colônias por grama"*

*Notas: \*São Alfa-Ácidos derivados de resinas presentes no lúpulo, responsáveis por conferir o sabor amargo.*

## **Levedura**

As leveduras utilizadas para a produção de cerveja são divididas em duas espécies: as *Carlsbergensis* utilizadas em cervejas do tipo lager (baixa fermentação - fermentam em temperaturas baixas entre 5-15°C) e as *Cerevisiaes* utilizadas em cervejas do tipo Ale (alta fermentação- fermentam em temperaturas elevadas entre 15-25°C). (THAUMATURGO, alex., 2016)

A cepa de levedura comercial Safale K-97 possui alta atenuação, convertendo eficientemente os açúcares em álcool, o que pode resultar em uma cerveja com teor alcoólico

mais elevado. Ela é recomendada para fermentação em temperaturas mais altas, entre 15°C e 20°C, e tem boa capacidade de sedimentação. As características específicas da levedura utilizada na formulação estão descritas no Quadro 11.

**Quadro 11 - Especificação técnica da Levedura Safale k-97**

<b>Identificação</b>
Nome: <b>Safale K-97</b>
<b>Descrição</b>
A levedura Safale K-97 é uma cepa de origem alemã conhecida por suas características específicas. Ela é adequada para estilos de cerveja alemã, como Kölsch e Altbier, produzindo um perfil de sabor limpo e neutro, com notas sutis de frutas e ésteres.
<b>Apresentação</b>
No recebimento da levedura deve-se , certificar que a embalagem está nova, limpa e seca, sem qualquer odor ou sabor estranho que possa afetar a qualidade do fermento/levedura. Além disso, verifique a integridade da embalagem e se ela não apresenta danos que possam ter comprometido a qualidade do produto durante o transporte.  Verifique se a variedade e data de validade estão de acordo com o solicitado e armazene a levedura imediatamente em um local adequado, seguindo as instruções do fabricante. Também é importante lembrar que a levedura é um produto vivo e sensível à temperatura e umidade, portanto, é necessário seguir rigorosamente as instruções de armazenamento e manuseio fornecidas pelo fabricante para garantir a qualidade e eficácia do fermento/levedura e analisar se teve estes cuidados durante o transporte.
<b>Rotulagem</b>
As embalagens deverão ser rotuladas ou etiquetadas, em algum lugar de fácil visualização (de preferência em dois lados da embalagem, e de difícil remoção, contendo no mínimo as seguintes informações: -Nome e endereço do fabricante, importador ou distribuidor -Data de fabricação e validade -Variedade ou cepa da levedura/fermento -Instruções de armazenamento e conservação -Peso líquido ou volume da embalagem -Número de lote ou código de rastreabilidade -Identificação do tipo de produto (levedura/fermento para cerveja, por exemplo) -Possíveis alergênicos ou ingredientes adicionais presentes na formulação
<b>Características Sensoriais</b>

Continua

<b>Características Sensoriais</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Produz cervejas com perfil de sabor limpo e neutro, com notas frutadas e florais pronunciadas.</li> <li>-Contribui para um equilíbrio entre malte e lúpulo, resultando em um final de boca seco e amargo.</li> <li>-Pode apresentar sutis notas de frutas e ésteres de banana em segundo plano.</li> <li>-É adequada para estilos de cerveja alemã, como Kölsch e Altbier.</li> <li>-Possui alta atenuação, convertendo eficientemente os açúcares em álcool.</li> <li>-Recomendada para fermentação em temperaturas mais altas, geralmente entre 15°C e 20°C.</li> <li>-Apresenta boa capacidade de sedimentação, facilitando a clarificação da cerveja.</li> </ul>
<b>Características físico-químicas e microbiológicas</b>
<p><b>Temperatura ideal de fermentação:</b> 15-20°C</p> <p><b>Atenuação:</b> 80-84%</p> <p><b>Tolerância ao álcool:</b> Média a alta até 11% alcohol by volume (ABV)</p> <p><b>Tolerância ao pH:</b> Faixa de pH moderadamente ácida a neutra</p> <p><b>Viabilidade celular:</b> &gt;95%</p> <p><b>Tipo de cerveja recomendada:</b> Kölsch, Altbier e cervejas de trigo</p>
<b>Características Microscópicas</b>
<p><b>Formato:</b> esférico</p> <p><b>Tamanho:</b> 5 a 10 micrômetros de diâmetro</p> <p><b>Coloração:</b> geralmente incolor ou levemente amarelada</p> <p><b>Formação de colônias:</b> as colônias crescem rapidamente e apresentam um aspecto cremoso. As bordas das colônias são regulares e lisas. Essa característica é comumente observada em colônias de leveduras, onde a textura cremosa e as bordas regulares e lisas são indicativos do crescimento saudável da levedura.</p> <p><b>Formação de esporos:</b> não forma esporos</p> <p><b>Morfologia das células:</b> As células apresentam um aspecto liso e brilhante quando observadas ao microscópio. Isso significa que a superfície das células é relativamente uniforme e reflete luz, resultando em um aspecto brilhante.</p>
<b>Requisitos Gerais</b>
<p>É necessário verificar sua identidade, pureza e viabilidade. A levedura deve estar livre de contaminações e apresentar características físico-químicas e microbiológicas dentro dos limites estabelecidos. É importante também analisar as características sensoriais e a atividade enzimática da levedura. A embalagem deve estar em boas condições e apresentar informações sobre o tipo de levedura, data de fabricação e validade.</p>

Continua

<b>Armazenamento</b>
<p><b>Local fresco e seco:</b> A levedura deve ser armazenada em um local fresco e seco para garantir a estabilidade e a viabilidade celular. Temperaturas entre 2°C e 8°C são comumente recomendadas.</p> <p><b>Recipiente hermético e estéril:</b> É importante armazenar a levedura em um recipiente hermético e estéril para evitar contaminações microbiológicas. Isso ajuda a preservar a pureza da cultura e a evitar o crescimento indesejado de outras cepas de leveduras ou bactérias.</p> <p><b>Proteção contra luz e calor:</b> A levedura deve ser protegida contra a exposição excessiva à luz e ao calor. A luz intensa e o calor podem afetar a viabilidade celular e comprometer a qualidade da cultura. Portanto, é recomendável armazenar a levedura em um local escuro e longe de fontes de calor.</p> <p><b>Ativação antes do uso:</b> Antes de utilizar a levedura, é recomendável ativá-la em um meio de cultura estéril. Isso envolve criar um ambiente propício para o crescimento da levedura, permitindo que ela se reative e aumente sua viabilidade antes de ser adicionada ao mosto ou ao meio de fermentação.</p>
<b>Recepção</b>
<p>Para a recepção da levedura Safale k-97 na indústria de cerveja deve incluir e verificar se a levedura está dentro da data de validade e se há danos na embalagem. Além disso, é importante conferir se as informações sobre a levedura, como características físicas, microbiológicas e sensoriais, estão documentadas e se o fornecedor é confiável. É essencial que a levedura seja armazenada adequadamente em temperaturas recomendadas e que o processo de cultivo seja realizado com as técnicas corretas (as orientações de manuais de boas práticas de fabricação e que um profissional qualificado seja responsável pelo cultivo das leveduras).</p>

**Fonte:** Autora (2023) (BREWSHOP, 2023) (WEYERMANN®, 2022) (LAMAS BREW SHOP, 2023) (FERMENTIS, 2023) (LALLEMAND, 2020)

*\*Nota: A atenuação da levedura é um termo usado na produção de cerveja para descrever a capacidade das leveduras de consumir os açúcares fermentáveis presentes no mosto e converter esses açúcares em álcool e dióxido de carbono durante o processo de fermentação.*

### **Embalagem Primária**

A embalagem primária tem papel crucial e fundamental para a preservação da qualidade sensorial e físico-química da cerveja, atuando como uma barreira contra fatores extrínsecos como, luz, umidade e oxigênio. A utilização de garrafas de vidro âmbar na indústria cervejeira é amplamente adotada, pelo fato de que este material tem alta eficiência em proteção luminosa, especialmente na faixa de ultravioleta, a qual pode desencadear reações fotoquímicas indesejáveis para a cerveja, como a formação do “lightstruck flavor”(BAMFORTH, 2009). As características específicas da embalagem primária utilizada estão descritas no Quadro 12.

**Quadro 12 - Especificação da Embalagem Primária tipo Long Neck**

<b>Identificação do produto</b>
<b>Nome:</b> Long Neck
<b>Descrição do produto</b>
As especificações da garrafa long neck de 335ml são: <b>Gargalo:</b> Rosca 28mm <b>Cores:</b> Âmbar <b>Capacidade Total:</b> 355 ml <b>Capacidade Útil:</b> 330 ml <b>Peso:</b> Aproximadamente 190g <b>Altura:</b> 227mm <b>Diâmetro:</b> 61mm
<b>Composição do produto</b>
Vidro Âmbar
<b>Apresentação</b>
<b>Rotulagem</b>
A rotulagem da cerveja long neck deve conter as seguintes informações obrigatórias, de acordo com a legislação brasileira: <b>Nome do produto:</b> o nome da cerveja ou a marca sob a qual ela será comercializada. <b>Lista de ingredientes:</b> todos os ingredientes utilizados na fabricação da sua cerveja, em ordem decrescente de quantidade. <b>Identificação do lote:</b> número de identificação do lote de fabricação da cerveja. <b>Data de validade:</b> data até a qual a cerveja pode ser consumida com segurança. <b>Teor alcoólico:</b> teor de álcool da sua cerveja, expresso em graus alcoólicos ou em porcentagem (%). <b>Volume da embalagem:</b> volume total da sua cerveja, expresso em mililitros (ml). <b>Nome e endereço do fabricante:</b> nome e endereço da empresa responsável pela fabricação da sua cerveja. <b>Contato do SAC</b> Registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA): número de registro da sua empresa junto ao MAPA. Além dessas informações, é importante ressaltar a colocação da história da nossa marca no rótulo da cerveja (marketing de produto).
<b>Armazenamento</b>

<b>Armazenamento</b>
<p>As embalagens long neck devem ser armazenadas em um local limpo e seco, com temperatura controlada e livre de vibrações e choques. Recomenda-se que as embalagens sejam armazenadas na posição vertical, em estruturas de armazenamento adequadas, que garantam a estabilidade e a integridade das garrafas.</p> <p>É importante evitar a exposição direta das embalagens à luz solar, pois a luz pode acelerar a degradação dos componentes da cerveja e alterar o sabor e aroma da bebida. Além disso, as embalagens devem ser mantidas afastadas de fontes de calor e de produtos químicos que possam danificá-las ou contaminar a cerveja.</p> <p>Também é recomendado que as embalagens long neck sejam manuseadas com cuidado, evitando quedas, choques e vibrações excessivas, para evitar que as garrafas se quebrem e causem danos à embalagem e ao produto. O armazenamento adequado das embalagens long neck é fundamental para preservar a qualidade da cerveja e garantir a satisfação dos consumidores.</p>
<b>Recomendações durante o manuseio</b>
<p>Antes do envase, é importante que as garrafas long neck sejam higienizadas e sanitizadas para garantir a qualidade e a segurança da cerveja. O processo de sanitização será realizado com um produto químico específico, ácido peracético, que é um sanitizante amplamente utilizado na indústria cervejeira.</p> <p>Durante o manuseio das garrafas antes e depois do envase, é importante que os funcionários utilizem equipamentos de proteção individual (EPIs) adequados, como luvas e máscaras, para evitar a contaminação das garrafas e da cerveja. As garrafas também devem ser manuseadas com cuidado para evitar quebras e danos à embalagem.</p> <p>É importante que as garrafas sejam transportadas e armazenadas na posição vertical, em um ambiente limpo e seco, com temperatura controlada e livre de vibrações e choques. Além disso, é recomendado que as garrafas sejam protegidas da luz solar para evitar a oxidação da cerveja.</p>

**Fonte:** Autora (2023) (Vidroporto, 2023)

### **Embalagem Secundária**

A embalagem secundária também tem papel fundamental para a indústria de alimentos, sobretudo a indústria cervejeira, ela desempenha a função de proteção, armazenamento e logística, assegurando a integridade das embalagens primárias. A utilização de packs de papelão ondulado é amplamente adotada devido a sua resistência mecânica e leveza, além disso, é uma alternativa sustentável visto que o papelão apresenta alta taxa de reciclabilidade e é proveniente de fontes renováveis (MARSH; BUGUSU, 2007). As características específicas da embalagem secundária utilizada estão descritas no Quadro 13.

**Quadro 13 - Especificação da Embalagem Secundária - Pack**

<b>Identificação do produto</b>
<b>Nome:</b> Caixa de papelão, embalagem secundária.
<b>Descrição do produto</b>
<p><b>Altura:</b> aproximadamente 19 cm</p> <p><b>Largura:</b> aproximadamente 20,5 cm</p> <p><b>Comprimento:</b> aproximadamente 28 cm</p> <p><b>Quantidade de produto/pack:</b> 6 garrafas - 355ml cada</p> <p><b>Gramatura/espessura da embalagem secundária:</b> 275 a 300g/m<sup>2</sup></p>
<b>Composição do produto</b>
Papelão ondulado, com 6 a 8mm de espessura. Além disso, a embalagem secundária pode incluir tintas e adesivos específicos da marca, para garantir a integridade do produto e a proteção contra umidade e danos físicos.
<b>Apresentação</b>
<b>Rotulagem</b>
<p>Marca e nome do produto</p> <p>Quantidade de unidades na embalagem (6)</p> <p>Volume de cada unidade (335 ml)</p> <p>Informações nutricionais e de ingredientes (opcional)</p> <p>Dados do fabricante (nome, endereço e CNPJ)</p> <p>Informações de armazenamento (manter em local fresco, seco e arejado)</p> <p>Data de fabricação e prazo de validade</p> <p>Código de barras para leitura em caixa registradora</p> <p>Símbolos de reciclagem e outras informações ambientais</p>
<b>Armazenamento</b>
<p><b>Armazenar em local seco e arejado:</b> O local de armazenamento deve ser seco e livre de umidade, para evitar que a embalagem se deteriore.</p> <p><b>Proteger da exposição solar:</b> A exposição solar direta pode causar descoloração e desgaste da embalagem, por isso é importante mantê-la protegida da luz solar.</p> <p><b>Evitar contato com substâncias químicas:</b> A embalagem de papelão pode ser afetada por substâncias químicas, como produtos de limpeza ou solventes, por isso é importante mantê-la afastada desses materiais.</p> <p><b>Empilhar corretamente:</b> Ao empilhar as embalagens, é importante fazê-lo de forma adequada, evitando colocar peso excessivo sobre a parte inferior das caixas e mantendo uma base sólida e nivelada.</p> <p><b>Verificar a umidade:</b> É importante verificar periodicamente a umidade do local de armazenamento e das próprias embalagens, para garantir que não haja proliferação de fungos ou bactérias.</p>
<b>Recomendações durante o manuseio</b>

<b>Recomendações durante o manuseio</b>
Utilizar equipamentos de proteção individual (EPIs), como luvas e sapatos de segurança, para evitar cortes e lesões durante o manuseio.
Evitar empilhar as caixas de papelão em alturas elevadas ou acima do peso máximo recomendado pelo fabricante, para prevenir possíveis quedas e danos.
Armazenar as caixas em locais limpos, secos e bem ventilados, longe de fontes de umidade, luz solar direta e temperaturas extremas.
Utilizar carrinhos ou empilhadeiras apropriados para o transporte das caixas, evitando movimentações bruscas ou impactos que possam danificar a embalagem e o produto.
Não arrastar ou jogar as caixas durante o manuseio, para evitar rasgos e danos à estrutura da embalagem.
Verificar as condições da embalagem antes de manuseá-la, identificando possíveis danos ou violações que possam comprometer a integridade do produto embalado.

**Fonte:** Autora (2023) (HEINEKEN, 2023)

### **Embalagem Terciária**

A embalagem terciária é fundamental para a consolidação e estabilização das cargas durante o transporte e armazenamento. O uso de película stretch (polietileno de baixa densidade) para o envolvimento de pellets contendo os packs de cerveja é amplamente utilizado, conferindo uma estabilidade mecânica através da aplicação de tensão controlada. É de fácil aplicação e otimiza o transporte, garantindo uma eficiência logística. As características específicas da embalagem terciária utilizada estão descritas no Quadro 14.

#### **Quadro 14 - Especificação da Embalagem terciária - Stretch**

<b>Identificação do produto</b>
<b>Nome:</b> Filme/película Stretch
<b>Descrição do produto</b>
Filme plástico extensível utilizado para unitização de cargas paletizadas, garantindo estabilidade, proteção contra poeira, umidade e redução de avarias durante transporte e armazenamento. Apresentado em bobinas (rolos), entre 300-500mm de comprimento e espessura de 12 - 30 µm.
<b>Composição do produto</b>
Polietileno de baixa densidade linear (PEBDL-LLDPE), podendo conter aditivos como plastificantes, antioxidantes e agentes aderentes (tackifiers) para melhorar a elasticidade e aderência entre camadas.

<b>Apresentação</b>
<b><i>Rotulagem</i></b>
Marca e nome do produto Tamanho da unidade (bobinas) Dados do fabricante (nome, endereço e CNPJ) Informações de armazenamento (manter em local fresco, seco e arejado) Data de fabricação e prazo de validade Código de barras para leitura em caixa registradora Símbolos de reciclagem e outras informações ambientais
<b>Armazenamento</b>
Deve ser mantido em local seco, protegido da luz solar direta e de fontes de calor, em temperaturas moderadas (preferencialmente entre 15–30 °C), para evitar degradação do material e perda de propriedades mecânicas
<b>Recomendações durante o manuseio</b>
Recomenda-se aplicação com tensão controlada para garantir a estabilidade da carga sem causar deformações nas embalagens, podendo ser aplicado manualmente ou por envolvedoras automáticas. Evitar perfurações e contato com superfícies cortantes durante o uso.

**Fonte:** Autora (2023) (MARSH; BUGUSU, 2007).

## **Sanitizante**

O sistema de limpeza e sanitização dos equipamentos será por meio do CIP. O CIP (Clean-in-Place) é um processo de limpeza automatizado utilizado na indústria cervejeira para limpar e desinfetar equipamentos, tubulações e recipientes sem precisar desmontá-los. Primeiro ocorrerá uma preparação antes de começar a limpeza, retirando todos os resíduos sólidos e líquidos restantes em montante para iniciar a etapa de pré lavagem (Segunda Etapa), com água quente (aproximadamente 50-60°C), para remover os resíduos soltos e diminuir a carga orgânica.

Na terceira etapa será aplicado um detergente alcalino comercial (Powdered Brewery Wash), que possui uma mistura de agentes alcalinos, surfactantes e agentes de fluxo para remover resíduos de proteínas, gorduras e carboidratos. Então, o detergente será enxaguado com água de reuso. Por fim, será aplicado o sanitizante. O sanitizante utilizado será o ácido peracético. O ácido peracético é altamente eficaz na eliminação de bactérias, fungos, leveduras e outros microrganismos que possam contaminar a cerveja durante o processo de produção.

Além disso, o ácido peracético é relativamente seguro para uso em equipamentos de produção de cerveja e não deixa resíduos tóxicos, o que o torna uma escolha popular. E por fim, ocorre o último enxágue de todas as superfícies com água quente (aproximadamente 70-80°C) para remover qualquer resíduo do sanitizante. O CIP ocorre apenas uma vez ao dia, independentemente da quantidade de turnos, as especificações dos sanitizantes estão presentes no quadro 15.

**Quadro 15** - Especificação dos Sanitizante

<b>Identificação dos produtos</b>	
<b>Nome:</b> Ácido Peracético - concentração de 1,0 a 2,0% em solução com água.	<b>Nome:</b> Powdered Brewery Wash (PBW) 0,5% a 1,5%
<b>Descrição do produto</b>	
<b>Nome do produto:</b> Ácido peracético (PAA) <b>Fórmula química:</b> C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>3</sub> <b>Sinônimos:</b> Peróxido de ácido acético, peróxido de perácido <b>CAS:</b> 79-21-0 <b>ONU:</b> 3105	<b>Nome do produto:</b> Detergente alcalino em pó, tamponado.
<b>Composição do produto</b>	
Ácido acético e Peróxido de Hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	Mistura de álcalis suaves, agentes tamponantes e compostos liberadores de oxigênio ativo
<b>Características do Produto</b>	
<i>Físico-Química</i>	
<b>Estado Físico:</b> Líquido. <b>Cor:</b> Incolor. <b>Odor:</b> O PAA tem um odor forte e característico, semelhante ao cheiro de vinagre ou ácido acético. <b>Ponto de Ebulição:</b> O ponto de ebulição do ácido peracético está entre 104 a 105 °C. <b>pH:</b> O ácido peracético é altamente ácido, com um pH típico de cerca de 2 a 3 em solução aquosa. <b>Densidade:</b> A densidade do PAA varia de acordo com a concentração e a temperatura, mas geralmente está entre 1,10 a 1,25 g/mL.	<b>Estado físico:</b> Sólido <b>Cor:</b> branca <b>Odor:</b> não contém fragrância (odor muito leve de produto alcalino). <b>pH:</b> alcalino > 10 <b>Concentração de uso:</b> 0,5 - 1,5% (dependendo do nível de sujidade)
<b>Apresentação</b>	

Continua

<b>Apresentação</b>	
Bombonas de 35kg	Pó (embalagens de 1kg a tambores industriais de 20kg)
<b>Embalagem</b>	
<p>Na embalagem do produto deve conter:</p> <p>Nome do produto</p> <p>Nome e endereço do fabricante ou distribuidor responsável pelo produto</p> <p>Instruções de uso</p> <p>Concentração do produto e/ou recomendação de dosagem</p> <p>Número de registro do produto junto à ANVISA, se aplicável.</p> <p>Data de fabricação e validade do produto.</p> <p>Instruções de uso e manuseio, incluindo precauções de segurança e equipamentos de proteção individual (EPIs) recomendados.</p> <p>Advertências sobre os riscos associados ao manuseio e uso do produto, tais como irritação na pele, olhos e vias respiratórias, risco de corrosão e risco de incêndio ou explosão.</p> <p>Identificação dos ingredientes perigosos presentes na formulação, caso haja.</p>	
<b>Armazenamento</b>	
<p>O armazenamento do ácido peracético deve ser feito de acordo com as boas práticas de armazenamento de produtos químicos. como:</p> <p><b>Local de armazenamento:</b> O local de armazenamento do ácido peracético deve ser seco, bem ventilado e protegido contra a luz solar direta, calor excessivo e umidade. A área deve ser segura e isolada, de preferência com acesso restrito a pessoas não autorizadas.</p> <p><b>Temperatura:</b> O ácido peracético é sensível à temperatura e deve ser armazenado em temperatura ambiente, geralmente entre 15 e 25°C. Temperaturas abaixo de 0°C podem levar à cristalização e perda de eficácia do produto.</p> <p><b>Embalagem:</b> O PAA é normalmente comercializado em embalagens plásticas, de aço inoxidável ou barris de polietileno de alta densidade (HDPE) com tampa rosqueável. Certifique-se de que as embalagens estejam limpas, secas e em bom estado de</p>	<p>Manter em local seco, fresco e ventilado, com a embalagem bem fechada</p>

<p>conservação antes de armazenar o produto.</p> <p><b>Armazenamento separado:</b> O ácido peracético deve ser armazenado separadamente de outros produtos químicos, especialmente álcalis, agentes redutores, metais e materiais orgânicos, para evitar reações químicas perigosas.</p> <p><b>Identificação:</b> Todos os recipientes de ácido peracético devem ser rotulados claramente com a identificação do produto, concentração, data de fabricação e validade, número de lote, além de instruções de uso e precauções de segurança.</p> <p><b>Contenção de derramamentos:</b> Em caso de vazamento ou derramamento de ácido peracético, é importante que sua indústria tenha um plano de contingência para conter e neutralizar o produto. O uso de equipamentos de proteção individual, como óculos de segurança, luvas e aventais de PVC, é recomendado para lidar com o ácido peracético.</p> <p><b>Inspeção periódica:</b> É recomendável que os recipientes de ácido peracético sejam inspecionados periodicamente para garantir que não haja vazamentos ou deterioração da embalagem. Se algum sinal de problema for encontrado, o produto deve ser descartado imediatamente.</p>	
<b>Recomendações durante o manuseio</b>	
<p>Durante o manuseio do ácido peracético e do detergente alcalino é importante seguir as seguintes recomendações de segurança:</p> <p><b>Use equipamento de proteção individual (EPI):</b> É essencial o uso de equipamentos de proteção individual, como luvas de borracha, óculos de segurança e aventais de PVC. <b>Manuseio em ambiente ventilado:</b> O manuseio deve ser feito em um ambiente bem ventilado para evitar a inalação de vapores. Se necessário, use um respirador de proteção adequado.</p> <p><b>Evite contato com outros produtos químicos:</b> O ácido peracético é um oxidante forte e pode reagir violentamente com outros produtos químicos. Evite o contato com álcalis (detergente alcalino), agentes redutores, metais e materiais orgânicos.</p> <p><b>Siga as instruções do fabricante:</b> Certifique-se de ler e entender as instruções do fabricante antes de manusear o ácido peracético. Siga as orientações de diluição, tempo de contato e uso de EPIs recomendados.</p> <p><b>Armazene corretamente:</b> Armazene o ácido peracético em local fresco, seco e bem ventilado, afastado de</p>	

<b>Recomendações durante o manuseio</b>
---

outras substâncias químicas incompatíveis. Mantenha os recipientes bem fechados e rotulados com as informações necessárias.

**Lave as mãos após o manuseio:** Após o manuseio do ácido peracético, lave as mãos com água e sabão. Se houver contato com a pele, lave a área afetada com água corrente em abundância.

**Descarte corretamente:** O ácido peracético deve ser descartado de acordo com as regulamentações locais e federais. Não descarte o produto em esgotos, rios ou no solo, pois pode causar danos ao meio ambiente.

**Fonte:** Autora (2023) (ALPHATEC, 2012)(FIVE STAR CHEMICALS, 2026).

### 4.3 Especificação do processo

#### 4.3.1 Plano de produção

O plano de produção é uma peça fundamental no âmbito da gestão empresarial, representando um documento estratégico que delinea as atividades necessárias para atingir metas de produção e satisfazer a demanda do mercado de forma eficiente. Ele engloba detalhes sobre os recursos necessários, cronogramas, processos de fabricação, capacidade de produção, distribuição e outros aspectos operacionais essenciais para o funcionamento da empresa. O objetivo principal deste plano é garantir a produção do produto de alta qualidade, no momento certo e ao menor custo possível. Por meio do planejamento cuidadoso e da execução eficaz do plano de produção, as organizações podem otimizar seus recursos, minimizar desperdícios e melhorar a eficiência operacional, resultando em um aumento da competitividade no mercado (CRUZ; MESQUITA, 2018). Neste contexto, o plano de produção desempenha um papel central na estratégia global de uma empresa, permitindo uma produção contínua e bem-sucedida que atenda às necessidades dos clientes e alcance os objetivos organizacionais.

Conforme apresentado no item **4.6 PROJEÇÕES**, foi calculada uma taxa de crescimento anual na produção de cerveja de 0,02%. Projetando essa taxa para os próximos 10 anos, a produção de cerveja no Brasil é estimada atingir 18,14 bilhões de litros em 2035. Nesse cenário, nossa participação de mercado será de 0,05%, resultando em uma produção anual de 9.072.222,22 litros no ano de 2035.

#### 4.3.2 Ritmo de produção

O ritmo de produção é um indicador crucial nas operações industriais, determinando a quantidade de bens ou serviços que uma empresa pode produzir em um determinado período

de tempo. Trata-se de um aspecto fundamental para as organizações, pois está diretamente relacionado à sua capacidade de atender à demanda do mercado de maneira eficaz e oportuna. O ritmo de produção não apenas influencia a produtividade, mas também afeta diretamente a eficiência, os custos operacionais e a qualidade dos produtos finais. Portanto, compreender e ajustar o ritmo de produção de acordo com as necessidades do mercado e as capacidades internas é essencial para o sucesso e a competitividade das organizações na indústria moderna. (CARDOZA; CARPINETTI, 2005; SOUZA et al., 2018). Levando em consideração os dados estimados para 2035, 18,14 bilhões de litros de cerveja e considerando 12% de paradas para manutenção corretiva e preventiva (SILVA, 2019), a indústria funcionará 320 dias/ano observa-se as seguintes produções anuais, mensais, diárias e por hora.

*12% paradas → funcionamento 88%*

*Em um ano:*

*Quantidade de dias no ano x funcionamento no anos*

$$365 \text{ dias} \times 0,88 = 320 \text{ dias}$$

*Produção anual*

*Volume de produção anual = 18.144.444.444,44 bilhões de litros x 0,05% (market share)*

*Volume de produção anual = 18.144.444.444,44 bilhões de litros x 0,0005 (market share)*

*Volume de produção anual = 9.072.222,22 de litros*

*Considerando as perdas pós produção, como transporte e armazenamento, temos:*

*Volume de produção anual + perdas = 9.072.222,22 de litros + 5% (perdas)*

*Perdas = 0,05 × 9.072.222,22 de litros de cerveja*

*Perdas = 453.611,11 de litros de cerveja*

*Volume de produção anual + perdas = 9.072.222,22 de litros de cerveja*

*+ 453.611,11 de litros de cerveja*

*Volume de produção anual + perdas = 9.525.833,33 de litros de cerveja*

*Produção anual: 9.525.833,33 de litros de cerveja/ano*

*Produção mensal*

*9.525.833,33 de litro/ano × 1(ano/ 12 meses) = 793.819,44 de litros de cerveja/ mês*

*Produção mensal: 793.819,44 de litros de cerveja/mês*

Produção diária

Considerando que a indústria funcionará 7 vezes na semana com 2 turnos (12h/dia):

$$793.819,44 \text{ de litros/mês} \times (1 \text{ mês} / 30 \text{ dias}) = 26.460,65 \text{ de litros de cerveja / dia}$$

Produção por hora

$$\begin{aligned} & 26.460,65 \text{ de litros de cerveja / dia} \times (1 \text{ dia} / 12 \text{ horas}) = \\ & 2.205,05 \text{ de litros de cerveja/hora} \end{aligned}$$

Logo, teremos que produzir por hora 2.205 litros de cerveja,. Esses valores serão utilizados para os cálculos de balanço de massa.

### 4.3.3 Balanço de massa

O balanço de massa é um dos princípios fundamentais da engenharia de alimentos e das operações unitárias, sendo baseado na lei da conservação da massa, expressa pela fórmula 3, podendo ser simplificada para a fórmula 4, a qual estabelece que a massa não pode ser criada nem destruída, apenas transformada ao longo de um processo (FOUST et al., 1982). Esse conceito é amplamente utilizado para quantificar fluxos de entrada e saída em sistemas industriais, permitindo o controle, dimensionamento e otimização de processos produtivos (CUNHA, 2013). Na indústria de alimentos, o balanço de massa é aplicado em diversas etapas produtivas, como mistura, separação, evaporação e fermentação, possibilitando determinar a quantidade de matéria-prima necessária, perdas de processo e rendimento final (TADINI et al., 2016).

$$\Sigma_{Acúmulo} = \Sigma_{Entrada} - \Sigma_{Saída} + \Sigma_{Geração} - \Sigma_{Consumo} \quad (3)$$

$$\Sigma_{Entrada} - \Sigma_{Saída} = 0 \quad (4)$$

Os seguintes cálculos foram feitos baseados em conceitos vistos na disciplina de Operações Unitárias 1 e 2.

Dessa forma, partindo da informação adquirida através do item **4.5.2 RITMO DE PRODUÇÃO**, temos que o volume de cerveja produzido por hora (V) de é de 2.205,05 L/h.

Thaumaturgo (2016), apresenta uma equação simplificada para o cálculo da quantidade de malte necessária na produção de cerveja (Equação 5), em que leva-se em consideração os valores de densidade original (OG) e densidade final (FG) do estilo de cerveja desejada.

A densidade original refere-se a densidade específica (em relação a água) do mosto no início da fermentação, ou seja, representa a concentração de açúcares oriundos dos maltes antes da fermentação. Já a densidade final é densidade específica (em relação a água) do mosto no final da fermentação, ou seja, representa a concentração de açúcares oriundos dos maltes depois da fermentação, estes valores são tabelados, sendo específico para cada estilo de cerveja produzido. Para a cerveja kolsch a sua OG varia entre 1.044 - 1.050, e sua FG varia de 1.007 - 1.011 (BJCP, 2021).

Portanto, considerando OG como 1.047 e FG como 1.009, temos que o peso total de malte  $P_{TM}$  será dado por:

$$P_{TM} = 5 \cdot V \cdot (OG - FG) \quad (5)$$

$$P_{TM} = 5 \cdot 2.205,05 \cdot (1,047 - 1,009)$$

$$P_{TM} = 418,95 \text{ kg/h de malte}$$

### **Moagem:**

Neste processo ocorre a trituração do malte com o objetivo de aumentar sua área de contato, facilitando a extração dos açúcares fermentáveis. Conforme calculado anteriormente, para a produção de 2.205,05 L de cerveja por hora, é necessário 418,95 kg de malte.

Levando em consideração o estilo da cerveja, BJCP (2021) apresenta os ingredientes utilizados para a kolsch, permitindo a incorporação de maltes alemães (pilsen, pils e/ou vienna), e ocasionalmente à utilização de malte de trigo em pequenas quantidades, assim temos que destes 418,95 kg/h dividem-se os 3 maltes utilizados na proporção de:

$$70\% \text{ de malte pilsen} = 293,26 \text{ kg/h}$$

$$23\% \text{ de malte vienna} = 96,36 \text{ kg/h}$$

$$7\% \text{ de malte de trigo} = 29,32 \text{ kg/h}$$

Para Sammi Junior et al. (2019), a perda no processo de moagem chega a 1% da massa total do malte alimentado devido a aderência nos equipamentos. Sendo assim, o cálculo de vazão de perda ( $P_{01}$ ) foi realizado utilizando a equação 6.

$$P_{01} = 0,01 \cdot M_{malte01} \quad (6)$$

$$P_{01} = 0,01 \cdot 418,95 \text{ kg/h} \rightarrow P_{01} = 4,1895 \text{ kg/h}$$

Sendo assim, a vazão de saída é dado pela equação 7:

$$m_{S01} = P_{TM} - P_{01} \quad (7)$$

$$m_{S01} = 418,95 \text{ kg/h} - 4,1895 \text{ kg/h} \rightarrow m_{S01} = 414,76 \text{ kg/h}$$

O quadro 16 apresenta um resumo das correntes do processo de moagem.

**Quadro 16** - Balanço de material na etapa de moagem da cerveja estilo Kölsch

Corrente	PTM (Entrada)	MS01 (saida)	P01 (Perda)
Temperatura (°C)	25	25	25
Vazão(kg/h)	418,95	414,76	4,1895
Vazão(kg/12h)	5.027,40	4.977,48	50,274

Fonte: Autora (2026)

### Mosturação

Neste processo, ocorre a cocção do malte em água, resultando na conversão dos amidos presentes no malte em glicose (açúcar). Para garantir uma quantidade de água suficiente para a quantidade de malte é utilizado uma proporção de 1 : 2,5 de malte e água, ou seja, para cada quilo de malte, é utilizado 2,5 quilos de água, sendo assim, para a etapa de mosturação, a quantidade de água adicionada é dada pela equação 8 (SAMMI JUNIOR et al, 2019).

$$m_{\text{água Inicial}} = 2,5 \cdot M_{\text{malteS01}} \quad (8)$$

$$m_{\text{água Inicial}} = 2,5 \cdot 414,76 \text{ kg/h} \rightarrow m_{\text{água Inicial}} = 1.036,9 \text{ kg/h}$$

Para obter o valor de volume de água em litros (L), utilizamos a fórmula para densidade, formada pela equação (9):

Considerando que a água está entrando a 25°C, temos que a densidade da mesma é de 997 kg/m<sup>3</sup> (OPENSTAX, 2020)

$$\rho = \frac{m_{\text{água}}}{V} \quad (9)$$

$$997 \text{ kg/m}^3 = \frac{1.036,9 \text{ kg/h}}{V_{\text{água}}}$$

$$V_{\text{água inicial}} = 104020 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow V_{\text{água inicial}} = 1.040,02 \text{ L/h}$$

Para o balanço de massa foi utilizado o valor da massa de água ( $m_{\text{água Inicial}}$ ) kg/h.

Portanto, temos que, a vazão de saída será dado pela equação 10:

$$M_{S02} = M_{S01} + M_{\text{água inicial}} \quad (10)$$

$$M_{S02} = 414,76 \text{ kg/h} + 1.036,9 \text{ kg/h} \rightarrow M_{S02} = 1.451,66 \text{ kg/h}$$

Considerando que a quantidade de perdas do mosto para a evaporação no processo de brassagem é pequena em comparação com a vazão de água que entra, podemos desprezar essa corrente.

O quadro 17 apresenta um resumo das correntes do processo de mosturação.

**Quadro 17** - Balanço de material na etapa de mosturação da cerveja estilo Kölsch

Corrente	$M_{\text{malteS01}}$ (entrada)	$M_{S02}$ (saída)	P01 (Perda)
Temperatura (°C)	25	65	-
Vazão(kg/h)	414,76	1.451,66	-
Vazão(kg/12h)	4.977,48	17.419,92	-

Fonte: Autora ( 2026)

### Filtragem

Nesta etapa ocorre a separação da parte sólida do malte da parte líquida resultante da cocção, denominada mosto. Essa mistura passa por filtros do tipo placa para que se torne totalmente homogêneo. Sobre a camada de torta (sedimentos retidos no filtro) é realizada a lavagem do mosto com água quente ( $V_L$ ), para que haja maior eficiência na retirada dos açúcares presentes, além da sua clarificação prévia a partir da remoção de partículas indesejáveis.

Para isto, usaremos a equação 11 para descrever o volume de água necessário para a lavagem.

$$V_L = (\text{volume total}) + V_E + V_{AG} - V_{\text{água inicial}} \quad (11)$$

Antes de calcularmos de fato o volume de água para a lavagem dos grão, Thaumaturgo (2016) apresenta que os cereais possuem naturalmente uma umidade intrínseca, mas quando submerso em água na fase de mosturação eles absorvem a mesma até sua saturação (80% do seu peso), ou seja, essa água absorvida deve ser considerada como uma perda do volume inicial quando for realizada a filtração, pois essa água absorvida permanece no interior do grão. Para determinar o volume de água absorvido ( $V_{AG}$ ) temos a seguinte equação 11 para determiná-la:

$$V_{AG} = 0,8 \cdot (M_{malteS01}) \quad (11)$$

$$V_{AG} = 0,8 \cdot (414,76 \text{ kg/h})$$

$$V_{AG} = 330,81 \text{ kg/h}$$

Também se faz necessário prever o volume de água evaporado na etapa fervura  $V_E$  (próximo processo), expresso na equação 12 para determinar o volume total de mosto necessário para realizar as próximas etapas (THAUMATURGO, Alex; 2016). Para tal, será considerado o volume final desejado da cerveja, 2.205,05 L/h, e o tempo da etapa de fervura.

$$V_E = 0,1 \cdot (\text{volume}_{Final}) \cdot (\text{tempo em horas}) \quad (12)$$

$$V_E = 0,1 \cdot 2.205,05 \text{ L} \cdot 1,30\text{h}$$

Considerando que a densidade final (FG) da cerveja é de 1,009, podemos converter 2.205,05 L para kg, a fim de padronizar as unidades de medida.

$$\text{Portanto: } \text{volume}_{Final} = 2.224,90 \text{ kg}$$

Retomando a equação 12, temos:

$$V_E = 0,1 \cdot 2.224,90 \text{ kg} \cdot 1,30\text{h}$$

$$V_E = 291,577 \text{ kg/h}$$

Retornado a equação 11, agora podemos calcular o volume de água necessário para realizar a lavagem dos grãos ( $V_L$ ) e posteriormente seguir para a etapa de fervura (próxima etapa):

$$V_L = (\text{volume final}) + V_E + V_{AG} - V_{\text{água inicial}} \quad (11)$$

Nesta etapa, para padronizar as unidades de medida, será considerado o volume de água inicial ( $V_{\text{água inicial}}$ ) em kg/h expresso na equação 9.

$$V_L = 2.224,90 \text{ kg} + 291,577 \text{ kg/h} + 330,81 \text{ kg/h} - 1.036,9 \text{ kg/h}$$

$$V_L = 1.828,387 \text{ kg/h}$$

Portanto, realizando a filtração, temos que o volume do mosto para seguir para a fervura ( $V_M$ ) se dará pela fórmula 12.

$$(V_M) = M_{S02} + V_L - (V_{AG} + M_{malteS01}) \quad (12)$$

$$(V_M) = 1.451,6 \text{ kg/h} + 1.828,387 \text{ kg/h} - (330,81 \text{ kg/h} + 414,76 \text{ kg/L})$$

$$(V_M) = 2.534,417 \text{ kg/h}$$

Considerando perdas de 1% na equação 13:

$$P_{02} = (V_M) \cdot 0,01 \quad (13)$$

$$P_{02} = 25,34417 \text{ kg/h}$$

Ou seja, o volume de saída do mosto ( $M_{S03}$ ) para a fervura é expresso pela equação 14

$$M_{S03} = V_M - P_{02} \quad (14)$$

$$M_{S03} = 2.534,417 \text{ kg/h} - 25,34417 \text{ kg/h}$$

$$M_{S03} = 2.509,07 \text{ kg/h}$$

O quadro 18 apresenta um resumo das correntes do processo de filtração.

**Quadro 18** - Balanço de material na etapa de filtração da cerveja estilo Kölsch

Corrente	$M_{S02}$ (entrada)	$V_L$ (entrada)	$V_{AG}$ (retido)	$M_{malteS01}$ (retido)	$M_{S03}$ (saída)	P02 (Perda)
Temperatura (°C)	65	25	65	65	65	-
Vazão(kg/h)	1.451,66	1.828,387	330,81	414,76	2.509,07	25,34417
Vazão(kg/12h)	17.419,92	21.940,64	3.969,72	4.977,12	30.108,84	

Fonte: Autora (2026)

### Fervura e whirlpool

Após a filtragem, inicia-se a fervura, que tem diversos objetivos: a esterilização do mosto, promover coagulação de proteínas e formação de *trub* (material sólido, composto por proteínas coaguladas, polifenóis, resíduos de lúpulo e outros compostos precipitados durante o processo de fervura), eliminar compostos indesejáveis e, por fim, a adição dos lúpulos escolhidos, seguindo a regra da rampa de temperatura. No mesmo equipamento acontece a centrifugação pelo método de whirlpool, no qual consiste em submeter o mosto a uma rotação

controlada, com a finalidade de criar forças centrífugas para promover a separação de partículas suspensas para o centro da tina. (THAUMATURGO, Alex; 2016).

A lupulagem durante a fervura é um método mais comum e utilizado na indústria de cervejas, ela pode ocorrer entre 30, 60 ou 90 minutos finais do tempo do processo de fervura total, sendo a uma temperatura próxima ou igual a 100°C. Também é possível encontrar na literatura o termo *Late Hopping*, onde se tem a adição da maior parte ou a totalidade da quantidade de lúpulo nos últimos 30 minutos de fervura (THAUMATURGO, Alex; 2016).

A quantidade de lúpulo utilizada na produção de cerveja está diretamente relacionada ao volume do mosto e ao teor de amargor desejado (IBU), sendo calculada com base na massa de lúpulo adicionada por litro de produção. Estilos com menor intensidade de amargor, como lagers, apresentam valores típicos inferiores a 20 IBU, enquanto estilos mais intensos, como IPAs, podem ultrapassar 60 IBU, resultando em maiores proporções de lúpulo por volume (Cervesia, 2023).

Primeiramente, é necessário calcular a porcentagem de lúpulo na formulação da cerveja. Nesta cerveja são utilizados dois lúpulos: Mittelfruh e Columbus. Em uma proporção de 0,0025 kg para 2,5 L de água e 0,00125 kg para 2,5 L água. Considerando a relação de 3,75 g de lúpulo para cada 2,5L de cerveja, temos:

#### Lúpulo Mittelfruh

Temos que o total de lúpulo usado para 2,5 L de água é de 0,0025 kg, e a porcentagem do Lúpulo Mittelfruh é dado pela consideração abaixo:

$$\begin{array}{l} 0,00375 \text{ kg} \text{ — } 100\% \\ 0,0025 \text{ kg} \text{ — } x \qquad x = 66,66 \% \end{array}$$

#### Lúpulo Columbus

Temos que o total de lúpulo usado para 2,5 L de água é de 0,00125 kg, e a porcentagem do Lúpulo Columbus é dado pela consideração abaixo:

$$\begin{array}{l} 0,00375 \text{ kg} \text{ — } 100\% \\ 0,00125 \text{ kg} \text{ — } x \qquad x = 33,34 \% \end{array}$$

Seguindo o método simplificado para determinação do peso total de lúpulo, sendo um problema de “tentativa e erro” descrito por Thaumaturgo (2016), temos as seguintes equações 15 e 16.

$$\tau = \frac{2,5 \cdot \Sigma\alpha \cdot AA\% + \Sigma\beta \cdot AA\%}{100} \quad (15)$$

Onde:  $\alpha$  e  $\beta$  São as porcentagens usadas na lupulagem; AA% - Composição de Alfa Ácidos de cada lúpulo.

$$Peso\ total\ (g) = \frac{C \cdot volume \cdot IBU}{\tau} \quad (16)$$

Onde: C - Fator de ponderação ligado à densidade original (obtido graficamente), IBU - International Bitterness Unit (1 ppm ou 1 mg de iso-alfa-ácido em 1 litro de cerveja), Volume - volume final desejado de cerveja.

De acordo com o **Quadro 10 - Especificação técnica dos Lúpulos**, do item **5.4 CARACTERÍSTICAS DOS INSUMOS DE PRODUÇÃO E AS UTILIDADES INDUSTRIAIS ENVOLVIDAS EM CADA ETAPA**, temos que para o Lúpulo Mittelfruh, a sua composição de Alfa Ácidos (AA) é de 4%, já para o Lúpulo Columbus, apresenta composição de Alfa Ácidos (AA) de 16%.

No processo de fervura, os lúpulos que são adicionados no início do tempo são denominados lúpulos de amargor, isso porque o aquecimento promove a isomerização dos alfa-ácidos, apresentando uma maior extração do amargor e volatilização de parte dos compostos aromáticos. Já o lúpulo adicionado nos tempos finais da etapa de fervura (5-20 min) é conhecido como lúpulo aromático, isso porque o aroma proveniente dos óleos essenciais presentes na flor são termossensíveis, sendo assim, são preservados. No presente trabalho será feita a adição dos lúpulos da seguinte forma: Lúpulo Mittelfruh e Lúpulo Columbus serão adicionados, respectivamente, no mosto para fervura, nos tempos de 30 e 12 minutos finais, a fim de extrair um amargor intermediário e preservar o máximo de aroma possível (BARREIRO, 2016).

Para a equação 15, podemos simplificá-la (equação 15.1) ao considerarmos que  $\alpha$  são as porcentagens utilizadas na lupulagem para tempos superiores a 30 minutos e,  $\beta$  as porcentagem de lúpulos utilizados para tempos entre 10 a 30 minutos. Assim, temos a equação 15.1, considerando  $\alpha = 0$ , pois as rampas de tempo da lupulagem não ultrapassam 30 minutos:

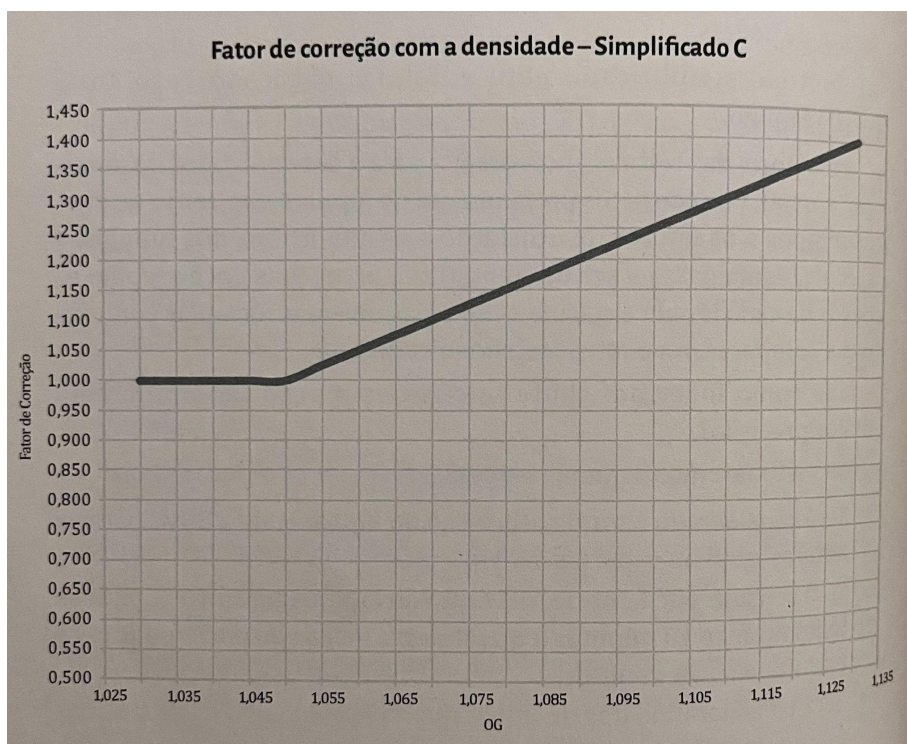
$$\tau = \frac{\Sigma\beta \cdot AA\%}{100} \quad (15.1)$$

$$\tau = \frac{(66,66\% \cdot 4\%) + (33,34\% \cdot 16\%)}{100}$$

$$\tau = 8$$

Para a equação 16, temos que C é o fator de ponderação ligado à densidade original da cerveja, no qual é descrito pelo na Figura 6.

**Figura 6** - Fator de correlação com a densidade - Simplificando C



Fonte: THAUMATURGO, Alex (2016)

Tomando que a densidade original (OG) da Kolsch é de 1,047, temos que, o valor de C é de 1,000.

A unidade de medida de amargor (IBU) está diretamente ligada ao lúpulo, que, por sua vez, está diretamente ligada ao estilo da cerveja, para a kolsch, seu IBU está entre 18 - 30 (BJCP, 2021). Considerando 18 IBU, o volume de produção inicial, temos o peso total de lúpulo descrito pela fórmula 16:

$$\text{Peso total (g)} = \frac{1,000 \cdot 2.205,05L \cdot 18\text{kg/L}}{8} \quad (16)$$

$$\text{Peso total (g)} = 4.961,36 \text{ g} \rightarrow 4,96 \text{ kg}$$

Para cada tipo de lúpulo, temos que:

Lúpulo Mittelfruh  $\rightarrow$  66,66%  $\rightarrow$  3.307,25 g  $\rightarrow$  3,30 kg

Lúpulo Columbus → 33,34% → 1.654,12 g → 1,65 kg

A Partir do peso inicial dos lúpulos podemos determinar o IBU fornecido pelos mesmos por vários métodos matemáticos, com a finalidade de verificar o quão próximo estão do valor desejado para o estilo de cerveja. Neste trabalho, iremos utilizar o método de Randy Mosher - Mosher, publicado em The Brewer 's Companion Alephenalla Press, em 1994 (fórmulas 17 e 18).

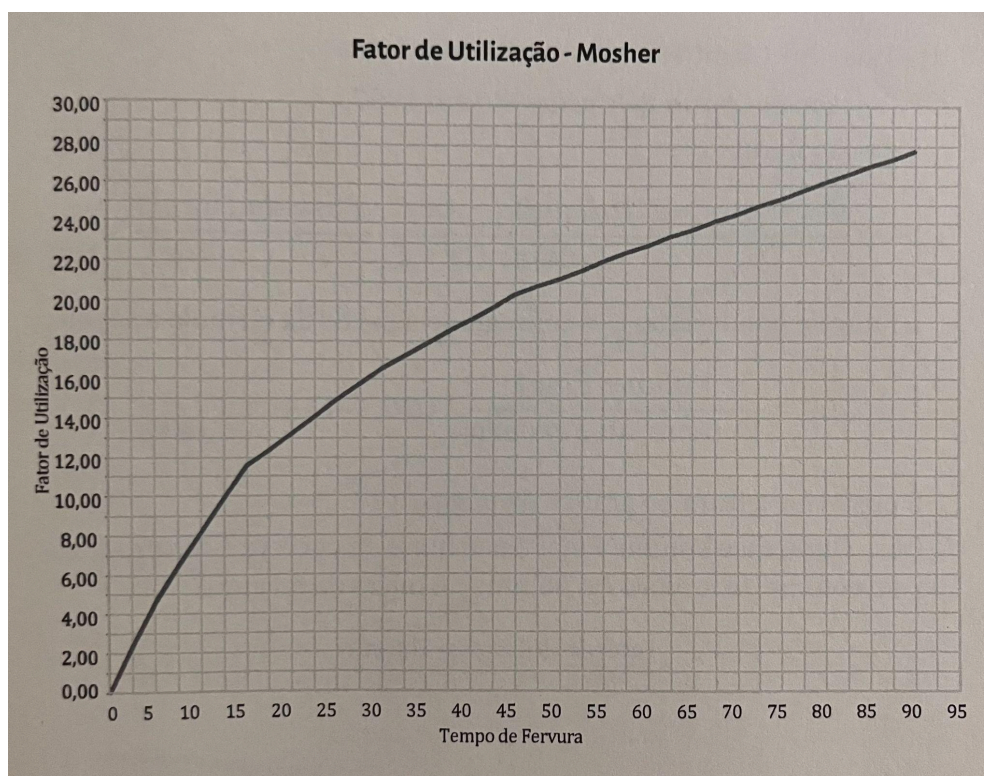
$$IBU = \frac{0,1 \cdot \text{Fator de Utilização} \cdot AA\% \cdot \text{Peso de lúpulo}}{\text{Volume (L)} \cdot C_2} \quad (17)$$

Onde: Valor do fator de utilização - ligado ao tempo em que o lúpulo ficará em fervura (Figura 7), Volume - volume final desejado de cerveja,  $C_2$  - Fator de ponderação (BG + leitura no gráfico), AA% - Composição de Alfa Ácidos de cada lúpulo, IBU - International Bitterness Unit (1 ppm ou 1 mg de iso-alfa-ácido em 1 litro de cerveja)

\*BG - Boil Gravity (Densidade do mosto durante o processo de fervura).

Considerando o tempo de entrada do Lúpulo Mittelfruh de 30 minutos finais, e do Lúpulo Columbus de 12 minutos finais, temos que:

**Figura 7 - Fator de Utilização - Mosher**



Fonte: THAUMATURGO, Alex (2016)

Assim, o fator de utilização para o lúpulo mittelfruh será de 16,8% e, para o lúpulo columbus será de 8,0%.

Onde o fator de correção  $C_2$  utilizado na fórmula 17 é gerado a partir da fórmula 18, e posterior análise da figura 8.

$$BG = \frac{\text{Volume final}}{\text{Volume da fervura}} \cdot (OG - 1) + 1 \quad (18)$$

Onde: OG - densidade original, Volume final - volume final desejado da cerveja, Volume de fervura - volume de mosto que entra na etapa de fervura.

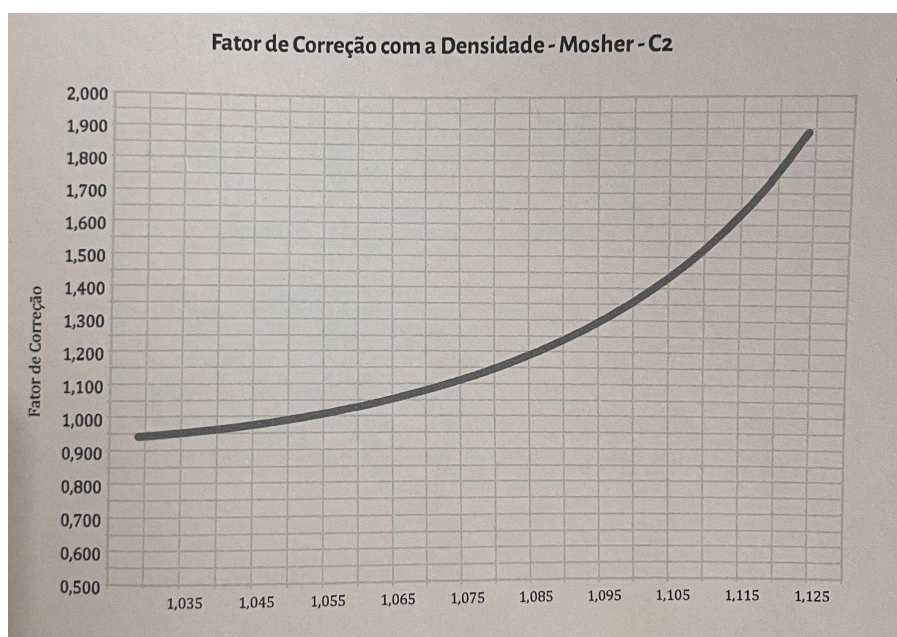
Considerando a densidade original (OG) da Kolsch é de 1,047, e considerando que a densidade final (FG) da cerveja é de 1,009, podemos converter o volume do mosto da fervura 2.509,07 kg/h para L, a fim de padronizar as unidades de medida, portanto:

$\text{volume da fervura} = 2.486,69 \text{ L/h}$ , temos que:

$$BG = \frac{2.509,07}{2.486,69 \text{ L}} \cdot (1,047 - 1) + 1 \rightarrow BG = 1,0416$$

Assim, o fator de correção  $C_2$  usado será de 0,95, para ambos os lúpulos.

**Figura 8** - Fator de Correção com a densidade - Mosher -  $C_2$



Fonte: THAUMATURGO, Alex (2016)

Para o Lúpulo Mittelfruh, considerando o tempo = 30 minutos finais, o fator de correção dado pela figura 7 é de 16,8%, retornando a equação 17, temos:

$$IBU = \frac{0,1 \cdot 16,8 \cdot 4 \cdot 3.307,25 \text{ g}}{2.205,05 \text{ L} \cdot 0,95} \rightarrow IBU = 10,6094 \text{ g/L}$$

Para o Lúpulo Columbus, utilizando a fórmula 17, temos que seu IBU é:

$$IBU = \frac{0,1 \cdot \text{Fator de Utilização} \cdot AA\% \cdot \text{Peso de lúpulo}}{\text{Volume (L)} \cdot C_2} \quad (17)$$

Analisando a Figura 8, temos que o valor de  $C_2$  é de aproximadamente 0,95 e, considerando o tempo = 10 minutos finais, o fator de correção dado pela figura 7 é de 8%, retornando a equação 17, temos:

$$IBU = \frac{0,1 \cdot 8 \cdot 16 \cdot 1.654,12 \text{ g}}{2.205,05 \text{ L} \cdot 0,95} \rightarrow IBU = 10,1072 \text{ g/L}$$

$$\text{Amargor total} = 10,6094 + 10,1072 = 20,7166 \text{ g/L}$$

Podemos observar que o valor obtido não bate com o valor prescrito na formulação.

Faremos a correção nos pesos dos lúpulos de tal forma que Moshe atinja o valor de forma exata.

A intenção desse processo é recalcular os pesos dos lúpulos de forma a atingir o resultado exato exigido pelo Mosher, já que inicialmente o valor obtido foi maior do que o necessário. Para isso, será aplicada uma regra de três (fórmula 19) para determinar a porcentagem que deve ser utilizada para reduzir os pesos dos lúpulos calculados. Em seguida, será feito um novo cálculo do amargor para verificar se o resultado está correto.

Solução por Mosher:

$$\begin{array}{l} \text{Mosher IBU } 20,7166 \text{ — } 100\% \\ \text{Prescrito IBU } 18,00 \text{ — } x \\ x = 86,88\% \end{array} \quad (19)$$

100% dos lúpulos — 4.961,37 g

86,88% dos lúpulos — X

$$X = 4.130,777g$$

Porcentagem de cada Lúpulo descrita no quadro 19:

Lúpulo Mittelfruh 66,66% - 2.873,56g → 2,754 kg

Lúpulo Columbus 33,34% - 1.437,21g → 1,377 kg

### Quadro 19 - Quantidade de lúpulos para o chute 2

Peso chute 1 (g)	Lúpulo	Peso chute 2 (g)	Tempo
3.307,25 g	Lúpulo Mittelfruh	2.754,331 g	30 min
1.654,12 g	Lúpulo Columbus	1.377,57g	12 min

Fonte: Autora ( 2026)

Agora, utilizando os pesos de cada lúpulo do chute 2, será feito um novo cálculo do amargor para verificar se o resultado está correto.

Para o Lúpulo Mittelfruh, utilizando a fórmula 17 e 18, temos que seu IBU é:

$$IBU = \frac{0,1 \cdot \text{Fator de Utilização} \cdot AA\% \cdot \text{Peso de lúpulo}}{\text{Volume (L)} \cdot C_2} \quad (17)$$

$$BG = \frac{\text{Volume final}}{\text{Volume da fervura}} \cdot (OG - 1) + 1 \quad (18)$$

Considerando que a densidade final (FG) da cerveja é de 1,009, podemos converter o volume do mosto da fervura 2.509,07 kg/h para L, a fim de padronizar as unidades de medida.

Portanto:  $\text{volume da fervura} = 2.486,69 \text{ L/h}$

$$BG = \frac{2.205,05 \text{ L}}{2.486,69 \text{ L}} \cdot (1,047 - 1) + 1 \rightarrow BG = 1,0416$$

Pela figura 8, temos que o valor de  $C_2$  é de aproximadamente 0,95 e, considerando o tempo = 30 minutos finais, o fator de correção dado pela figura 7 é de 16,8%, retornando a equação 17, temos:

$$IBU = \frac{0,1 \cdot 16,8 \cdot 4 \cdot 2.873,561 \text{ g}}{2.205,05 \text{ L} \cdot 0,95} \rightarrow IBU = 9,2182 \text{ g/L}$$

Para o Lúpulo Columbus, utilizando a fórmula 17 temos que seu IBU é:

$$IBU = \frac{0,1 \cdot \text{Fator de Utilização} \cdot AA\% \cdot \text{Peso de lúpulo}}{\text{Volume (L)} \cdot C_2} \quad (17)$$

Pela figura 8, temos que o valor de  $C_2$  é de 0,95 e, considerando o tempo = 10 minutos finais, o fator de correção dado pela figura 7 é de 8%.

$$IBU = \frac{0,1 \cdot 8 \cdot 16 \cdot 1.437,21 \text{ g}}{2.205,05 \text{ L} \cdot 0,95} \rightarrow IBU = 8,7818 \text{ g/L}$$

$$\text{Amargor total} = 9,2182 \text{ g/L} + 8,7818 \text{ g/L} = 18 \text{ IBU}$$

Sendo assim, o valor de correção dos pesos dos lúpulos está correto, sendo:

$$\text{Lúpulo Mittelfruh (Lúpulo}_M) = 2.873,56 \text{ g} \rightarrow 2,873 \text{ kg}$$

$$\text{Lúpulo Columbus (Lúpulo}_C) = 1.437,21 \text{ g} \rightarrow 1,437 \text{ kg}$$

Para esta etapa iremos considerar 3% de perdas da fervura em consequência da evaporação da água do mosto, dado pela equação 19.

$$P_{03} = M_{S03} \cdot 3\% \quad (19)$$

$$P_{03} = 2.509,07 \text{ kg/h} \cdot 0,030$$

$$P_{03} = 75,27121 \text{ kg/h}$$

Depois de fervido, o mosto passa pelo estágio Whirlpool, onde será feita a centrifugação. Nesta fase, partículas sólidas de lúpulo e as proteínas coaguladas se depositam e formam um resíduo chamado *trub*. O resíduo é separado pela rotação do mosto dentro do tanque, onde faz com que o *trub* se acumule no fundo e no centro do tanque. Considerando que o *trub* gerado é 0,4% do volume total da cerveja neste processo (SARAIVA, A *et al*, 2023), e que o lúpulo carrega consigo uma massa de água equivalente ao seu peso, temos que a massa de *trub* é dado pela fórmula 20:

$$M_{trub} = (0,004 \cdot M_{S03}) + 2 \cdot m_{lúpulo} \quad (20)$$

$$M_{trub} = (0,004 \cdot 2.509,07 \text{ kg/h}) + (2 \cdot 4,31 \text{ kg/h})$$

$$M_{trub} = 18,6528 \text{ kg/h}$$

Considerando que o *trub* carrega consigo 10% de massa de água, temos que a vazão mássica da saída é dado pela equação 21.

$$M_{\text{águatrub}} = m_{S03} \cdot 10\% \quad (21)$$

$$M_{\text{águatrub}04} = 2.509,07 \text{ kg/h} \cdot 0,01$$

$$M_{\text{águatrub}} = 25,0907 \text{ kg/h}$$

De acordo com Bleier et al (2015), a percentagem de lúpulos solúveis no mosto é de 3,8%, sendo possível calcular a massa de lúpulo na saída do mosto através da equação 22.

$$M_{LS} = m_{\text{lúpulo}} \cdot \text{Fração} (0,038) \quad (22)$$

$$M_{LS} = 4,31 \cdot 0,038$$

$$M_{LS} = 0,16378 \text{ kg/h}$$

Assim, podemos calcular a vazão final do mosto, de acordo com a equação 23.

$$M_{S04} = M_{S03} + M_{LS} - (M_{\text{trub}} + M_{\text{águatrub}}) - P_{03} \quad (23)$$

$$M_{S04} = 2.509,07 \text{ kg/h} + 0,16378 \text{ kg/h} - (18,6528 \text{ kg/h} + 25,0907 \text{ kg/h}) - 75,27121 \text{ kg/h}$$

$$M_{S04} = 2.390,21907 \text{ kg/h}$$

O quadro 20 apresenta um resumo das correntes do processo de fervura e whirlpool.

**Quadro 20** - Balanço de material na etapa de fervura e whirlpool.

Corrente	$M_{S03}$ (entrada)	Lúpulo <sub>M</sub> (entrada)	Lúpulo <sub>C</sub> (entrada)	$M_{\text{trub}}$ (retido)	$M_{\text{águatrub}}$ (retido)	$M_{S04}$ (saída)	P03 (Perda)
Temperatura (°C)	65	-	-	98	98	98	-
Vazão(kg/h)	2.509,07 kg	2,873	1,437	18,6528	25,0907	2.390,21907	75,27121
Vazão(kg/12h)	30.108,84	43,476	17,244	223,833	301,0884	28.682,62	903,24

Fonte: Autora (2026)

### Resfriamento

Nesta etapa iremos calcular as perdas no equipamento, já que não há adição ou retirada de componentes do mosto.

Considerando uma perda pelo processo de 1%, podemos calcular a vazão de saída do mosto pela equação 24.

$$P_{04} = M_{S04} \cdot 0,01 \quad (24)$$

$$P_{04} = 2.390,2190 \text{ kg/h} \cdot 0,01$$

$$P_{04} = 23,9021 \text{ kg/h}$$

Sendo assim, a vazão desta etapa se dá pela equação 25:

$$M_{S05} = M_{S04} - P_{04} \quad (25)$$

$$M_{S05} = 2.390,2190 \text{ kg/h} - 23,9021 \text{ kg/h}$$

$$M_{S06} = 2.285,3169 \text{ kg/h}$$

O quadro 21 apresenta um resumo das correntes do processo resfriamento.

**Quadro 21** - Balanço de material na etapa de resfriamento.

Corrente	$M_{S04}$ (entrada)	$M_{S05}$ (saída)	P04 (Perda)
Temperatura (°C)	98	20	-
Vazão(kg/h)	2.390,2190	2.285,3169	23,9021
Vazão(kg/12h)	28.682,62	27.423,8028	286,8252

Fonte: Autora ( 2026)

### Fermentação

Na produção de cervejas, a fermentação se restringe em transformar os açúcares fermentáveis presentes no mosto em dióxido de carbono e álcool, além de compor o sabor final.

A taxa de inoculação é a quantidade de células de levedura por extrato em graus platô por mL. Normalmente essa taxa é dividida entre os estilos de cerveja e suas densidades.

A Kolsch é do tipo Ale com baixa densidade. Segundo Thaumaturgo (2016), a taxa de inoculação para essa classificação é de 0,75 milhões de células/ °P / mL. Então, para cervejas

Ale com baixa densidade ( $OG < 1,060$ ), o número de células necessárias para correta fermentação do mosto é dado pela equação 26.

$$N_c = 187,5 \cdot \text{volume} \cdot (OG - 1,0) \quad (26)$$

Sendo OG da kolsch 1,047, temos que:

$$N_c = 187,5 \cdot 2.364,6897 \cdot (1,047 - 1,0)$$

$$N_c = 2,01 \text{ bilhões de células}$$

Considerando a inoculação de leveduras liofilizadas, é possível determinar o peso total de levedura a ser utilizada, dada a equação 27.

$$\text{Peso de Levedura} = \frac{N_c}{r_1 \cdot V_i} \quad (27)$$

Sendo o produto de  $r_1 \cdot V_i$  o número de células viáveis por grama de levedura seca,  $V_i$  é a sua viabilidade.

Com base no **Quadro 11 - Especificação técnica da Levedura Safale K-97** do item **5.4 CARACTERÍSTICAS DOS INSUMOS DE PRODUÇÃO E AS UTILIDADES INDUSTRIAIS ENVOLVIDAS EM CADA ETAPA**, temos que a sua viabilidade é  $>95\%$  e o número de células viáveis por grama é de  $6 \times 10^9$  células viáveis por g, retomando a equação 27, temos:

$$\text{Peso de Levedura} = \frac{2,01 \times 10^{11}}{6 \times 10^9 \cdot 95100\%}$$

$$\text{Peso de Levedura} = 3.350,0 \text{ g} \rightarrow 3,350 \text{ kg}$$

Após a inoculação, se inicia a fermentação da cerveja de alta fermentação. A temperatura ideal para a fermentação deve ser de  $14^\circ\text{C}$  a  $16^\circ\text{C}$ , nesta etapa deve-se esperar uma atenuação (% de extrato do mosto que foi convertido em álcool e  $\text{CO}_2$ ) próximo aos 80% (ADMIN, 2018). Utilizando este número de células e considerando que densidade original (OG) é 1,047 e a densidade final (FG) é de 1,009, espera-se um teor alcoólico de aproximadamente 5%.

Segundo Thaumaturgo (2016), a atenuação (ATA) pode ser dada através da equação 28.

$$ATA = 100 \cdot \frac{(OG - FG)}{(OG - 1)} \quad (28)$$

$$ATA = 100 \cdot \frac{(1,047 - 1,009)}{(1,047 - 1)}$$

$$ATA = 80,85\%$$

Já o teor alcoólico é expresso pela equação 29.

$$ABV = 133 \cdot (OG - FG) \quad (29)$$

$$ABV = 133 \cdot 0,038$$

$$ABV = 5,054\%$$

Para etapa de fermentação do mosto considerou-se 1% de perdas durante o transporte do líquido pelas tubulações, então, pela equação 30, temos que:

$$P_{05} = (M_{S05}) \cdot 0,01 \quad (30)$$

$$P_{05} = 2.390,2190 \text{ kg/h} \cdot 0,01$$

$$P_{05} = 23,90219 \text{ kg/h}$$

Sendo assim, a vazão de saída é dada pela equação 31:

$$M_{S06} = M_{S05} + \text{Peso de Levedura} - P_{05} \quad (31)$$

$$M_{S06} = 2.390,2190 \text{ kg/h} + 3,350 \text{ kg/h} - 23,90219 \text{ kg/h}$$

$$M_{S06} = 2.369,66 \text{ kg/h}$$

O quadro 212 apresenta um resumo das correntes do processo de fermentação.

**Quadro 22** - Balanço de material na etapa de fermentação

Corrente	$M_{S05}$ (entrada)	Levedura (entrada)	$M_{S06}$ (saída)	P05 (Perda)
Temperatura (°C)	20	-	16	-
Vazão(kg/h)	2.285,3169	3,350	2.369,66	23,90219
Vazão(kg/12h)	27.423,8028	40,2	28.435,92	286,8252

Fonte: Autora (2026)

## Maturação

A etapa de maturação é crucial no processo de produção da cerveja, em que a cerveja é deixada em repouso por um período determinado de tempo, após a fermentação primária. Durante esse período, ocorrem várias reações químicas e processos que contribuem para o desenvolvimento de características desejáveis na cerveja. Para a cerveja Kolsch a maturação dura em média de 23 dias próximo a 0°C, no qual se dará uma fermentação lenta que pode ser chamada de fermentação secundária, no qual o restante dos açúcares (20%) será convertido em álcool. Nesta etapa também se tem a sedimentação por gravidade das células de levedura e do complexo coloidal proteína-tanino, que ocorre na cerveja sob maturação, podendo reduzir sua turbidez em duas vezes, sendo por isso considerada como um processo de clarificação. Como nem toda turbidez é eliminada na maturação, torna-se necessário clarificar a cerveja maturada através de filtração.

Nesta etapa de repouso será considerado somente 1% de perdas para as tubulações do equipamento, dada pela equação 32:

$$\begin{aligned} P_{06} &= M_{S06} \cdot 0,01 & (32) \\ P_{06} &= 2.369,66 \text{ kg/h} \cdot 0,01 \\ P_{06} &= 23,6966 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

Como nesta etapa apresenta a sedimentação por gravidade das células de levedura e do complexo coloidal proteína-tanino, consideramos que a massa sedimentada ( $M_{\text{sedimento}}$ ) será 80% do peso da levedura incorporada na fermentação, levando em conta que o restante irá passar pela filtração no próximo processo.

$$\begin{aligned} M_{\text{sedimento}} &= 0,8 \cdot \text{Peso de Levedura} & (33) \\ M_{\text{sedimento}} &= 0,8 \cdot 3,350 \text{ kg/h} \rightarrow 2,68 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

Sendo assim, a vazão de saída da maturação é representada pela equação 34:

$$\begin{aligned} M_{S07} &= M_{S06} - P_{06} - M_{\text{sedimento}} & (34) \\ M_{S07} &= 2.369,66 \text{ kg/h} - 23,6966 \text{ kg/h} - 2,68 \text{ kg/h} \\ M_{S07} &= 2.343,2834 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

O quadro 23 apresenta um resumo das correntes do processo de maturação.

**Quadro 23** - Balanço de material na etapa de maturação.

Corrente	$M_{S06}$ (entrada)	$M_{sedimento}$ (retido)	$M_{S07}$ (saída)	P06 (Perda)
Temperatura (°C)	16	-	4	-
Vazão(kg/h)	2.369,66	2,68	2.343,2834	23,6966
Vazão(kg/12h)	28.435,92	32,16	28.119,4008	284,3592

Fonte: Autora (2026)

### Clarificação

Nesta etapa as leveduras remanescentes, sedimentos, e outros resíduos são separados da cerveja por um processo de clarificação. Para o estilo da cerveja kolsch é de suma importância que o produto final seja límpido, para isso, utilizaremos um sistema de clarificação através da filtração tangencial por membranas, utilizando o filtro R-30, que foram desenvolvidos para a remoção de células de leveduras, complexos proteicos e outros agentes de turbidez de líquidos como a cerveja.

Considerando que a eficiência deste filtro R-30 seja de 80% e que as proteínas do mosto foram descartadas na etapa de filtração 1, saindo pela corrente  $M_{trub}$  da fervura e whirlpool, temos que a vazão saída de compostos de turbidez (20 % das leveduras restantes que passaram da mosturação e o restante de lúpulos solúveis advindo da equação 22 ( $M_{LS}$ )) será dada pela equação 35:

$$M_{turbidez} = [(0,2 \cdot \text{Peso de Levedura}) + M_{LS}] \cdot 0,8 \quad (35)$$

$$M_{turbidez} = [0,2 \cdot 3,350 \text{ kg/h} + 0,16378 \text{ kg/h}] \cdot 0,8$$

$$M_{turbidez} = 0,6670 \text{ kg/h}$$

E, supondo uma perda de 3% das tubulações do equipamento e da absorção o filtro, temos que a vazão de saída do mosto pro processo é dada pela equação 36:

$$P_{07} = M_{S07} \cdot 0,03 \quad (36)$$

$$P_{07} = 2.343,2834 \text{ kg/h} \cdot 0,03$$

$$P_{07} = 70,2985 \text{ kg/h}$$

Portanto, a vazão final do mosto desta etapa é representado pela equação 37:

$$M_{S08} = M_{S07} - M_{turbidez} - P_{07} \quad (37)$$

$$M_{S08} = 2.343,2834 \text{ kg/h} - 0,6670 \text{ kg/h} - 70,2985 \text{ kg/h}$$

$$M_{S08} = 2.272,3179 \text{ kg/h}$$

O quadro 24 apresenta um resumo das correntes do processo de clarificação.

**Quadro 24** - Balanço de material na etapa de clarificação.

Corrente	$M_{S07}$ (entrada)	$M_{turbidez}$ (retido)	$M_{S08}$ (saída)	P07 (Perda)
Temperatura (°C)	4	-	4	-
Vazão(kg/h)	2.343,2834	0,6670	2.272,3179	70,2985
Vazão(kg/12h)	28.119,4008	8,004	27.267,8148	843,582

Fonte: Autora (2026)

### Pasteurização

O objetivo da pasteurização da cerveja é eliminar ou inativar microrganismos indesejáveis, como leveduras selvagens e bactérias, que podem causar alterações na cerveja e reduzir sua vida útil. A pasteurização também ajuda a estabilizar a cerveja, reduzindo a possibilidade de refermentação ou deterioração microbiológica durante o armazenamento. Neste caso, escolhemos um pasteurizador de placas, o qual se mostra muito eficiente para cerveja.

Considerando que não há perdas para evaporação do mosto, visto que, a temperatura não será superior a 100°C, temos que as perdas serão somente as contidas no próprio equipamento e tubulações, sendo de 1%, descrita pela equação 38:

$$P_{08} = M_{S08} \cdot 0,01 \quad (38)$$

$$P_{08} = 2.272,3179 \text{ kg/h} \cdot 0,01$$

$$P_{08} = 22,7231 \text{ kg/h}$$

Sendo assim, a vazão de saída do equipamento é dado pela equação 39:

$$M_{S9} = M_{S08} - P_{08} \quad (39)$$

$$M_{S9} = 2.272,3179 \text{ kg/h} - 22,7231 \text{ kg/h}$$

$$M_{S9} = 2.249,5948 \text{ kg/h}$$

O quadro 25 apresenta um resumo das correntes do processo de pasteurização.

**Quadro 25** - Balanço de material na etapa de pasteurização.

Corrente	$M_{S07}$ (entrada)	$M_{S9}$ (saída)	P08 (Perda)
Temperatura (°C)	4	10	-
Vazão(kg/h)	2.272,3179	2.249,5948	22,7231
Vazão(kg/12h)	27.267,8148	26.995,1376	272,6772

Fonte: Autora (2026)

### Carbonatação

O processo de carbonatação da cerveja envolve a adição de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para criar as características bolhas de gás na bebida, conferindo-lhe o nível adequado de carbonatação. Iremos utilizar o método de carbonatação forçada, que consiste em adição de CO<sub>2</sub> no tanque de carbonatação, onde, o dióxido de carbono é injetado na cerveja sob pressão. A pressão e a temperatura são controladas para permitir que o CO<sub>2</sub> se dissolva na cerveja em níveis desejados, carbonatando-a.

Segundo Carvalho *et.al* (2007), o nível ideal de CO<sub>2</sub> presente na cerveja final deve estar entre 2,5 a 2,8% v/v. Tomando que a densidade do dióxido de carbono é de 1,997 kg/m<sup>3</sup> e que utilizaremos o nível de 2,7% v/v, temos que a vazão mássica de CO<sub>2</sub> é dada pela equação 40:

$$M_{CO2} = 0,027 \cdot M_{S9} \cdot \rho_{CO2} \quad (40)$$

Para a conversão de unidades, utilizaremos a densidade da cerveja OG = 1,047 kg/m<sup>3</sup>, assim, temos que o vazão volumétrica de cerveja de  $M_{S9}$  Será de 2.148,6 m<sup>3</sup>/h. Substituindo na equação 37, temos:

$$M_{CO2} = 0,027 \cdot 2.148,6 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1,9927 \text{ kg/m}^3$$

$$M_{CO2} = 115,600 \text{ kg/h}$$

Considerando perdas de 1% da tubulação, que será expressa pela equação 41:

$$P_{09} = M_{S9} \cdot 0,01 \quad (41)$$

$$P_{09} = 2.249,5948 \text{ kg/h} \cdot 0,01$$

$$P_{09} = 22,4959 \text{ kg/h}$$

Sendo assim, a vazão final de saída da carbonatação será dada pela equação 42:

$$M_{S10} = M_{S9} + M_{CO2} - P_{09} \quad (42)$$

$$M_{S10} = 2.249,5948 \text{ kg/h} + 115,600 \text{ kg/h} - 22,4959 \text{ kg/h}$$

$$M_{S10} = 2.342,6989 \text{ kg/h}$$

O quadro 26 apresenta um resumo das correntes do processo de carbonatação.

**Quadro 26** - Balanço de material na etapa de carbonatação.

Corrente	$M_{S9}$ (entrada)	$M_{CO2}$ (entrada)	$M_{S10}$ (saída)	P09 (Perda)
Temperatura (°C)	10	-	10	-
Vazão(kg/h)	2.249,5948	115,600	2.342,6989	22,4959
Vazão(kg/12h)	26.995,1376	1.387,2	28.112,3868	275,3960

**Fonte:** Autora (2026)

### Envase

Nesta etapa ocorre o envase da cerveja, que é um processo de embalar a o produto em recipientes adequados, no caso da kolsch, garrafas de vidro âmbar, prontos para distribuição e consumo

Considerando que o modelo de envasadora tenha em seu sistema um jato de água quente a fim de remover o oxigênio do headspace (espaço superior em que não contém cerveja), temos que, segundo Sammir Junior et al. (2019), uma pequena fração de 0,8% do conteúdo inicial da garrafa, é perdida.

Portanto, o valor de perda inicial (0,8%) somado ao valor de perdas por derrame no envase (3%) é dado pela equação 43:

$$P_{10} = M_{S10} \cdot (0,03 + 0,008) \quad (43)$$

$$P_{10} = 2.342,6989 \text{ kg/h} \cdot 0,038$$

$$P_{10} = 89,0225 \text{ kg/h}$$

Sendo assim, a vazão final de cerveja produzida é dado pela equação 44:

$$M_{S11} = M_{S10} - P_{10} \quad (44)$$

$$M_{S11} = 2.342,6989 \text{ kg/h} - 89,0225 \text{ kg/h}$$

$$M_{S11} = 2.253,6764 \text{ kg/h}$$

Para a quantidade de garrafas envasadas por horas, vamos considerar a densidade da cerveja OG 1,047 kg/m<sup>3</sup>, assim temos o volume total produzido, que será de  $M_{S11} = 2.152,50$  L/h. Portanto, a quantidade de garrafas envasadas por horas é de aproximadamente 6.523 garrafas de 355 mL, considerando sua capacidade útil de 330 mL.

O quadro 27 apresenta um resumo das correntes do processo de envase.

**Quadro 27** - Balanço de material na etapa de envase.

Corrente	$M_{S10}$ (entrada)	$M_{S11}$ (saída)	P10 (Perda)
Temperatura (°C)	10	10	-
Vazão(kg/h)	2.342,6989	2.253,6764	89,0225
Vazão(kg/12h)	28.112,3868	27.044,1168	1.068,27

Fonte: Autora (2026)

#### 4.3.4 Balanço de energia

O balanço de energia é uma ferramenta de análise baseada na Primeira Lei da Termodinâmica, que estabelece o princípio da conservação da energia. De acordo com Tadini et al. (2016), sua utilização permite compreender o comportamento dos sistemas de processamento, identificar perdas energéticas e propor melhorias que resultem em uma maior eficiência produtiva e menor consumo de recursos, possibilitando a avaliação das entradas, saídas, acumulações e transformações energéticas ao longo do processo produtivo.

A energia interna (U) de um sistema é a soma de todas as energias das moléculas que compõem esse sistema. Ela corresponde ao conteúdo energético, ou seja, é o quanto de energia existe no sistema. O valor da entalpia (H) adiciona, à energia interna, um componente (PV) relacionado com o volume que o sistema ocupa no ambiente, podendo ser descrito pela fórmula 45, sendo também representado por taxas, como a equação 46.

$$H = U + PV \quad (45)$$

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(PV) \quad (46)$$

A conservação da energia é dada pela equação 47.

$$\frac{d(mU)_{vc}}{dt} = -\Delta \left[ \left( H + \left( \frac{1}{2} u^2 \right) + zg \right) \dot{m} \right]_{cor} + \dot{Q} + \dot{W} \quad (47)$$

Onde tem-se: Acúmulo de energia no sistema = fluxo de energia que entra no sistema - fluxo de energia que sai do sistema + quantidade de calor adicionada ou removida do sistema + trabalho realizado no sistema.

Rearranjando a equação 47, considerando que a variação da energia potencial e cinética são desprezíveis, o termo de acúmulo de energia do sistema é nulo e que o trabalho de eixo é zero, temos a equação 48:

$$\Delta(H\dot{m})_{cor} = \dot{Q} \quad (48)$$

Para processos conduzidos à pressão constante, a variação de entalpia pode ser relacionada à capacidade calorífica específica a pressão constante ( $C_p$ ), conforme a equação 49.

$$\Delta H = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (49)$$

Sendo  $m$ : quantidade de massa,  $C_p$ : capacidade calorífica,  $\Delta T$ : variação final - inicial da temperatura do processo.

Para o cálculo da capacidade calorífica específica ( $C_p$ ), é necessário considerar que a composição centesimal do produto influencia diretamente suas propriedades térmicas. Dessa forma, os valores de  $C_p$  dos diferentes constituintes dos alimentos, como água, proteínas, lipídios, carboidratos, fibras e cinzas, podem ser estimados por meio de equações empíricas dependentes da temperatura. Neste trabalho, foram utilizadas as correlações propostas por Choi e Okos (1986), apresentadas na Figura 9, que permitem calcular a capacidade calorífica específica de cada componente em função da temperatura.

**Figura 9-** Propriedades termofísicas dos principais componentes dos alimentos ( $0 \leq T \leq 150$ )

$C_p$ [kJ·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	Proteínas	$C_p = 2,0082 + 1,2089 \times 10^{-3}T - 1,3129 \times 10^{-6}T^2$
	Gorduras	$C_p = 1,9842 + 1,4733 \times 10^{-3}T - 4,8008 \times 10^{-6}T^2$
	Carboidratos	$C_p = 1,5488 + 1,9625 \times 10^{-3}T - 5,9399 \times 10^{-6}T^2$
	Fibras	$C_p = 1,8459 + 1,8306 \times 10^{-3}T - 4,6509 \times 10^{-6}T^2$
	Cinzas	$C_p = 1,0926 + 1,8896 \times 10^{-3}T - 3,6817 \times 10^{-6}T^2$
	Água	$C_p = 4,1762 - 9,0864 \times 10^{-5}T + 5,4731 \times 10^{-6}T^2$

Fonte: CHOI; OKOS (1986)

Segundo Tadini et al. (2018), a capacidade calorífica específica ( $C_p$ ) de um alimento pode ser estimada a partir da contribuição individual de seus constituintes, utilizando a equação apresentada na equação 50, que considera a participação de cada componente do alimento ( $C_{pi}$ ) em função de sua fração mássica.

$$C_p = C_{pi} \cdot X_i \quad (50)$$

Sendo:  $C_{pi}$ : capacidade calorífica dos componentes individuais,  $X_i$ : fração mássica,  $C_p$ : a capacidade calorífica do componente no produto. Considerar que o cálculo do  $c_p$  é realizado em Kelvin (K), e sua unidade de medida no sistema internacional é dada por  $\frac{kJ}{kg \cdot K}$ .

Já para o cálculo total do  $c_p$  do produto pode ser descrito através da equação 51.

$$C_p = \sum C_{pi} \cdot X_i \quad (51)$$

Sendo assim, podemos reorganizar a equação 47 e teremos o cálculo para a entalpia (H) em cada temperatura descrita na equação 52.

$$H = C_p \cdot T \quad (52)$$

Seguindo o princípio da conservação da energia, foi realizado o balanço energético das correntes envolvidas no processo. Considerando regime permanente e desprezando perdas de calor para o ambiente, a energia transportada pela corrente de vapor é igual à energia requerida pela corrente de processo, conforme apresentado na equação 53.

$$\sum m \cdot H_{entrada} = \sum m \cdot H_{saída} \quad (53)$$

O balanço de energia foi realizado para os equipamentos que utilizam vapor de água como fonte de aquecimento, abrangendo as etapas de mosturação, fervura, whirlpool e pasteurização.

A determinação do calor específico do mosto cervejeiro foi realizada a partir de sua composição centesimal, considerando as contribuições individuais dos principais constituintes do produto. Os valores de capacidade calorífica específica de cada componente foram obtidos por meio das correlações propostas por Choi e Okos (1986), em função da temperatura, e posteriormente combinados pela regra da mistura, conforme descrito por Tadini et al. (2018). Dessa forma, foi possível estimar o calor específico do mosto utilizado nos cálculos de demanda energética das operações de aquecimento. Para obter resultados mais representativos das condições reais de operação, o cálculo básico das operações foi considerado com 1 hora de processo, e ao final foram calculados para o tempo total de trabalho no dia, considerando os dois turnos de 6 horas cada, totalizando 12 horas/dia, advindas do ritmo de produção.

### Mosturação

Na etapa de mosturação, foi calculada a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura do mosto de 25 °C, correspondente à temperatura de entrada no equipamento, até a temperatura de processo de 65 °C. As correntes consideradas para os cálculos do balanço de energia são apresentadas nos Quadros 28, 29 e 30. Foi considerado vapor de água com temperatura de entrada de 150 °C e, para a temperatura como vapor de condensação de 90 °C.

**Quadro 28** - Composição centesimal do mosto de cerveja

Componente	Quantidade 100/g
Proteínas	0,56
Gorduras	0
Carboidratos	3,34
Fibras	0
Cinzas	0
água	92,4

Fonte: TBCA (2026)

**Quadro 29** - Temperatura, capacidade calorífica, entalpia e volume do mosto nas correntes de entrada e saída da mosturação.

Corrente	Temperatura do mosto (°C)	Temperatura do mosto (°K)	Volume do mosto (kg/hr)	Cp do mosto (kJ/Kg)	Entalpia mosto (kJ/kg)
Entrada	25	298,15	1.541,66	3,62	1.077,81
Saída	65	338,15	1.541,66	3,37	1.140,81

**Fonte:** Autora (2026)

**Quadro 30** - Temperatura, entalpia e capacidade calorífica do vapor de água utilizado para aquecer o mosto na mosturação.

Corrente	Temperatura do vapor de água (°C)	Temperatura do vapor de água (°K)	Entalpia do vapor de água (kJ/kg.K)	Cp da água (kJ/Kg)
Entrada	150	423,15	1.823,78	4,31
Saída	90	363,15	1.525,23	4,20

**Fonte:** Autora (2026); Adaptado de Incropera et al. (2014, Tabela A-6).

Assim, a massa de vapor necessária para fornecer a energia requerida pelo processo foi determinada por meio do balanço de energia apresentado na Equação 54.1

$$M_{me}.H_{mi} + M_{ve}.H_{vi} = M_{ms}.H_{ms} + M_{vs}.H_{vs} \quad (54.1)$$

Onde  $M_{me}$  é a massa de mosto entrada (kg/h),  $H_{mi}$  é a entalpia do mosto entrada (kJ/kg.K),  $M_{ve}$  é a massa de vapor de água de entrada (kg),  $H_{vi}$  é a entalpia do vapor da água entrada (kJ/kg.K),  $M_{ms}$  é a massa de saída do mosto (kg/h),  $H_{ms}$  a entalpia de saída do mosto (kJ/kg.K),  $M_{vs}$  é a massa de vapor de água de saída (kg),  $H_{vs}$  é a entalpia do vapor da água saída (kJ/kg.K). Considerando que  $M_{ve} = M_{vs}$ , temos  $M_{ves}$ .

Os valores das correntes apresentados nos Quadros 27 e 28 foram substituídos na Equação 54.1, obtendo-se a expressão do balanço de energia para a operação. Em seguida, a equação foi rearranjada, isolando-se a variável  $M_{ves}$  correspondente à massa de vapor necessária para fornecer a energia requerida no processo.

$$M_{ves} = \frac{[(1.541,66 \text{ kg}) \times 1.140,81 \text{ kJ/kg.K}] - [(1.541,66 \text{ kg}) \times (1.077,81 \text{ kJ/kg.K})]}{(1.823,78 - 1.525,3) \text{ kJ/kg}}$$

$$M_{ves} = 325,32 \text{ kg}$$

$$M_{ves} = 325,32 \text{ kg} \times 12 \text{ hr}$$

$$M_{ves} = 3.903,84 \text{ kg/dia}$$

A massa de vapor calculada corresponde à demanda térmica necessária para a etapa de aquecimento da cerveja durante 12 horas de operação. Para fins de dimensionamento, considera-se que esse valor será reaproveitado a cada batelada de processo no mesmo equipamento, assumindo operação contínua e regime estacionário com integração térmica, sem necessidade de reposição adicional além da carga térmica já estimada.

### Fervura

Na etapa de fervura, foi calculada a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura do mosto de 65 °C até 98 °C. Para os cálculos do balanço de energia, foi considerada constante a composição centesimal do mosto, uma vez que as alterações decorrentes do processo foram consideradas desprezíveis para essa etapa. As correntes utilizadas nos cálculos estão apresentadas nos Quadros 28, 31 e 32.

**Quadro 31** - Temperatura, capacidade calorífica, entalpia e volume do mosto nas correntes de entrada e saída da fervura.

Corrente	Temperatura do mosto (°C)	Temperatura do mosto (°K)	Volume do mosto (kg/h)	Cp do mosto (kJ/kg)	Entalpia do mosto (kJ/kg.K)
Entrada	65	338,15	2.509,07	3,49	1.179,43
Saída	98	371,15	2.390,22	3,37	1.250,92

Fonte: Autora (2026)

**Quadro 32** - Temperatura, entalpia e capacidade calorífica do vapor de água utilizado para aquecer o mosto na mosturação.

Corrente	Temperatura do vapor de água (°C)	Temperatura do vapor de água (°K)	Entalpia do vapor de água (kJ/kg.K)	Cp da água (kJ/Kg)

Continua

Corrente	Temperatura do vapor de água (°C)	Temperatura do vapor de água (°K)	Entalpia do vapor de água (kJ/kg.K)	Cp da água (kJ/Kg)
Entrada	150	423,15	1.823,78	4,31
Saída	90	363,15	1.525,23	4,20

**Fonte:** Autora (2026); Adaptado de Incropera et al. (2014, Tabela A-6).

Assim, a massa de vapor necessária para fornecer a energia requerida pelo processo foi determinada por meio do balanço de energia apresentado na Equação 54.1

$$M_{\text{mosto}} \cdot H_{\text{mosto}} + M_{\text{evapor}} \cdot H_{\text{vapor}} = M_{\text{msoto}} \cdot H_{\text{msoto}} + M_{\text{vmosto}} \cdot H_{\text{vmosto}} + M_{\text{svapor}} \cdot H_{\text{svapor}} \quad (54.1)$$

Onde  $M_{\text{mosto}}$  é a massa de mosto entrada (kg/h),  $H_{\text{mosto}}$  é a entalpia do mosto entrada (kJ/kg.K),  $M_{\text{evapor}}$  é a massa de vapor de água de entrada (kg),  $H_{\text{svapor}}$  é a entalpia do vapor da água entrada (kJ/kg.K),  $M_{\text{msoto}}$  é a massa de saída do mosto (kg/h),  $H_{\text{msoto}}$  a entalpia de saída do mosto (kJ/kg.K),  $M_{\text{vmosto}}$  é a massa evaporada do mosto (kg/h),  $H_{\text{vmsoto}}$  é entalpia da água do mosto evaporado (kJ/kg.K),  $M_{\text{svapor}}$  é a massa de vapor de água de saída (kg) e  $H_{\text{svapor}}$  é a entalpia do vapor da água saída (kJ/kg.K). Considerando que  $M_{\text{evapor}} = M_{\text{svapor}}$ , temos  $M_v$ ; e que  $H_{\text{vmosto}} = 2.257$  (kJ/kg)

A massa evaporada do mosto foi decorrente da perda por evaporação calculada no item **4.3.3 Balanço de massa** para fervura.

$$M_v = \frac{(2.390,22 \text{ kg/h}) \times (1.250,92 \text{ kJ/kg}) + (25,34 \text{ kg/h}) \times (2.257 \text{ kJ/kg}) - (2.509,07 \text{ kg/h}) \times (1.179,43 \text{ kJ/kg})}{(1.823,78 - 1.525,23) \text{ kJ/kg}}$$

$$M_v = 293,18 \text{ kg}$$

$$M_v = 293,18 \text{ kg} \times 12 \text{ hrs} \rightarrow M_v = 3.518,16 \text{ kg/dia}$$

A massa de vapor calculada corresponde à demanda térmica necessária para a etapa de aquecimento da cerveja durante 12 horas de operação. Para fins de dimensionamento, considera-se que esse valor será reaproveitado a cada batelada de processo no mesmo equipamento, assumindo operação contínua e regime estacionário com integração térmica, sem necessidade de reposição adicional além da carga térmica já estimada.

## Refrigeração

Após a fervura, o mosto segue para o processo de resfriamento através de um trocador de calor, onde deseja-se deixá-lo em 15°C, visto que essa temperatura é próxima da ideal para a etapa de fermentação.

Embora sistemas industriais de resfriamento frequentemente utilizem fluidos refrigerantes específicos, como soluções de glicol ou sistemas de refrigeração mecânica, neste trabalho optou-se pela utilização da água como fluido de resfriamento para a realização dos balanços de energia e estimativas preliminares de demanda térmica. Essa escolha foi motivada pela ampla disponibilidade de dados termodinâmicos da água, pela facilidade de aplicação dos cálculos e pelo seu elevado calor específico, que a torna eficiente na remoção de calor.

Ressalta-se que a utilização da água apresenta limitações operacionais, principalmente em processos que requerem temperaturas inferiores ao seu ponto de congelamento ou maior eficiência térmica. Dessa forma, os resultados obtidos representam uma aproximação para fins de dimensionamento e avaliação da carga térmica do processo. Em uma etapa posterior de detalhamento do projeto, recomenda-se a avaliação de fluidos refrigerantes mais adequados às condições operacionais requeridas, bem como a análise do impacto dessa substituição sobre o consumo de utilidades e os custos operacionais do empreendimento.

Na etapa de resfriamento, foi calculada a quantidade de calor a ser removida do mosto para reduzir sua temperatura de 98 °C até a temperatura de fermentação. As correntes necessárias para os cálculos do balanço de energia são apresentadas nos Quadros 23, 33 e 34.

**Quadro 33** - Temperatura, capacidade calorífica, entalpia e do mosto no resfriamento.

Corrente	Temperatura do mosto (°C)	Temperatura do mosto (°K)	Volume do mosto (kg/h)	Cp do mosto (kJ/Kg)	Entalpia do mosto (kJ/kg.K)
Entrada	98	371,15	2.390,22	3,37	1.250,92
Saída	15	288,15	2.285,31	3,64	1.050,05

**Fonte:** Autora (2026)

**Quadro 34** - Temperatura, entalpia e capacidade calorífica da massa de água utilizado para resfriar o mosto na etapa de resfriamento.

Corrente	Temperatura da massa de água (°C)	Temperatura da massa de água (°K)	Entalpia da massa de água (kJ/kg.K)	Cp da água (kJ/Kg)
Entrada	5	278,15	1.168,23	4,20
Saída	90	363,15	1.525,23	4,20

**Fonte:** Autora (2026); Adaptado de Incropera et al. (2014, Tabela A-6).

Assim, a massa de água refrigerada necessária para absorver a energia transferida pelo mosto no processo foi determinada por meio do balanço de energia apresentado na Equação 54.1

$$\text{Mem.Hem} + \text{Mle.Hmle} = \text{Mms.Hsm} + \text{Mls.Hmls} \quad (54.1)$$

Onde Mem é a massa de mosto entrada (kg/h), Hem é a entalpia do mosto entrada (kJ/kg.K), Mle é a massa de água que entra (kg/h), Hmle é a entalpia da massa de água que entra (kJ/kg.K), Mms é a massa de saída do mosto (kg/h), Hsm é a entalpia de saída do mosto (kJ/kg.K), Mls é a massa de água de saída (kg/h), Hmls é a entalpia de saída da massa de água (kJ/kg.K). Considerando de Mle = Mls, temos Ml;

$$Ml = \frac{(2.390,22 \text{ kg/h}) \times (1,250,92 \text{ kJ/kg.K}) - (2.285,31 \text{ kg/h}) \times (1.050,05 \text{ kJ/kg.K})}{(1.525,23 - 1.168,23) \text{ kJ/kg}}$$

$$Ml = 1.653,10 \text{ kg}$$

$$Ml = 1.653,10 \text{ kg} \times 12 \text{ hr} \rightarrow Ml = 19.837,20 \text{ kg/dia}$$

A massa de água calculada corresponde à demanda térmica necessária para a etapa de resfriamento da cerveja durante 12 horas de operação. Para fins de dimensionamento, considera-se que esse valor será reaproveitado a cada batelada de processo no mesmo equipamento, assumindo operação contínua e regime estacionário com integração térmica, sem necessidade de reposição adicional além da carga térmica já estimada.

### **Pasteurização**

Para a etapa de pasteurização, foi adotado um tratamento térmico de 72 °C por 30 segundos. Considerando que essa operação ocorre após a etapa de clarificação, assume-se que a cerveja entra no processo à temperatura ambiente (25 °C).

Antes do aquecimento final, a bebida passa por uma etapa de regeneração térmica em contracorrente, na qual ocorre troca de calor entre a cerveja fria e a cerveja já pasteurizada na saída do sistema. Nessa etapa, considera-se a aproximação de equilíbrio térmico, de modo que a cerveja de alimentação é pré-aquecida de 25 °C para 55 °C, enquanto o produto pasteurizado é simultaneamente resfriado.

Dessa forma, o sistema de aquecimento por vapor atua apenas no incremento térmico complementar, elevando a temperatura de 55 °C até 72 °C. O vapor utilizado como meio de aquecimento entra no trocador de calor a aproximadamente 150 °C e, após a transferência de

energia térmica para a cerveja, sai a cerca de 90 °C. Essa configuração reduz a demanda energética total do processo, uma vez que parte significativa do calor é recuperada na etapa de regeneração.

Assim, o balanço de energia foi realizado considerando exclusivamente a etapa de aquecimento final da cerveja, de 55 °C até a temperatura de pasteurização estabelecida (72 °C), e a correspondente transferência de energia fornecida pelo vapor entre 150 °C e 90 °C. As correntes necessárias para os cálculos do balanço de energia são apresentadas nos Quadros 28, 35 e 36.

**Quadro 35** - Temperatura, capacidade calorífica, entalpia e do mosto na pasteurização.

Corrente	Temperatura do mosto (°C)	Temperatura do mosto (°K)	Volume do mosto (kg/h)	Cp do mosto (kJ/Kg)	Entalpia do mosto (kJ/kg.K)
Entrada	55	328,15	2.272,32	3,52	1.155,55
Saída	72	345,15	2.249,59	3,46	1.195,60

**Fonte:** Autora (2026)

**Quadro 36** - Temperatura, entalpia e capacidade calorífica da massa vapor de água utilizado para aquecer o mosto na etapa de pasteurização.

Corrente	Temperatura do vapor de água (°C)	Temperatura do vapor de água (°K)	Entalpia do vapor de água (kJ/kg.K)	Cp da água (kJ/Kg)
Entrada	150	423,15	1.823,78	4,31
Saída	90	363,15	1.525,23	4,20

**Fonte:** Autora (2026); Adaptado de Incropera et al. (2014, Tabela A-6).

Assim, a massa de água refrigerada necessária para absorver a energia transferida pelo mosto no processo foi determinada por meio do balanço de energia apresentado na Equação 54.1

$$m_{me}.H_{me} + m_{vf}.H_{ms} = m_s.H_{sf} + m_v.H_{vf} \quad (54.1)$$

Onde  $m_{me}$  é a massa de mosto entrada (kg/h),  $H_{me}$  é a entalpia do mosto entrada (kJ/kg.K),  $H_{ms}$  é a entalpia do mosto saída (kJ/kg.K),  $m_{vf}$  é a massa do vapor de água (kg),  $m_s$  é a massa de saída do mosto (kg/h),  $H_{sf}$  é a entalpia de saída do mosto (kJ/kg.K),  $H_{vi}$  é a entalpia da massa do vapor de água de entrada (kJ/kg.K) e  $H_{vf}$  é a entalpia do vapor de água de saída (kJ/kg.K).

$$mv = \frac{(2.249,59 \text{ kg/h}) \times (1.1195,60 \text{ kJ/kg.K}) - (2.272,32 \text{ kg/h}) \times (1.155,55 \text{ kJ/kg.K})}{(1.823,78 - 1.525,23) \text{ kJ/kg}}$$

$$mv = 213,82 \text{ kg}$$

$$mv = 213,82 \text{ kg} \times 12 \text{ hr} \rightarrow mv = 2.565,84 \text{ kg/dia}$$

A massa de vapor calculada corresponde à demanda térmica necessária para a etapa de aquecimento da cerveja durante 12 horas de operação. Para fins de dimensionamento, considera-se que esse valor será reaproveitado a cada batelada de processo no mesmo equipamento, assumindo operação contínua e regime estacionário com integração térmica, sem necessidade de reposição adicional além da carga térmica já estimada.

A partir desses dados do balanço de energia, é necessário calcular a quantidade de madeira necessária para alimentar a caldeira e fornecer a energia essencial para o aquecimento da massa de vapor para os processos descritos no balanço de energia. Considerando a temperatura de referência igual a zero para a madeira e para o vapor de água, temperatura máxima atingida pelo vapor de 150°C e, desconsiderando as perdas de energia para o ambiente, podemos determinar a quantidade de madeira utilizada para gerar o vapor. Utilizando a fórmula 55 para calor sensível (Q) temos:

$$Q = m \times cp \times \Delta T \quad (55)$$

Rearranjando a fórmula 55 e, considerando que  $Q_{\text{madeira}} = Q_{\text{Vapor}}$ , temos a fórmula 56:

$$m_{\text{madeira}} \cdot Cp_{\text{madeira}} \cdot \Delta T_{\text{madeira}} = m_{\text{vapor}} \cdot Cp_{\text{vapor}} \cdot \Delta T_{\text{vapor}} \quad (56)$$

Sendo  $m_{\text{madeira}}$  (kg) a massa de madeira necessária,  $Cp_{\text{madeira}}$  (kJ/Kg) a capacidade calorífica da madeira,  $\Delta T_{\text{madeira}}$  (K) variação final e inicial da temperatura da madeira,  $m_{\text{vapor}}$  (Kg/h) é a massa total utilizada em todas as etapas de aquecimento,  $Cp_{\text{vapor}}$  (kJ/Kg) é a capacidade calorífica do vapor de água,  $\Delta T_{\text{vapor}}$  (K) é a variação final e inicial do vapor de água.

O quadro 37 apresenta as correntes utilizadas para o cálculo da quantidade de madeira necessária.

**Quadro 37** - Capacidade calorífica da madeira e o vapor à 150°C, e a massa total de vapor

Cp da madeira (kJ/Kg. °C)	Cp vapor de água (kJ/Kg. °C)	Massa total de vapor de água (kg/dia)
2,92	4,28	9.879,84

**Fonte:** Autora (2026); Adaptado de Sardinha (2002).

Substituindo na fórmula 56, temos:

$$m_{madeira} \cdot Cp_{madeira} \cdot \Delta T_{madeira} = m_{vapor} \cdot Cp_{vapor} \cdot \Delta T_{vapor}$$

$$m_{madeira} = \frac{m_{vapor} \cdot Cp_{vapor} \cdot \Delta T_{vapor}}{Cp_{madeira} \cdot \Delta T_{madeira}}$$

$$m_{madeira} = \frac{9.879,84 \cdot 4,28 \cdot (150-0)}{2,92 \cdot (150-0)}$$

$$m_{madeira} = \frac{6.342.857,28}{261}$$

$$m_{madeira} = 24.302,135 \text{ kg/dia}$$

Portanto, será necessário 24.302,135kg de madeira por dia, para gerar o vapor necessário para alimentar todo o processo térmico da cerveja.

#### 4.3.5 Redimentos

O cálculo de rendimentos é uma ferramenta fundamental para a avaliação de eficiência dos processos industriais, permitindo a quantificação de aproveitamento das matérias-primas e a identificação de perdas produtivas ao longo dos processos. A análise dos indicadores na indústria cervejeira permite verificar a eficiência de extração do malte, assim como recuperação do mosto e aproveitamento dos açúcares extraídos, resultando em um volume final de cerveja desejado. Dessa forma, tem-se o controle do processo, garantindo a padronização e a melhoria da viabilidade econômica da operação (VENTURINI FILHO, 2010).

A partir do item **4.3.3 Balanço de massa**, foram calculados os rendimentos para todas as etapas dos processos, descritas no Quadro 38, considerando valores de entrada e saída do mosto nos processos. Para o cálculo, foi utilizada a fórmula 56 para todos os processos.

Massa de entrada - 100%

$$\text{Massa de saída} - x \quad (56)$$

Onde x = rendimento.

**Quadro 38** - Rendimentos dos processos na fabricação de cerveja.

Processo	Entrada (kg/batelada)	Saída (kg/batelada)	Rendimento (%)
MOAGEM	418,95	414,76	99,00
MOSTURAÇÃO	414,76	1.451,66	350,00
FILTRAÇÃO	1.451,66	2.509,07	172,84
FERVURA E WHIRLPOOL	2.509,07	2.390,21	95,26
RESFRIAMENTO	2.390,21	2.285,32	95,61
FERMENTAÇÃO	2.285,32	2.369,66	103,69
MATURAÇÃO	2.369,66	2.343,28	98,89
CLARIFICAÇÃO	2.343,28	2.272,31	96,97
PASTEURIZAÇÃO	2.272,32	2.249,59	82,48
CARBONATAÇÃO	2.249,59	2.342,69	104,14
ENVASE	2.342,69	2.253,67	96,20

**Fonte:** Autora (2026)

É notório que, em processos cervejeiros os rendimentos tendem a ser superiores a 100% quando comparamos processos entre massas de matéria seca/sólidas como o malte e o volume final da cerveja. Isso se dá devido a incorporação significativa de água ao longo dos processos, como a mosturação e a lavagens dos grãos (VENTURINI FILHO, 2010). Sendo assim, rendimentos acima de 100% não indicam inconsistências operacionais, mas sim refletem a contribuição da água adicionada ao sistema.

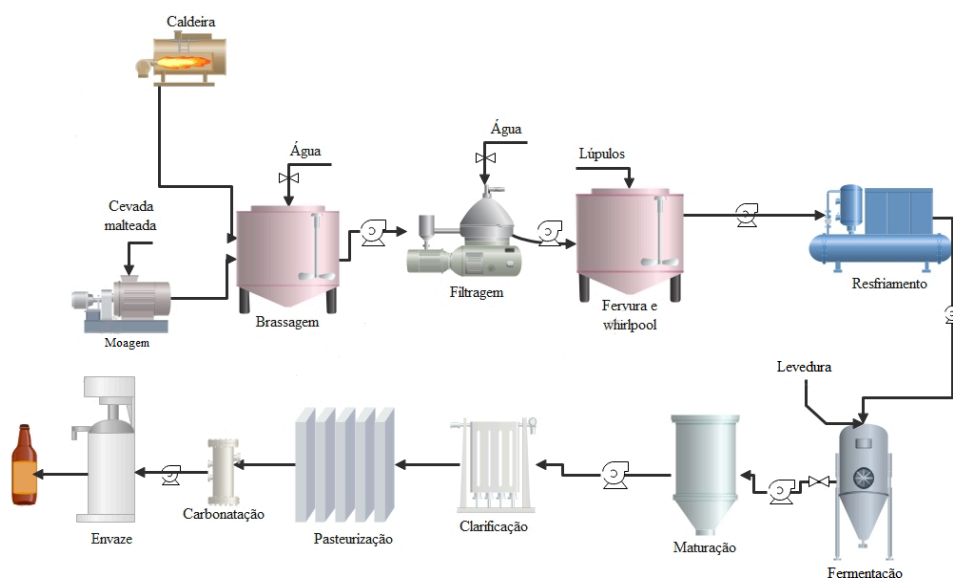
#### 4.3.6 Fluxograma do processo

O fluxograma de processos é a representação gráfica utilizada para descrever os processos de forma sequencial, que seja possível observar o fluxo e informações ao longo do sistema. A construção do fluxograma consiste na organização e identificação de todas as etapas envolvidas no processo produtivo, desde a entrada de matéria-prima, até a obtenção do

produto final. Para a elaboração, utiliza-se símbolos padronizados que representam equipamentos, operações unitárias, correntes de processo e direção de fluxo (TADINI et al., 2016).

Os fluxogramas podem ser classificados em diferentes níveis de detalhamento, como o fluxograma de blocos, que apresenta uma visão mais simplificada do processo; fluxogramas de processo (PFD - Process Flow Diagram), que incluem equipamentos e as principais correntes; e fluxograma de tubulações e instrumentação (P&ID), que representam uma visão mais detalhada de controle operacional (SCHNAIDER, 2024). A figura 10 representa um fluxograma de processo da cerveja.

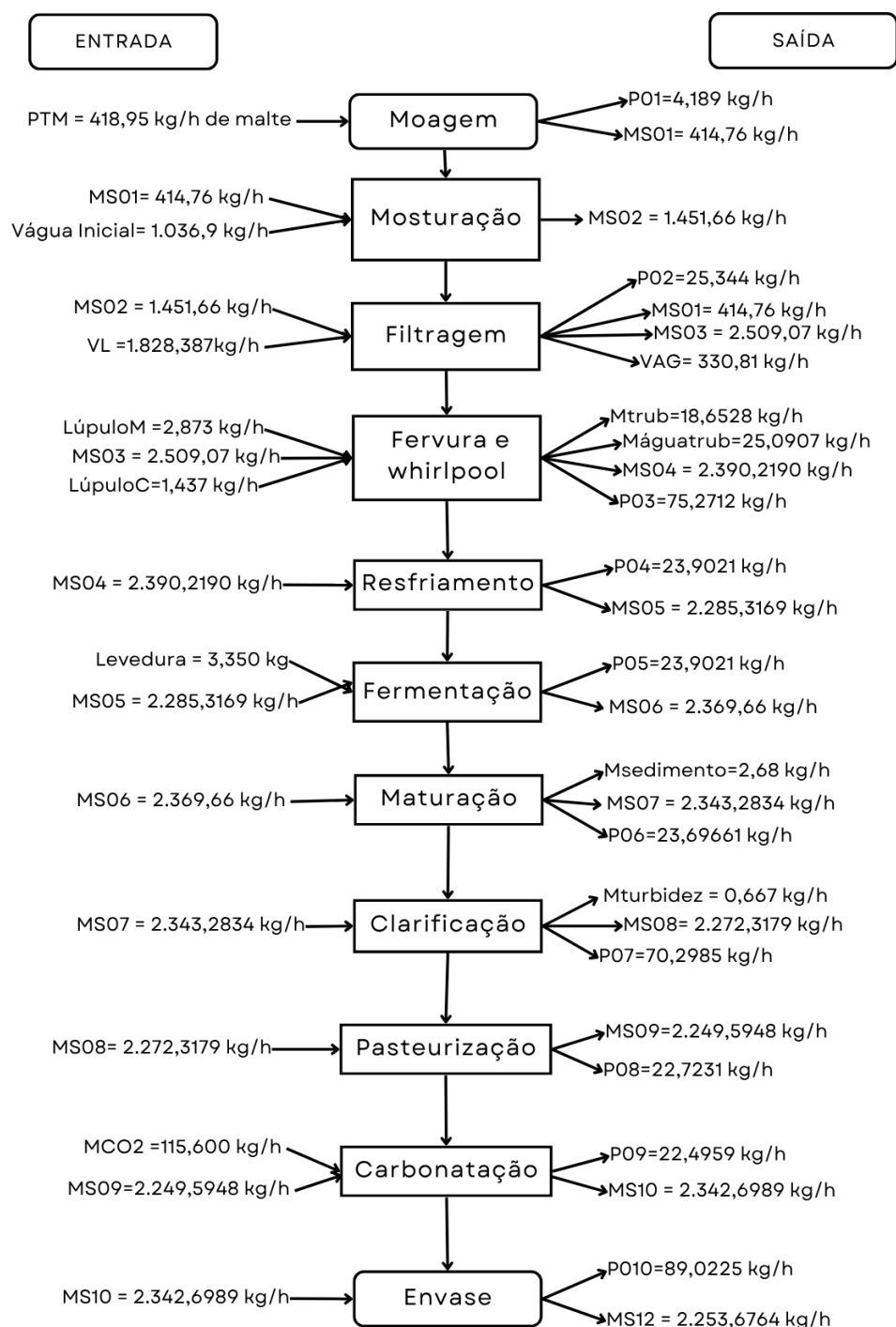
**Figura 10** - Fluxograma da produção de cerveja do estilo Kölsch



**Fonte:** Elaborado através do software Edraw Max pela Autora (2026)

#### 4.3.7 Diagrama do processo

O diagrama de blocos do processo, como o representado pela figura 11, por sua vez, é considerado uma forma mais simplificada do fluxograma, no qual os equipamentos, processos e fluxo de sistema são representados por figuras geométricas, sendo uma representação mais limpa do sistema. Esse tipo de representação permite a visualização de maneira mais clara objetivando a sequência das operações, auxiliando o entendimento global do processo e a identificação das correntes de entrada e saída (TADINI et al., 2016).

**Figura 11** - Diagrama de blocos do processo de fabricação da cerveja estilo Kölsch

Fonte: (Autora, 2023)

### 4.3.8 Mapa ocupacional

O mapa de ocupação consiste na representação gráfica de utilização dos equipamentos, máquinas e postos de trabalho ao longo de um determinado período de produção. Essa ferramenta permite a visualização e distribuição do tempo entre atividades produtivas e tempos de paradas programadas. Segundo Gomes e Corrêa (2018), a eficiência dos recursos

produtivos depende da adequada utilização do tempo disponível, do desempenho operacional e da qualidade do produto. Dessa forma, o monitoramento da ocupação dos equipamentos permite identificar oportunidades de melhoria e aumentar a produtividade dos sistemas de manufatura.

Ao longo dos anos de operação será utilizada a esquematização de etapas do mapa ocupacional descrito na figura 12 esse ciclo pode se alterar no futuro para a melhoria do fluxo de funcionamento e cumprimento de altas demandas, bem como a implementação de novos equipamentos.

O startup e a limpeza da fábrica será a primeira operação realizada no turno. A recepção do malte, levedura e cevada ocorrerá em dias alternados, chegando no primeiro turno às 7 horas, o mapa de ocupação irá considerar um dia em que isso ocorre para a visualização completa das operações. Considerando 60 minutos para a recepção, seleção (para avaliação de aceitação do produto, lote, responsável técnico, pré avaliação de qualidade) e coleta de dados.

O processo de elaboração da cerveja inicia-se com a etapa de moagem do malte que aumenta a superfície de contato dos grãos de mosto, possibilitando que as enzimas presentes transformem o amido em açúcares fermentáveis na etapa posterior. Esta etapa dura 120 minutos.

Em seguida, a mosturação transforma o amido em dos grãos de malte em açúcares fermentáveis (maltose) e não fermentáveis (dextrinas), que são responsáveis pelo sabor e características da cerveja, o processo leva em torno de 100 minutos, considerando o tempo em que o mosto leva para atingir a temperatura de 65°C e então começar o processo de mosturação.

O mosto segue para a etapa de filtração, na qual também ocorre a lavagem dos grãos de malte para garantir a máxima extração dos açúcares presentes, sendo feito no tempo de 30 minutos.

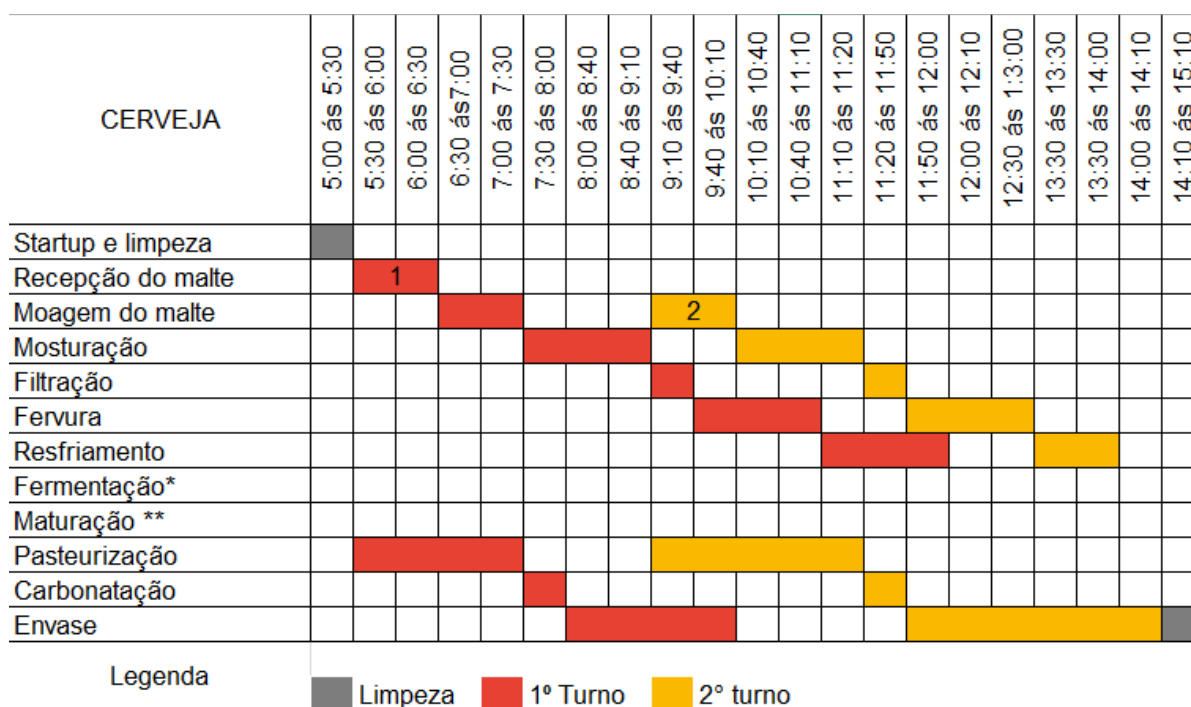
A fervura do mosto é responsável pela formação dos aromas e sabores, a adição do lúpulo esta nessa etapa, além da aromatização, ocorre a esterilização do mosto, a coagulação das proteínas, um processo que ocorre em 100 minutos, considerando o tempo em que o mosto leva para alcançar a temperatura de 98°C.

Após a fervura, ocorre a refrigeração do mosto, que deve chegar a 15 °C, no intervalo de tempo de 30 minutos.

A fermentação acontece em 7 dias e a cerveja segue para a maturação de 3 semanas em dornas de maturação.

O processo de pasteurização da cerveja tem como objetivo eliminar e/ou inativar os microrganismos, será utilizado 72°C por 30 segundos, sendo um tempo esperado de 150 minutos. Saindo da pasteurização, a cerveja segue para a carbonatação, onde ocorre a adição de dióxido de carbono no produto, o tempo esperado para esse processo é de 70 minutos, já o envase deve durar aproximadamente 200 minutos.

**Figura 12** - Mapa ocupacional para o primeiro turno



**Fonte:** Autora (2026)

Nota: A fermentação ocorre por 7 dias

Nota 2: A maturação ocorre por 14 dias

#### 4.3.9 Demanda de matérias-primas

Os quadros 39, 40, 41, 42, 43 e 44 representam as demandas de matérias-primas necessárias para a produção de cerveja, os dados foram obtidos a partir das informações advindas dos itens **4.3.2 Ritmo de produção** e **4.3.3 Balanço de massa**.

**Quadro 39** - Demanda de água para produção da cerveja por dia, mês e ano.

ANO	DIA (kg/dia)	MÊS (kg/mês)	ANO (kg/ano)
2024	34.383,44	1.031.503,32	12.378.039,84
2025	34.842,21	1.045.266,31	12.543.195,73
2026	35.300,98	1.059.029,30	12.708.351,62

Continua

ANO	DIA (kg/dia)	MÊS (kg/mês)	ANO (kg/ano)
2027	35.759,76	1.072.792,71	12.873.512,51
2028	36.218,52	1.086.555,70	13.038.668,40
2029	36.677,29	1.100.318,69	13.203.824,29
2030	37.136,06	1.114.081,68	13.368.980,18
2031	37.594,82	1.127.844,67	13.534.136,07
2032	38.053,59	1.141.607,66	13.699.291,96
2033	38.512,36	1.155.370,65	13.864.447,85
2034	38.971,12	1.169.133,64	14.029.603,74
2035	39.429,89	1.182.896,64	14.194.759,63

Fonte: Autora (2026)

**Quadro 40 - Demanda de maltes para produção da cerveja por dia, mês e ano**

ANO	DIA (kg/dia)	MÊS (kg/mês)	ANO (kg/ano)
2024	5.027,40	150.822,00	1.809.864,00
2025	5.094,48	152.834,37	1.834.012,39
2026	5.161,56	154.846,73	1.858.160,77
2027	5.228,64	156.859,16	1.882.309,89
2028	5.295,72	158.871,52	1.906.458,28
2029	5.362,80	160.883,89	1.930.606,67
2030	5.429,88	162.896,25	1.954.755,05
2031	5.496,95	164.908,62	1.978.903,44
2032	5.564,03	166.920,99	2.003.051,83
2033	5.631,11	168.933,35	2.027.200,22
2034	5.698,19	170.945,72	2.051.348,60
2035	5.765,27	172.958,08	2.075.496,99

Fonte: Autora (2026)

**Quadro 41 - Demanda de lúpulos para produção da cerveja por dia, mês e ano**

ANO	DIA (kg/dia)	MÊS (kg/mês)	ANO (kg/ano)
2024	51,72	1.551,60	18.619,20
2025	52,41	1.572,30	18.867,63
2026	53,10	1.593,00	19.116,06
2027	53,79	1.613,71	19.364,50
2028	54,48	1.634,41	19.612,93
2029	55,17	1.655,11	19.861,36

Continua

ANO	DIA (kg/dia)	MÊS (kg/mês)	ANO (kg/ano)
2030	55,86	1.675,82	20.109,78
2031	56,55	1.696,52	20.358,21
2032	57,24	1.717,22	20.606,64
2033	57,93	1.737,92	20.855,07
2034	58,62	1.758,63	21.103,50
2035	59,31	1.779,33	21.351,93

Fonte: Autora (2026)

**Quadro 42** - Demanda de levedura para produção da cerveja por dia, mês e ano.

ANO	DIA (kg/dia)	MÊS (kg/mês)	ANO (kg/ano)
2024	40,20	1.206,00	14.472,00
2025	40,74	1.222,09	14.665,09
2026	41,27	1.238,18	14.858,19
2027	41,81	1.254,27	15.051,29
2028	42,35	1.270,37	15.244,39
2029	42,88	1.286,46	15.437,48
2030	43,42	1.302,55	15.630,58
2031	43,95	1.318,64	15.823,67
2032	44,49	1.334,73	16.016,76
2033	45,03	1.350,82	16.209,86
2034	45,56	1.366,91	16.402,95
2035	46,10	1.383,00	16.596,05

Fonte: Autora (2026)

**Quadro 43** - Demanda de embalagem primária para produção da cerveja por dia, mês e ano.

ANO	DIA (kg/dia)	MÊS (kg/mês)	ANO (kg/ano)
2024	78.276,00	2.348.280,00	28.179.360,00
2025	79.320,41	2.379.612,28	28.555.347,42
2026	80.364,82	2.410.944,57	28.931.334,84
2027	81.409,26	2.442.277,80	29.307.333,66
2028	82.453,67	2.473.610,09	29.683.321,07
2029	83.498,08	2.504.942,37	30.059.308,49
2030	84.542,49	2.536.274,66	30.435.295,91
2031	85.586,90	2.567.606,94	30.811.283,33
2032	86.631,31	2.598.939,23	31.187.270,75

continua

ANO	DIA (kg/dia)	MÊS (kg/mês)	ANO (kg/ano)
2033	87.675,72	2.630.271,51	31.563.258,17
2034	88.720,13	2.661.603,80	31.939.245,59
2035	89.764,54	2.692.936,08	32.315.233,01

Fonte: Autora (2026)

**Quadro 44** - Demanda de embalagem secundária para produção da cerveja por dia, mês e ano.

ANO	DIA (kg/dia)	MÊS (kg/mês)	ANO (kg/ano)
2024	13.046,00	391.380,00	4.696.560,00
2025	13.220,07	396.602,05	4.759.224,57
2026	13.394,14	401.824,09	4.821.889,14
2027	13.568,21	407.046,30	4.884.555,61
2028	13.742,28	412.268,35	4.947.220,18
2029	13.916,35	417.490,40	5.009.884,75
2030	14.090,41	422.712,44	5.072.549,32
2031	14.264,48	427.934,49	5.135.213,89
2032	14.438,55	433.156,54	5.197.878,46
2033	14.612,62	438.378,59	5.260.543,03
2034	14.786,69	443.600,63	5.323.207,60
2035	14.960,76	448.822,68	5.385.872,17

Fonte: Autora (2026)

#### 4.3.10 Sistemas de manuseio e de armazenamento do produtos acabados

O armazenamento do produto pronto deve ser realizado em um espaço limpo, seco e organizado, a fim de preservar a integridade física, qualidade e sabor da bebida até a sua distribuição. O local deve ser resguardado da luz solar direta e, ter controle de temperatura e umidade.

Os produtos precisam ser colocados sobre paletes, evitando que toquem diretamente o chão, mantendo uma distância das paredes e seguindo limites apropriados de empilhamento de acordo com o tipo de embalagem.

O método de gestão de estoque utilizado é o PEPS (Primeiro que Entra, Primeiro que Sai), conhecido também como FIFO (First-In, First-Out) que prioriza a expedição dos lotes mais antigos, reduzindo a possibilidade de vencimento e assegurando uma boa rotatividade do estoque. Para que esse sistema funcione adequadamente, os lotes devem ter identificação clara

com a data de fabricação e validade, garantindo assim a rastreabilidade e o controle adequado (Hudin, 2024).

#### **4.3.11 Sistema adotado para garantia da qualidade**

O Sistema Garantia da Qualidade (SGQ) são baseados na ISO 9001, que estabelece normas para gestão da qualidade, ISO 22000, que estabelece normas de segurança alimentar, e a HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point - Análise de perigo e ponto crítico de controle), que estabelece um sistema de análise de risco e controle de pontos críticos na fabricação de alimentos. O SGQ na indústria de cerveja envolve uma série de etapas, desde a seleção cuidadosa dos ingredientes, como a cevada, o lúpulo e a levedura, até a padronização do processo de produção, armazenamento e distribuição. Isso inclui o controle rigoroso das condições de produção, como temperatura, pressão, tempo e PH (ABNT, 2015) (ABNT, 2019).

Além disso, o SGQ envolve testes regulares de qualidade, desde testes sensoriais que avaliam o sabor, aroma e aparência da cerveja, até testes químicos e microbiológicos para detectar qualquer contaminação ou falha no processo de produção. Esses testes são feitos tanto durante a produção quanto no produto final antes da distribuição.

A implementação de um SGQ eficaz é crucial para a indústria de cerveja, pois ajuda a garantir a qualidade e segurança do produto, além de promover a satisfação do cliente e a fidelidade à marca. Isso pode levar a um aumento da demanda e da lucratividade, bem como à manutenção de uma reputação positiva no mercado.

##### **4.3.11.1 Boas práticas de fabricação e procedimentos operacionais padronizados**

As boas práticas de fabricação (BPF) estabelecem um conjunto de medidas e procedimentos que tem como objetivo garantir a qualidade higiênico-sanitária e a segurança dos alimentos durante todas as etapas de fabricação. As BPF abrangem desde aspectos estruturais até controle integrado de pragas. Como complemento, os procedimentos operacionais padronizados (POPs) são documentos que irão descrever a execução das atividades de forma objetiva e sequencial, assegurando uma padronização (BRASIL, 2002).

###### **4.3.11.1.1 Armazenamento adequado de matérias-primas e produtos acabados**

O armazenamento adequado de matérias-primas e produtos acabados é fundamental para garantir a qualidade e segurança dos produtos. É importante controlar a temperatura e

umidade, proteger contra luz e odores, separar por tipo e lote, fazer a rotatividade de estoque e adotar medidas preventivas contra pragas. A adoção de boas práticas de armazenamento contribui para a preservação da qualidade dos produtos e a segurança dos consumidores.

#### **4.3.11.1.2 Controle de pragas**

O controle de pragas é fundamental para garantir a qualidade e segurança dos produtos. As práticas comuns incluem a manutenção da limpeza, armazenamento adequado de resíduos, controle de entrada de pessoas e materiais, vedação de portas e janelas, utilização de armadilhas e iscas e produtos químicos específicos (BRASIL, 2002). É importante que os colaboradores recebam treinamentos sobre as práticas adequadas e os cuidados com a segurança e higiene no local de trabalho.

#### **4.3.11.1.3 Higiene pessoal e treinamento dos colaboradores**

Segundo a RDC 275/2002, e as normas de segurança de trabalho, como as NR 6, NR 7, NR 9, NR 17 e a NR 24, mostram que a higiene pessoal dos colaboradores é muito importante, é necessário que os colaboradores utilizem uniformes e EPIs adequados, lavem as mãos regularmente, protejam os cabelos e barbas, evite contaminar os produtos com doenças ou ferimentos e recebam treinamentos sobre as práticas adequadas de higiene pessoal, boas práticas de fabricação, segurança do trabalho e prevenção de acidentes. Os treinamentos devem ser realizados periodicamente e documentados (BRASIL, 2002; BRASIL, 2022b; BRASIL, 2022c; BRASIL, 2021a; BRASIL, 2021b; BRASIL, 2022d).

#### **4.3.11.1.4 Identificação e rastreabilidade dos lotes**

Segundo a RDC 655/2022, o processo de identificação e rastreabilidade dos lotes é importante para garantir a qualidade e segurança dos produtos. Para isso, é necessário identificar cada lote com informações únicas, registrar todas as informações sobre a produção e manter um sistema de rastreamento eficiente. Todos os produtos devem ser etiquetados com informações sobre o lote para permitir a identificação da origem e data de fabricação. A implementação desse processo é fundamental para um controle mais eficiente dos processos de produção. Para isso, é importante manter um sistema de rastreamento eficiente que permita identificar rapidamente a origem do problema em caso de falhas na qualidade ou segurança do produto.

#### **4.3.11.1.5 Higiene e limpeza das instalações, equipamentos e utensílios**

A higiene e limpeza das instalações, equipamentos e utensílios é essencial para garantir a qualidade e segurança dos produtos. O processo deve seguir um plano de limpeza e sanitização, utilizando detergentes e desinfetantes apropriados. Todos os equipamentos e utensílios em contato com o produto devem ser limpos e sanitizados antes de cada uso, seguindo um cronograma de limpeza (BRASIL, 2002).

#### **4.3.11.1.6 Controle de qualidade dos insumos, produtos intermediários e produtos acabados**

Esse controle envolve a realização de testes laboratoriais para detectar possíveis contaminações ou desvios de qualidade. Para os insumos, os testes podem incluir análises físicas, químicas e microbiológicas. Já para os produtos intermediários e produtos acabados, são realizados testes de qualidade sensorial, análises físicas, químicas e microbiológicas, além de testes de estabilidade do produto. O controle de qualidade também inclui a monitoração do processo de produção, como o controle de temperatura e pH, por exemplo, além da avaliação do envase e embalagem do produto final (BRASIL, 2002).

#### **4.3.11.1.7 Gerenciamento de resíduos e efluentes**

O gerenciamento de resíduos e efluentes envolve a segregação, armazenamento temporário e destinação final adequada dos resíduos sólidos e líquidos resultantes do processo produtivo. O gerenciamento de resíduos e efluentes deve ser baseado nas legislações ambientais aplicáveis, instituídas pela lei nº 12.305/2010, que descreve a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Deve-se ainda realizar a gestão dos riscos ambientais envolvidos no manuseio, transporte e armazenamento de resíduos e efluentes, visando à prevenção de acidentes e à proteção da saúde e segurança dos colaboradores e do meio ambiente (BRASIL, 2010).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 430/2011 descreve as condições e padrões de lançamento de efluentes, ou seja, as características que os efluentes devem atender antes de serem lançados no meio ambiente. Essa resolução estabelece parâmetros para diversas substâncias e elementos, tais como demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos suspensos, pH, temperatura, entre outros. O objetivo é garantir que o lançamento de efluentes não prejudique a qualidade da água e do meio ambiente em geral (BRASIL, 2011).

#### **4.3.11.1.8 Controle de documentos e registros**

Segundo a ABNT NBR ISO 15489-1:2018, o controle de documentos e registros é uma prática importante para garantir que todos os processos sejam realizados de acordo com os padrões estabelecidos pela empresa e pela legislação aplicável. Isso envolve a criação, revisão, aprovação, distribuição, atualização, arquivamento e descarte de documentos e registros relacionados aos processos e atividades da empresa. Os documentos e registros incluem manuais de procedimentos, planos de qualidade, especificações de produtos, relatórios de inspeção, registros de treinamento, entre outros. É importante que esses documentos e registros sejam mantidos atualizados e que haja um controle rigoroso sobre sua disponibilidade e acesso. Isso ajuda a garantir a rastreabilidade e a transparência dos processos e facilita a identificação de possíveis desvios ou não conformidades, permitindo a tomada de ações corretivas adequadas (ABNT, 2018).

#### **4.3.11.2 Análise dos perigos e pontos críticos de controle (APPCC)**

A Análise dos Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) é um sistema preventivo que identifica potenciais perigos à segurança do alimento durante o processo produtivo. Em uma indústria cervejeira, o processo de APPCC envolve uma série de etapas, tais como a identificação dos perigos, avaliação de riscos, estabelecimento de medidas de controle e monitoramento contínuo. Entre os perigos que podem ser identificados estão contaminações por microrganismos, substâncias químicas e presença de objetos estranhos. Para o controle desses perigos, são estabelecidos pontos críticos de controle (PCCs), que são etapas específicas do processo produtivo em que as medidas de controle devem ser aplicadas. Os controles podem incluir medidas preventivas, como a limpeza de equipamentos, e o monitoramento constante, como a realização de análises microbiológicas e físico-químicas dos insumos e produtos acabados. Caso ocorra alguma não conformidade, devem ser estabelecidas ações corretivas para garantir a qualidade e segurança do produto final (CODEX ALIMENTARIUS, 2020; BRASIL, 1998).

### **4.4 Dimensionamento de equipamentos principais**

#### **4.4.1 Capacidade de produção**

A capacidade de produção refere-se à quantidade máxima de bens ou serviços que a empresa poderá produzir em um determinado período de tempo. Essa capacidade é influenciada por vários fatores, como recursos disponíveis, tecnologia utilizada, tamanho da

equipe de trabalho e eficiência dos processos de produção (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

#### 4.4.1.1 Capacidade efetiva

A capacidade efetiva corresponde à capacidade produtiva obtida em condições normais de operação, considerando as perdas planejadas e restrições inerentes ao processo produtivo (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018). Ao fazer o plano de produção foi considerado as paradas planejadas de 12% para manutenção corretiva e preventiva, sendo que a indústria funcionará 320 dias/ano). Portanto, os valores encontrados no balanço de massa já nos fornece o valor capacidade efetiva para cada etapa, que está descrita no quadro 45.

**Quadro 45** - Capacidade efetiva de cada processo

Etapa	Capacidade efetiva kg/h	Capacidade efetiva kg/dia	Capacidade efetiva kg/mês	Capacidade efetiva kg/ano
Moagem	418,95	2932,65	87979,50	28153440,00
Mosturação	1451,66	10161,62	304848,60	97551552,00
Filtração	2529,07	17703,49	531104,70	169953504,00
Fervura e whirlpool	2390,22	16731,53	501945,99	160622716,80
Resfriamento	2285,32	15997,21	479916,36	153573235,20
Fermentação	2369,66	16587,62	497628,60	159241152,00
Maturação	2343,28	16402,98	492089,43	157468617,60
Clarificação	2272,32	15906,22	477186,57	152699702,40
Pasteurização	2249,59	15747,16	472414,74	151172716,80
Carbonatação	2342,70	16398,89	491966,58	157429305,60
Envase	2253,68	15775,73	473271,96	151447027,20

Fonte: Autora (2026).

#### 4.4.1.2 Capacidade nominal

A capacidade nominal é a quantidade máxima de uma produção ou serviço em que um sistema pode gerar em condições ideais, considerando plena funcionalidade das operações, sem ausências ou interrupções (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018). Utilizando os dados já apresentados no item **4.5.2 Ritmo de produção**, foi considerado as paradas planejadas, sendo 12% para manutenção corretiva e preventiva; pleno funcionamento

320 dias/ano. Assim, utilizando os valores da capacidade efetiva, foi possível construir o quadro 46, encontrando a capacidade nominal através de 3 fórmulas, sendo elas: fórmula 55 - capacidade nominal/semana; fórmula 56 - capacidade nominal/mês; fórmula 57 - capacidade nominal/ano.

$$Q_{nominal} = \left(\frac{7 \text{ dias}}{\text{semana}}\right) \cdot \left(\frac{2 \text{ turnos}}{\text{dia}}\right) \cdot \left(\frac{6 \text{ horas}}{\text{turno}}\right) \cdot \left(\frac{\text{balanço de massa kg}}{\text{hora}}\right) \quad (55)$$

$$Q_{nominal} = \left(\frac{30 \text{ dias}}{\text{mês}}\right) \cdot \left(\frac{2 \text{ turnos}}{\text{dia}}\right) \cdot \left(\frac{6 \text{ horas}}{\text{turno}}\right) \cdot \left(\frac{\text{balanço de massa kg}}{\text{hora}}\right) \quad (56)$$

$$Q_{nominal} = \left(\frac{320 \text{ dias}}{\text{ano}}\right) \cdot \left(\frac{2 \text{ turnos}}{\text{dia}}\right) \cdot \left(\frac{6 \text{ horas}}{\text{turno}}\right) \cdot \left(\frac{\text{balanço de massa kg}}{\text{hora}}\right) \quad (57)$$

**Quadro 46-** Capacidade nominal semanal, mensal e anual dos processos da cerveja

Etapa	Capacidade nominal kg/semana	Capacidade nominal kg/mês	Capacidade nominal kg/ano
Moagem	35191,80	150822,00	1608768,00
Mosturação	121939,44	522597,60	5574374,40
Filtração	212441,88	910465,20	9711628,80
Fervura e whirlpool	200778,40	860478,84	9178440,96
Resfriamento	191966,54	822713,76	8775613,44
Fermentação	199051,44	853077,60	9099494,40
Maturação	196835,77	843581,88	8998206,72
Clarificação	190874,63	818034,12	8725697,28
Pasteurização	188965,90	809853,84	8638440,96
Carbonatação	196786,63	843371,28	8995960,32
Envase	189308,78	811323,36	8654115,84

Fonte: Autora (2026).

#### 4.4.1.3 Capacidade instalada

A capacidade instalada é a medida da capacidade de produção máxima que uma empresa pode alcançar em um determinado período de tempo, sem considerar perdas decorrentes de paradas programadas, manutenção ou outras restrições operacionais. É importante ressaltar que a capacidade instalada nem sempre é totalmente utilizada (MARTINS; LAUGENI, 2015). Sendo assim, utilizando os valores da capacidade efetiva, foi

possível construir o quadro 47, encontrando a capacidade nominal através de 3 fórmulas, sendo elas: fórmula 58 - capacidade instalada/semana; fórmula 59 - capacidade instalada/mês; fórmula 60 - capacidade instalada/ano.

$$Q_{instalada} = \frac{7 \text{ dias}}{\text{semana}} \times \frac{4 \text{ turnos}}{\text{dias}} \times \frac{6 \text{ h}}{\text{turno}} \times Q_{efetiva} \quad (58)$$

$$Q_{instalada} = \frac{30 \text{ dias}}{\text{mês}} \times \frac{4 \text{ turnos}}{\text{dias}} \times \frac{6 \text{ h}}{\text{turno}} \times Q_{efetiva} \quad (59)$$

$$Q_{instalada} = \frac{365 \text{ dias}}{\text{ano}} \times \frac{4 \text{ turnos}}{\text{dias}} \times \frac{6 \text{ h}}{\text{turno}} \times Q_{efetiva} \quad (60)$$

**Quadro 47** - Capacidade instalada semanal, mensal e anual dos processos da cerveja

Etapa	Capacidade instalada kg/semana	Capacidade instalada kg/mês	Capacidade instalada kg/ano
Moagem	70383,60	301644,00	3670002,00
Mosturação	243878,88	1045195,20	12716541,60
Filtração	424883,76	1820930,40	22154653,20
Fervura e whirlpool	401556,79	1720957,68	20938318,44
Resfriamento	383933,09	1645427,52	20019368,16
Fermentação	398102,88	1706155,20	20758221,60
Maturação	393671,54	1687163,76	20527159,08
Clarificação	381749,26	1636068,24	19905496,92
Pasteurização	377931,79	1619707,68	19706443,44
Carbonatação	393573,26	1686742,56	20522034,48
Envase	378617,57	1622646,72	19742201,76

Fonte: Autora (2026).

#### 4.4.1.4 Grau de disponibilidade

Segundo Martins e Laugeni (2015), o grau de disponibilidade representa o tempo em que um equipamento permanece apto a operar e qual o seu tempo total previsto de utilização é um indicador amplamente utilizado na indústria pois avalia o impacto de paradas programadas e não programadas sobre a capacidade produtiva. Seu cálculo se dá através da fórmula 61, sendo apresentado no quadro 48 o grau de utilidade do processo da cerveja.

$$\text{Grau de disponibilidade} = \left( \frac{Q_{nominal}}{Q_{instalada}} \right) \times 100\% \quad (61)$$

**Quadro 48** - Grau de disponibilidade semanal, mensal e anual dos processos da cerveja

Etapa	Grau de disponibilidade %/semana	Grau de disponibilidade %/mês	Grau de disponibilidade %/ano
Moagem	50,00	50,00	43,84
Mosturação	50,00	50,00	43,84
Filtração	50,00	50,00	43,84
Fervura e whirlpool	50,00	50,00	43,84
Resfriamento	50,00	50,00	43,84
Fermentação	50,00	50,00	43,84
Maturação	50,00	50,00	43,84
Clarificação	50,00	50,00	43,84
Pasteurização	50,00	50,00	43,84
Carbonatação	50,00	50,00	43,84
Envase	50,00	50,00	43,84

Fonte: Autora (2026).


#### 4.4.2 Especificação dos equipamentos

A definição e especificação adequada dos equipamentos constitui etapa fundamental para a implantação de uma indústria, uma vez que, eles influenciam diretamente na capacidade produtiva, eficiência operacional, qualidade do produto e a viabilidade econômica. Os quadros 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55 e 56 representam os principais equipamentos utilizados para a produção de cerveja.

**Quadro 49** - Descrição do equipamento de moagem

<b>Moagem</b>
Será utilizada somente 1 unidade
Modelo MM - 503EWR
<b>Descrição Técnica</b>
Capacidade de produção: 400 a 500 kg de grão de malte por hora
Número de rolos: dois, com diâmetro extra grande (ajustável)
Conexão de Alimentação: 3F 380-400V / 50 Hz
Consumo: 4 kW

Continua

<b>Descrição Técnica</b>	
Dimensões (H x L x W): 920 x 600 x 600 mm	
Peso: 180 kg	
Preço: € 5067 (R\$26.881,85)	
	

Fonte:SCCS Brewing Solutions.

#### **Quadro 50-** Descrição do equipamento de brassagem

<b>Sala de Brassagem</b>	
Será utilizada somente 1 unidade	
Modelo - BREWORX TRITANK 3000	
<b>Descrição Técnica</b>	
Capacidade: produção 3540 L de mosto	
Equipada com 3 tanques funcionais separados. 1º mistura de malte + água; 2º Fervura do mosto; 3º Whirlpool.	
Material exterior e interior: aço inoxidável AISI 304	
Sistema de aquecimento: vapor	
Sistema de controle: semi automático	
Contém função CIP	
Potência de entrada 2400W (2,4 kW)	
Dimensões (H x L x P): 3,9 x 5,0 x 5,0 m	
Peso: 3.520 kg	
Preço: € 154343 (R\$ 818.832,82)	



Fonte: CZECH Brewery System.


Nota: Para as etapas de fervura e whirlpool será utilizado o mesmo equipamento da sala de brassagem já descrito acima.

#### Quadro 51 - Descrição do equipamento de resfriamento

<b>Resfriamento</b>
Será utilizado 1 unidade
Modelo WCASB-3000 Compact cooler e aerador de wort (dois estágios)
<b>Descrição Técnica</b>
Capacidade: 3.000 L por hora
Trocador de calor tubular de dois estágios destinado ao resfriamento do mosto.
Contém soldagem a vácuo
Placas de aço inoxidável (W 1.4401) e soldas de cobre
Dimensões: 8,00 × 2,80 × 1,500 m
Preço (por unidade): € 13227 (R\$ 69.555,71)
Peso: 140 kg

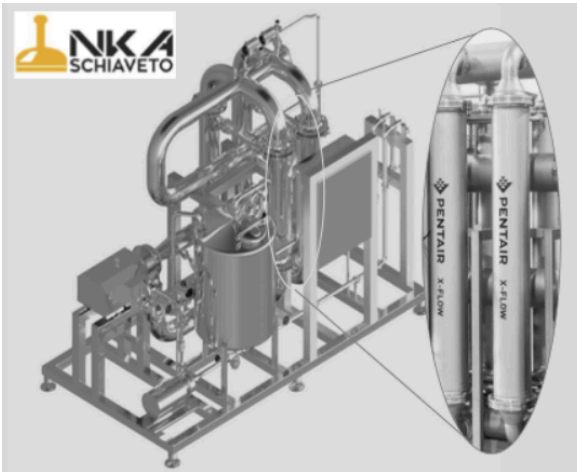
**Fonte:** CZECH Brewery System.

**Quadro 52-** Descrição do equipamento de fermentação

<b>Fermentação e maturação</b>
Serão utilizadas 18 unidades para suprir o volume de produção diária, considerando que para fermentação a cerveja ficará 7 dias e para maturação será de 14 dias.
Modelo - Tanque INOX 304 - 30.000 litros
<b>Descrição Técnica</b>
Capacidade: 30.000 L
Fundo plano
Material: aço inoxidável AISI 304
Potência do compressor de refrigeração: 2300 W
Conexão elétrica: 220-240V / 50Hz
Consumo: 1380 W (1,38 kW) / 6A
Preço: R\$ 57.550,00 cada - total: R\$ 1.035.900,00
Dimensões: 2,73m diâmetro x 5 m de altura


**Fonte:** MXM Tanques

**Quadro 53 - Descrição do equipamento de clarificação**

<b>Clarificação</b>
Será utilizado apenas 1 unidade
Modelo Filtro de Cerveja BMF Pentair NKA-Schiaveto
<b>Descrição Técnica</b>
Filtro de Membrana
Skid em aço inox 304
Módulos de filtração Pentair® R - 30
Bomba de cerveja CIP
Bomba e tanque CIP
Painel com IHM e PLC para controle do processo
Os módulos R-30 são, em geral, inseridos em um skid (unidade padrão) de 6 módulos. O fluxo de permeado varia entre 1.200 - 2.400 litros por hora, por módulo.
Preço: via orçamento, para fins de cálculo utilizamos como base equipamento com mesma função \$10.000,00 (R\$ 49.000,00)


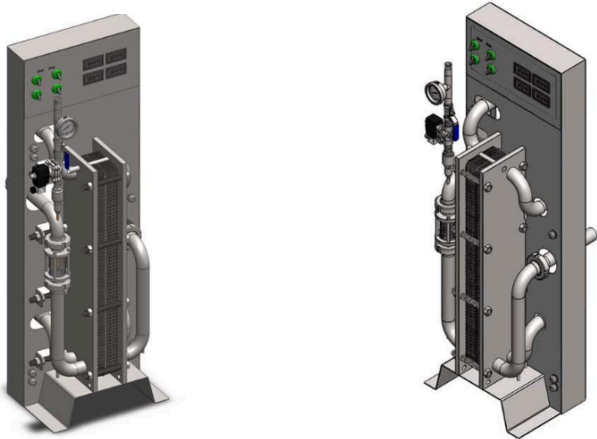
**Fonte:**SCCS Brewing Solutions.

Nota: Para a etapa de pasteurização será utilizado o mesmo modelo de trocador de calor da resfriamento.

**Quadro 54 - Descrição do equipamento de pasteurização**

<b>Pasteurização</b>
Será utilizado 1 unidade
Modelo WCASB-3000 Compact cooler e aerador de wort (dois estágios)

Continua

<b>Descrição Técnica</b>	
Capacidade: 3.000 L por hora	
Trocador de calor tubular de dois estágios destinado a pasteurização do mosto.	
Contém soldagem a vácuo	
Placas de aço inoxidável (W 1.4401) e soldas de cobre	
Dimensões: 8,00 × 2,80 × 1,50 m	
Preço (por unidade): € 13227 (R\$ 69.555,71)	
Peso: 140 kg	

**Fonte:** CZECH Brewery System.

#### **Quadro 55-** Descrição do equipamento de carbonatação

<b>Carbonatação</b>	
Será utilizado 1 unidade	
Modelo M56 Mojonnier	
<b>Descrição Técnica</b>	
Dimensões: 2,0 x 2,4 x 2,1	
Capacidade: 3.030L/hr	
Materiais: Aço	
Peso: 5.000 kg	
Preço: \$85.000 (R\$ 416.500,00)	



**Fonte:** CZECH Brewery System.

### Quadro 56 - Descrição do equipamento de envase

<b>Envase</b>
Será utilizado apenas 1 unidade
Modelo Envasadora de Líquidos Automática em Linha - 300-2500 ml - Cetro
<b>Descrição Técnica</b>
Dimensões: 2,10 X 0,86 X 1,46 m
Capacidade: 8 bicos - produz de 2400 á 6500 garrafas por hora
Elementos em contato com produto em aço inoxidável AISI 304, com acabamento sanitário.
A máquina está preparada para efetuar CIP a quente a 85°C
Preço: R\$47.990,00
Tensão: 220V - 500W

**Fonte:** CETRO máquinas.

## **4.5 Elaboração da planta industrial e layout**

### **4.5.1 Descrição das instalações**

As instalações das indústrias de alimentos devem ser elaboradas de forma que garantam as condições adequadas de operação, segurança, higiene e eficiência produtiva. Na produção de bebidas, a regulamentação é expressa pela Lei nº8.918/1994, que determina a inspeção e fiscalização sobre equipamentos, instalações, matérias-primas e processos produtivos, visando a garantia da segurança e qualidade (BRASIL, 1994). As instalações devem ser construídas a fim de garantir o fluxo contínuo, evitando cruzamentos que podem ocasionar contaminações ou perdas de eficiência. De acordo com a NR 8, as edificações devem proporcionar condições adequadas de segurança, conforto e salubridade aos trabalhadores (BRASIL, 2022).

As edificações devem apresentar estruturas compatíveis com o fluxo de produção, os pisos, paredes e tetos devem ser constituídos por materiais impermeáveis, que facilitam a higienização evitando o acúmulo de sujidades. A ventilação deve ser adequada e suficiente para evitar a condensação e acúmulo de vapores. Da mesma forma que, a iluminação deve ser apropriada, de forma a não comprometer a execução das atividades. Além disso, as instalações devem abranger áreas específicas e separadas para recebimento de matérias-primas, processamento, armazenamento, expedição e resíduos (ANVISA, 2002). Por fim, a planta deve contemplar áreas de apoio, como almoxarifado, escritórios administrativos, vestiários, sanitários, refeitório e estacionamento. Essas instalações devem atender aos requisitos de acessibilidade estabelecidos pela ABNT NBR 9050, bem como às exigências de segurança contra incêndio, instalações elétricas e ergonomia aplicáveis ao ambiente industrial. (ABNT, 2020).

### **4.5.2 Layout**

O layout de uma indústria é um dos fatores determinantes para a eficiência produtiva, segurança operacional e qualidade do produto final. O layout misto, também conhecido como layout híbrido, consiste na combinação de dois ou mais tipos de arranjos físicos em uma mesma instalação industrial. Embora o fluxo principal de produção da cerveja apresenta características de um layout por produto, as etapas de fermentação e maturação diferenciam-se por operar com múltiplos tanques em paralelo, caracterizando uma configuração próxima ao layout funcional. Dessa forma, a planta cervejeira pode ser classificada como um layout misto, como representado pela figura 13, no qual coexistem características de arranjo físico por produto e funcional, permitindo simultaneamente fluxo

contínuo de materiais e flexibilidade operacional (CORRÊA; CORRÊA, 2017; TUBINO, 2017)

**Figura 13** - Layout da indústria Heaven



**Fonte:** Desenvolvido com apoio de inteligência artificial - Chat GPT (2026).

## 4.6 Definição de localização, logística e mão de obra

### 4.6.1 Localização

A definição da localização de uma indústria é uma etapa estratégica do planejamento industrial, pois influencia diretamente os custos operacionais, logística, canal de distribuição e mão de obra.

#### 4.6.1.1 Modelo de ponderação qualitativa e aspectos econômicos

O modelo de ponderação qualitativa é uma ferramenta utilizada para tomadas de decisões, sendo amplamente aplicada na definição de uma localidade para empreendimentos. O método consiste em uma avaliação comparativa de localidades distintas por meio de atribuição de pesos e fatores considerados relevantes para o projeto, como energia elétrica (custo), água (qualidade e disponibilidade), potencial para expansão, mercado consumidor,

acesso à rede de rodovias, benefícios fiscais e mão de obra. Os fatores são classificados de acordo com seu grau de importância: o mais importante recebe o valor mais alto e o menos importante, o valor mais baixo. Na categorização, os itens são ordenados conforme sua importância, podendo ser classificados como de pequena, média ou alta importância (CORRÊA; CORRÊA, 2017). As notas e os pesos estão representados no quadro 57.

**Quadro 57** - Pesos e notas para o modelo de ponderação qualitativa

PESO	NOTA
1 - Não importante	1 - Péssimo
2 - Pouco importante	2 - Ruim
3 - Importante	3 - Bom
4 - Muito importante	4 - Ótimo

**Fonte:** Autora (2026)

A energia elétrica é um dos fatores essenciais para a indústria, sendo um dos principais insumos utilizados. Caso o local tenha uma instabilidade muito forte no fornecimento de energia e/ou tenha um preço elevado, não é viável a instalação da fábrica.

A água é uma das matérias-primas mais utilizadas na indústria, sua qualidade e disponibilidade influenciam diretamente no processo produtivo, bem como a eficiência e a qualidade e segurança do produto. Água de qualidade e em abundância é o meio ideal para a implantação da fábrica, evitando lugares que possuem períodos de seca.

O potencial de expansão é um ponto estratégico, estando diretamente relacionado à possibilidade de ampliação produtiva.

O mercado consumidor constitui também um dos principais fatores considerados na escolha da localização, a proximidade com o cliente proporciona vantagens na logística, como a redução de custo de transporte.

É fundamental ter um bom acesso à rede de rodovias, pois influencia diretamente na eficiência da logística, uma localidade com rodovias ruim pode acarretar em custos mais elevados para a distribuição do produto e até mesmo o transporte de matéria-prima.

Os benefícios fiscais podem ser um dos mais importantes fatores de decisão, já que todas as etapas de construção e funcionamento da indústria requerem impostos e taxas. Ele altera diretamente o valor do produto final, pois todo o custo de produção terá impostos embutidos.

Após atribuir os fatores para a escolha da localização, foram selecionadas 3 cidades com potencial para abrir uma indústria cervejeira que se encaixasse o mais próximo possível dos fatores de escolha.

O município de Três Lagoas - MS foi escolhido por sua qualidade de água, segundo dados do Sistema Nacional de Informações em Saneamento indicam que aproximadamente 95% da população do município é atendida pelo sistema abastecimento de água, índice superior ao nacional (INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO, 2024). Porém sua capacidade de mão de obra é baixa devido ao aumento de empresas localizadas na região.

Campo Grande - MS também conta com uma qualidade de água excelente, sendo 98% da população com acesso ao abastecimento de água, a capital do estado do Mato Grosso do Sul também conta com um mercado consumidor favorável ao setor de bebidas, principalmente para cervejas artesanais, porém, a cidade perde em questão de rodovias e opções para distribuição (INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO, 2024).

O município de Araçatuba - SP apresenta uma localização estratégica, infraestrutura para logística, já que apresenta canais importantes para distribuição, como a SP-300 e a SP-463, que levam direto aos centros econômicos de São Paulo.

A seguir, observa-se o quadro 58 mostrando o modelo de ponderação qualitativa e os critérios, as cidades e suas respectivas notas. As notas foram dadas de acordo com informações disponíveis sobre as cidades, como diário oficial da prefeitura e companhias de abastecimento.

**Quadro 58** - Modelo de ponderação qualitativa

<b>FATOR</b>	<b>PESO</b>	<b>CAMPO GRANDE, MS</b>		<b>ARAÇATUBA, SP</b>		<b>TRÊS LAGOAS, MS</b>	
--	--	<b>NOTA</b>	<b>PESO X NOTA</b>	<b>NOTA</b>	<b>PESO X NOTA</b>	<b>NOTA</b>	<b>PESO X NOTA</b>
<b>ENERGIA ELÉTRICA</b>	3	2	6	3	9	2	6
<b>ÁGUA</b>	4	4	16	2	16	5	20
<b>CAPACIDADE DE MÃO DE OBRA</b>	3	3	9	2	6	2	6
<b>POTENCIAL PARA EXPANSÃO</b>	3	4	12	5	15	2	6

Continua

FATOR	PESO	CAMPO GRANDE, MS		ARAÇATUBA, SP		TRÊS LAGOAS, MS	
--	--	NOTA	PESO X NOTA	NOTA	PESO X NOTA	NOTA	PESO X NOTA
MERCADO CONSUMIDOR	4	5	20	4	16	2	8
ACESSO À REDE DE RODOVIAS	3	2	6	4	12	2	6
BENEFÍCIOS FISCAIS	4	3	12	2	8	3	12
TOTAL	--	23	81	24	82	18	64

Fonte: Autora, 2026

De acordo com o quadro 58 , a cidade com maior pontuação foi Araçatuba. Campo Grande também apresentou uma localização estratégica. Ambas as cidades tiveram pontuações muito parecidas, porém por questões quantitativas, Araçatuba venceu. No geral, é uma cidade muito promissora para a instalação de uma nova indústria e também, a longo prazo, para se manter com o mercado consumidor.

#### 4.6.1.2 Caracterização da cidade

Araçatuba é uma cidade localizada na região noroeste do estado de São Paulo, pertencendo à região sudeste do Brasil. Conta com uma rede de malha urbana estratégica, atua em diversos polos industriais, Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município conta com aproximadamente 200 mil habitantes e 1.167,126 km<sup>2</sup> de território. A maior parte da sua população encontra-se na faixa etária de 20 a 50 anos, o que significa mão de obra abundante. Além disso, a cidade conta com elevados índices de escolarização, cerca de 98% da população de 6 a 14 frequenta escola (IBGE, 2025).

O município apresenta uma economia regional diversificada, com predominância para setores de serviços, seguido pela indústria e pela agropecuária. De acordo com dados do IBGE e da Fundação SEADE, o Produto Interno Bruto (PIB) municipal é de aproximadamente R\$ 11,5 bilhões, com destaque para o setor terciário, responsável por cerca

de 70% a 72% da geração de valor adicionado na economia local (IBGE, 2025; SEADE, 2024).

## **4.6.2 Logística**

### **4.6.2.1 Malhas**

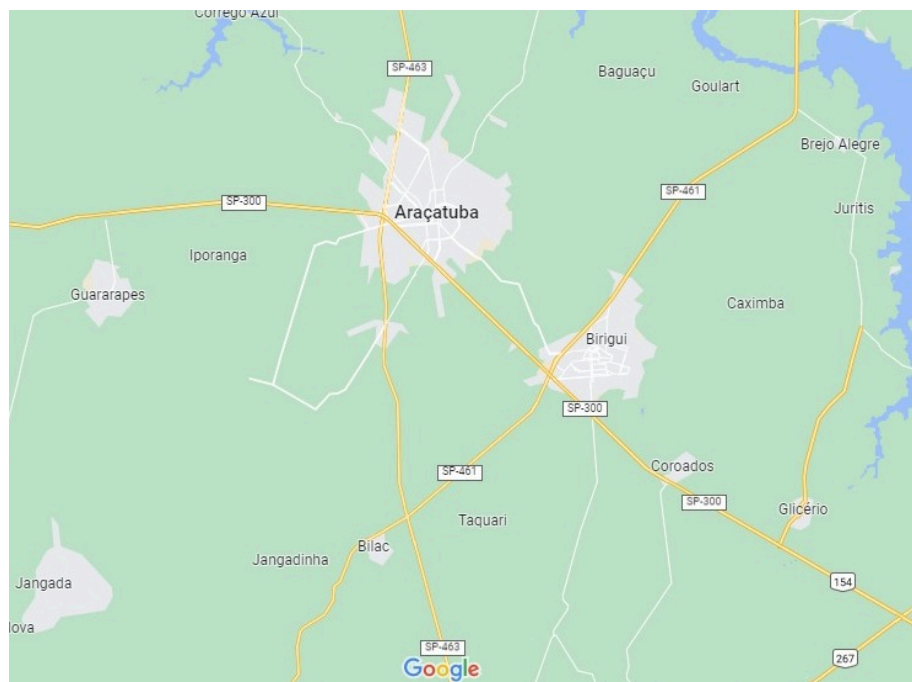
#### **Malha ferroviária**

De acordo com o plano do Governo do Estado de São Paulo, em 2022 foi proposta a retomada da reconstrução da malha ferroviária que passa pela cidade de Araçatuba, com a premissa de que a região sofre com a deficiência em logística no transporte de insumos e produtos através das malhas ferroviárias existentes, apresentando cerca de 2,5 quilômetros de malha ferroviária ociosa, sendo apenas utilizadas 11% do transporte de passageiros e produtos por via ferroviária no estado (Prefeitura Municipal de Araçatuba, 2022). Com base na qualidade do transporte, no tempo de deslocamento e na disponibilidade de infraestrutura, a malha ferroviária não se apresenta como uma alternativa viável, uma vez que não há áreas adequadas disponíveis para implantação ou utilização na região de Araçatuba no cenário atual.

#### **Malha rodoviária**

A malha rodoviária é amplamente utilizada no Brasil, visto que, o país apresenta grandes áreas planas e com rodovias dividindo todo o território, interligando cidades, estados e até mesmo outros países. Na região de Araçatuba encontram-se as Rodovias Estaduais SP - 300 e SP - 463 e as Rodovias Federais 154 e 267, como é possível observar na Figura 14. Com base nessas informações, a malha rodoviária é uma alternativa viável para ser utilizada, visto que apresenta diversas opções de logística que interligam as regiões de fornecedores e consumidores.

**Figura 14** - Mapa da malha rodoviária da região de Araçatuba



Fonte: Google (2023)

#### 4.6.2.2 Principais distâncias da cidade

A distribuição dos produtos acabados será feita abrangendo todas as regiões do Brasil, levando em conta a viabilidade logística. De acordo com a literatura, a estruturação da distribuição dos produtos deve considerar o nível da demanda, custo logístico e acessibilidade (BALLOU, 2004). Sendo assim, para o planejamento da distribuição será considerado três diferentes tipos de logística:

Até 500km (distribuição primária): inclui cidades como Curitiba - PR, Campo Grande - MS, e cidades do interior paulista, caracterizando um mercado mais eficiente e de alta demanda, com maior fluxo de entrega e menor custo logístico.

Até 1.200km (distribuição secundária): inclui as cidades como Belo Horizonte - MG e Goiânia - GO, sendo uma distância de distribuição ainda viável, mas com um planejamento maior de estoque e carga.

Distâncias acima de 1.200km (distribuição terciária): inclui regiões Norte e Nordeste, sendo necessário estratégias como centros de distribuições intermediários para suprir a logística, gerando um custo significativamente maior.

### **4.6.3 Mão de Obra**

#### **4.6.3.1 Legislações**

A contratação de colaboradores é regida e amparada pela Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT), estabelecida pelo Decreto-Lei nº5.452/1943 (BRASIL, 1943). A CLT define o registro em carteira assinada, bem como a jornada de trabalho, remuneração, férias e demais direitos trabalhistas. Para as indústrias, a CLT é vinculada com as Normas Reguladoras (NRs), que complementam as prescrições referentes a segurança e saúde ocupacional do colaborador. Essas normas são associadas às atividades que envolvem operações de máquinas, agentes químicos e sistemas pressurizados (BRASIL, 1978).

Dentre elas estão a NR 4 trata de Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT), sendo obrigatório a prevenção de acidentes e trabalho e a promoção da saúde ocupacional em empresas (BRASIL, 1978). Já a NR 5 descreve a instituição de uma Comissão Interna de Prevenção a Acidentes (CIPA) para empresas com número acima de 20 funcionários (BRASIL, 1978). NR 6 descreve a obrigatoriedade do fornecimento gratuito de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) (BRASIL, 2022a). Em conjunto a NR 13 regula a segurança na operação de caldeiras, vasos de pressão e tubulações, assegurando condições seguras para as etapas que operam sob pressão (BRASIL, 1978). Já a NR 15 define que quaisquer atividades consideradas insalubres ou que contenham risco de vida para o colaborador, deve-se receber uma bonificação pelo trabalho crítico (BRASIL, 1978). E em conjunto, para a avaliação e controle de riscos ergonômicos tem-se a NR 17 (BRASIL, 2021b).

#### **4.6.3.2 Mão De Obra Direta**

Segundo a literatura, o processo cervejeiro acontece de forma que haja a integração entre operação e controle tecnológico, exigindo mão de obra qualificada para garantir a padronização de processos (KUNZE, 2014). Além disso, Venturini Filho (2021) destaca que o planejamento das indústrias deve considerar não apenas o dimensionamento de equipamentos, mas também a estrutura de pessoal necessária para a operação, manutenção e controle de qualidade.

Sendo assim, a mão de obra direta (MOD) é compreendida como conjunto de colaboradores que atuam diretamente na produção, sendo representado pelo quadro 59, sendo um custo direto e essencial na estrutura industrial (MARTINS, 2018; BORNIA, 2010).

**Quadro 59** - Quantidade de mão de obra direta nos setores ligados diretamente a produção por ano

FUNÇÃO	ANOS											
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Operador de produção	18	18	18	19	19	19	20	20	21	21	22	23
Operador de recebimento e expedição	10	10	10	11	11	11	12	12	13	13	14	15

Fonte: Autora (2026).

#### 4.6.2.3 Mão De Obra Indireta

A mão de obra indireta (MOI), corresponde aos colaboradores que não atuam diretamente na transformação da matéria-prima em produto, mas que exercem funções de apoio essencial para o funcionamento do processo (BORNIA, 2010). Segundo Crepaldi (2014), a mão de obra indireta inclui funções como supervisor, manutenção, setor administrativo e qualidade. O quadro 560 representa a quantidade de colaboradores de mão de obra indireta necessários para a empresa Heaven.

**Quadro 60** - Quantidade de mão de obra indireta nos setores de apoio por ano

FUNÇÃO	ANOS											
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Supervisor de produção	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	8
Manutenção	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	8
Qualidade	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	8
Supply Chain	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	6
Compras e Vendas	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	8
Financeiro	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	6
Marketing	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	6
Recursos humanos	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	6
Serviços gerais	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	6

Fonte: Autora (2026).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo geral o desenvolvimento conceitual e técnico de uma indústria cervejeira, com foco na organização de um processo produtivo. A proposta buscou interligar conhecimentos da engenharia de alimentos com aspectos técnicos e mercadológicos para estruturar uma planta industrial coerente, viável do ponto de vista técnico e compatível com o mercado consumidor. Foram desenvolvidas etapas fundamentais como a caracterização do processo, elaboração do fluxograma de produção, execução de balanço de massa e energia das principais etapas e dimensionamento dos principais equipamentos. Complementarmente, foi realizado um estudo de mercado, que permitiu compreender o cenário do setor de cerveja no Brasil, identificando tendências, perfil de público-alvo e conseqüentemente realizar a projeção de crescimento da indústria.

Os principais resultados obtidos mostram que a expansão da indústria ao longo dos anos é compatível com o mercado no qual o produto está inserido. Os balanços de massa e energia apresentam consistência, permitindo identificação de pontos críticos em consumo energético, como na etapa de fervura e resfriamento do mosto. O estudo de mercado e a definição do perfil do consumidor contribuíram para estruturar a capacidade de produção, bem como a parcela de market share considerada para iniciar o processo produtivo, tornando o projeto viável do ponto de vista técnico.

Como contribuição para a área de engenharia de alimentos, o presente estudo aplica conceitos de operações unitárias, termodinâmica e planejamento industrial, alinhada à análise de mercado, evidenciando a importância da perspectiva integrativa para o desenvolvimento de plantas e processos industriais.

Dessa forma, o trabalho constitui uma ferramenta de apoio ao planejamento industrial, fornecendo subsídios técnicos para a tomada de decisão em etapas preliminares de concepção de empreendimentos do setor cervejeiro. Além disso, os cálculos realizados, as especificações desenvolvidas e os critérios adotados ao longo do projeto podem servir como referência para a elaboração de projetos industriais semelhantes, contribuindo para a sistematização das informações necessárias ao planejamento e à estruturação de novas unidades produtivas.

Embora os resultados obtidos estejam fundamentados em dados bibliográficos, documentais e em premissas de projeto, sem validação em escala piloto ou industrial, o estudo apresenta coerência técnica e metodológica compatíveis com os objetivos propostos. Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de uma viabilidade econômica

detalhada, incluindo investimentos e custos operacionais, bem como a validação dos parâmetros adotados em condições operacionais reais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

10 Garrafas Vidro Âmbar Long Neck 350ml S/rolha Lembrancinha. Mercado Livre. Disponível em: [https://www.google.com/url?q=https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2117324371-10-garrafas-vidro-mbar-long-neck-350ml-srolha-lembrancinha-\\_JM?matt\\_tool%3D18956390%26utm\\_source%3Dgoogle\\_shopping%26utm\\_medium%3Dorganic&sa=D&source=docs&ust=1685992569422547&usg=AOvVaw0Yw1Su-OGX41TtOQ1NqNbJ](https://www.google.com/url?q=https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2117324371-10-garrafas-vidro-mbar-long-neck-350ml-srolha-lembrancinha-_JM?matt_tool%3D18956390%26utm_source%3Dgoogle_shopping%26utm_medium%3Dorganic&sa=D&source=docs&ust=1685992569422547&usg=AOvVaw0Yw1Su-OGX41TtOQ1NqNbJ) . Acesso em 16 de maio de 2023.

A flash pasteurização da cerveja. Cervesia, Tecnologia da Cerveja. Disponível em: <https://www.cervesia.com.br/artigos-tecnicos/tecnicos/qualidade/estabilizacao-da-cerveja/843-a-flash-pasteurizacao-da-cerveja.html> . Acesso em 4 de junho de 2023.

Ácido Peracético 2%- Kalyclean S 302- 1 litro. Indupropil. Disponível em: <https://www.google.com/url?q=https://www.indupropil.com.br/acido-peracetico-2-kalyclean-s-302-1litro.html&sa=D&source=docs&ust=1685992569423154&usg=AOvVaw3-K2QjBzxR87NqFNFKg8E3> . Acesso em 16 de maio de 2023.

ADMIN. **Entendendo a Levedura para Cerveja**, 09 ago. 2018. Disponível em: <https://cervejaastucia.com.br/produzindo-cerveja/entendendo-a-levedura-para-cerveja/>. Acesso em: 19 nov. 2022.

AGUIAR, M. et al. **Sensory, situational, and food pairing characterisation of craft beer**. *International Journal of Food Science and Technology*, Oxford, v. 57, n. 8, p. 5150–5161, 2022.

ALBUQUERQUE, D. O que é SGQ?. **Templum**, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://certificacaoiso.com.br/e-sgq/>. Acesso em: 7 abr. 2023.

ALFA LAVAL. Trocadores de calor a placas gaxetado. **base line**, 2023. Disponível em: <https://www.alfalaval.com.br/produtos/transferencia-de-calor/trocadores-de-calor-a-placa/trocadores-de-calor-a-placas-gaxetado/baseline/>. Acesso em: 15 abr. 2023.

ALPHATEC. Ficha de Segurança. **De acordo com a norma NBR 14725:2009**, 2012. Disponível em: [https://controllabpr.com.br/files/fispq/15097037659FISPQ\\_ACIDO\\_PERACETICO.pdf](https://controllabpr.com.br/files/fispq/15097037659FISPQ_ACIDO_PERACETICO.pdf). Acesso em: 22 abr. 2023.

Araçatuba- MAPA DA ECONOMIA PAULISTA. **DESENVOLVESP**. Disponível em: <https://www.desenvolvesp.com.br/mapadaeconomiaipaulista/ra/aracatuba/> . Acesso em 16 de mar. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9050:2020 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 15489-1** : Informação e documentação – Gestão de documentos de arquivo Parte 1: Conceitos e princípios. Rio de Janeiro: ABNT, 30 maio. 2018. Acesso em: 16 abr. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 15489-1:2018. Informação e documentação — Gestão de documentos de arquivo — Parte 1: Conceitos e princípios**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 9001:2015: Sistemas de gestão da qualidade — Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 22000:2019 – Sistemas de gestão de segurança de alimentos — Requisitos para qualquer organização na cadeia produtiva de alimentos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

BAMFORTH, C. W. *Beer: Tap into the Art and Science of Brewing*. 3. ed. New York: Oxford University Press, 2009.

BARREIRO, Sara Alexandra Costa. **Estudo da isomerização do lúpulo**. 2016. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2016.

BASTOS, Vinicius. **Concepção e Dimensionamento de uma microcervejaria**. Universidade Federal de Uberlândia, 2019.

Beer Judge Certification Program. **BJCP Style Guidelines 2021**. Disponível em: <https://www.bjcp.org>. Acesso em: 3 mar. 2026.

BLAKE, D. et al. **Beer Style Guidelines**. Brewers Association, 2015. Disponível em: <[https://www.bjcp.org/docs/2015\\_Guidelines\\_Beer.pdf](https://www.bjcp.org/docs/2015_Guidelines_Beer.pdf)>. Acesso em: 19 abr. 2023.

BOKULICH, N. A.; BAMFORTH, C. W. **The microbiology of malting and brewing**. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, v. 77, n. 2, p. 157–172, 2013.

BORNIA, Antonio Cezar. **Análise gerencial de custos: aplicação em empresas modernas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Anuário da Cerveja: 2021. **Biblioteca Nacional de Agricultura – BINAGRI**, Brasília, 2022a.

BRASIL. Consolidação das Normas de Bebidas, Fermentado Acético, Vinho e Derivados da Uva e do Vinho. **ANEXO À NORMA INTERNA DIPOV N° 01/2019**, p.1-1064. 01 jun. 2021. Acesso em: 19 nov. 2022.

BRASIL. **Decreto n.º 9.902, de 8 de julho de 2019**. Altera o Anexo ao Decreto n.º 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a Lei n.º 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 9 jul. 2019, p. 7

BRASIL. **Decreto-Lei n.º 5.452, de 1º de maio de 1943**. Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho. *Diário Oficial da União*, Rio de Janeiro, RJ, 9 ago. 1943.

BRASIL. Instituto Nacional da Propriedade Industrial. **Base de dados de patentes do INPI**. Rio de Janeiro, 2026. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br>. Acesso em: 5 mar. 2026.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

Brasil. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Anuário da cerveja 2023**. Brasília: MAPA, 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009**. Regulamenta a Lei nº 8.918/1994, que dispõe sobre a padronização, classificação, registro, inspeção e fiscalização da produção de bebidas. Brasília, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria n.º 46, de 10 de fevereiro de 1998**. Institui o Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) nas indústrias de produtos de origem animal.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria n.º 8, de 17 de janeiro de 2014**. Submete à consulta pública a proposta dos Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) dos produtos de cervejaria no MERCOSUL. *Diário Oficial da União: seção I*, Brasília, DF, 22 jan. 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS n.º 888, de 4 de maio de 2021**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2021a.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora n.º 6 (NR 6): Equipamento de Proteção Individual – EPI**. Brasília, DF, 2022b.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora n.º 7 (NR 7): Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO**. Brasília, DF, 2022c.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora n.º 9 (NR 9): Avaliação e Controle das Exposições Ocupacionais a Agentes Físicos, Químicos e Biológicos**. Brasília, DF, 2021a.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora n.º 17 (NR 17): Ergonomia**. Brasília, DF, 2021b.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora n.º 24 (NR 24): Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho**. Brasília, DF, 2022d.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Portaria n.º 3.214, de 8 de junho de 1978**. Aprova as Normas Regulamentadoras – NR relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. *Diário Oficial da União: seção I*, Brasília, DF, 6 jul. 1978

BRASIL. Resolução - RDC n.º 275, de 21 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 06 nov. 2002. Seção 27, p.45. Acesso em: 16 abr. 2023.

BRASIL. Resolução CONAMA N° 430 DE 13/05/2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 mai. 2011. Seção 9, p.65. Acesso em: 16 abr. 2023.

BRAUKON. Hop Dosing. **Dosagem Fácil de usar com Pallets e Extrato**, 2021. Disponível em:

[https://braukon-de.translate.google.com/en/produkt/braukon-hopdosing-en/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=pt&\\_x\\_tr\\_hl=pt-BR&\\_x\\_tr\\_pto=wapp](https://braukon-de.translate.google.com/en/produkt/braukon-hopdosing-en/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=wapp). Acesso em: 16 abr. 2023.

BRIGGS, D. E. et al. **Brewing: Science and Practice**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2004.

CARDOZA, Edwin; CARPINETTI, Luiz C. R. **Indicadores de desempenho para o sistema de produção enxuto**. *Revista Produção Online*, v. 5, n. 2, 2005

CARVALHO, G. B. M.; ROSSI, A. A.; SILVA, J. B. A. Elementos biotecnológicos fundamentais no processo cervejeiro: 3ª parte: a maturação. **Revista Analytica**, São Paulo, v. 27, p. 69-74, 2007

CervBrasil - Associação Brasileira da Indústria da Cerveja. **Mercado cervejeiro - dados do setor**, 2022. Disponível em: [http://www.cervbrasil.org.br/novo\\_site/dados-do-setor/](http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/dados-do-setor/) . Acesso em: 14 nov. 2022

CERVBRASIL - Associação Brasileira da Indústria da Cerveja. **Dados do setor cervejeiro brasileiro**. SÃO PAULO: CERVBRASIL, 2022.

CERVEJA.AMBEV. Disponível em:<https://www.ambev.com.br/marcas/cervejas>

CERVEJARIA COLORADO. **Portfólio de cervejas especiais**. Disponível em: <https://www.cervejariacolorado.com.br>. Acesso em: 19 mar. 2026.

CERVEJARIA WÄLS. **Produtos**. Disponível em: <https://www.cervejariawals.com.br>. Acesso em: 19 mar. 2026.

Codex Alimentarius Commission. **General Principles of Food Hygiene CXC 1-1969**. Rome: FAO/WHO, 2020.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e Operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. *Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

CRUZ, Rodrigo da Silva; MESQUITA, Marco Aurélio de. **Um modelo de análise do planejamento e controle da produção para pequenas e médias empresas**. *Revista Produção Online*, v. 18, n. 4, p. 1495–1522, 2018. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/3331>.

CUNHA, Fernanda Teixeira de Alvarenga. *Balanço de massas*. 2013. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUBD-9XLHGD>

CZECH BREWERY SYSTEM, **Czech brewery system s.r.o.** Disponível em: <https://eshop.czechminibreweries.com/pt/>. Acesso em: 08 abr. 2023

EALI. O que é uma análise sensorial?. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)**, Porto Alegre, RS, 05 nov. 2020. Disponível em: <https://www.eali.com.br/post/o-que-%C3%A9-uma-an%C3%A1lise-sensorial>. Acesso em: 7 abr. 2023.

EISENBAHN. **Portfólio de produtos**. Disponível em: <https://www.eisenbahn.com.br>. Acesso em: 19 mar. 2026.

FERMENTAÇÃO CONTÍNUA E POR BATELADA: saiba quais são as vantagens e desvantagens de cada. **Instrumentação e controle**. Disponível em: <https://instrumentacaoecontrole.com.br/fermentacao-continua-e-por-batelada-saiba-quais-sao-as-vantagens-e-desvantagens-de-cada/#:~:text=Fermenta%C3%A7%C3%A3o%20por%20batelada%20J%C3%A1%20neste%20tipo%20de%20fermenta%C3%A7%C3%A3o%2C,esterilizadas%20antes%20de%20prosseguir%20com%20a%20fermenta%C3%A7%C3%A3o%20seguinte>. Acesso em: 01 abr. 2023.

FERMENTIS. Fermentation Solutions. **Beer - Styles**, 2023. Disponível em: <https://fermentis.com/en/fermentation-solutions/beer/styles/>. Acesso em: 15 abr. 2023.

Fermento Fermentis- SafAle K-97. Brew House. Disponível em: <https://www.brewhouseinsumos.com.br/fermento-fermentis-k-97> . Acesso em 05 de junho de 2023.

FIVE STAR CHEMICALS. *Powdered Brewery Wash (PBW): ficha técnica do produto*. Disponível em: <https://www.midwestsupplies.com/products/pbw-by-five-star>

FOUST, Alan S. et al. *Princípios das operações unitárias*. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1982

FRAGOSO, Carolina Rocha; SILVA, Tamires Alves Ferreira da. **Análise de viabilidade econômico-financeira de uma microcervejaria no Brasil**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/7600/CAROLINA%20ROCHA%20FRAGOSO%20-%20TAMIRES%20ALVES%20FERREIRA%20DA%20SILVA.pdf>.

GALLONE, B. et al. **Distinct domestication trajectories in top-fermenting beer yeasts and wine yeasts**. *Current Biology*, v. 26, n. 20, p. 2750–2761, 2016.

GARAVAGLIA, C.; SWINNEN, J. **The craft beer revolution: An international perspective**. *Choices*, Milwaukee, v. 33, n. 3, p. 1–8, 2018.

GÓMEZ-CORONA, C. et al. **Craft vs. industrial: Habits, attitudes and motivations towards beer consumption in Mexico**. *Appetite*, London, v. 96, p. 358–367, 2016.

GOVERNO DO ESTADO APRESENTA PLANO DE RETOMADA DA FERROVIA EM ARAÇATUBA. **Prefeitura Municipal de Araçatuba**, 2022. Disponível em: <https://aracatuba.sp.gov.br/governo-do-estado-apresenta-plano-de-retomada-da-ferrovia-em-aracatuba/> . Acesso em: 17 mar. 2023

**GS Inima SAMAR. ÁGUA E ESGOTO**. Disponível em: <http://www.samar.eco.br/legislacao-e-tarifas/> . Acesso em 08 abr. 2023.

HADDAD, R. et al. **Consumer perception and label evaluation of craft beer in Brazil**. *Food Research International*, Amsterdam, v. 172, 2023.

HOMMERDING, André Adelar. **ingredientes Kolsch**, p. 1, 23 dez. 2013. Disponível em: <https://groups.google.com/g/bodebrown/c/sNO3vyz90yg>. Acesso em: 19 nov. 2022.

HUDIN, J. M; RIYANTO, A. Inovasi dalam Pengelolaan Stock: Menerapkan Metode FIFO Melalui Prototype Sistem Informasi. *INTERNAL (Information System Journal)*, [S.I.], v. 7, p. 30-46, 2024. DOI: 10.32627/v7i1.940.

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO. O saneamento em Três Lagoas (MS). São Paulo, 2024. Disponível em:

<https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/ms/tres-lagoas>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades e Estados: Araçatuba. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/aracatuba.html>.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Resíduos. **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**, 29 nov. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e-residuos/residuos/politica-nacional-de-residuos-solidos-pnrs>. Acesso em: 16 abr. 2023.

INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE. **Cerveja com substituição parcial de lúpulo por losna (*Artemisia absinthium*)**. Pedido de patente BR 10 2022 005539-4. Rio de Janeiro: INPI, 2022.

Instituto Nacional da PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **INPI**. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/LoginController>. Acesso em: 21 de mar. 2026.

KUNZE, Wolfgang. **Technology Brewing and Malting**. 5. ed. Berlin: VLB Berlin, 2014.

LALLEMAND. Brewing. **AUMENTARSABOR E AROMA com Biotransformação do lúpulo**, 2020. Disponível em: <https://www.lallemantbrewing.com/en/canada/aromazyme/>. Acesso em: 08 abr. 2023.

LERRO, M.; MAROTTA, G.; NAZZARO, C. **Measuring consumers' preferences for craft beer attributes through Best–Worst Scaling**. *Agricultural and Food Economics*, Milano, v. 8, n. 1, p. 1–18, 2020.

Lúpulo Columbus. Lamas Brew Shop. Disponível em: <https://www.google.com/url?q=https://www.lamasbrewshop.com.br/lupulo-colombus.html&sa=D&source=docs&ust=1685992569421345&usg=AOvVaw3jzfuILqYhCWLjGtLw4iMG>. Acesso em 16 de maio de 2023.

Lúpulo Hallertauer Mittelfruer. Lamas Brew Shop. Disponível em: <https://www.google.com/url?q=https://www.lamasbrewshop.com.br/lupulo-hallertauer-mittelfruer.html&sa=D&source=docs&ust=1685992569420908&usg=AOvVaw3aUS3TFkPDR816AHaX7IwK>. Acesso em 16 de maio de 2023.

**Lúpulo: o tempero da cerveja.** [S. l.]: Cervesia, 2023. Disponível em: <https://www.cervesia.com.br/artigos-tecnicos/tecnicos/materia-prima/lupulo/821-lupulo-o-tempero-da-cerveja.html>

MAIA, T. S. ANÁLISES FÍSICO- QUÍMICAS DE CERVEJA ARTESANAL ELABORADA COM GRAVIOLA E ANÁLISE SENSORIAL DE CERVEJAS COM ADIÇÃO DE FRUTAS E FRUTADAS COMERCIALIZADAS. **Revista Brasileira de Ciências da Vida (RBCV) - Rev. Bras. Ci. Vida**, p. 24, 14 dez. 2017. Acesso em: 19 nov. 2022.

MAKRIDAKIS, Spyros; WHEELWRIGHT, Steven C.; HYNDMAN, Rob J. **Forecasting: methods and applications**. 3. ed. New York: Wiley, 1998.

Malte Chateau Melano - Castle Malting (Belga). Cerveja da Casa. Disponível em: [https://www.google.com/url?q=https://www.cervejadacasa.com/ingredientes-insumos/maltes-base-e-especiais/malte-chateau-melano?variant\\_id%3D203&sa=D&source=docs&ust=1685992569420307&usg=AOvVaw3W7ABtlMpTIyOaIHfWcbEw](https://www.google.com/url?q=https://www.cervejadacasa.com/ingredientes-insumos/maltes-base-e-especiais/malte-chateau-melano?variant_id%3D203&sa=D&source=docs&ust=1685992569420307&usg=AOvVaw3W7ABtlMpTIyOaIHfWcbEw) . Acesso em 16 de maio de 2023.

Malte Munique (Munich) - Agrária (nacional). Cerveja da Casa. Disponível em: [https://www.google.com/url?q=https://www.cervejadacasa.com/ingredientes/maltes/malte-munique-agraria-nacional?variant\\_id%3D1474&sa=D&source=docs&ust=1685992569419442&usg=AOvVaw1FOcduJdRDxXwykLAJjYst](https://www.google.com/url?q=https://www.cervejadacasa.com/ingredientes/maltes/malte-munique-agraria-nacional?variant_id%3D1474&sa=D&source=docs&ust=1685992569419442&usg=AOvVaw1FOcduJdRDxXwykLAJjYst) . Acesso em 16 de maio de 2023.

Malte pilsen- Agrária (nacional). Cerveja da Casa. Disponível em: [https://www.google.com/url?q=https://www.cervejadacasa.com/ingredientes-insumos/maltes-base-e-especiais/malte-pilsen-agraria-nacional?variant\\_id%3D1971&sa=D&source=docs&ust=1685992569418610&usg=AOvVaw0-FTSOv8cRZbtShq\\_GGRJn](https://www.google.com/url?q=https://www.cervejadacasa.com/ingredientes-insumos/maltes-base-e-especiais/malte-pilsen-agraria-nacional?variant_id%3D1971&sa=D&source=docs&ust=1685992569418610&usg=AOvVaw0-FTSOv8cRZbtShq_GGRJn) . Acesso em 16 de maio de 2023.

MARCUSSO, Eduardo Fernandes; MULLER, Carlo Vitor. A CERVEJA NO BRASIL: O ministério da agricultura informando e esclarecendo. Disponível em: [a-cerveja-no-brasil-28-08.pdf \(www.gov.br\)](#). Acesso em: 14 nov. 2022

Marsh, K. and Bugusu, B. (2007), **Food Packaging—Roles, Materials, and Environmental Issues**. *Journal of Food Science*, 72: R39-R55. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x>

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de custos**. 12. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2015.

MATHIAS, T. R. S.; MELLO, P. P. M.; SÉRVULO, E. F. C. **Solid wastes in brewing process: A review**. *Journal of Brewing and Distilling*, v. 5, n. 1, p. 1–9, 2014.

MORADO, R. **Larousse da Cerveja**. Larousse do Brasil. 1 ed, São Paulo, 2011.

NEVES, Bruno Cidade. Dimensionamento de um pasteurizador para uma microcervejaria. **Engenharia Química - Tubarão**, 2017.

OLENDER, Alexandre. Tabelas termodinâmicas. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em: [https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/8554681/00000000/Tabelasdepropriedadestermodynamicas\(agua\).pdf](https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/8554681/00000000/Tabelasdepropriedadestermodynamicas(agua).pdf). Acesso em 15 de maio de 2023.

OLIVEIRA, A. L. **Refrigeração e cadeia do frio para alimentos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2020. DOI: 10.11606/9786587023021.

OLIVER, Garrett (Ed.). **The Oxford Companion to Beer**. New York: Oxford University Press, 2012. p. 251. Acesso em: 15 abr. 2023.

PALERMO, J. R. **Análise sensorial: fundamentos e métodos**. Rio de Janeiro: Atheneu, 2015.

PALMER, John. How to brew: everything you need to know to brew beer right the first time. 3rd ed. **Boulder: Brewers Publications**, 2006. Acesso em: 16 abr. 2023.

PAZIAN, Charlie. The complete joy of homebrewing. 4th ed. **New York: William Morrow**, 2014. Acesso em: 16 abr. 2023.

PEIXOTO, F. C. **Processo para produção de cerveja com substituição parcial ou total do lúpulo por pau-tenente (*Quassia amara*)**. Pedido de patente BR 10 2013 029281-8. Rio de Janeiro: INPI, 2013.

PICCINI, Ana Rita; MORESCO, Cristiano; MUNHOS, Larissa. **Fluxograma - Fermentação**, abr. 2002. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/prcerea/cerveja/ferme.htm>. Acesso em: 01 abr. 2023.

**Princípios da produção cervejeira e as enzimas na mosturação**. Alfenas: UNIFAL-MG, 2022. Disponível em:

<https://unifal-mg.edu.br/bibliotecas/wp-content/uploads/sites/125/2022/05/Principios-da-producao-cervejeira-e-as-enzimas-na-mosturacao-2.pdf>

REBELLO, F. D. F. P. Produção de cerveja. **Revista Agrogeoambiental**, [S. l.], v. 1, n. 3, 2009. DOI: 10.18406/2316-1817v1n32009224. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/224>. Acesso em: 14 nov. 2022.

RELATÓRIO Anual de Qualidade da Água 2022. **GS Inima SAMAR**. disponível em: <http://www.samar.eco.br/relatorio-de-qualidade-da-agua/>. Acesso em 08 de abr. de 2023.

SAMMI JUNIOR, Airton Ossamu; BARBOSA, Evaldo Cavalcante Cordeiro; TAKANO, Nicole Natsue. **Projeto: microcervejaria Offenheit um brinde à pureza!**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SARDINHA, R. M. et al. **Madeira e carvão vegetal: propriedades e aplicações energéticas**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná (FUPEF), 2002.

SCHNAIDER, J. **Princípios dos processos**. Curitiba: Centro Universitário Internacional UNINTER, 2024.

SIAS, Denise. Calor sensível: Calorimetria. Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas. Disponível em: [http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/denise/caloretemperatura/caloretemperatura\\_texto.pdf](http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/denise/caloretemperatura/caloretemperatura_texto.pdf). Acesso em 15 de maio de 2023.

SILVA, Hiury Araújo; LEITE, Maria Alvim; PAULA, ARV de. Cerveja e sociedade. **Contextos da Alimentação – Revista de Comportamento, Cultura e Sociedade**, v. 4, n. 2, 2016. Acesso em: 14 nov. 2022.

SIMPSON, William T.; TENWOLDE, Andreas. **Physical properties and moisture relations of wood**. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. *Wood handbook: wood as an engineering material*. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. cap. 3.

**Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja**. Disponível em: <https://www.sindicerv.com.br/>. Acesso em 17 abr. 2023.

SINDICATO Nacional da Indústria da Cerveja. **SINDICERV**. Disponível em: <https://www.sindicerv.com.br/>. Acesso em: 17 de mar. 2023

SINERGI. Disponível: <<http://blog.sinergiaufv.com/2021/08/25/riscos-ocupacionais-na-industria-de-bebidas/>>. Acesso em 10 abr. 2023

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018

SORBO, A. C. A. **AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE UMA CERVEJA ARTESANAL TIPO PILSEN SUPLEMENTADA COM POLPA DE MARACUJÁ**. Botucatu, SP: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO, 23 ago. 2017. Acesso em: 19 nov. 2022.

SOUZA, Mariane C. de; BAUER, Jéssica M.; GAUZE JUNIOR, João W. **Análise da eficiência produtiva na indústria automotiva: integrando teoria das restrições e o índice de rendimento operacional global (IROG)**. *Revista Produção Online*, v. 18, n. 3, 2018.

SPIESS, S. **Cerveja Kölsch e sua História**, p. 1, 4 jun. 2020. Disponível em: <https://ocaneco.com.br/historia-da-cerveja-kolsch/>. Acesso em: 19 nov. 2022.

STEEN, I.; ASHURST, P. R. **Carbonated Soft Drinks: Formulation and Manufacture**. Oxford: Blackwell Publishing, 2006.

STEWART, G. G. **The production of beer**. In: BATT, C. A.; TORTORELLO, M. L. (ed.). *Encyclopedia of Food Microbiology*. 2. ed. London: Academic Press, 2017. p. 364–373.

TADINI, Carmen Cecília et al. **Operações unitárias na indústria de alimentos**. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

TARIFAS CPFL Empresas- Paulista. **CPFL Energia**. Disponível em: <https://www.cpfl.com.br/empresas/tarifas-cpfl-paulista> . Acesso em 08 abr. 2023.

THAUMATURGO, Alex. **Cervejar é preciso - beber não é preciso: cálculo cervejeiro para elaboração de receitas** - 2 ed - Belo Horizonte, 2016.

THE BREWERS OF EUROPE. **European Beer Trends - Statistics Report 2023**. Brussels: The Brewers of Europe, 2023.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

Tudo que você precisa saber sobre o MERCADO CERVEJEIRO NO BRASIL. **SEBRAE**. Disponível

em:<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-o-mercado-ervejeiro-no-brasil,a7dc01dda12df610VgnVCM1000004c00210aRCRD>

UNIMED. Excesso de álcool: o que acontece no corpo após beber?. **UNIMED Belo Horizonte - Viver Bem**, p.1, 16 fev. 2022. Disponível em: <https://viverbem.unimedbh.com.br/prevencao-e-controle/efeitos-do-alcool-no-organismo/#:~:text=Press%C3%A3o%20alta%20e%20doen%C3%A7as%20card%C3%ADagas>. Acesso em: 2 abr. 2023.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). **TBCA – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos: cerveja**. São Paulo: Food Research Center (FoRC). Disponível em: <https://www.tbca.net.br/>. Acesso em: 02 de maio de 2026.

UNZE, Wolfgang. **Technology Brewing and Malting**. 5. ed. Berlin: VLB Berlin, 2014.

VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas Alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2010

VENTURINI FILHO, Waldemar G.; NOJIMOTO, T. Aproveitamento da água de umidificação de malte da moagem úmida como matéria prima na fabricação de cerveja. **Food Science and Technology**, v. 19, p. 174-178, 1999.

VENTURINI FILHO, Waldemar Gastoni (org.). **Indústria de bebidas: inovação, gestão e produção**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2022.

Vidroporto S.A. Produtos de cerveja. **LONG NECK 355ML NNPB**, 2023. Disponível em: <https://www.vidroporto.com.br/produto.php?cat=1&id=23>. Acesso em: 22 abr. 2023.

Voth Bier CHOPES ENGATADOS. **Voth Bier**. Disponível em: [https://vothbier.com.br/beer\\_type/chopes-engatados/](https://vothbier.com.br/beer_type/chopes-engatados/). Acesso em 10 nov. 2022.

WEYERMANN® Specialty Malts. Organic Products. **Weyermann® Specialty Malts**, 2022. Disponível em: <https://www.weyermann.de/en-gb/products/organic-products/>. Acesso em: 15 abr. 2023.

WHITELABS. WLP001 California Ale Yeast. **White Labs**, 2023. Disponível em: [https://www.whitelabs.com/yeast-single?id=119&type=YEAST&style\\_type=0](https://www.whitelabs.com/yeast-single?id=119&type=YEAST&style_type=0). Acesso em: 15 abr. 2023.