



**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS**  
**ESCOLA DE CIÊNCIAS MÉDICAS E DA VIDA**  
**BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**



**Marco Riccioppo Costa de Freitas Andrade**

**MÉTODOS DE CONTROLE DA FERMENTAÇÃO**  
**EM CERVEJAS ARTESANAIS**

**Goiânia, 2022**

**MARCO RICCIOPPO COSTA DE FREITAS ANDRADE**

**MÉTODOS DE CONTROLE DA FERMENTAÇÃO  
EM CERVEJAS ARTESANAIS**

Monografia apresentada à Escola de Ciências Médicas e da Vida da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Prof. Orientador: Dr. Matheus Godoy Pires

**Goiânia, 2022**

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS**  
**ESCOLA DE CIÊNCIAS MÉDICAS E DA VIDA**  
**CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**BANCA EXAMINADORA DA MONOGRAFIA**

Aluno: Marco Riccioppo Costa de Freitas Andrade

Orientador: Dr. Matheus Godoy Pires

Membros:

1. Dr. Matheus Godoy Pires
2. Dra. Marta Regina Magalhães
3. Ma. Ana Maria da Silva Curado Lins

**Novembro de 2022**

A meus pais, Sra. Juliana Riccioppo e Sr. Alexandre Freitas de Andrade, por todo o apoio e estímulo, e por todo o empenho em me acalmarem em meus momentos turbulentos. Seu amor sempre foi fundamental para mim!

## **AGRADECIMENTOS**

A meus avós, Sra. Heloisa Riccioppo e Sr. Sebastião da Costa (*in memoriam*), que nunca mediram esforços para me apoiar, que sempre me estimularam nessa jornada e forjaram em mim a resiliência para chegar até este ponto.

A meus colegas e amigos da graduação, em especial Mateus Araújo Cruz e Isadora Moraes, pela companhia fraterna nessa jornada e pela motivação para continuar a lutar.

A meu orientador, Dr. Matheus Godoy Pires, pelo entusiasmo, pela confiança e pela valorosa contribuição para o desenvolvimento deste trabalho.

À minha madrastra, Sra. Carolina Valente, pelo valoroso e permanente aconselhamento.

E à equipe da CONAJE, que me auxiliou na veiculação de meu questionário às empresas e profissionais do ramo cervejeiro do Brasil.

A todas essas pessoas, deixo aqui minhas profundas reverências e gratidão.

## RESUMO

O presente trabalho tratou dos diferentes métodos de controle de fermentação de cervejas artesanais, por meio da análise comparativa de dados obtidos junto a microcervejarias de diferentes estados brasileiros, a fim de analisar a importância dos mecanismos de fermentação nos produtos finais das bebidas alcoólicas analisadas. O estudo dos métodos de controle de fermentação na produção de bebidas alcoólicas alcança diferentes áreas da Biologia, como a Bioquímica e a Microbiologia, que são essenciais para compreensão de como o funcionamento do processo bioquímico de fermentação define o estilo de uma bebida. Nesse sentido, o presente estudo fez uma revisão histórica do surgimento da cerveja, estimada no ano 8.000 a.C. na região da Palestina e das diferentes escolas cervejeiras, com seus métodos de produção, a partir do século XVI.

Palavras-chave: fermentação; cerveja artesanal; microcervejarias

## **ABSTRACT**

The present work dealt with the different methods of fermentation control of craft beers, through the comparative analysis of data obtained from microbreweries in different Brazilian states, in order to analyze the importance of fermentation mechanisms in the final products of analyzed alcoholic beverages. The study of fermentation control methods in the production of alcoholic beverages reaches different areas of Biology, such as Biochemistry and Microbiology, which are essential for understanding how the functioning of the biochemical fermentation process defines the style of a beverage. In this sense, the present study made a historical review of the emergence of beer, estimated in the year 8000 BC. in the region of Palestine and the different brewery schools, with their production methods, from the 16th century onwards.

Keywords: fermentation; craft beer; microbreweries

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	2
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	3
<b>4. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	4
<b>4.1. Aspectos históricos da produção de bebidas fermentadas</b> .....	4
<b>4.2. O processo produtivo da cerveja</b> .....	7
<u>4.2.1. A Cevada</u> .....	7
<u>4.2.2. O processo produtivo com ênfase na etapa de fermentação</u> .....	8
<b>5.RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	14
<b>5.1. Acompanhamento in loco do processo de fermentação</b> .....	14
<b>5.2. Os métodos de controle da fermentação da cerveja no Brasil</b> .....	16
<u>5.2.1. O Formulário encaminhado</u> .....	17
<u>5.2.2. Participação por região</u> .....	18
<u>5.2.3. Participação por estado</u> .....	19
<u>5.2.4. Identificação de função ou cargo do participante</u> .....	19
<u>5.2.5. Volume produzido (litros/mês)</u> .....	20
<u>5.2.6. Categoria ou porte do estabelecimento produtor</u> .....	20
<u>5.2.7. Tipo / estilo de cerveja produzido</u> .....	21
<u>5.2.8. Controle do processo de fermentação</u> .....	22
<u>5.2.9. Mensuração da quantidade de açúcar no mosto em fermentação</u> .....	23
<u>5.2.10. Mensuração da elevação da concentração alcoólica</u> .....	23
<u>5.2.11. Concentração de açúcar e álcool no produto final</u> .....	24
<u>5.2.12. A interrupção da fermentação</u> .....	25
<u>5.2.13. A concentração desejada de álcool/açúcar no produto</u> .....	25
<u>5.2.14. Quantidade de produtos por lote de fermentação</u> .....	26
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	28
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	31

## TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Oscilação da instalação de cervejarias por estados no Brasil .....	6
<b>Tabela 2.</b> Transcrição da planilha de controle das condições de fermentação e maturação efetuada no estabelecimento produtor amostrado .....	16

## FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mostruário (régua de maltes) com diferentes tipos de cevada maltada para a produção de cerveja .....	7
<b>Figura 2.</b> Grãos de cevada maltados para a produção do mosto .....	8
<b>Figura 3.</b> Tanques de fermentação de cerveja .....	9
<b>Figura 4.</b> Lâmina (Câmara de Neubauer) para análise microscópica e quantificação da população de leveduras no produto em fermentação .....	13
<b>Figura 5.</b> Densitometria para quantificação de açúcares durante a fermentação ....	15
<b>Figura 6.</b> Receptividade regional ao questionário oferecido .....	18
<b>Figura 7.</b> Participação por estado .....	19
<b>Figura 8.</b> Identificação de função ou cargo do participante .....	19
<b>Figura 9.</b> Volume mensal produzido (intervalos) .....	20
<b>Figura 10.</b> Porte do estabelecimento produtor .....	21
<b>Figura 11.</b> Tipo / estilo de cerveja produzido .....	21
<b>Figura 12.</b> Concentração de açúcares e álcool no produto final, por categoria .....	24

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo dos métodos de controle da fermentação na produção de bebidas alcoólicas perpassa por diferentes áreas da Biologia, como a Bioquímica e a Microbiologia, que são essenciais para a compreensão do funcionamento do processo bioquímico, bem como do comportamento dos microrganismos envolvidos nessa fermentação, para a definição de um tipo de estilo de bebida alcoólica.

Nesse sentido, o presente estudo visa gerar interesse no meio acadêmico da Biologia ao mostrar os diversos meios de controle e conhecimentos abordados na fermentação de bebidas alcoólicas. Para tanto, este estudo analisa os diferentes métodos de controle de fermentação utilizados na produção de bebidas alcoólicas, em especial na produção de cervejas artesanais, por meio do levantamento de dados junto a diversas cervejarias de diferentes estados brasileiros, analisando comparativamente os métodos de controle utilizados por mestres-cervejeiros, microbiologistas, analistas de laboratórios, gerentes de qualidade, de processos e de produção e executivos do ramo que participaram do levantamento de dados realizado no presente estudo.

As questões abordadas neste estudo abordaram os métodos de controle utilizados por cada cervejaria; sobre dados técnicos referentes às quantidades de açúcar, álcool, levedura, com ênfase nas diferentes formas de controle, ajuste e interrupção do processo fermentativo.

A fermentação é um processo em que se utilizam leveduras, organismos unicelulares que consomem o alimento. No caso das cervejas artesanais, as leveduras consomem os açúcares fermentáveis presentes no mosto cervejeiro, que é uma solução à base de carboidratos, água, glicídios, proteínas e sais. No processo da fermentação, esses elementos são transformados em álcool, gás carbônico e impactam no pH das bebidas alcoólicas. Cada fermentação apresenta um tempo e temperatura que pode variar com o determinado estilo de bebida que estiver sendo produzido. Diferentes fatores irão determinar se a fermentação foi feita corretamente, como a quantidade e viabilidade da levedura, se houve boa aeração do mosto e o controle da temperatura de fermentação.

## **2. OBJETIVOS**

Este trabalho objetivou analisar a importância do acompanhamento dos diferentes métodos de controle de fermentação alcoólica, ao comparar, explicar e exemplificar os diferentes processos fermentativos na produção de cerveja.

### 3. METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado através de pesquisa bibliográfica, descritiva e análise de dados levantados junto aos empreendimentos sondados.

A pesquisa bibliográfica foi realizada em mecanismos de busca abertos, utilizando-se as palavras-chave “fermentação”, “cerveja”, “produção” em diferentes arranjos de dois ou três termos, adotando-se um critério de inclusão de literatura, além de científica, também de tecnologia, conhecimento geral e de divulgação popular. Não foi utilizado um critério de exclusão definitivo e o conhecimento, uma vez checada a veracidade, foi acumulado de forma a oferecer uma boa introdução dos processos históricos, de evolução da tecnologia produtiva e de aspectos socioculturais a respeito das bebidas fermentadas.

Na fase experimental foi analisado, *in loco*, o processo de fermentação colocado em prática na produção de um estilo de cerveja artesanal junto a uma indústria cervejeira do estado de Goiás, com ênfase na padronização das etapas e do processo da fermentação, a higienização e sanitização, a oxidação dos mostos, a taxa de inoculação de fermento e o monitoramento de controle da temperatura de fermentação, dentre outros detalhes relevantes na produção da cerveja. Além disso, foram estudadas e analisadas as reações bioquímicas da fermentação durante a produção de cerveja artesanal, através de revisão à luz dos dados primários levantados e os resultados obtidos no experimento realizado no estudo de caso; monitorar as reações que acontecem, o modo de preparo, o método com o qual se controla o pH e temperatura de cada bebida alcoólica levantada.

Na pesquisa descritiva, foram contatadas e inquiridas diferentes cervejarias, para a compilação de métodos de controle de fermentação existentes no universo cervejeiro, o que permitiu a construção da análise comparativa dos diferentes métodos.

## **4. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **4.1. Aspectos históricos da produção de bebidas fermentadas**

A cerveja é uma das bebidas mais antigas e mais consumidas em todo o mundo. No âmbito histórico, a fermentação percorreu um longo caminho até se tornar o que, atualmente, conhecemos como cerveja, sendo sua origem atribuída aos povos do Crescente Fértil, área compreendida atualmente entre o baixo Nilo (Egito), se estendendo pelo Chipre, Palestina, Líbano, Síria, Iraque e sudoeste do Irã, que no passado era chamada de Mesopotâmia (REBELLO, 2009, BAIAMA, 2015). Os primeiros registros encontrados sobre a fermentação de alimentos e bebidas alcoólicas ocorreram com os egípcios, sumérios, babilônios e assírios, que naquela época já dominavam os métodos de fermentação, antes mesmo de eles serem comprovados cientificamente por Louis Pasteur no século XIX (FERREIRA, 2007).

Apesar destes registros históricos, a produção e consumo de bebidas fermentadas é pré-histórica, sendo registrada desde a Revolução Agrícola do Neolítico, quando houve a transição da vida de caça e coleta nômade para a produção agrícola e as mulheres se tornaram responsáveis pela produção da bebida fermentada, enquanto os homens eram responsáveis pelas atividades externas. Os principais produtos que começaram a ser cultivados neste período de Revolução Agrícola, foram os cereais, especialmente o trigo e a cevada, além de vários tipos de milho e batata. A partir do cultivo e do domínio desses alimentos, nasceram os processos de fermentação. Alimentos consumidos até os dias atuais, como pães, queijos, vinhos e cervejas foram desenvolvidos neste período de domínio de técnicas fermentativas (PINSKI, 2010; FIORATTI, 2021).

A importância econômica e social das bebidas fermentadas é também fato histórico bastante antigo, sendo registrados pagamentos em cerveja a trabalhadores em tabletas com escrita cuneiforme de Uruk, sendo estes o mais antigo registro de conceito de trabalhador e empregador, datado de cerca de 5000 anos a. p. (GEORGE, 2016), havendo ainda registros do mesmo fenômeno no período egípcio clássico e, no código de Hamurabi (~3730 a.a.p.), há também registro da importância social do produtor de cerveja (RIBEIRO, 2017).

Ainda que a cerveja tenha sido criada há aproximadamente 80 séculos, o mecanismo da fermentação e o papel dos microrganismos só foram compreendidos e

sistematizados para a compreensão científica por meio dos estudos de Louis Pasteur no século XIX (Estudos sobre a cerveja), nos quais é descrita a transformação do açúcar em álcool por leveduras (RIBEIRO, 2017). Essa compreensão do processo fermentativo permitiu grandes avanços na produção e conservação da cerveja, transformando o produto rústico original, carente de lúpulo e de curta durabilidade.

De fato, o domínio da produção de bebidas fermentadas teve papel relevante na saúde humana desde tempos imemoriais, uma vez que o processo de fermentação inibe o desenvolvimento de uma microbiologia nociva na água. Esse fato tornou-se muito importante na Idade Média, com o início do adensamento populacional humano em aldeias e cidades desprovidas de saneamento básico, situação que, mesmo em tempos atuais, é responsável pela disseminação de muitas doenças transmitidas pela água, inclusive diarreias como o cólera, que são ainda grande causa de mortalidade infantil nos países de desenvolvimento atrasado. (DHALLIA, 2019; RIBEIRO, 2017).

Já na Europa, por volta do ano 1000, descobriu-se as propriedades organolépticas e preservadoras do lúpulo, passando esse aditivo a ser incorporado à cerveja. Com a incorporação dos conhecimentos e métodos de Pasteur à produção de cerveja o produto, ao fim do século XIX já podia ser produzido com segurança microbiológica e com a fermentação interrompida por pasteurização, permitindo a industrialização da produção e viabilizando o processo de engarrafamento, o que deu origem ao produto comercial da atualidade (REBELLO, 2009).

Em tempos modernos e com a diversificação de técnicas e produtos, é possível agrupar as formas de produção em diferentes tradições cervejeiras normalmente caracterizadas por sua origem geográfica, tais como a tradição alemã, a tradição belga, a tradição inglesa *etc.*

No Brasil, a produção de cerveja deu-se em 1654, quando a Companhia das Índias Orientais enviou amostras, o método de produção e equipamentos necessários para a produção de cerveja com os primeiros imigrantes holandeses sem, entretanto, obter grande sucesso. Apenas em 1808 a presença de cerveja no Brasil volta a ser registrada, por iniciativa da família real portuguesa, com a concessão da importação de cerveja tipo “ale” aos ingleses, porém a um custo muito elevado que impossibilitava sua popularização.

Em 1836 iniciou-se a produção local de cerveja por iniciativa de imigrantes ingleses e alemães e com a utilização de trigo, milho e arroz, devido aos custos proibitivos da importação de cevada e lúpulo. No mesmo ano, um anúncio de cerveja no “Jornal do Commercio”. Esse modelo de produção pré-industrial durou até a década de 1850, quando cervejarias mais estruturadas como a Bohemia (1853), a Brahma (1888) e Antarctica (1889) se instalaram no Brasil.

Em tempos mais recentes, aproveitando a desregulamentação do conceito de cerveja e seguindo a tendência de gourmetização dos alimentos populares nos Estados Unidos, iniciou-se o estabelecimento de “microcervejarias”, moda logo imitada no Brasil na década de 1990 com o aparecimento da Dado Beer no Rio Grande do Sul (1995) e Colorado, de Ribeirão Preto (1996), que enfatizam a adição de insumos nativos como a mandioca, o café e a rapadura em suas receitas. O próprio conceito de microcervejaria é flexível, sendo o termo utilizado, nos Estados Unidos, para cervejarias orientadas à produção de volumes menores de produto com “alta qualidade” e com produção abaixo de 1,75 milhão de litros de produto ao ano. (CERVEJAS DO MUNDO, 2009; HAMPSON, 2012; INSTITUTO DA CERVEJA, 2017).

No Brasil, o mercado de microcervejarias brasileiro permanece em grande expansão, de 1.383 cervejarias em 2020 a 1.549 em 2021, um incremento de aproximadamente 12% na quantidade de estabelecimentos produtores nesse período. Geograficamente, 85,8% das cervejarias brasileiras se concentram nas regiões Sudeste e Sul, 7,2% na região Nordeste, 5,1% na região Centro-oeste e 1,9% na região Norte (BRASIL, 2022)(Tabela 1).

**Tabela 1.** Oscilação da instalação de cervejarias por estados no Brasil. Adaptado de Brasil (2022). UF – Unidade da Federação (Estado); CMA – Crescimento médio Anual.

UF	2017	2018	2019	2020	2021	CMA (%)
São Paulo	124	166	241	285	340	29,2
Rio Grande do Sul	142	184	236	258	285	19,4
Santa Catarina	78	104	148	175	195	26,3
Minas Gerais	87	116	163	178	189	22,3
Paraná	67	93	131	146	158	24,8
Rio de Janeiro	57	62	78	101	105	17,0
Espírito Santo	11	17	34	41	57	53,5
Goiás	21	25	28	33	35	13,7
Bahia	7	12	20	26	27	43,0
Rio Grande do Norte	6	9	20	20	19	41,8

Destacamos a participação do Estado de Goiás no panorama das cervejarias no Brasil, ocupando a 8ª posição no ranking de Estados com o maior número de cervejarias, com um crescimento anual de 13,7%.

## 4.2. O processo produtivo da cerveja

Para que as cervejas artesanais sejam produzidas existe uma padronização a ser seguida na produção, a despeito da diversidade de tipos e complexidade de manufatura (HAMPSON, 2012).

### 4.2.1. A Cevada

Por ser um produto agrícola, o cultivo dos grãos é uma etapa fundamental para o resultado da cerveja a ser produzida. Segundo Hampson (2012), na Europa e nos Estados Unidos duas variedades de cevada são principalmente cultivadas para a produção de cerveja, a com espigas com duas fileiras de grãos, comum na Europa e a de espiga com seis fileiras de grãos, que por combinar bem com milho e arroz é mais utilizada nos Estados Unidos, onde não há restrições ao tipo de grão utilizado para a produção de cerveja em escala industrial. A despeito dessas variedades principais, outros tipos de cevada, e mesmo variação na técnica do cultivo são utilizados para dar características particulares às cervejas. Na Grã-Bretanha e na Bélgica usa-se a cevada semeada no inverno, que alegadamente gera sabor mais robusto, enquanto na Alemanha e a República Tcheca dá-se preferência à cevada semeada na primavera (HAMPSON, 2012) (Figuras 1 e 2).

**Figura 1.** Mostuário (régua de maltes) com diferentes tipos de cevada maltada para a produção de cerveja. Foto do autor.



**Figura 2.** Grãos de cevada maltados para a produção do mosto. À esquerda utilizado na produção de cerveja tipo “pilsen”, à direita utilizado para produção de cerveja tipo “lager”. Foto do autor.



No Brasil, o cultivo da cevada se concentra na região sul e o destino desses grãos é principalmente orientado à produção de cerveja. Essa produção começou a se expandir a partir da década de 1970 por meio de iniciativa da própria indústria cervejeira nacional como medida garantidora de oferta de matéria-prima. Desde 1976, a área dedicada ao cultivo de cevada no Brasil oscila em torno de 100.000 ha, porém o rendimento dessa cultura apresentou constante incremento, de 1018kg/ha com produção líquida de 95.000T (1976) a 3812kg/ha com produção líquida de 425.000T em 2021. Para 2022, é estimada a produção de 430.800T de cevada. Em anos recentes, o aumento da produtividade leva a uma tendência paradoxal de encolhimento da área dedicada ao cultivo de cevada, dadas as melhorias nas técnicas de produção e pelo melhoramento genético da cultura (CONAB, I2022; EMBRAPA, 2022).

#### 4.2.2. O processo produtivo com ênfase na etapa de fermentação

O processo básico de produção de cerveja consiste de quatro etapas (LINKO *et al.*, 1998; REBELLO, 2009):

a) Maltagem, que consiste na quebra da dormência dos grãos em condições anaeróbicas e sem luz, levando à estiolamento. Esse evento faz com que o embrião, por meio de amilases, converta o amido do cotilédone em mono e dissacarídeos para o desenvolvimento da plântula, desenvolvimento esse abortado pelas condições de privação de luz e oxigênio, restando oligossacarídeos em abundância para produção do mosto.

b) Produção do mosto, que consiste na hidrólise do produto da maltagem e separação do produto líquido dos restos celulósicos restantes dos grãos e plântulas estioladas, rendendo uma mistura líquida rica em proteínas, lipídios, componentes inorgânicos e, principalmente, oligossacarídeos. Após a separação do conteúdo sólido, a mistura é levada à fervura para controle microbiológico e precipitação de proteínas, seguida de resfriamento e adição do lúpulo (BRASIL, 1997; HAMPSON, 2012).

c) Fermentação, que é o processo de cultivo de leveduras no mosto em condições anaeróbicas. O metabolismo das leveduras leva à ciclagem dos componentes inorgânicos do mosto e conversão dos oligossacarídeos – principalmente maltose, frutose e glicose – e metabólitos secundários cetônicos em etanol e dióxido de carbono, efetivamente rendendo ao final dessa etapa a cerveja (RIZZON *et al.*, 2007; JUNIOR *et al.*, 2009) (Figura 3).

d) Processamento final, que consiste na filtração, pasteurização e engarrafamento do produto.

A fermentação é a etapa que mais demanda trabalho no processo produtivo, uma vez que se dá por ação de organismos, que devem ser manejados de forma a permanecerem viáveis e vigorosos. De acordo como tipo de produto que se deseja obter, há variação tanto no tipo de levedura utilizada quanto nas variáveis ambientais oferecidas à levedura para a efetivação de seu metabolismo.

Diversas espécies e cepas de levedura são utilizadas na produção de cerveja, sendo as principais as do gênero *Saccharomyces* (*Saccharomyces cerevisiae*, *S. pastorianus* e *S. eubayanus*). Em menor escala, principalmente na tradição belga, há o uso de leveduras selvagens do gênero *Brettanomyces* (*Brettanomyces bruxellensis*, *B. lambicus* e *B. anomalus*) para a produção de cerveja de fermentação espontânea (REITENBACH, 2022).

**Figura 3.** Tanques de fermentação de cerveja. Foto do autor.



A partir da sementeira do mosto com a levedura, três fases desse processo são reconhecíveis (PICCINI et al., 2002): a) Fase de Adaptação: ocorre nas primeiras horas após a sementeira, é quando a levedura desperta de suas condições de armazenamento e aclimata-se às condições do ambiente de fermentação; b) Fase de Multiplicação, dependente das condições de temperatura, concentração de açúcares e aeração do mosto, na qual a levedura se reproduz até a saturação populacional, gerando grandes quantidades de dióxido de carbono e calor; c) Fase da Fermentação,

que tem início com o esgotamento do oxigênio no ambiente de fermentação, na qual a população de levedura no sistema, em condições anaeróbicas, consome a maior parte dos açúcares do mosto produzindo etanol e dióxido de carbono até que esgotem-se os açúcares ou o teor alcoólico no sistema torna inviável a sobrevivência da levedura, ou dá-se a interrupção da fermentação por meios artificiais.

De acordo com Reitenbach (2022), existem cinco tipos de fermentação de cervejas que podem ser classificados a partir do tipo de levedura utilizada, quais sejam: 1) Alta fermentação (Ale); 2) Baixa fermentação (Lager); 3) Fermentação híbrida; 4) Fermentação mista e 5) Fermentação espontânea.

A Alta Fermentação é a técnica utilizada para produzir cervejas do tipo Ale, Saison, Weizen e Stout, com utilização de levedura *Saccharomyces cerevisiae*, caracterizada por uma grossa espuma no alto do tanque de fermentação por leveduras que atuam no topo do mosto durante o processo fermentativo, em que se utilizam temperaturas mais elevadas (18~25°C) e rendendo produtos com elevada turbidez e aromas mais intensos e variados, uma vez que a temperatura elevada nesse tipo de fermentação contribui para a formação de álcoois superiores e ésteres (HAMPSON, 2012; BARBOSA, 2018; REITENBACH, 2022).

A Baixa Fermentação é a técnica utilizada para produzir cervejas do tipo “lager” e “weiss” a partir de levedura *Saccharomyces pastorianus*. Nesse estilo, a cerveja passa pelo processo de “lagering” (maturação) em baixas temperaturas durante o seu armazenamento, a levedura afunda até a base da cerveja, produzindo uma cerveja de aspecto límpido (HAMPSON, 2012; REITENBACH, 2022). O processo da “lager” difere da fermentação da “ale”, uma vez que a levedura trabalha numa temperatura muito mais fria (6~12°C) e, ao final da fermentação, apresentam aromas suaves exemplificados por cervejas dos tipos Doppelbock, Einsbock e Munich helles. (BARBOSA, 2018; REITENBACH, 2022).

O processo de fermentação híbrida é feito por meio de duas ou mais cepas de levedura e também é utilizado em processos fermentativos de Ales e Lagers. Esse processo é mais recente e com mais frequência é feito pela Escola Americana, tendo surgido no século XIX por influência de imigrantes alemães, junto com as cervejas dos tipos Lager e Weiss em substituição das cervejas “porters” e “ales”. Na Europa, notavelmente na tradição alemã, são produtos de fermentação híbrida as cervejas dos

tipos “altbier” e “kolsch”. Na tradição americana, é popular o tipo “California common” (HAMPSON, 2012).

A fermentação mista consiste na combinação de duas fermentações dentro de um mesmo processo fermentativo, como, por exemplo, a alcoólica e a láctica. Esse tipo de fermentação é utilizado pela Escola Belga, nas cervejas Rodenbach, bem como em um tipo do Brasil, a Catarina Sours. (REITENBACH, 2022).

Por fim, há o processo de fermentação espontânea, com utilização de leveduras e bactérias selvagens oriundas de frutos e cascas de árvore, do malte ou do próprio ambiente em que a cerveja fermenta em tanques abertos. Nessa modalidade, muito utilizada pela Escola Belga, o tanque ou barril ficam abertos, fermentando em contato com o próprio ar (REITENBACH, 2022). Cervejas rústicas, como as “lambics” belgas são feitas com fermentação espontânea e, após o processo finalizar, ficam por meses armazenadas em tonéis de madeira. Esse tipo de fermentação também pode ser chamado de “cerveja selvagem” e rende produtos com sabores ácidos e frutados intensos e não é incomum a adição de frutos à cerveja, a fim de criar sabores incomuns e distintos. Na tradição inglesa, é exemplo desse tipo de produto a cerveja “damson ale e nos Estados Unidos a “cherry wheat”. A adição de frutas não é incomum na tradição belga, porém cabe-se destacar que, na tradição alemã, a prática não é comum desde a instituição, por Guilherme IV, da Lei de Pureza da Baviera (1516), que ditava a produção de cerveja apenas a partir de água, malte de cevada e lúpulo, atualizada com a adição de leveduras, uma vez que microorganismos eram desconhecidos em 1516 (HAMPSON, 2012).

O controle da fermentação é de extrema importância e exige uma atenção permanente. Fatores como volume do sistema de fermentação, tipo de levedura e temperatura são fundamentais para a qualidade do produto. Como visto, diferentes leveduras rendem produtos com características diferentes. *Saccharomyces cerevisiae*, por exemplo, rende cervejas de alta fermentação como as Ales, já a temperatura pode ser manipulada de acordo com a cerveja que esteja sendo produzida: as “lagers” fermentam entre 6 e 12°C, já “ales” fermentam entre 14 e 20°C, podendo alcançar 25°C no início do processo (fase de multiplicação), decrescendo a cerca de 17°C conforme avança a fase de fermentação (OETTERER *et al.*, 2006; BARBOSA, 2018) (Figura 4).

**Figura 4.** Lâmina (Câmara de Neubauer) para análise microscópica e quantificação da população de leveduras no produto em fermentação. Foto do autor.



Por fim, para finalizar o processo de produção de cerveja, ainda dentro da etapa de fermentação pode haver maturação, que consiste no armazenamento da cerveja em baixa temperatura durante um determinado período de tempo. Ao iniciar o processo de maturação, a maior parte dos açúcares já terá sido metabolizada a álcool etílico, gás carbônico, glicerol, ácido acético e álcoois superiores e a maturação é efetuada principalmente para a extinção dos metabólitos secundários cetônicos, que são consumidos pela própria levedura após o esgotamento dos açúcares fermentáveis (PICCINI et al., 2002).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Acompanhamento in loco do processo de produção de cerveja

Tendo em vista o cenário de expansão das cervejarias brasileiras e, em especial no Estado de Goiás, foi realizado o acompanhamento *in loco* do processo produtivo de cerveja em uma microcervejaria do Estado de Goiás, enfatizando as diferentes etapas do processo produtivo praticados para a obtenção de cerveja do tipo “weiss”. A visita técnica foi viabilizada pela concordância dos proprietários, que generosamente autorizaram acesso às instalações de produção sob supervisão da gerência de produção e de controle de qualidade.

O acompanhamento foi realizado em três visitas presenciais. Na primeira visita, realizada no dia 14 de março de 2022, foram apresentadas as instalações físicas da indústria, como o laboratório de análises de amostras, os tanques de fabricação da cerveja e os depósitos de grãos utilizados na fabricação, bem como os instrumentos utilizados na fabricação, como os diferentes densímetros, que medem as quantidades de álcool e açúcar e as lâminas que medem as análises em microscópio, em especial das leveduras, para verificar a qualidade nas atividades fermentativas.

Nas segunda e terceira visitas, ocorridas nos dias 26 e 27 de julho de 2022, realizou-se o acompanhamento da produção de um lote de produto, que por ocasião se tratava de cerveja do tipo “weiss”, que foi iniciada em 22 de julho de 2022. Foram verificados, adicionalmente, os relatórios de acompanhamento registrados na Planilha de Controle de Fermentação/Maturação da cerveja acompanhada, que registrava comparativamente as condições do mosto cervejeiro durante os dias 0, 1, 2, 3 e 4 da produção, exemplificados abaixo (Tabela 2).

Durante essas visitas para acompanhar a produção de um estilo de cerveja, foram explicados e exemplificados os métodos de controle de fermentação utilizados. A aferição das condições da amostra foi efetuada pela extração de amostra do recipiente de fermentação seguida pela sua degaseificação, que se deu pela transferência da amostra entre dois copos, repetida por 30 vezes, seguida pela mensuração da quantidade de açúcar por meio de densímetro, que na ocasião apresentou, em 26/07/2022 um grau Plato de 2,5°P e no dia seguinte um valor de 2,0°P, evidenciando o resultado esperado de acordo com o tipo de produto que estava sendo fabricado (Figura 5). Mantidas essas condições, esperava-se a continuidade do

processo de fermentação por 15 dias, extraindo-se do sistema apenas a quantidade excessiva de dióxido de carbono.

**Figura 5.** Densitometria para quantificação de açúcares durante a fermentação. Foto do autor.



**Tabela 2.** Transcrição da planilha de controle das condições de fermentação e maturação efetuada no estabelecimento produtor amostrado.

PLANILHA DE CONTROLE FERMENTAÇÃO   MATURAÇÃO					
ESTILO DA CERVEJA: WEISS					
LEVEDURA: MUNICH CLASSIC					
VOLUME INICIAL: 1.750 LITROS					
DIA	0	1	2	3	4
DATA	22/07/2022	23/07/2022	24/07/2022	25/07/2022	26/07/2022
HORA	12:00	10:00	–	10:00	8:24
°P*	12,6 °P	10,5 °P	–	3,7 °P	2,5 °P
°C	18 °C	17,9 °C	–	18,0 °C	14,9 °C
PH	–	–	–	–	3,8**

\* A medida °P indica o Grau Plato que é a porcentagem da quantidade de açúcar em certa quantidade de mosto ou, simplificada, é a quantidade de açúcar na amostra da cerveja.

\*\* Ao verificar o pH no dia 26/07/2022, a gerente subiu a temperatura do tanque analisado para a temperatura de 22 °C, a fim de ajustar o pH da cerveja, conforme o seu estilo.

Quanto ao processo de higienização e sanitização das instalações não foram examinadas. Vale aqui salientar que o estabelecimento verificado está vistoriado e em pleno atendimento das condições sanitárias exigidas por lei, e exerce um controle rigoroso dos processos de sanitização dentro de suas instalações, já que em caso de contaminação, todo o lote é perdido.

A produção de cerveja não apresenta, particularmente, grandes problemas com contaminação microbológica, sendo que as mais comuns causas de contaminação as bactérias lácticas dos gêneros *Pediococcus* e *Lactobacillus*. Mantido o pH do produto em fermentação em torno de 4,0 e a dada a baixa temperatura do sistema, já é inibida a proliferação bacteriana, que poderia causar, entre outras alterações, turvação do produto final (REBELLO, 2009).

## 5.2. Os métodos de controle da fermentação da cerveja no Brasil

Após a realização da verificação de processos in loco, foi elaborado um questionário básico sobre etapas-chave do processo produtivo e realizado um levantamento de cadastro e contatos de estabelecimentos do tipo microcervejarias no Brasil junto a entidades de setoriais e de classe (Confederação Nacional de Jovens

Empresários – CONAJE, Federações de Indústria e Associações Comerciais de alguns Estados).

O questionário consistiu em um conjunto de 11 perguntas, sendo 3 dedicadas à identificação do produtor e do responsável pela cessão dos dados para referência na elaboração das análises e mantidas sob a condição de privacidade e 8 perguntas de caráter técnico para compilação e análise de dados, e aplicado em plataforma digital. Não foram adotados critérios de exclusão, tampouco foram impostas condições adicionais, sendo a recepção e respostas às questões completamente espontâneas.

O objetivo da pesquisa era reunir ao menos uma resposta de cada região do Brasil, sendo 05 (cinco) o número mínimo de respostas desejáveis. O número máximo de respostas desejáveis, pelo tempo que a pesquisa ficou aberta para ser respondida (15 dias) foi estipulado em 10 respostas. Surpreendentemente, o questionário mostrou-se muito bem recebido, e foram compiladas respostas de 32 (n=32) estabelecimentos produtores de todas as 5 regiões brasileiras.

#### 5.2.1. O Formulário encaminhado

Introduzindo o formulário, e para a apresentação das intenções do estudo, o seguinte texto introdutório foi exibido aos participantes anteriormente à aplicação das perguntas:

“Formulário para pesquisa de Trabalho de Conclusão de Curso de Biologia, de autoria do aluno formando Marco Riccioppo Costa de Freitas Andrade, com o tema "Biologia da Fermentação na Produção de Cerveja", na Pontifícia Universidade Católica de Goiás - PUC Goiás, sob a Orientação do Prof. Dr. Matheus Godoy Pires.

As respostas deste formulário serão publicadas em trabalho acadêmico, SEM identificar as empresas e/ou profissionais que responderam ao questionário. A pesquisa é meramente acadêmica, guardando o sigilo de todas as informações levantadas. Nenhum segredo industrial, fórmula ou processo fará parte do trabalho acadêmico. A proposta é estudar as diferentes fermentações na produção da cerveja à luz da Biologia.

Desde já, agradeço a disponibilidade em compartilhar conhecimentos para contribuir com a pesquisa brasileira de Biologia!

Grato,

Marco Riccioppo Costa de Freitas Andrade”

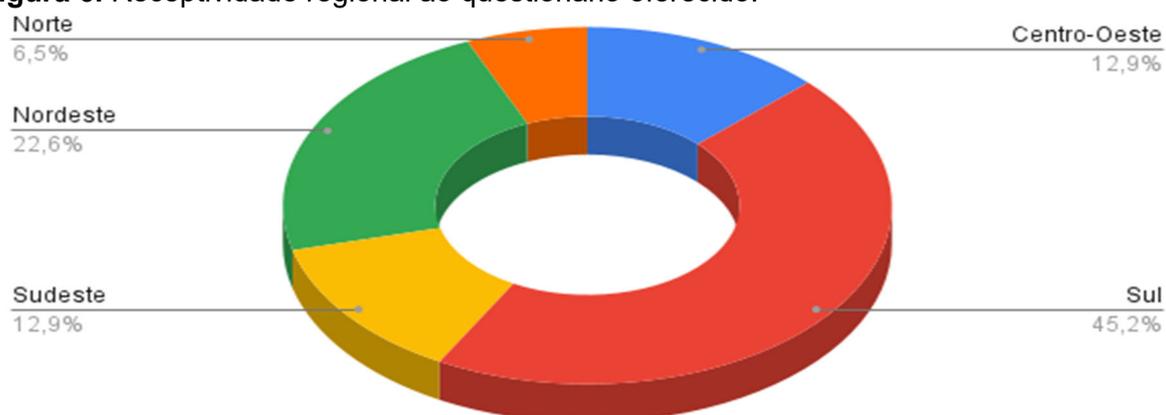
Após a apresentação, foram submetidas à análise dos participantes as seguintes questões:

1. Nome e Cargo da Pessoa que responderá o questionário (essas informações serão sigilosas)
2. Nome da Cervejaria e Cidade onde ela está instalada (essas informações serão sigilosas)
3. Quantidade mensal de litros produzida pela indústria cervejeira (essas informações serão sigilosas)
4. Escolha o tipo de cerveja produzida na cervejaria entrevistada que será objeto de resposta neste formulário: (As opções eram: Lager, Weiss, IPA, Outros)
5. Como é feito o controle do processo de fermentação na cerveja escolhida?
6. Qual método é utilizado para monitorar o decréscimo da quantidade de açúcar no mosto?
7. Qual método é utilizado para monitorar a elevação na concentração alcoólica no produto?
8. Quais concentrações de açúcar/álcool são desejados para a cerveja escolhida na resposta a este formulário?
9. Como é interrompida a fermentação da cerveja escolhida para este formulário, quando os parâmetros são atingidos?
10. Como é ajustado o processo produtivo para se obter a concentração álcool/açúcar desejados?
11. Mais de um produto pode ser obtido no mesmo lote de fermentação, apenas pela interrupção da fermentação, em momentos diferentes?”

#### 5.2.2. Participação por região:

Foram obtidas respostas do questionário submetido das 5 regiões do país, cuja representatividade proporcional é expressa abaixo (Figura 6).

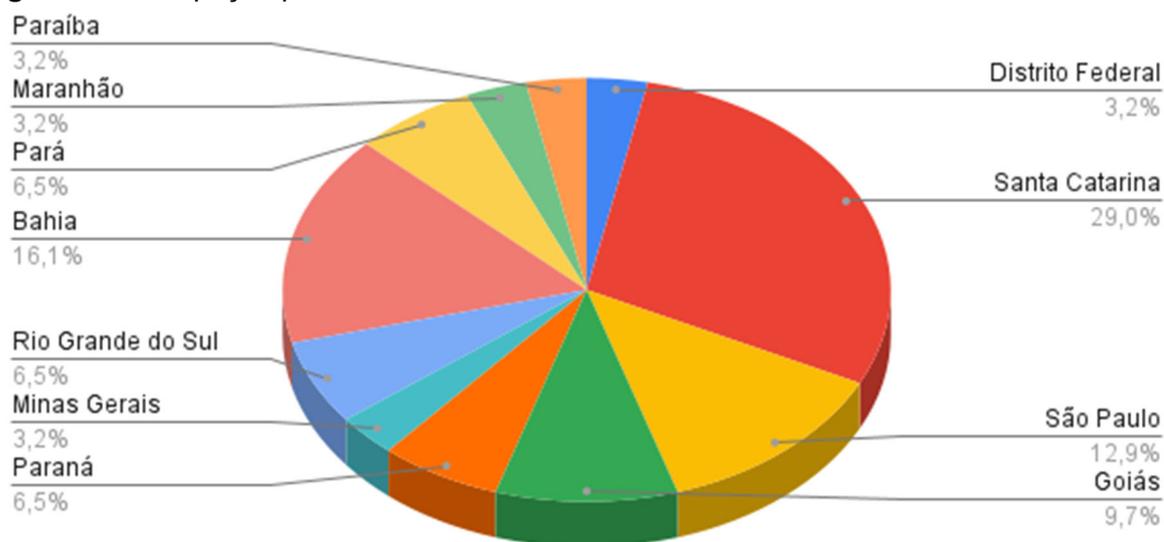
**Figura 6.** Receptividade regional ao questionário oferecido.



### 5.2.3. Participação por estado:

Participaram da presente pesquisa, indústrias cervejeiras de 11 Estados brasileiros, destacando a participação dos Estados de Santa Catarina, Bahia e São Paulo, nas três primeiras posições (Figura 7).

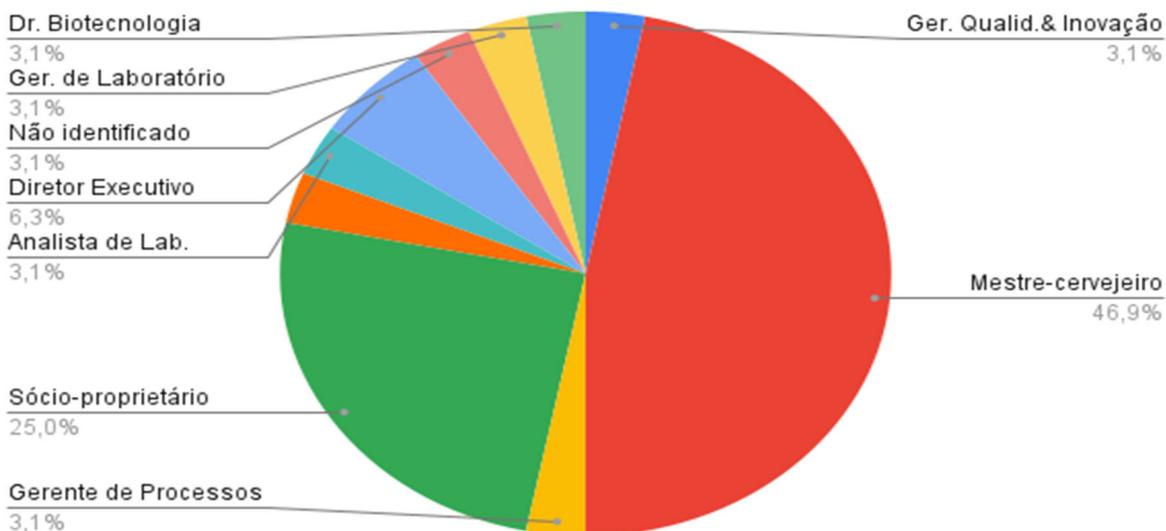
**Figura 7.** Participação por estado.



### 5.2.4. Identificação de função ou cargo do participante:

A identificação de cargo ou função do participante foi obtida de maneira espontânea, representando ocupações tão diversas quanto Sócio-proprietário, mestre cervejeiro, Doutor em Biotecnologia; Gerente de Laboratório; Diretor Executivo; Analista de Laboratório; Gerente de Processos e Gerente de Qualidade & Inovação (Figura 8).

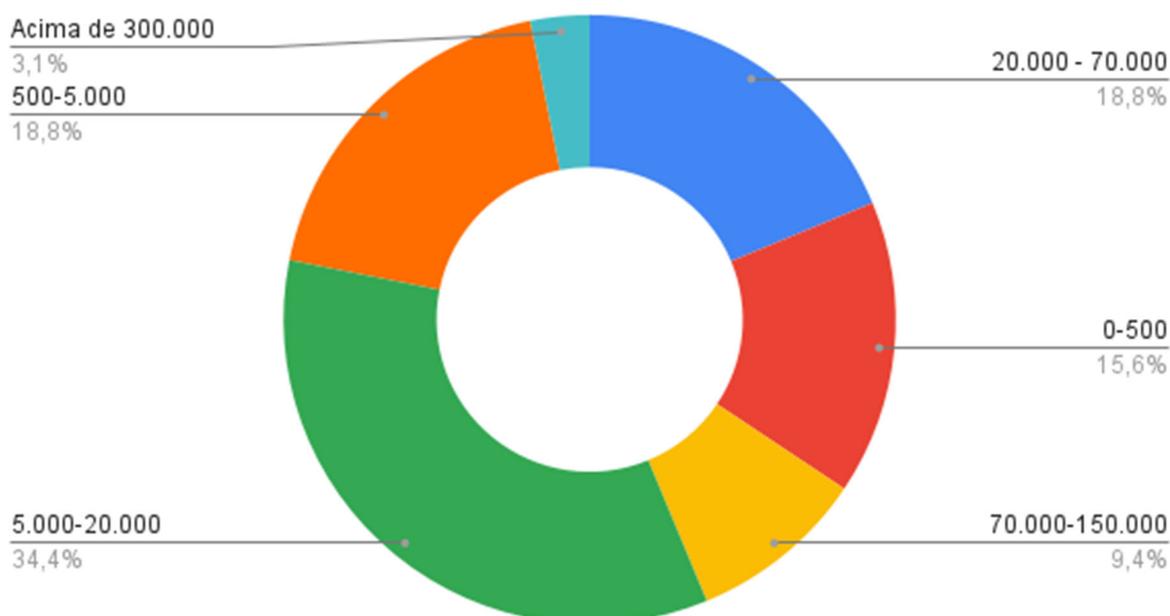
**Figura 8.** Identificação de função ou cargo do participante



### 5.2.5. Volume produzido (litros/mês)

A fim de criar uma métrica para analisar os dados, separamos as indústrias cervejeiras por diferentes intervalos quantitativos de produção de litros por mês, indicadas pelos participantes no levantamento de dados: 1) 0-500 litros; 2) 500-5.000 litros; 3) 5.000-20.000; 4) 20.000-70.000; 5) 70.000-150.000 litros; 6) 150.000-300.000; 7) acima de 300.000. Vale ressaltar que, de acordo com a Sociedade Cervejeira Americana, já mencionada acima, uma microcervejaria produz, em média, até 150.000 (cento e cinquenta mil) litros por mês (Figura 9).

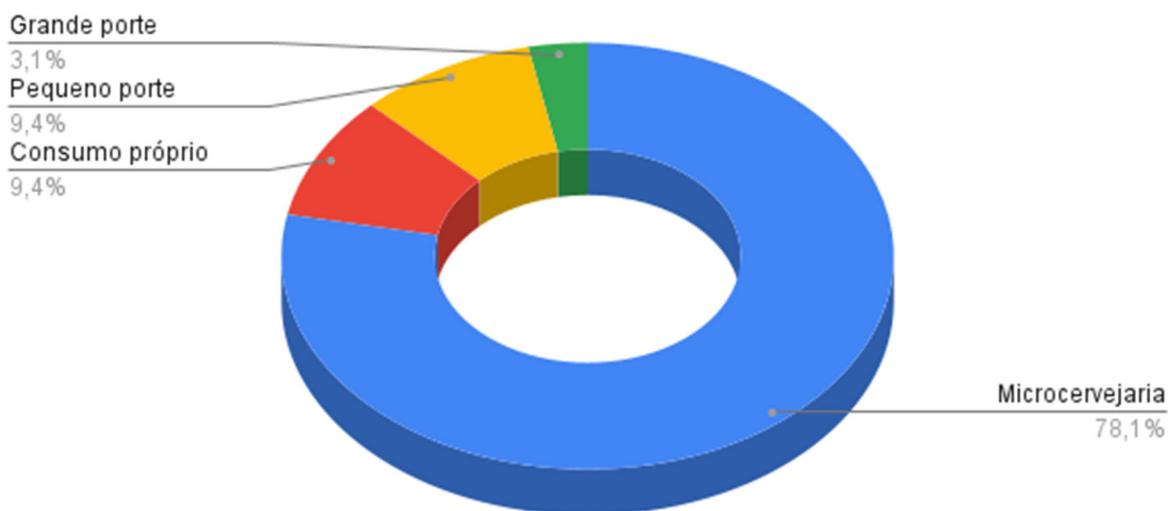
**Figura 9.** Volume mensal produzido (intervalos).



### 5.2.6. Categoria ou porte do estabelecimento produtor:

Analisando a produção de litros por mês e as informações indicadas pelos participantes quanto à produção para consumo próprio, separamos as indústrias analisadas em Consumo Próprio (0-120 litros); Pequeno Porte (0-2.000); Microcervejaria (2.000-125.000); Grande Porte (acima de 350.000) (Figura 10).

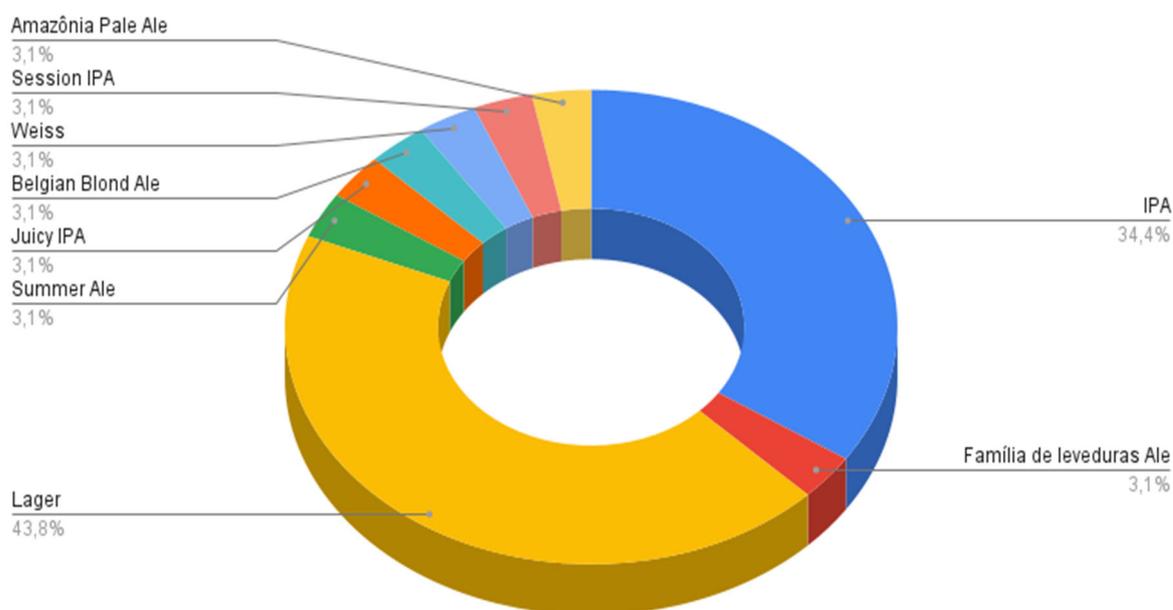
**Figura 10.** Porte do estabelecimento produtor.



5.2.7. Tipo / estilo de cerveja produzido:

O formulário inicial indicava três estilos de cerveja para servirem de referência aos participantes - Lager, Weiss e IPA - além do campo "Outros" para que o participante indicasse um estilo diferente, se fosse o caso. No total, foram indicados 09 estilos diferentes de cervejas. No total, foram indicados os seguintes estilos de cerveja no levantamento de dados, apresentados a partir do maior percentual apresentado: Lager e IPA, seguidas dos estilos Amazônia Pale Ale (ver abaixo); Session IPA; Weiss; Belgian Blond Ale; Juicy IPA; Summer Ale e Família de Leveduras Ale (Figura 11).

**Figura 11.** Tipo / estilo de cerveja produzido.



Neste quesito, é digno de nota a participação de um produtor da região Norte, salientando sua produção de um tipo/estilo pioneiro de bebida, por si denominada "Amazônia Pale Ale", do Estado do Pará, ainda em estágio de teste para registro internacional. No evento do envio do formulário respondido ao pesquisador, esclarecendo que seu produto em desenvolvimento possui inovações tanto no processo produtivo quanto no tipo de levedura empregada na produção.

"Acreditando no grande potencial da região Norte do Brasil com sua fauna e flora, iniciamos um projeto de pesquisa que valorizava as matérias-primas amazônicas, neste contexto, para a produção de Cerveja. A Amazônia Pale Ale (AmPA) foi concebida como uma cerveja leve e refrescante, com baixo amargor, com a presença da floresta amazônica em seu sabor, e para isso, buscamos desenvolver cerveja artesanal com uma levedura selvagem da Amazônia, avaliando a características físico-químicas e sensoriais. A formulação básica foi baseada em malte de cevada, lúpulo e uma levedura selvagem isolada de cajuaçu. Espécies nativas e dispersas na Amazônia, do Maranhão ao Mato Grosso e Guianas. (ATHAYDE, 2022, comunicação pessoal).

#### 5.2.8. Controle do processo de fermentação:

Foi perguntado aos participantes sobre como era feito o controle do processo de fermentação na cerveja escolhida. Do total de 32 respostas recebidas, o processo em comum a todas elas, não importando o volume de litros produzidos foi a realização de medições diárias, controle de temperatura, de pH, tempo de fermentação e densidade.

Para as microcervejarias de maior porte, algumas especificidades foram relatadas, conforme respostas destacadas a seguir:

1. "Começa pela análise do fermento a ser usado, contagem de células e viabilidade, cálculo da dosagem, controle de temperatura automático durante toda a fermentação, controle da densidade e pH durante toda fermentação";
2. "Diariamente através de densímetro, phgmetro, ebuliometro, análise organoléptica e visual, com dados anotados em planilha";
3. "Acompanhamento de extratos e temperatura a cada 6 horas durante 6 dias consecutivos. Elaboração das curvas de fermentação. Após dois dias, fechado Sprayball para manutenção do co2. Medição do VDK após o 5 dia de fermentação. Avaliação do extrato final por fermentação forçada usando tudo de fermentação. Resultados saem em 24h. Pelo método de destilação. Avaliação sensorial no 6 dia. Após liberação, abertura de frio para finalizar a fermentação. Retirada do fermento para reuso. Armazenamento de até 4 dias consecutivos. Em uma Tina de 1k refrigerada com glicol";
4. "Identificando atividade através do airlock inicialmente, depois medição da densidade específica em grau plato através de densímetros de massa específica e refratômetros";
5. "O controle do processo de fermentação inicia-se pela análise microbiológica da levedura a ser utilizada, em caso de levedura de reuso; ou análise da qualidade da hidratação da levedura no caso de primeira utilização. Antes do inóculo no tanque fermentador é retirado uma parte para se realizar um teste de atenuação, e a partir do momento que a levedura é inoculada (com sua análise morfológica e de viabilidade

adequadamente verificadas) inicia-se o controle com testes de densidade, pH e sensoriais".

#### 5.2.9. Mensuração da quantidade de açúcar no mosto em fermentação:

A totalidade das respostas recebidas indicaram o mesmo método: realização de medições referentes à densidade do mosto com densímetro.

Alguns detalhes foram apresentados pelos participantes, sobre esse processo:

1. "Utilizamos densímetro digital";
2. "Amostra diária acompanhando a queda do teor de brix no mosto";
3. "Densímetro de massa específica durante fermentação. Densidade final com densímetro de escala Plato. Averiguada atenuação diariamente";
4. "Tirando pequenas amostras e medindo a densidade até o fim da fermentação";
5. "Retira-se aproximadamente 150ml de amostra do tanque, em seguida essa amostra é descarbonatada por meio de agitação, quando a amostra chega a uma temperatura próxima aos 20 graus Celsius é realizado o teste de densidade, utilizando o densímetro. A variação da relação de temperatura x densidade é ajustada usando-se uma tabela de correção".

#### 5.2.10. Mensuração da elevação da concentração alcoólica

A totalidade das respostas recebidas indicaram a necessidade de realizar cálculos e medições periódicas do mosto referentes à gravidade.

Dois termos utilizados amplamente na fabricação de cerveja são OG - Original Gravity (Densidade Inicial) e FG - Final Gravity (Densidade Final). A Densidade Inicial define qual é a quantidade de açúcares iniciais que um estilo de cerveja terá. Essa medida é feita depois do resfriamento da cerveja, antes da levedura. Já a Densidade Final serve para saber se a fermentação foi finalizada. É essa medida que mostrará se a quantidade de açúcares iniciais foi convertida em álcool, por meio do processo fermentativo. Esse processo é feito antes da maturação da cerveja, no final da fermentação. (VAZ, 2020).

Essas definições de OG e FG são importantes para compreender as respostas recebidas e destacadas a seguir:

1. "Não monitorado, apenas estimado pela redução de açúcares (diferença OG e FG)";
2. "A relação entre o extrato medido e o extrato inicial pós-resfriamento do mosto";
3. "Diferença entre o extrato inicial e final (rotineiramente) e análise laboratorial (trimestralmente)";
4. "A comparação entre a densidade inicial do mosto (OG) e a densidade final (FG)";
5. "Através de cálculo de diferença de densidades inicial e final do mosto. Fazemos esse cálculo apenas no final do processo. Também, análises de laboratório externas a fábrica são realizadas a cada lote. Mas não fazemos acompanhamento de aumento de teor alcoólico no período durante fermentação".

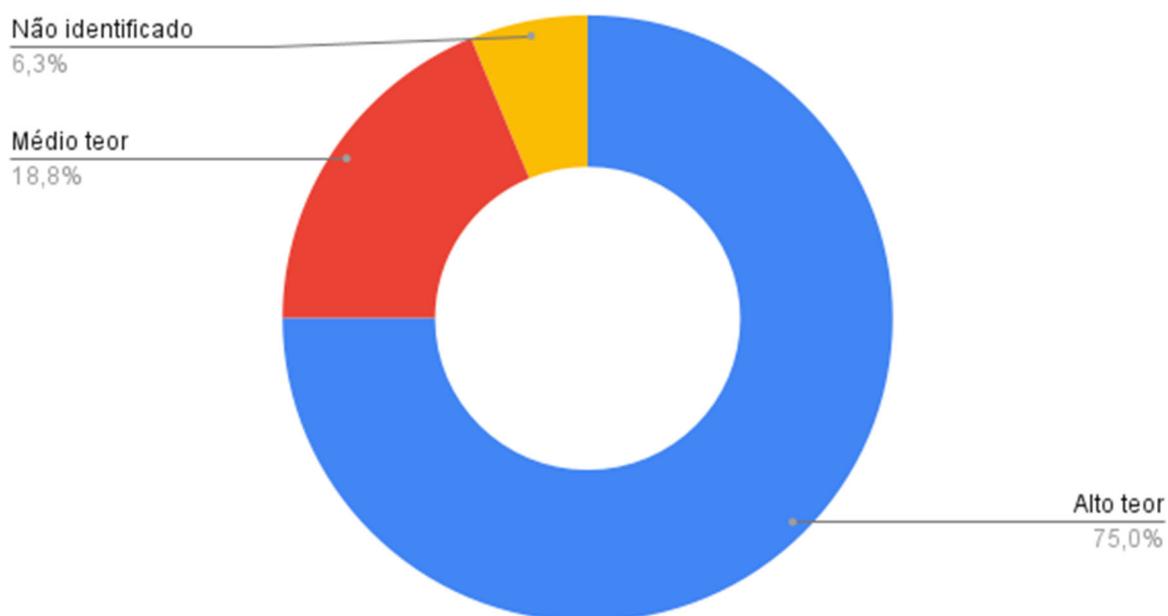
### 5.2.11. Concentração de açúcar e álcool no produto final:

Foi perguntado aos participantes sobre quais as concentrações de açúcar e de álcool eram desejadas para se obter o resultado final da cerveja escolhida pelo participante ao responder o questionário. Parte dos participantes responderam indicando medições de Grau Plato, indicando a quantidade de açúcares no mosto. Parte dos participantes indicaram valores de densidade final. Entretanto, quase a totalidade dos participantes optaram por indicar o valor de seus ABVs.

Em linhas gerais, ABV indica o teor alcoólico ou gradação alcoólica de uma bebida. A sigla ABV significa “Alcohol by Volume” (Alcool por Volume) e foi adotada internacionalmente para apresentar o percentual em volume da quantidade de álcool em uma bebida. Quaisquer bebidas alcoólicas necessariamente devem indicar essa informação em seu rótulo (VAZ, 2020). De maneira geral, as cervejas que tiverem de 0,5% a 2% ABV, são classificadas como baixo teor alcoólico; de 2% a 4,5% ABV são cervejas de médio teor alcoólico, e acima de 4,5% ABV são consideradas de alto teor alcoólico. A maioria das cervejas possui entre 2% e 7% ABV.

No universo das amostras levantadas, o menor ABV indicado pelos participantes foi de 4,0% ABV e o maior foi de 7% ABV. 75% das cervejas analisadas são de alto teor (Figura 12).

**Figura 12.** Concentração de açúcares e álcool no produto final, por categoria.



### 5.2.12. A interrupção da fermentação

Esta foi a pergunta que obteve o maior número de respostas divergentes: parte dos participantes indicou que de forma alguma interrompem o processo fermentativo; enquanto outra parte descreveu a forma utilizada de interrupção.

Nesse sentido, destacamos as principais respostas, indicando os diferentes métodos utilizados pelos representantes das indústrias cervejeiras:

1. "Fermentação não é interrompida. Assim que estabilizada o decaimento é medido concentração de álcool e densidade final";
2. "A fermentação nunca é interrompida. Quando identificamos que não há mais processo fermentativo, ajustamos a temperatura do tanque para iniciar o processo de maturação. Caso os dados não correspondam aos parametrizados, recorremos aos registros do processo para identificar eventos que possam ter concorrido para a falha no padrão e procedemos com possíveis correções, caso sejam pertinentes";
3. "Não interrompemos a fermentação alcoólica. Nunca. Fermentação láctica sim, mas não é o caso da IPA";
4. "Baixar a temperatura para 0° C";
5. "No quarto dia de fermentação o açúcar foi consumido totalmente, espera-se mais 24 horas para o descanso do diacetil, derruba-se a temperatura para o cold crash";
6. "Redução da temperatura para 2 graus e purga de levedura";
7. "Ao final da fermentação, quando a densidade não sofre mais variação, reduzimos a temperatura do tanque de fermentação para 0 graus Celsius fazendo com que as leveduras comecem floclar e decantar para que possam ser retiradas através de purgas";
8. "Após identificação de mesma densidade por 36h, aumenta-se a temperatura e monitoramos a densidade por 48h. Não havendo alteração, é entendido que a fermentação foi encerrada, bem como a 1a etapa de maturação (exigindo tbm análise sensorial)";
9. "A fermentação é finalizada quando todos os açúcares consumíveis pela levedura são utilizados. Ou seja, quando não há mais atividade de fermentação. Na prática, quando a densidade estabilizar por dois dias consecutivos. Nesse caso não se interrompe a fermentação, pois todos os açúcares possíveis para a levedura em questão são consumidos";
10. "A fermentação é considerada terminada quando não há mais sinal de atenuação durante o período de 2 dias consecutivos, e também se leva em consideração a densidade final esperada. Quando a densidade final não chega no esperado, tomam-se medidas a fim de determinar a causa e de correção".

### 5.2.13. A concentração desejada de álcool/açúcar no produto

Foi perguntado aos participantes sobre quais métodos eram utilizados para ajustar o processo produtivo, a fim de se obter a concentração álcool/açúcar desejados. Esta pergunta teve respostas que indicaram ajustes que poderiam ser feitos durante o processo de produção da cerveja em questão, como também teve respostas sobre ajustes que poderiam ser feitos em lotes futuros, como uma forma de correção de eventuais erros identificados.

Quanto àqueles que responderam sobre os ajustes que poderiam ou não ser feitos durante o processo de produção, destacamos os seguintes:

1. "Não tenho como ajustar, após o processo de fermentação concluído";
2. "Não é ajustado, apenas monitorado para avaliar a concentração atingida";
3. "Cálculo da densidade de malte. Carga de malte x volume após fervura";
4. "Calcula-se a quantidade de maltes/Litro de água, e temperatura de mostura";
5. "Design da receita, rampas de temperatura de mosturação adequadas, levedura adequada, e controle de temperatura";
6. "Na receita utiliza-se uma quantidade de maltes base e especiais que contenham a quantidade de açúcares desejada. Também é ajustado a rampa de mosturação para o tipo de açúcar que se deseja extrair (corpo baixo - açúcares de menor peso molecular, logo, mais fermentáveis). A escolha da cepa de levedura também influencia nesse processo. Escolhe-se uma levedura que tenha uma atenuação média de 80 - 85%";
7. "Todo o processo é baseado em cálculos levando em consideração informações de equipamento e de insumos. As informações de equipamentos para base de cálculo foi medida internamente na empresa; enquanto informações de matéria prima são enviadas pelos fabricantes. Após cálculos, segue-se um prontuário de produção com informações e metas a serem seguidas, a fim de obter o mosto dentro dos parâmetros previstos. Também, o técnico cervejeiro é responsável por monitorar as concentrações de açúcar durante todo o processo de produção e verificar se os resultados coincidem com o esperado calculado";
8. "A criação da receita é modelada para que, durante a mosturação, as rampas de temperatura ativem e inativem as enzimas presentes no malte no momento certo, cuidando para gerar um mosto que irá nos proporcionar uma quantidade adequada de açúcares fermentescíveis e não fermentescíveis, de modo a proporcionar corpo e ABV adequados ao estilo."

Quanto aos participantes que responderam sobre eventuais ajustes que poderiam ser feitos em lotes futuros, que eventualmente irão implicar em custos e necessidade de novas tecnologias, destacamos as seguintes respostas:

1. "Com melhorias no lote seguinte, como rampas no mash mais adequadas, estimativas de consumo da levedura mais reais, aferição de termômetro do fermentador, melhores moagens e extração de açúcar";
2. "Na receita seguinte é ajustado quantidade de malte e rampas de mosturação";
3. "Controle na brassagem. Caso tenha variações na atenuação, são feitos ajustes nas rampas de sacarificação nos próximos lotes a serem produzidos";
4. "Revisão de receita para o próximo lote".

#### 5.2.14. Quantidade de produtos por lote de fermentação

Foi perguntado aos participantes se era possível obter mais de um produto no mesmo lote de fermentação, apenas pela interrupção da fermentação, realizando movimentos diferentes. Essa pergunta também teve respostas bastante divergentes, em que parte dos participantes afirmaram que não era possível, parte que era possível e outra parte que apesar de ser possível, não utilizavam esse procedimento nos estilos de cerveja analisados.

Destacamos as principais respostas referentes à possibilidade de se obter diferentes produtos no mesmo lote de fermentação:

1. "Fermentação não deve ser interrompida, com risco de problemas graves no futuro com açúcares fermentáveis ainda disponíveis. Existem outras técnicas de fazer mais produtos a partir da mesma base";
2. "Poderia, se fizéssemos cerveja sem álcool, mas não é o caso da nossa empresa. Portanto, nunca interrompemos fermentação";
3. "Teoricamente sim, mas não fazemos";
4. "Não. Cada lote de fermentação gera um lote final de produto acabado"
5. "Nunca";
6. "Sim, porém não será o produto final que desejamos, será uma outra cerveja, a qual terá que ser pasteurizada";
7. "Sim, é possível mas eu não faço pois acaba sendo um risco deixar açúcares fermentáveis e leveduras ativas no meio";
8. "É possível, porém ao se interromper a fermentação, o produto ainda terá açúcares fermentescíveis, o que pode ocasionar uma refermentação descontrolada, prejudicando a segurança do produto";
9. "Seria o caso da cerveja sem álcool obtida a partir da fermentação interrompida, porém esse método não é praticado na cervejaria";
10. "Não. Nós não praticamos a interrupção da fermentação antes da finalização da mesma, cada estilo de cerveja tem seu potencial de fermentação traçado pela escolha das matérias-primas, parâmetros de mosturação e taxa de inóculo da levedura. Mas, uma vez no tanque fermentador, um lote de levedura dará somente um tipo de produto".

## 6. CONCLUSÃO

O objetivo geral do presente estudo era mostrar os diversos meios de controle e conhecimentos abordados na fermentação de bebidas alcoólicas, especialmente, das cervejas artesanais.

Para tanto, a fim de contextualizar, foi apresentada uma revisão histórica desde o surgimento da cerveja no mundo até o surgimento do movimento de microcervejarias no Brasil. Foi apresentado, ainda, o cenário atual das indústrias microcervejarias brasileiras, bem como a importante participação do Estado de Goiás na expansão de mercado vista nos últimos anos, ocupando a 8ª posição no ranking nacional.

Além disso, foram realizados, com sucesso, dois tipos de pesquisa, além da pesquisa bibliográfica: uma experimental, tendo sido realizadas visitas in loco em uma indústria microcervejeira goiana para acompanhar e observar como são realizados os métodos de controle de fermentação na produção de uma cerveja artesanal, bem como uma pesquisa descritiva com levantamento de dados, realizada junto a 32 cervejarias brasileiras, distribuídas nas 05 regiões do Brasil.

Durante a realização tanto da pesquisa experimental quanto da pesquisa descritiva, o aluno pesquisador teve a oportunidade de encontrar os pontos em comum e os pontos divergentes entre todas as cervejarias pesquisadas.

Nos pontos em comum, pode-se destacar, como por exemplo, a importância de monitorar a temperatura, a pressão, o pH, o Grau Plato (quantidade de açúcar no mosto cervejeiro), densidade, a fim de garantir que o resultado final da cerveja produzida seja de acordo com a receita original utilizada. Além disso, destaca-se a importância da escolha criteriosa das matérias-primas e dos processos de malteação dos grãos utilizados, bem como dos processos de higienização e sanitização obrigatórios nas indústrias cervejeiras, a fim de serem produzidas cervejas de qualidade.

Como pontos divergentes, este aluno pesquisador pode observar que cada estilo de cerveja produzida demanda ajustes específicos durante o processo fermentativo para alcançar o resultado desejado, como por exemplo, quantidade de dias necessários para fermentar (baixa ou alta fermentação), diferentes índices de pH ou de Grau Plato indicados para cada diferente estilo/receita de cerveja.

Como o coração da fabricação de uma cerveja é a sua fermentação e como a fermentação depende de leveduras - organismos vivos - para acontecer, a Biologia, englobando a Microbiologia e a Bioquímica, tem papel fundamental na produção de uma cerveja.

## REFERÊNCIAS

- ATHAYDE, Israel; QUARESMA, Sil; SANTOS, Agenor Valadares. AmPA (Amazônia Pale Ale) desenvolvimento tecnológico de cerveja com levedura selvagem Amazônica”, **International Journal of Development Research**, 12, (05), 55754-55758. Maio, 2022.
- BAIAMA, Cesar. **A história das leveduras da Cerveja** (2015). Disponível em <https://www.sindaltr.org.br/a-historia-das-leveduras-da-cerveja/>, acesso em: 24 mar. 2022
- BARBOSA, Letícia Melo. **A produção de cerveja ao longo da história**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Barretos. Disponível em <https://brt.ifsp.edu.br/phocadownload/userupload/213354/A%20PRODUO%20D E%20CERVEJA%20AO%20LONGO%20DA%20HISTRIA.pdf>, acesso 17 mai.2022
- BEER ART. Revista. **O mapa da cerveja no Brasil**. 2022. Disponível em <https://revistabeerart.com/news/cevejarias-brasil>, acesso em 16 set. 2022
- BRASIL. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto nº 2.314, de 4 de setembro de 1997, que Regulamenta a Lei nº 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**. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1997/decreto-2314-4-setembro-1997-437216-publicacaooriginal-1-pe.html>>, acessado em 09 jun.2022
- BRASIL. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário da Cerveja 2021**. Publicado em 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias-2022/numero-de-cevejarias-registradas-no-brasil-cresce-12-em-2021>, acesso 13 set.2022
- CERVEJAS DO MUNDO. **História da Cerveja - Brasil**. 5 partes. Disponível em: <http://www.cervejasdomundo.com/Brasil.htm>, acesso 13 set. 2022
- DHALIA, Heitor. **Em busca da cerveja perfeita**. 2019. Produzido pela Paranoid e publicado pela AMBEV. Disponível em [https://youtu.be/EK1RY6IU4\\_A](https://youtu.be/EK1RY6IU4_A), acesso em 18 fev.2022
- EDIÇÃO DO BRASIL, Jornal. **Brasil é o 3º país que mais consome cerveja no mundo**. Disponível em <https://edicaodobrasil.com.br/2021/06/11/brasil-e-o-3o-pais-que-mais-consome-cerveja-no-mundo/>, acesso em 1 set.2022
- EMBRAPA. **Reunião vai apresentar cenário da produção de cevada no Brasil**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/72205996/reuniao-vai-apresentar-cenario-da-producao-de-cevada-no-brasil>, acesso em 13 set.2022
- FIORATTI, Carolina. **Como as mulheres passaram de fabricantes de cerveja a acusadas de “bruxaria”**. (2021). Disponível em em: <https://super.abril.com.br/historia/como-as-mulheres-passaram-de-fabricantes-de-cerveja-a-acusadas-de-bruxaria/>, acesso em 04 ago.2022
- GEORGE, Alison. **The world's oldest paycheck was cashed in beer** (O salário mais antigo do mundo foi descontado em cerveja), disponível em <https://www.newscientist.com/article/2094658-the-worlds-oldest-paycheck-was-cashed-in-beer/>, acesso em 30 ago.2022
- GRIBBINS, Keith. **Are you a woman looking to work in craft beer? We ask female leaders to share their stories and advice**. (Você é uma mulher procurando um emprego em uma cervejaria? Nós perguntamos a líderes femininas suas

- histórias e conselhos), disponível em <https://www.craftbrewingbusiness.com/featured/woman-looking-work-craft-beer-ask-female-leaders-share-stories-advice/2/>, acesso em 04 ago.2022
- HAMPSON, Tim (org.). **O livro da cerveja**. São Paulo: Globo, 2012.
- HOUAISS, Antônio. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro, Ed. Objetiva, 2001.
- INSTITUTO DA CERVEJA. **Destaque-se entre os amigos: conheça a história da cerveja no Brasil**. 2017. Disponível em <https://www.institutodacerveja.com.br/blog/n142/novidades/destaque-se-entre-os-amigos-conheca-a-historia-da-cerveja-no-brasil>, acesso em 13 set. 2022
- JUNIOR, Amaro A. D; VIEIRA, Antonia G; FERREIRA, Taciano P. Processo de Produção de Cerveja. **Revista Processos Químicos**, 2009. Faculdade de Tecnologia SENAI. Disponível em: [http://ojs.rpqsenai.org.br/index.php/rpq\\_n1/article/view/35/26](http://ojs.rpqsenai.org.br/index.php/rpq_n1/article/view/35/26), acesso 11 mai.2022
- LINKO, M.; HAIKARA, A.; RITALA, A.; PENTTILÄ, M. Recent advances in the malting and brewing industry. *Journal of Biotechnology*, v.65, n.2-3, p.85-98, 1998.
- MC - Mestres Cervejeiros. "Santos relacionados à cerveja". (2014). Disponível em <https://mestre-cervejeiro.com/santos-relacionados-a-cerveja/>, acessado em 30 ago.2022
- O GLOBO, Evidências indicam que gregos produziam cerveja há 4 mil anos, disponível em <https://oglobo.globo.com/brasil/historia/evidencias-indicam-que-gregos-produziam-cerveja-ha-4-mil-anos-22353209>, acesso em 02 jun.2022
- PICCINI, Ana Rita; MORESCO, Cristiano; MUNHOS, Larissa. Fermentação e Maturação. 2002. Trabalho de Conclusão de Curso, UFRGS. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/prcerea/cerveja/ferme.htm>, acesso 17 mai.2022
- PINSKY, Jaime. As primeiras civilizações. São Paulo: Contexto, 2011, APUD RODRIGUES, Pedro Eurico, *Revolução Agrícola*, disponível em <https://www.infoescola.com/historia/revolucao-agricola/>, acessado em 31 mai.2022.
- REBELLO, Flávia de Floriani Pozza. (2009). Produção de cerveja. *Revista Agrogeoambiental*, 1(3). <https://doi.org/10.18406/2316-1817v1n32009224>, disponível em <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/articloe/view/224/220>, acesso em 30 ago.2022
- REITENBACH, Amanda. Fermentação de cervejas: Conceitos básicos e tipos de fermentação. Disponível em <https://www.scienceofbeer.com.br/br/post/-fermentacao-de-cervejas-conceitos-basicos-e-tipos-de-fermentacao>, acesso em 28 abr.2022
- RIBEIRO, Paula. Mestre cervejeiro destaca importância cultural e social da cerveja, (2017). Disponível em <https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/especial-da-cerveja-artesanal/noticia/mestre-cervejeiro-destaca-importancia-cultural-e-social-da-cerveja-veja-lista-de-curiosidades.ghtml>, acesso em 2 ago.2022
- RIZZON, Luiz Antenor; MANFROI, Luciano, in EMBRAPA. Sistema de produção de vinho tinto. Disponível em <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Vinho/SistemaProducaoVinhoTinto/fermentacao.htm>, acessado em 02/09/2022.

SILVA, Edna Lúcia da. Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação/Edna Lúcia da Silva, Estera Muszkat Menezes. – 4 ed. rev. atual. Florianópolis: UFSC, 2005.

VAZ, Alexandre. IBU, ABV, OG? Afinal, o que significam as diferentes siglas do universo cervejeiro? Disponível em: <https://ousejacerveja.com/o-que-significam-as-diferentes-siglas-do-universo-cervejeiro/2020/>, acesso 1 set.2022

## RESOLUÇÃO n°038/2020 – CEPE

### ANEXO I APÊNDICE ao TCC

#### Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O estudante Marco Riccioppo Costa de Freitas Andrade do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, matrícula 2015.2.0050.0117-8, telefone: (62) 999822760, e-mail marcoriccioppo@gmail.com, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado Métodos de controle da fermentação em cervejas artesanais, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 15 de dezembro de 2022.



Nome completo do autor: Marco Riccioppo Costa de Freitas Andrade



Nome completo do professor-orientador: Matheus Godoy Pires