



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE BIOTECNOLOGIA E BIOPROCESSOS
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOTECNOLOGIA E BIOPROCESSOS**

JUDIELDO DE MORAIS LIMA

**PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL COM ADIÇÃO DE GOIABA
VERMELHA E FLOCOS DE AVEIA**

**SUMÉ - PB
2023**

JUDIELDO DE MORAIS LIMA

**PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL COM ADIÇÃO DE GOIABA
VERMELHA E FLOCOS DE AVEIA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos.

Orientador: Professor Dr. Bruno Rafael Pereira Nunes.

**SUMÉ - PB
2023**



L732p Lima, Judieldo de Moraes.

Produção de cerveja artesanal com adição de goiaba vermelha e flocos de aveia. / Judieldo de Moraes Lima. - 2023.

58 f.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Rafael Pereira Nunes.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos.

1. Cervejaria artesanal. 2. Produção artesanal de cerveja. 3. Goiaba na produção de cerveja. 4. Processo fermentativo. 5. Parâmetros cinéticos. I. Nunes, Bruno Rafael Pereira. II. Título.

CDU: 663.4(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

JUDIELHO DE MORAIS LIMA

**PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL COM ADIÇÃO DE GOIABA
VERMELHA E FLOCOS DE AVEIA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos.

BANCA EXAMINADORA:

Professor Dr. Bruno Rafael Pereira Nunes
Orientador – UAEB/CDSA/UFCG

Professor Dr. Jean César Farias de Queiroz
Examinador I – UAEB/CDSA/UFCG

Professora Dra. Morgana Fabíola Cunha Silva Canuto
Examinadora II – UATEC/CDSA/UFCG

Trabalho aprovado em: 14 de fevereiro de 2023.

SUMÉ - PB

Dedico este trabalho, primeiramente a Deus, e aos meus pais Maria Josinete e Damião Sebastião, que lutaram e se dedicaram a essa conquista tanto quanto eu.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo discernimento e por me manter de pé diante de todas as dificuldades encontradas ao longo dessa caminhada.

Aos meus pais, Maria Josinete (Preta) e Damião pelo apoio e incentivo, até nos meus piores dias, por nunca ter me deixado desistir, e por ser a minha motivação para buscar sempre o melhor para a minha vida; e também aos meus irmãos José Jelison e Jeudilan; aos tios e tias, Erimar Barbosa, Cleide Maria, Josefa Aurileide (Leda), Francisco Neurismar, Querubina, João Bento, Janciêdo Caldas, Michelly Barbosa e Luzia Sales, que também fizeram parte desta conquista.

As pessoas de Vilany Nóbrega, Thays Dantas e Isabella Ramos que se tornaram grandes amigas da graduação, as quais são sinônimos de conquista e determinação, o qual compartilhamos grandes momentos juntos durante a graduação, a Karelle pelo carinho e por ter me apresentado a paixão que é estudar língua francesa.

Aos meus amigos/irmãos do pós treino Willian Maciel, Gabriel Pereira e Daniel Martins, os quais estiveram presentes nos melhores e nos momentos mais difíceis da graduação, os quais sempre pude contar, e claro nosso grupo não seria melhor sem a presença de Lucas (agonia), Helenildo Ribeiro, Alberto Alves (beto), Gabriel Gama, Jefferson Kelvin (vida), Tiala Oliveira, Hellen Carolaine, KauannaNandara, Ana Cristina Nunes, Ana Caroline, Natalia Maciel, Gabryelle Clarindo.

A meu querido amigo Gustavo Jorge, que levarei para minha vida, que mesmo tendo conhecido nos últimos anos da minha graduação, sempre esteve me apoiando e sendo o autor de tanta alegria nessa fase final do curso, obrigado por essa influência positiva e pela amizade linda e sincera, todo amor e irmandade, pelas longas caminhadas e conversas agradáveis no vôlei e por ter me ajudado a ser uma pessoa melhor com o seu carisma.

Aos meus amigos que se tornaram minha família, que moraram comigo durante a graduação Crisóstomo Trajano, Emanuelle Bezerras, Eliel Gomes, Maxsuel Leal, Erik Raony e Welisson Barbosa e os amigos da residência universitária Davi Neves, Dayanne Siqueira, Dayse Freitas, Hugo Simplício, Sara Tolentino, Micilene Araújo, Alice Pinheiro, Elizandra Sarana, José Carlos Lopes, Lucas Wagner, Robenilson Alves, Jessica Dayse e aos demais residentes.

Aos amigos da minha turma de 2016.1 que foram e continuam sendo grandes amigos, em especial a Luzia Moura (Ronilma), Maria Araújo, George Lacerda, Paulo Theodoro, Fabricio Soares, José Carlos Aires, João Paulo de Sousa, Felipe França,

Ravenna Lins, Landelino Jr., Alisson Hyago, Jonnas Azevedo e Jessielia Silva, aos quais tenho gratidão por todos os momentos que passamos juntos, por todo carinho, paciência, companhia e risadas.

Aos amigos que surgiram na graduação Sabrina Lima, D'Avila Jhonny, Larisse Gabriela, Joana D'arc, Marcelo Cunha, Claudio Canigia, Carol Cosman, Matheus Neves, Naely Benedito, Micaeli Arruda, Thayná Vidal, Yasmine Valadares, Vinicius Asrael, Allison Clementino, Virginia Amorim, Valdisa Gabriel, Dayanne Marques, Gabriel Alves e Yasmim Souza. Bem como os amigos que o destino me fez conhecer em Sumé, Gabriel Lucas, Gabriel Silva, Josefa da Silva, Rayssa, Maria Alice, Thays Walquiria, Natan Mateus, Adan, Arthur Alves, Julio Alves, Brayner Lino, Suelem Genuíno, Hermeson, Anny Caroline, Talia Rachel, Elivelton Silva, Mikaely Lima, Emanuele Lima e Luana Pereira.

Aos meus amigos da minha cidade, em especial a Letícia Thomaz, Raquel Arruda, Bruna Alixandre e Raynara Viana, que mesmo a distância, foram grandes pilares, me encorajando a ser uma pessoa melhor; aos queridos Ruy Carneiro, Manoel Carneiro, Lucas Andrade, Manoel Leite, Ianca Lopes, Jonas Joaquim, Gabriel Gomes, Thais Silva, João Victor e Auricélia Lopes. As minhas professoras do ensino médio Maria Zilda Pereira e Maria Valdirene Gomes que me incentivaram a continuar na vida acadêmica.

Aos meus professores do CDSA/UFCG, pela contribuição na minha formação, e todo carinho, em especial ao professor e coordenador de curso Janduy Araujo, Aldre Jorge, Tatiana Simões, Mergia Ribeiro, Glauciane Coelho, Ana Verônica Nascimento, Ilza Maria Brasileiro, Carina Dornelas e Ana Cristina Lisboa.

Ao Laboratório de Ecologia e Botânica - LAEB, nas pessoas de Alecksandra Lacerda e Azenate Gomes, por toda amizade e conhecimento transmitido, e aos demais membros do laboratório que fizeram parte dessa construção acadêmica em especial a Iracy Amélia, Arthur Ribeiro, Jayane Araujo, Jessica Araujo, Aline Silva, Ana Lygia e Romário Almeida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Bruno Rafael por toda paciência, dedicação, amizade e orientações, foi um privilégio enorme ter sido seu aluno, obrigado por acreditar e confiar em mim, e por contribuir diretamente na minha formação. Ao professor Jean Queiroz e a professora Morgana Canuto, por todos os ensinamentos em sala de aula, e por serem presente quando precisei, agradeço também por terem aceitado fazer parte da banca de avaliação; sou extremamente grato por ter sido guiado por vocês três nesse processo de formação.

“Sonhos determinam o que você quer. Ação determina o que você conquista.”

Aldo Novak.

RESUMO

As cervejas artesanais, apresentam características especiais, e por essa razão vem ganhando cada vez mais espaço no mercado nacional e conquistando o paladar de muitos consumidores. As frutas são ricas em nutrientes essenciais e micronutrientes como minerais, fibras e vitaminas, e compostos secundários como os fenólicos, denominados polifenóis. A utilização de frutas incorpora várias características sensoriais na cerveja, alterando seu sabor, aroma e coloração. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi produzir e padronizar uma receita de cerveja artesanal com a adição de polpa da goiaba vermelha e flocos de aveia e realizar o acompanhamento cinético do processo fermentativo. A cerveja artesanal não pasteurizada teve o processo de produção realizado no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) em Sumé-PB. Foram usadas como matérias-primas água mineral, malte pilsen, lúpulo HallertauHallertau Blanc, Levedura Fermentis US-05, Goiaba e flocos de aveia. Durante a produção foram realizadas as etapas de moagem do malte, mosturação, filtração, fervura, resfriamento, fermentação, maturação, *priming*, envase e carbonatação. Durante a etapa de fermentação, foram coletadas alíquotas para realização de análises em triplicata do pH, teor de sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$) e concentração celular (g.L^{-1}), visando determinar o crescimento celular, o consumo de substrato e a produção de etanol. A fermentação teve tempo total de 100 horas e ao final o produto apresentou teor alcoólico de 5,29% (ABV%) e pH de 4,24. Em cervejas artesanais com a adição da polpa de frutas, o teor alcoólico bem como o pH pode variar dependendo dos açúcares fermentescíveis e da acidez da fruta. Após 48 horas, as concentrações de produto e de substrato mantiveram seus valores com pequenas alterações, esse tempo foi utilizado como base para o cálculo do parâmetro de rendimento de substrato em produto, obtendo o valor de 0,859 %ABV/ $^{\circ}\text{brix}$. Já para o parâmetro de rendimento de substrato em células, foram usados os tempos de 4 a 24 horas, no qual o valor alcançado foi de 2,196 $\text{g.L}^{-1}/^{\circ}\text{brix}$. A velocidade de crescimento celular nesta fase foi de 0,363 $\text{g.L}^{-1}.\text{h}$, e a produtividade em células foi de 0,329 $\text{g.L}^{-1}.\text{h}$. Referente a velocidade específica de crescimento celular (μ_x) no intervalo de 4 a 24 horas de fermentação, obteve-se o valor de $0,074\text{h}^{-1}$ e com isso um tempo de geração (t_g) de 9,635h. O valor referente ao consumo de substrato obtido foi de 0,139 $\text{g.L}^{-1}.\text{h}$. Assim é possível considerar que a elaboração da cerveja artesanal com a adição de polpa da goiaba vermelha e flocos de aveia se mostrou bastante promissora. A cerveja apresentou coloração clara com baixos níveis de aroma e sabor da fruta, isso se deu devido a polpa da goiaba ter sido adicionada no início da fervura, seguindo do pressuposto que o calor pode vaporizar ou degradar substâncias importantes responsáveis pelo aroma e sabores característicos da fruta, contudo a adição da fruta nessa etapa foi relevante, com relação a formação de etanol e valor de pH. A levedura Fermentis US-05 apresentou compatibilidade com o meio e as condições de operação, sendo observada produtividade e velocidades de formação superiores às encontradas por outros pesquisadores, que também estudaram a produção de cerveja artesanal com adição de frutas.

Palavras chaves: Cerveja Artesanal. Goiaba. Parâmetros Cinéticos. Processo Fermentativo.

ABSTRACT

Craft beers have special characteristics, and for this reason have been gaining more and more space in the national market and conquering the palate of many consumers. Fruits are rich in essential nutrients and micronutrients such as minerals, fiber and vitamins, and secondary compounds such as phenolics, called polyphenols. The use of fruit incorporates several sensorial characteristics in the beer, changing its flavor, aroma and color. Thus, the objective of the present work was to produce and standardize a craft beer recipe with the addition of red guava pulp and oat flakes and to perform the kinetic monitoring of the fermentation process. Unpasteurized craft beer had the production process carried out at the Center for Sustainable Development of the Semi-Arid Region (CDSA), at the Federal University of Campina Grande (UFCG) in Sumé-PB. Mineral water, Pilsen malt, Hallertau Hallertau Blanc hops, Yeast Fermentis US-05, Guava and oat flakes were used as raw materials. During production, the steps of malt grinding, mashing, filtration, boiling, cooling, fermentation, maturation, priming, bottling and carbonation were carried out. During the fermentation stage, aliquots were collected to carry out triplicate analyzes of pH, total soluble solids content (°Brix) and cell concentration (g.L^{-1}), in order to determine cell growth, substrate consumption and ethanol production. Fermentation took a total time of 100 hours and at the end the product had an alcohol content of 5.29% (ABV%) and a pH of 4.24. In craft beers with the addition of fruit pulp, the alcohol content as well as the pH can vary depending on the fermentable sugars and acidity of the fruit. After 48 hours, the concentrations of product and substrate maintained their values with small changes, this time was used as a basis for calculating the substrate-to-product conversion parameter, obtaining a value of 86%. As for the substrate conversion parameter in cells, times from 4 to 24 hours were used, in which the achieved conversion was 220%. The cell growth rate at this stage was $0.363 \text{ g.L}^{-1}.\text{h}$, and the cell productivity was $0.329 \text{ g.L}^{-1}.\text{h}$. Regarding the specific rate of cell growth (μ_x) in the interval from 4 to 24 hours of fermentation, a value of 0.074 h^{-1} was obtained and, therefore, a generation time (t_g) of 9.635h. The value referring to the substrate consumption obtained was $0.139 \text{ g.L}^{-1}.\text{h}$. Thus, it is possible to consider that the elaboration of artisanal beer with the addition of red guava pulp and oat flakes proved to be very promising. The beer had a light color with low levels of aroma and fruit flavor, this was due to the guava pulp having been added at the beginning of the boil, following the assumption that heat can vaporize or degrade important substances responsible for the characteristic aroma and flavors of the beer. fruit, however the addition of fruit at this stage was relevant, regarding the formation of ethanol and pH value. The yeast Fermentis US-05 showed compatibility with the environment and operating conditions, with higher productivity and formation speeds being observed than those found by other researchers, who also studied the production of artisanal beer with the addition of fruit.

keywords: Craft Beer. Guava. Kinetic Parameters. Fermentative Process.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ingredientes utilizados no preparo da cerveja.....	33
Tabela 2 - Média das amostras coletadas diariamente.....	43
Tabela 3 - Parâmetros de rendimento para o processo fermentativo.....	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Cinética de fermentação para produção de cerveja artesanal com a adição da polpa da goiaba utilizando a levedura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> US-05.....	44
Gráfico 2 - Reprodução gráfica da variação dos níveis de pH.....	45
Gráfico 3 - Representação da tangente à curva da fase exponencial do crescimento celular.....	47
Gráfico 4 - Representação da tangente à curva da fase exponencial do consumo do substrato.....	49

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 - Na imagem (A) temos o malte Pilsen em grãos, e na imagem (B) o malte após o processo de moagem.....	36
Imagem 2 - A polpa da goiaba, após o processo de higienização e de descarte das partes danificadas, processo que foi realizado no laboratório de Tecnologia de Alimentos.....	36
Imagem 3 - Etapas da mosturação, em que a aveia e o malte moído (colocados em saco infusor) foram adicionados em uma panela com água mineral.....	38
Imagem 4 - Etapa de Priming e de envase da cerveja artesanal.....	39

FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1- Fluxograma das etapas de produção da cerveja artesanal adicionada com a polpa da goiaba.	37
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 OBJETIVOS.....	20
2.1 OBJETIVO GERAL.....	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
3.1 HISTÓRICO E CARACTERÍSTICAS DA CERVEJA.....	21
3.2 CERVEJA ARTESANAL.....	23
3.3 MATÉRIA PRIMA.....	25
3.3.1 Água.....	25
3.3.2 Malte.....	25
3.3.3 Lúpulo.....	26
3.3.4 Levedura.....	27
3.4 ETAPAS DE FABRICAÇÃO.....	29
3.4.1 Moagem do malte.....	30
3.4.2 Mosturação.....	30
3.4.3 Filtração.....	30
3.4.4 Fervura.....	31
3.4.5 Tratamento e resfriamento do mosto.....	31
3.4.6 Fermentação.....	32
3.4.7 Maturação.....	32
3.4.8 Envase.....	33
3.4.9 Pasteurização.....	33
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
4.1 ETAPAS E FLUXOGRAMA DO PROCESSO.....	36
4.2 PREPARO DO MOSTO.....	37
4.3 ACOMPANHAMENTO CINÉTICO E DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS.....	39
4.3.1 Análise de pH.....	39
4.3.2 Sólidos solúveis (°Brix).....	40
4.3.3 Produção de etanol.....	40
4.3.4 Concentração celular.....	40
4.3.5 Cálculo dos parâmetros de rendimento.....	40
4.3.6 Parâmetros de transformação do crescimento celular e do substrato.....	41

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
6 CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

A cerveja é o produto da fermentação alcoólica do mosto cervejeiro, composto basicamente por malte de cevada, água potável, levedura e lúpulo, podendo ou não ocorrer a adição de adjuntos cervejeiros, como frutas e especiarias (BRASIL, 2009). Devido às suas propriedades sensoriais, bem como às suas funções nutricionais e ao seu custo razoável é uma bebida bastante popular, consumida mundialmente (CAMARGO, 2021).

Segundo Nakabashi (2014), às cervejas artesanais, apresentam características especiais, e por essa razão vem ganhando cada vez mais espaço no mercado nacional e conquistando o paladar de muitos consumidores, que buscam bebidas que não se enquadram nos padrões comuns, principalmente no que se refere a excelência quanto aos aromas e sabores diferenciados, se distinguindo da produção industrial, que buscam um produto de qualidade, mas que seja produzido em grande quantidade e com custos reduzidos (PINTO, 2015).

De acordo com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (2019), em parâmetros comerciais, o Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo, produzindo cerca de 14 bilhões de litros/ano, ficando atrás apenas da China (46 bilhões de litros/ano) e EUA (22 bilhões de litros/ano). No ranking de consumo, o país ocupa a 24ª posição, sendo a República Tcheca (147 litros/habitante/ano), Áustria (108 litros/habitante/ano) e Alemanha (108 litros/habitante/ano) os que lideram esse ranking.

No Brasil, o setor das cervejarias artesanais, segundo pesquisas realizadas por Valente (2017), saltaram de 12% a 15% no ano de 2016, sendo observado no mesmo período, expansão de 5% no mercado de vendas, com expectativa de elevação desse crescimento nos anos seguintes. Ramos e Pandolfi (2020), relataram que o país fechou o ano de 2018 com 889 cervejarias em atividade operacional, apontando as regiões Sul e Sudeste como líderes na produção de cerveja artesanal, se destacando a região de Blumenau/SC (BARBOSA, 2019). De acordo com Medrado (2022), em 2020, 204 novas cervejarias foram registradas, e outras 30 cancelaram seus registros, representando um aumento de 174 cervejarias em relação ao ano anterior, com alta de 14,4%.

Diferentemente das clássicas produzidas industrialmente, as cervejas artesanais vêm crescendo significativamente, principalmente por não serem submetidas a técnicas e equipamentos de alta tecnologia, o que permite que o controle de todas as etapas da produção tenha atenção especial conduzindo a obtenção de produtos mais puros e com maior diversidade de sabores e aromas (SOUSA, 2017).

Além disso, a busca por alimentos considerados mais saudáveis é uma preocupação comum às pessoas, o que remete a um aumento significativo no consumo de bebidas à base de frutas e/ou extratos vegetais.

Segundo Segtowicket *al.* (2013), as frutas são ricas em nutrientes essenciais e micronutrientes como minerais, fibras e vitaminas, e compostos secundários como os fenólicos, denominados polifenóis. Esses compostos têm efeito direto no metabolismo de HDL (colesterol bom), apresentando ainda atividades funcionais como ação anticarcinogênicas e antitrombóticas (GHISELLI, *et al.*, 2000), além disso Rampazzo (2014), descreve que a adição de outros ingredientes na fabricação de cerveja agrega compostos bioativos, aumentando o valor nutricional da bebida.

A utilização de frutas incorpora várias características sensoriais na cerveja, alterando seu sabor, aroma e coloração (RIBEIRO, 2022). A grande variedade de frutas com potencial para produção cervejeira brasileira tem ganhado destaque e de acordo com Souza Filho (2000), a região do Nordeste em especial, pelas condições climáticas, que permite produzir grande número de frutos tropicais com boas perspectivas para exploração econômica. Em relação a produção de cervejas artesanais, se destacam frutas como a manga espada (SILVA, 2020), o umbu (MILAGRES, 2019) e o caju (ARAÚJO, 2019), no entanto poucos estudos têm sido realizados com o fruto da goiabeira (MARTINS *et al.*, 2020).

A goiabeira (*Psidiumguajava L.*) é uma planta tropical, pertence à família das *Mirtáceas* e ocupa lugar de destaque entre as frutas brasileiras, por seu aroma agradável, sabor e alto valor nutricional (MARTINS *et al.*, 2020). A cultura permite a movimentação de comércios locais tanto na geração de emprego nas agroindústrias quanto na produção de frutas *in natura*, goiabadas, compotas, sucos pasteurizados, sorvetes e geleias (CEAGESP, 2021).

Em parâmetros internacionais, o Brasil se destaca na produção de goiabas vermelhas, possuindo o maior rendimento em kg ha⁻¹, sendo o sétimo maior produtor mundial. Estima-se que no ano de 2019 o país produziu 584.223 toneladas, com rendimento médio de 26.402 kg ha⁻¹, distribuídas principalmente nas regiões Nordeste e Sudeste (IBGE, 2021).

Por conta das características climáticas do semiárido, o Nordeste Brasileiro se torna um grande polo na produção da cultura, principalmente na região do Vale do São Francisco, ocupando uma área de aproximadamente 10.605 mil hectares, acumulando mais de 284 mil toneladas de goiaba produzidas só nessa região, ultrapassando a região Sudeste que produziu 232 mil toneladas e que liderava o ranking anteriormente (IBGE, 2020).

De acordo com Teruel *et al.* (2002), embora as características sejam favoráveis, a alta perecibilidade e sensibilidade dos frutos durante o manejo, nas etapas de colheita, transporte e comercialização, podem prejudicar de forma física a qualidade dos frutos *in natura*, e diminuir o tempo de vida útil do produto. Embora as frutas apresentem bom estado físico, com o intenso metabolismo durante o amadurecimento, elas senescem rapidamente, o que impede o armazenamento por períodos prolongados (SIQUEIRA *et al.*, 2014), pois a fruta tem uma vida útil de cerca de 3 a 5 dias em temperatura ambiente (DE ABREU *et al.*, 2012), ocasionando grandes descartes dos frutos que passaram do ponto comercial.

Desse modo, observando os pontos abordados anteriormente, o presente trabalho tem como foco a produção de cerveja artesanal do tipo *fruitbeer*, reaproveitando frutas da goiaba vermelha que passaram do ponto comercial, avaliando parâmetros físico-químicos e a cinética de fermentação.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Produzir e padronizar uma receita de cerveja artesanal com a adição de polpa da goiaba vermelha e flocos de aveia.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o comportamento cinético da etapa de fermentação acompanhando a evolução do teor de sólidos solúveis totais, concentração de células e concentração de etanol ao longo de todo processo;
- Realizar o cálculo dos parâmetros cinéticos e os coeficientes de rendimento do processo fermentativo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 HISTÓRICO E CARACTERÍSTICAS DA CERVEJA

De acordo com a literatura consultada, não se conhece ao certo a origem da cerveja, porém pesquisas sugerem que o preparo era uma prática realizada aproximadamente a 6000 anos a.C. no Egito, indicando que a cerveja é originária de regiões da Mesopotâmia (LIMA; MOTA, 2003). Registros históricos apontam também que as cervejas foram fabricadas pelos Sumérios, onde parte da produção de cereais era destinada às chamadas “casas de cerveja”, que eram mantidas pelas mulheres (ARAÚJO, 2019).

Da mesma forma que outras bebidas, como o vinho e o hidromel, a cerveja foi uma descoberta acidental, resultado da fermentação não induzida, ocorrendo pouco tempo depois do surgimento do pão. Nesse período, os Sumérios descobriram que a massa do pão, (MORADO, 2009) ao ser umedecida e sob a ação do tempo, passava pelo processo de fermentação, sendo produzido um “pão líquido”, considerado um tipo de bebida alcoólica, surgindo então a cerveja primitiva, cujo processo foi melhorando ao longo do tempo, que posteriormente ficou conhecida como “bebida divina” e essa era oferecida aos seus deuses (TSCHOPE, 2001). Em relatos de Araújo (2019) é possível verificar que, além de alimento, alguns documentos egípcios descrevem o uso da bebida como medicamento no tratamento de algumas doenças.

No Brasil não se conhece ao certo quando se deu início a produção da bebida e nem quando foi introduzida em seu território. De acordo com Araújo (2019), a cerveja foi trazida pela família real portuguesa no início do século XIX no período colonial, período em que as cervejarias foram criadas para suprir as necessidades da coroa e de imigrantes europeus, nas quais além das cervejas outros produtos como licores e vinhos também eram produzidos.

Por outro lado, para Batista (2021), a cerveja chegou ao país no século XVII, com a colonização holandesa, pela Companhia das Índias Ocidentais. É descrito também por Camargo (2021), que a cultura cervejeira se estabeleceu no Brasil no ano de 1637 quando o alemão Johann Moritz Von Nassau-Siegen, conhecido como Maurício de Nassau, chegou ao Brasil para desempenhar o papel de governador na colônia da Nova Holanda, na região Nordeste.

Muitos processos aconteceram para que o país alcançasse o terceiro lugar como maior produtor de cerveja do mundo, ficando atrás apenas dos EUA e da China, sendo um dos fatos mais importante o surgimento da Cia. Cervejaria Brahma e da Cia. Antartica Paulista em 1888, que em 1999, se uniram e formaram a Ambev (American Beverage Company), que

posteriormente fechou acordos com cervejarias internacionais culminando no surgimento da InBev (SANTOS, ROCHA, ANDRADE, 2020; BARBOSA, 2018).

A cerveja é desenvolvida por meio de processos de fermentação de cereais, tais como cevada, arroz, trigo, milho, aveia ou centeio, dentre outros, que geram um líquido que apresenta sabor agradável. Entretanto, para ser considerada cerveja a bebida deve conter em sua composição, no mínimo, 20% de malte de cevada. Assim, bebidas que tem origem a partir de outros grãos ou até mesmo que não atinjam essa quantidade limitante, não podem ser consideradas cerveja, recebendo um nome específico como é o caso do Hidromel, fermentado que tem como base o mel, o Saquê, tendo sua origem oriental e que traz o arroz como seu ingrediente principal, entre outras bebidas (ASSIS FILHO, 2022).

Ao analisar o decreto nº 6.871, de quatro de junho de 2009, no seu artigo 36, alterado pelo decreto nº 9902 de 2019, a cerveja é a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro. No parágrafo 2 do mesmo artigo ficou estabelecido que os adjuntos cervejeiros e qualquer outro ingrediente adicionado à cerveja integrarão a lista de ingredientes constante do rótulo do produto (BRASIL, 2019).

Existe uma grande variedade de tipos de cervejas no mundo, devido ao resultado da inovação quanto ao tipo de malte e/ou adjuntos utilizados, todavia, as cervejas podem ser classificadas principalmente em três grandes grupos: *lager* (cervejas de baixa fermentação); *ale* (cervejas de alta fermentação) e *lambic* (cervejas de fermentação espontânea). Em estudos realizados por Cunha (2011) foi observado que embora cada um desses grandes grupos tenha uma infinidade de tipos de cervejas, a sua origem está ligada a região em que foi fabricada pela primeira vez.

Referente ao tipo de fermentações que ocorrem entre esses grupos, Oliveira Neto *et al.* (2017), descreve que as cervejas do tipo *Lager* geralmente são fermentadas entre 6 e 15°C com cepas de leveduras *Saccharomyces carlsbergensis*. As do tipo *Ale*, entre 16 e 24°C, com cepas de leveduras *Saccharomyces cerevisiae*. As do tipo *Lambic*, entre 0 a 10°C, no qual as leveduras utilizadas no processo estão presentes no ambiente (Martinez-Gomez *et al.*, 2020). Segundo Barbosa (2019), as cervejas do tipo *Ale* são as mais fáceis de se produzir de maneira artesanal por requerer uma temperatura maior e apresentarem menos risco de acelerar a fermentação ou adquirir sabores indesejados devido a variação errada de temperatura.

De acordo com Souza *et al.* (2019), às cervejas do tipo *Ale*, se apresentam como muito encorpadas, e a mais complexa dentre os três principais tipos, sendo as mais populares a Stout, English Pale Ale e Trapista. As cervejas *Lagers* são as mais comuns no mundo, sendo mais leves em relação aos outros tipos e as mais populares são a Pilsen, Schwarzbier e American Lager. As cervejas *Lambics* apresentam características sensoriais únicas, contudo, para ser considerada uma autêntica *Lambic* a bebida precisa ser fermentada na região do Vale do Rio Senne, na Bélgica, sendo o processo de fabricação mais demorado, e o produto está entre as mais caras do mundo.

No setor cervejeiro, as indústrias podem ser divididas em micro cervejarias e grandes cervejarias. As micro representam as pequenas indústrias, que buscam prezar pela seleção dos ingredientes, qualidade e diversidade de receitas, exigência quanto às características específicas das matérias-primas e do método de preparação, finalizando com uma produção em escala menor, gerando um produto com maior valor agregado (GOVEIA, 2021). O mercado cervejeiro brasileiro ainda é dominado pelas grandes indústrias, mesmo que seja observado a cada ano o crescimento da participação de pequenos produtores que, a partir da criatividade, têm modificado gradualmente o paladar de um público que consome cada vez mais a bebida. Com isso, o potencial de crescimento do número de cervejarias e do impacto dessa produção no mercado nacional pode aumentar (SANTOS, ROCHA, ANDRADE, 2019).

Como as cervejas artesanais vêm se tornando mais populares no Brasil, existe neste segmento um grande espaço para expansão (MACHADO, 2021). De acordo com os dados apresentados pelo MAPA (2020), entre as regiões mais promissoras para o surgimento de novas cervejarias, destaca-se o Nordeste, por isso o fomento a novas pesquisas sobre a utilização de adjuntos, como frutas típicas da região, deve ganhar destaque no incentivo de novas pesquisas e na criação de novas cervejas que apresentem características regionais.

3.2 CERVEJA ARTESANAL

Nos Estados Unidos, a produção artesanal surgiu na década de 1920, após o surgimento da emenda que regulamentou a Lei Seca, que baniu a fabricação, transporte e venda de bebidas alcoólicas em solo nacional, fechando as portas de várias cervejarias, o que despertou o interesse de consumidores na produção, provocando o surgimento de várias tentativas de produzir bebidas de forma caseira (HAMPSON, 2014).

A bebida é resultado de um processo praticamente artesanal, que segue receitas tradicionais, com a utilização de ingredientes especiais e com maior quantidade de malte por hectolitro produzido, quando comparado com as grandes cervejarias (ABRABE, 2015). Apesar da base da bebida continuar a mesma, Araujo (2019) relata que a cerveja vem passando por diversas evoluções, isso devido à contribuição de cada povo em que foi produzida e pela evolução da tecnologia e processos de fabricação.

Na produção de cervejas artesanais há a possibilidade de inovações como o uso de diversos tipos de adjuntos, como o emprego de maltes, lúpulos, especiarias e frutas, além da utilização de diversos tipos de microrganismos para a fermentação. Dessa forma, sabe-se que a sua elaboração produz uma maior diversidade de tipos de cerveja que se caracterizam por ser um produto de aroma e sabor característicos (KLEBAN; NICKERSON, 2012).

De acordo com Lugasi (2003), quando consumidas de forma moderada podem ser benéficas à saúde, devido aos polifenóis presentes, uma vez que consideráveis quantidades de compostos fenólicos são encontradas no malte, no lúpulo e principalmente devido as frutas usadas como adjuntos que contém maior relação com propriedades antioxidantes.

Segundo Trindade (2019), é crescente a procura no mercado por cervejas com sabores frutados, atraindo olhares de novos consumidores. Maia e Belo (2017) realizaram análises físico químicas e sensoriais de uma cerveja adicionada de graviola e obtiveram bons resultados, sendo que a adição de frutas como banana (CARVALHO, 2009), limão (LIN, CHEOWTIRAKUL, 2013), acerola e abacaxi (PINTO, 2015), também se mostram bastante promissores.

O emprego de frutas regionais na produção de cervejas artesanais resulta em uma bebida com características sensoriais únicas (KUNZE, 2006), atrelado a este fato, Araújo (2019) realizou estudos com a adição do pedúnculo do caju como aditivo cervejeiro e através de seus resultados foi possível observar índice de 79,3% de aceitabilidade do produto. Milagres (2019) estudou o efeito de duas concentrações da polpa do Umbu e observou nas análises físico-químicas resultados semelhantes ao do estilo *Saison*, e através de suas análises sensoriais foi possível concluir a viabilidade para produção comercial.

Avaliando as características físico-químicas de cerveja artesanal de trigo adicionado de polpa de manga espada em diferentes concentrações, Silva (2020) descreve que a incorporação de frutas na formulação das cervejas artesanais permite a criação de novos estilos, e a utilização de frutas regionais agregam valor ao produto.

Assim, sabe-se que para produzir cerveja são necessários os ingredientes: Água, Malte, Lúpulo, Levedura e Adjuntos Cervejeiros, sendo que esse último elemento será

utilizado quando o fabricante achar necessário ou o estilo da cerveja, por obrigatoriedade, exigir.

3.3 MATÉRIA PRIMA

3.3.1 Água

A água é o componente mais abundante da cerveja, quantitativamente representa cerca de 90% a 95% do volume final da massa total da bebida (DRAGONE, ALMEIDA e SILVA, 2010), e de acordo com (BATISTA, 2021) pode diretamente influenciar no produto, devido às suas características. A qualidade da água utilizada interfere não somente na qualidade final da cerveja, mas também em todo o processo produtivo (FROEMMING, 2012), assim, é importante ressaltar que deve se realizar tratamento e caracterização antes do seu uso.

As principais características de uma água própria para utilização na produção da cerveja é ser livre de impurezas, filtrada, sem cloro, sem sabor e cheiro, inócua e livre de contaminações (BATISTA, 2021), apresentar ausência de nitratos, metais pesados e amoníaco (SILVA, 2018), o pH está entre 6,5 e 7 (ARAÚJO, 2019).

De acordo com Machado (2017), os íons da água têm uma função fundamental na formação do mosto, pois ajudam na nutrição das leveduras e influenciam no pH da bebida, bem como na sedimentação das proteínas, entretanto quando se encontram em elevadas concentrações podem causar inibição e contribuir para aromas indesejáveis na cerveja.

3.3.2 Malte

De acordo com Rosenthal (2018), o malte é o segundo maior componente em massa da cerveja, e pode ser qualquer grão que passou pelo processo de malteamento, técnica que se obtém o malte decorrente da germinação e secagem de cereais, sendo utilizados principalmente cevada, milho, trigo, sorgo, arroz, aveia, centeio, dentre outros, sendo o mais comum, o malte da cevada (MACHADO, 2017), que apresenta menores dificuldades técnicas no processo de maltagem, além de apresentar alto teor de amido, com proteínas em quantidade e qualidade suficiente para nutrição das leveduras (DRAGONE, ALMEIDA E SILVA, 2010).

Segundo Terpinet *al.* (2016), a maltagem inclui três etapas: a umidificação, a germinação (que garante o crescimento de embriões, síntese de enzimas e quebra do endosperma) e finalmente a secagem (que garante a estabilidade do produto). Nesse processo

ocorre a formação dos açúcares fermentescíveis, que serão usados pelas leveduras para a produção do etanol (TRINDADE, 2016). Para Araújo (2019), o processo de malteamento é responsável pela produção de enzimas no interior dos grãos para a quebra do amido, que é o polissacarídeo utilizado como fonte energética dos vegetais.

A escolha do cereal a ser utilizada nesse processo é bastante importante, pois pode agregar diferentes especificações à cerveja, como sabor, aromas e a cor (CURI, 2006; ROSENTHAL, 2018). Devido a diversidade de maltes que podem ser criados e utilizados é possível notar uma maior diversidade de estilos de cervejas associadas, sendo os mais comuns: Pilsen, Munich, Caramelo e Preto/Torrado, tendo como características de claro, leve torrefação, médio grau de torrefação e intenso, nessa sequência (PORTO, 2011).

3.3.3 Lúpulo

O lúpulo (*Humulus lupulus L.*) é uma planta pertencente à ordem Rosales e a família *Cannabaceae*, a qual possui apenas dois gêneros, *Cannabis* e *Humulus*, nativo da Europa, Ásia Ocidental e América do Norte, zonas temperadas do hemisfério norte. O uso do lúpulo remonta à antiguidade, quando utilizavam essa planta contra a lepra, chulé, constipação e para purificação do sangue. (SPÓSITO, et. al., 2019). Ao que se sabe a primeira referência sobre o lúpulo na fabricação de cerveja foi escrita em um estatuto do abade Adalhard, de Corvey, em um mosteiro beneditino de Weser, em Westphalia, na Alemanha, no ano de 822.

O *Humulus lupulus*, é uma planta que tem característica reprodutiva dióica, dessa forma, origina flores masculinas e femininas (RODRIGUES; MORAIS; CASTRO, 2015), porém só as plantas femininas são cultivadas, pois são as únicas que desenvolvem as glândulas de lupulina (as chamadas de cones). O gênero *Humulus* é composto por três espécies: *H. lupulus*, *H. japonicus* e *H. yunnanensis*, dessas, apenas o *H. lupulus* e o *H. japonicus* são cultivados em larga escala com finalidade comercial (DURELLO; SILVA; BOGUSZ, 2019).

Os compostos amargos do lúpulo apresentam características tensoativas, que garantem a estabilidade da espuma e o corpo do líquido (INSTITUTO DA CERVEJA, 2017). De acordo com Mishra (2015), os ácidos amargos são divididos em α - ácidos (3 - 17%) e β - ácidos (2 - 7%), que dão à cerveja o agradável amargor do lúpulo, aumentando também a capacidade biológica com propriedades antibacterianas, possui também propriedades bacteriostáticas e antioxidantes, devido aos polifenóis, como flavonoides e ácidos fenólicos, o que indiretamente pode influenciar no sabor e formação de espumas (ZHAO et al., 2010).

Em estudos realizados por Rosenthal (2018), observou-se que o aroma e o sabor da cerveja podem variar, dependendo de qual momento o lúpulo é acrescentado na fervura. Quando adicionados no início o sabor amargo será predominante devido a permanência dos α e β ácidos e devido à evaporação de ésteres, aldeídos, ácidos e álcoois. Quando adicionado no fim da fervura, as substâncias presentes nos óleos essenciais não serão arrastadas pelo vapor, agregando mais aroma à cerveja.

3.3.4 Levedura

As leveduras são microrganismos unicelulares, pertencentes ao reino dos fungos, de tamanho entre 1 a 5 micrômetros de diâmetro e cerca de 5 a 30 micrômetros de comprimento, dessa forma se apresentam de formas variadas, e podem ser classificados entre ovoides, esféricos e cilíndricos (NITZKE E BIEDRZYCKI, 2019).

Apresentam características dos eucarióticos e se reproduzem de forma assexuada e por brotamento. O gênero *Saccharomyces* tem muitas linhagens capazes de produzir dois metabólitos primários como o etanol e dióxido de carbono, sendo os mais comuns as linhagens de *S.uvarum* (*S. carlsbergensis*) e *S. cerevisiae*(OLIVEIRA, 2011).

No processo de fermentação, se converte os açúcares simples em etanol e dióxido de carbono, em que as leveduras são amplamente utilizadas, principalmente no processo de fabricação de pães pelo crescimento da massa proporcionado pelo CO₂ e no processo de fabricação de bebidas alcoólicas, entre outros processos industriais (TRINDADE, 2016). As leveduras apresentam alto valor proteico, são fontes de vitaminas do complexo B, atuam com diversos benefícios à saúde humana, por agirem contra agentes patogênicos e auxiliarem o processo digestivo no intestino (CERVESIA, 2017).

Outro fator que pode alterar o sabor e o aroma da bebida é o tipo de levedura. O etanol é o principal produto da excreção das leveduras durante a fermentação do mosto, mas este álcool primário tem pequeno impacto no sabor da cerveja (SILVA, 2020), entretanto além desse produto alguns metabólitos secundários também são liberados no meio reacional, como ésteres, ácidos e álcoois superiores, que podem afetar nas características do produto (ASSIS FILHO, 2022). Por esse motivo, deve-se levar em consideração o tipo de fermentação, sendo possível dividir as leveduras em duas classes, as *Ale* e as *Lager*, cada uma tendo suas características.

A principal característica das leveduras de alta fermentação do tipo *Ale* é que no final do processo de fermentação, flutam até a superfície dos tanques fermentativos, sendo a sua

temperatura ideal de multiplicação está na faixa de 10 a 25°C. Enquanto as de baixa fermentação, tipo *Large*, ficam situadas no fundo dos tanques fermentativos, possuindo faixa de temperatura mais baixa, entre 7 e 15°C (REBELLO, 2009; DRAGONE, ALMEIDA e SILVA, 2010; ASSIS FILHO, 2022).

3.3.5 Goiaba

A criação da cerveja depende de quem produz, o mestre cervejeiro tem liberdade para adicionar qualquer adjunto a sua receita e obter uma bebida única e com sabores que agradam o seu paladar e/ou dos seus clientes. A utilização desses ingredientes pode modificar vários aspectos da cerveja, tais como o teor alcoólico, a cor, o aroma, o corpo e o gosto. Esses adjuntos não começaram a ser usados nos dias de hoje, desde a antiguidade que os cervejeiros adicionavam vários ingredientes extras às suas receitas, como frutas, flores e ervas (ASSIS FILHO, 2022).

A *Psidiumguajava L.*, popularmente conhecida como goiabeira, pertence à família *Myrtaceae*, compreende cerca de 130 gêneros e 3,6 mil espécies de arbustos e árvores (HAIDA *et al.*, 2011). Encontrada em regiões subtropicais e tropicais, devido a sua fácil adaptação a diferentes condições de solo e clima, bem como a facilidade de propagação, considerada nativa do continente americano, área que abrange o México e estende-se pela América do Sul, e foi levada pelos navegantes europeus para colônias asiáticas e africanas, e se espalhou para as demais regiões tropicais (ROZANE *et al.*, 2003; GUTIÉRREZ; MITCHELL; SOLIS, 2008).

A goiabeira é uma árvore de pequeno porte, e atinge, em média, de 3 a 6 metros de altura, com folhas elípticas, flores brancas em botões isolados, ou grupos de dois a três, hermafroditas. (NATALE *et al.*, 2009). A fruta, consiste em um pericarpo e uma polpa sucosa e doce, denominada de baga, (ESCRIG *et al.*, 2001), apresenta coloração amarela quando maduros, e seu mesocarpo contém inúmeras sementes (GUTIÉRREZ; MITCHELL; SOLIS, 2008; FREIRE *et al.*, 2012). Existem dois tipos mais comuns da fruta, a vermelha (*P. guajava* variedade pomifera) e a branca (*P. guajava* variedade pyrifera) (HAIDA *et al.*, 2011), em discussão os autores relatam que a goiaba de polpa vermelha apresenta características funcionais superiores às de polpa branca.

De modo geral, o fruto apresenta diversos benefícios à saúde, pois possui vários nutrientes e são fontes de vitaminas do tipo A, B e C, tais como a tiamina e niacina, além de conteúdo de fósforo (P), ferro (Fe) e Cálcio (Ca), ricas também em fibras, riboflavina e ácido

ascórbico (DE ABREU et al., 2012; CRUZ; HELBIG, 2020). As goiabas vermelhas são frutas ricas em carotenoides, em especial o licopeno, pigmento importante na prevenção de alguns tipos de câncer (FERNANDES et al., 2007), e representa cerca de 80% dos carotenoides da fruta, expressando uma coloração rosada em sua polpa (PRATI et al., 2009).

Apresenta baixos índices de acidez e pode compor molhos salgados e agrídoces, possui variados teores de açúcar quando considerado o período de colheita da fruta (OLIVEIRA et al., 2012), é caracterizada por um baixo conteúdo de gordura, proteína e alto conteúdo de água (GUTIÉRREZ; MITCHELL; SOLIS, 2008). A fruta é rica em carboidratos de baixa taxa glicêmica e fibras, e apresenta diversas propriedades biológicas as quais destacam-se ações anti-inflamatória, antioxidante, anti-diarreica, anti-hipertensiva e hipoglicemiante (RIBEIRO, 2021).

Martins et al. (2020) relata que na região Sudeste, a produção da goiaba é direcionada ao mercado *in natura* e indústria, enquanto os produzidos na região Nordeste são destinados à indústria de suco e polpa. Segundo Ribeiro (2021), a produção de goiaba tem movimentado a indústria de doces da região Nordeste, principalmente em Pernambuco, o qual aproveita a fruta em diferentes estádios de maturação.

Duarte et al. (2010), relata que uma das formas de reaproveitamento de frutas que passaram do ponto comercial, seria na produção de fermentados de fruta; no Brasil, foram realizados estudos com diferentes espécies de frutos tropicais como cajá, graviola, acerola e a goiaba; além do fermentado de goiaba, podemos ainda usar o fruto para a produção de espumante de goiaba (BERTAGNOLLI, 2014), bem como na produção de vinho de goiaba (SANTOS & RIZZATTO, 2016).

3.4 ETAPAS DE FABRICAÇÃO

A produção de cerveja pode ser dividida em algumas etapas, as quais podem variar de acordo com a metodologia utilizada, sendo as mais comuns: moagem do malte, mosturação ou tratamento enzimático do mosto, filtração, fervura, tratamento do mosto (remoção do precipitado, resfriamento e aeração), fermentação, maturação, envase e pasteurização (HU et al., 2014; SILVA, 2020).

3.4.1 Moagem do malte

Nessa etapa o objetivo é quebrar o grão do cereal e expor o seu amido, aumentando a superfície de contato com as enzimas do malte e favorecer a hidrólise no decorrer do processo de fervura (ARAÚJO, 2016). Isso influencia na velocidade das transformações físico-químicas, no rendimento, na clarificação e na qualidade da cerveja (VENTURINI FILHO, 2010).

De acordo com Szwajgier (2011), a moagem do malte permite gerar partículas de formato irregular no qual as maiores possibilitam uma filtração mais eficiente, e as partículas menores promovem uma melhor extração, pois o ataque enzimático é facilitado em virtude do seu tamanho reduzido, e as cascas também podem ser utilizadas e têm funções filtrantes, e formam uma torta com porosidade adequada para filtração.

3.4.2 Mosturação

A mosturação (também chamada de brassagem), é o processo em que é misturado o malte moído com água na tina de mosturação, ou em caso de uma produção artesanal esse processo é dado na primeira panela (SILVA, 2018). Nesta etapa ocorre a solubilização dos açúcares e a ativação das enzimas responsáveis por converter o amido em açúcares mais simples, que serão solubilizados em seguida (ARAÚJO, 2019).

O controle da temperatura e tempo de fervura deve ser bastante criterioso, de modo a contribuir com as reações bioquímicas que são necessárias no processo (TOZETTO, 2017), apresentando como vantagem o aumento na extração do amido (ARAÚJO, 2016), decorrente das reações de hidrólise do amido, dando origem aos açúcares fermentescíveis maltose, maltotrioses e glicose, onde a interação das variáveis de pH e temperatura ocorre com a finalidade de controle da degradação do amido e das proteínas (JUNIOR et al., 2009).

3.4.3 Filtração

A etapa de filtração consiste na separação da parte insolúvel (bagaço do malte) e a solução aquosa que é chamada de mosto, utilizado para a produção de cerveja. Em escala industrial após o processo de mosturação, essa etapa é realizada em tinas de filtração, construídas em aço inoxidável contendo agitador, disco filtrante, bomba centrífuga e isolamento térmico. Além disso, a casca do malte serve como camada filtrante (SILVA, 2020).

Para Reitenbach (2010), essa etapa é importante para a qualidade da cerveja, pois preserva substâncias presentes no malte, como proteínas, enzimas coaguladas, amido não modificado, além de material graxo e silicatos. Após a filtração, os resíduos sólidos devem ser lavados com água quente (denominada água secundária) o que resulta o chamado mosto secundário, permitindo um aumento na extração de açúcar e elevação no rendimento do processo (HORNSEY, 1999; SILVA, 2018).

Segundo Silva et al. (2015) a temperatura ideal da água para a extração dos açúcares e concentrá-los na parte líquida para facilitar a saída da torta de filtro, seria de 75°C, o que permite também elevar o rendimento do processo. De acordo com Nachel e Ettliger (2014), a torta restante (o bagaço) não é mais utilizada no processo, e pode ter outras utilidades, assim poderá ser desidratada e comercializada como ração animal, principalmente para alimentação de porcos e ruminantes, sendo também apresentada a possibilidade de uso na fabricação de pães fibrosos.

3.4.4 Fervura

No processo de fervura é indicado um tempo entre 60 e 120 minutos a temperaturas que variam de 100 a 120 °C. Nesse processo ocorre a desnaturação proteica, a eliminação de compostos sulfurosos, a esterilização e o escurecimento do mosto, através da reação de Maillard (BATISTA, 2021), bem como a inativação enzimática, extração de compostos amargos e aromáticos do lúpulo, formação de substâncias constituintes de aroma e sabor, evaporação de água excedente e de componentes aromáticos indesejáveis ao produto final (VENTURINI FILHO, 2010; TOZETTO, 2017).

É nessa etapa que pode ser adicionado o lúpulo, e de acordo com Papazian (2015), essa adição pode ser realizada em dois momentos: no início da fervura, para conferir o amargor característico da bebida e ao final para conferir o aroma. Além da adição do lúpulo, alguns adjuntos poderão ser adicionados nessa etapa do processo, tanto para a correção do pH (ácido láctico) e correção do teor de açúcar desejado (açúcar em forma de xarope ou cristalizado) quanto para características de sabor e aroma (frutas e/ou especiarias).

3.4.5 Tratamento e resfriamento do mosto

Após a fervura, é necessária a remoção de algumas substâncias indesejadas no mosto, chamados de *trub*, produtos provenientes da reação de proteínas e taninos coagulados com polifenóis, substâncias insolúveis provenientes do lúpulo e da fervura em geral (WILLAERT,

2007). A presença do *trub* pode afetar a fermentação, produzindo uma menor conversão dos açúcares fermentescíveis, por essa razão ele precisa ser removido.

Referente ao resfriamento, Silva e Faria (2009), descrevem que a temperatura ideal esteja em torno de 6 a 12°C, para leveduras de baixa fermentação (*Lager*), e de 14 a 25°C para leveduras de alta fermentação (*Ale*). Algumas formas alternativas de resfriamento podem ser utilizadas, como descreve Araújo (2019), podendo ser usados a imersão do recipiente em água com gelo, chiller de imersão, chiller de contra-fluxo e chiller de placas. O chiller é um aparelho utilizado para arrefecer a água com a finalidade de conter a queda na temperatura do mosto, e pode se apresentar em forma de espiral ou placas. A imersão em água com gelo apresenta melhor custo benefício para uma produção artesanal.

3.4.6 Fermentação

A fermentação consiste em inocular a levedura, em uma parte do mosto coletado no início da fervura. Segundo Araújo (2016), no processo de fermentação ocorre a liberação de gás carbônico (CO₂), calor e a metabolização dos açúcares fermentescíveis em álcool, principalmente, o etanol. É possível observar também a formação de outros subprodutos como álcoois superiores alifáticos e aromáticos; ésteres; ácidos orgânicos; compostos carbonílicos e sulfurados e os álcoois poliidrícos, os quais afetam a qualidade da cerveja.

Durante esse processo é possível avaliar seu progresso por meio da atenuação do extrato, ou seja, da diminuição da presença de açúcares fermentescíveis (SILVA, 2018), bem como a redução do pH do mosto, a diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido, alterações na cor, além da síntese de diversos compostos aromáticos e que dão o sabor característico de cada tipo de cerveja (EBLINGER e NARZIB, 2012; SILVA, 2018).

3.4.7 Maturação

Nesta etapa as cervejas passam por uma fermentação secundária, em tinas de fermentação secundária, ou em garrafas de vidro quando artesanalmente, o que pode levar desde alguns dias (para as cervejas do estilo *ales*) até alguns meses (para as cervejas do estilo *lagers*) (NACHEL e ETTLINGER, 2014). Foi denominada por Morado (2009) como a fase de “afinamento” e de “acabamento” da bebida, porque ainda ocorrem reações físico-químicas de transformação do aspecto visual da bebida além da geração de aromas e sabores característicos. Venturini Filho (2010) ressalta que o processo de maturação permanece mesmo depois do término da fermentação secundária.

Ocorre também a precipitação de alguns sólidos e das leveduras, permitindo a clarificação da cerveja (SILVA, 2017), em casos em que exista uma considerável quantidade de açúcares presente no mosto pós-fermentação, podendo haver uma alteração no teor alcoólico da bebida. Pode ocorrer também a carbonatação da bebida, em que uma parte do gás carbônico é produzida pelas leveduras, e por meios de técnica mecânica é adicionado CO₂, garantindo um produto de melhor qualidade (VENTURINI FILHO, 2010).

Segundo Dragone, Almeida e Silva, (2010), os sabores e os aromas são refinados devido à redução da quantidade de diacetil, acetaldeído e ácido sulfídrico, além do aumento do teor de éster. O diacetil é um composto orgânico volátil, que possui sabor de manteiga e sua formação está ligada ao metabolismo de aminoácidos, e se torna um composto indesejável na cerveja, dessa forma Carvalho (2007), ressalta que esta etapa de fabricação deve ser controlada, pois o tempo inadequado pode acarretar impactos negativos sobre o sabor.

3.4.8 Envase

A bebida pode ser acondicionada em diversos recipientes, tais como: garrafas, latas de aço inoxidável e barris. Silva (2018) relata que a sanitização dos recipientes é o principal fator para um envase seguro do ponto de vista microbiológico. Para isso, algumas cervejarias utilizam pasteurização com o objetivo de prolongar a vida útil de prateleira das cervejas (PASTORE et al., 2013).

Segundo Silva (2018), além dos fatores de higienização dos recipientes, outros fatores devem ser observados no envase, como a exposição da bebida ao ar (grandes quantidades de oxigênio na cerveja podem levar à oxidação). De acordo com Araújo (2019), em uma produção artesanal a cerveja deve ser envasada em recipientes de vidro igualmente sanitizados, e lacrados com tampas de metal em fixadores mecânicos antes da maturação.

3.4.9 Pasteurização

A pasteurização permite um aumento na validade da cerveja, assim como auxilia na estabilização da bebida, e pode ser realizada antes ou depois do envase, o qual dependerá de como funciona a linha de produção da cervejaria ou dos maquinários disponíveis no setor industrial (BATISTA, 2021). De acordo com Priest e Yeasts (2006), alguns tipos de microrganismos como leveduras selvagens, *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc* e outros tipos de bactérias podem contaminar a cerveja durante a fermentação, decorrente da falha desse processo.

Segundo Giovenzana et al. (2014), as cervejas artesanais estão mais sujeitas à contaminação por microrganismos, quando comparada com cervejas industriais, o que posteriormente pode causar turbidez, produção de compostos de aroma indesejáveis, além da acidificação da bebida, por esses motivos é recomendada a pasteurização, além de um rigoroso controle de qualidade em toda a produção de cerveja.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A cerveja teve o processo de produção iniciado no Laboratório de Tecnologia de Alimentos e em seguida o mosto foi levado ao Laboratório de Biologia Celular e Molecular, ambos localizados no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Para garantir a eficiência do processo da produção da cerveja, todos os equipamentos utilizados foram higienizados, os quais foram lavados com detergente neutro e em seguida utilizou-se álcool 70%. Os ingredientes utilizados estão descritos na Tabela 1. O malte pilsen, produzido pela Cooperativa Agrária Agroindustrial, foi comprado via internet à empresa Piquiri em Toledo - PR, o lúpulo e a levedura Fermentis US-05 também foram comprados ao mesmo fornecedor.

O malte foi moído utilizando um moinho de discos manual, para melhor extração do amido do endosperma, além de contribuir para o aumento da área superficial do material e o que facilita a ação das enzimas nas próximas etapas, como é mostrado na Imagem 1. Os flocos de aveia foram comprados na Polpas & Cia, loja destinada a produtos naturais na cidade de Sumé – PB. No preparo da cerveja foi utilizada água mineral, comprada de comerciantes locais.

Tabela 1 - Ingredientes utilizados no preparo da cerveja.

INGREDIENTES:	QUANTIDADE:
Água	15 L
Malte Pilsen	2 kg
Flocos de Aveia	500 g
Lúpulo HallertauHallertau Blanc	10 g
Levedura Fermentis US-05	11,5 g
Goiaba	1 kg

Fonte: Acervo da pesquisa.

As frutas foram compradas no mercado público, considerando o ponto de amadurecimento, em seguida foram levadas ao laboratório para a extração da polpa, que consistiu na higienização e remoção das partes danificadas, o material foi cortado em pedaços pequenos com o auxílio de uma faca (Imagem 2), em seguida o material foi devidamente armazenado para os processos seguintes.

Imagem 1 - Na (A) malte pilsen em grãos, e na (B) o malte após o processo de moagem.



Fonte: Acervo do autor.

Imagem 2 - A polpa da goiaba, após o processo de higienização e de descarte das partes danificadas.

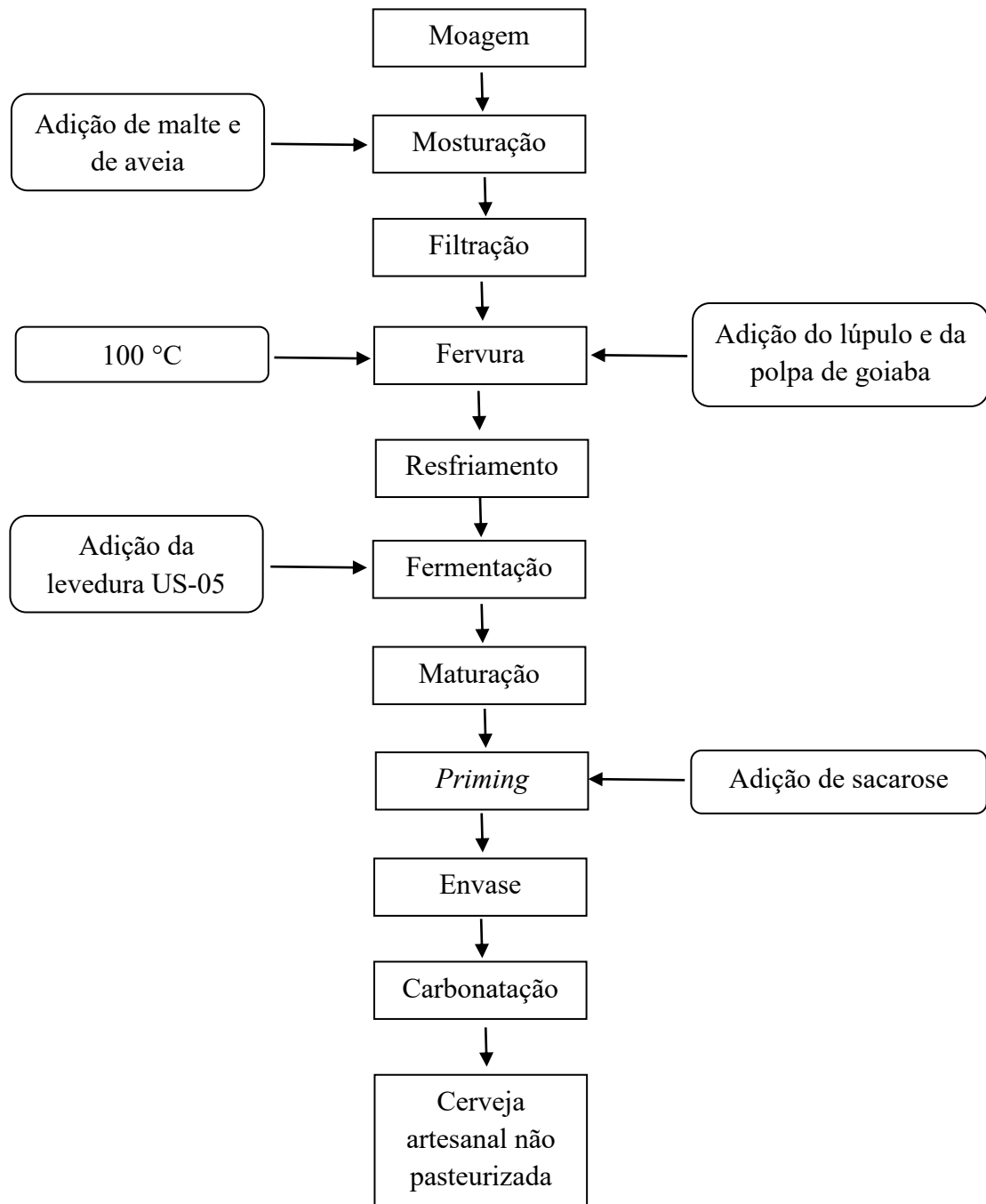


Fonte: Acervo do autor.

4.1 ETAPAS E FLUXOGRAMA DO PROCESSO

Para melhor entendimento das etapas do processo da produção da cerveja artesanal com a adição da polpa da goiaba vermelha e os flocos de aveia, foi construído o Fluxograma 1, o qual descreve essas etapas.

Fluxograma 1 - Etapas de produção da cerveja artesanal adicionada com a polpa da goiaba e flocos de aveia.



Fonte - Autoria própria.

4.2 PREPARO DO MOSTO

Na mosturação, uma certa quantidade de água com a aveia e o malte moído (em saco infusor) foram adicionados em uma panela (Imagem 3). Em seguida foi realizado o

aquecimento do material aplicando uma rampa para aumento de temperatura. No início do processo o material foi submetido a 65°C por aproximadamente 30 minutos. Em seguida elevou-se a temperatura para 75°C por 30 minutos, sendo a temperatura final de 80°C e o tempo de exposição de 10 minutos, permitindo assim a realização da hidrólise do amido em diferentes temperaturas, extraíndo nessa primeira etapa, as enzimas alfa-amilase, responsáveis pela quebra do amido em moléculas de açúcar fermentáveis.

Imagem 3 - Etapas da mosturação.



Fonte: Acervo do autor.

Após o período de mosturação, foi realizada a filtração do mosto utilizando água aquecida para a lavagem dos grãos (denominada água secundária), o que permitiu a extração dos açúcares fermentáveis ainda presentes. Antes da etapa da fervura, foi coletada uma amostra para o inóculo da levedura (o qual foi resfriada à temperatura ambiente, e em seguida as leveduras foram hidratadas). Para fervura do mosto, foi aplicado um aquecimento até 100°C por 1 hora, sendo que nesta etapa foram adicionados a polpa da goiaba (agregando o sabor) e o lúpulo, e em intervalos de 10 minutos o mosto era agitado manualmente, técnica conhecida como *whirpool*.

O resfriamento do mosto foi realizado colocando-o em banho-maria, contendo água e cubos de gelo, com o intuito de reduzir a temperatura, próxima aos 25°C. Ao término do resfriamento, o mosto foi inoculado e levado a um biorreator (um balde fermentador, contendo um sistema de respiro feito pelo *air-lock*, permitindo a saída de CO₂ e impedindo a entrada de ar externo, operando em processo batelada; o balde fermentador foi mantido em temperatura ambiente. O processo de fermentação ocorreu durante quatro (4) dias; sendo

coletados dados referentes ao pH, teor de sólidos solúveis totais, expressos em °brix, e a massa de células, para que pudesse ser realizado o estudo cinético do processo.

Para o processo de clarificação foi adicionado ao meio aproximadamente 12g de gelatina sem cor e sem sabor, para 20L de cerveja produzida, visando a floculação e decantação de partículas presentes na mistura. Esta etapa ocorreu durante cinco (5) dias, sendo que após o período de clarificação foi realizada a correção do açúcar para a carbonatação, na etapa conhecida por *Priming*, sendo adicionados 5g de açúcar por litro de cerveja. Por fim, a cerveja foi envasada em garrafas de vidro com tampa metálica (Imagem 4).

Imagem 4 - Etapa de *Priming* e de envase da cerveja artesanal.



Fonte: Acervo do autor.

4.3 ACOMPANHAMENTO CINÉTICO E DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS

Para o acompanhamento do processo e a determinação dos parâmetros cinéticos, foram coletadas alíquotas de 10 mL do mosto durante todo o período de fermentação, sendo realizadas no primeiro dia de fermentação 8 coletas, em intervalos de 30 minutos, seguidas de mais 8, em intervalos de 1 hora, e mais 4 coletas a cada 3 horas. Posteriormente, foram realizadas 4 coletas a cada 24 horas. Para cada alíquota foram realizadas análises em triplicata de pH, sólidos solúveis totais (°Brix) e concentração celular (g.L^{-1}), visando determinar o crescimento celular, o consumo de substrato e a produção de etanol.

4.3.1 Análise de pH

As análises de pH (potencial Hidrogeniônico) foram realizadas aplicando o método eletrométrico, que consiste na utilização de potenciômetros que permitem uma determinação direta, simples e precisa do pH (ADOLFO LUTZ, 2008).

4.3.2 Sólidos solúveis (°Brix)

A determinação do teor de sólidos solúveis totais foi realizada através da leitura em refratômetro portátil, com o valor de correção de 20°C e os resultados expressos em °Brix (ADOLFO LUTZ, 2008).

4.3.3 Produção de etanol

A determinação do teor de etanol do fermentado foi realizada utilizando-se dados coletados com o refratômetro, que mede o °Brix. A partir desta medida, foi estimada a concentração de álcool etílico por meio da conversão do valor em °Brix, apresentado pelo refratômetro, para %ABV (mL de álcool por 100 mL de solução), utilizando-se a ferramenta disponível em <<http://onebeer.net/refractometer.shtml>>.

O cálculo se baseia nas relações entre a quantidade de sólidos solúveis, presentes no início e ao término do processo, e a densidade do meio. Para um menor teor de sólidos solúveis, a solução apresenta uma menor densidade, o que indica um maior teor de etanol.

4.3.4 Concentração celular

A concentração de células foi determinada a partir da filtração a vácuo das amostras em papel filtro, sendo os papéis previamente submetidos a secagem e pesagem para determinação da sua massa, (M_1). O papel filtro contendo as células retidas passou por um processo de secagem em estufa a 50°C por 24 horas. Após a secagem o papel filtro contendo as células foi pesado em balança analítica, determinando-se a massa do conjunto (papel + células), (M_2). Os cálculos para obter a massa celular, em gramas por litro, para cada amostra filtrada foram realizados através da Equação 1, utilizada por Neves (2003).

$$X(g.L^{-1}) = (M_2 - M_1) \times 100 \quad (1)$$

4.3.5 Cálculo dos parâmetros de rendimento

O estudo cinético fornece dados de concentração dos componentes do meio de cultivo que é composto pelos microrganismos, os metabólitos e os nutrientes, em função do tempo que ocorre a fermentação. Ao plotar os valores das concentrações do microrganismo (X), do produto (P) e de substrato (S) disponível no meio, em função do tempo de fermentação, foram obtidas as curvas de ajuste. Através dos fatores de rendimento os valores dos componentes de

cultivo, após um tempo de processo fermentativo podem ser relacionados entre si, obtendo-se os fatores que relacionam a concentração celular e a quantidade de substrato ($Y_{X/S}$), concentração celular e a de produto ($Y_{X/P}$) e concentração de produto com a de substrato ($Y_{P/S}$), como mostrados respectivamente nas Equações 2, 3 e 4 (SCHMIDELL et al., 2001).

$$Y_{X/S} = \frac{X-X_0}{S_0-S} \quad (2)$$

$$Y_{X/P} = \frac{X-X_0}{P-P_0} \quad (3)$$

$$Y_{P/S} = \frac{P-P_0}{S_0-S} \quad (4)$$

4.3.6 Parâmetros de transformação do crescimento celular e do substrato

Através dos dados coletados foi possível calcular a velocidade instantânea de crescimento ou reprodução do microrganismo (r_x) por um tempo (t). Para o cálculo desse parâmetro, foi construído o gráfico da concentração celular (X) em função do tempo, considerando apenas o período de crescimento exponencial. O coeficiente angular da reta gerada, corresponde ao valor da derivada dx/dt , que representa a velocidade instantânea (Equação 5). Todos os cálculos foram realizados seguindo as equações e metodologia proposta por Remigio, (2017).

- Velocidade de crescimento celular:

$$r_x = \frac{dx}{dt} \quad (5)$$

Foi determinada também a produtividade em células, sendo útil para avaliação do desempenho de um processo fermentativo (P_x). Os dados aplicados foram as concentrações inicial e final para o período de crescimento exponencial e o tempo de ocorrência desta fase, conforme descrito pela Equação (6).

- Produtividade em células:

$$P_x = \frac{(X_m - X_0)}{t_f} \quad (6)$$

A velocidade específica de crescimento celular (μ_x) foi calculada a partir da integração da Equação (7), na fase de crescimento exponencial, que gerou a Equação (8). Os dados

referentes ao logaritmo natural da concentração celular e a diferença entre o tempo de ocorrência da concentração e o tempo de início dessa fase de crescimento exponencial foram usados para a construção de um gráfico. O coeficiente angular da reta gerada representa a velocidade específica de crescimento celular (μ_x) para esse período.

- Velocidade específica de crescimento:

$$\mu_x = \left(\frac{1}{x}\right)\left(\frac{dx}{dt}\right) \quad (7)$$

- Velocidade específica de crescimento após aplicação de integral:

$$\ln X_x = \ln X_0 + \mu_x(t - t_i) \quad (8)$$

Outro parâmetro característico da fase de crescimento celular que foi determinado foi o tempo de geração (t_g), sendo este o tempo necessário para dobrar o valor da concentração celular, considerando a concentração celular no início do período de crescimento exponencial ($X = X_i$), resultando no tempo de geração t_g , aplicando a Equação (9).

- Tempo de geração:
$$t_g = \frac{0,693}{\mu_x} \quad (9)$$

Para os cálculos referentes ao do consumo de substrato, foram aplicadas as Equações (10) e (11), seguindo o mesmo procedimento aplicado nos cálculos referentes à concentração celular:

- Velocidades de consumo do substrato:

$$r_s = \frac{-ds}{dt} \quad (10)$$

- Velocidade específica de consumo de substrato:

$$\mu_s = \left(\frac{1}{x}\right)\left(\frac{-ds}{dt}\right) \quad (11)$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a coleta dos dados de pH, teor de sólidos solúveis totais, concentração celular e da estimativa do teor alcoólico foi possível observar a variação desses parâmetros a cada 24 horas, durante o período de 4 dias, em que os dados foram coletados, até o término do processo, quando houve a estabilização das variáveis analisadas.

Tabela 2 - Média das amostras coletadas diariamente

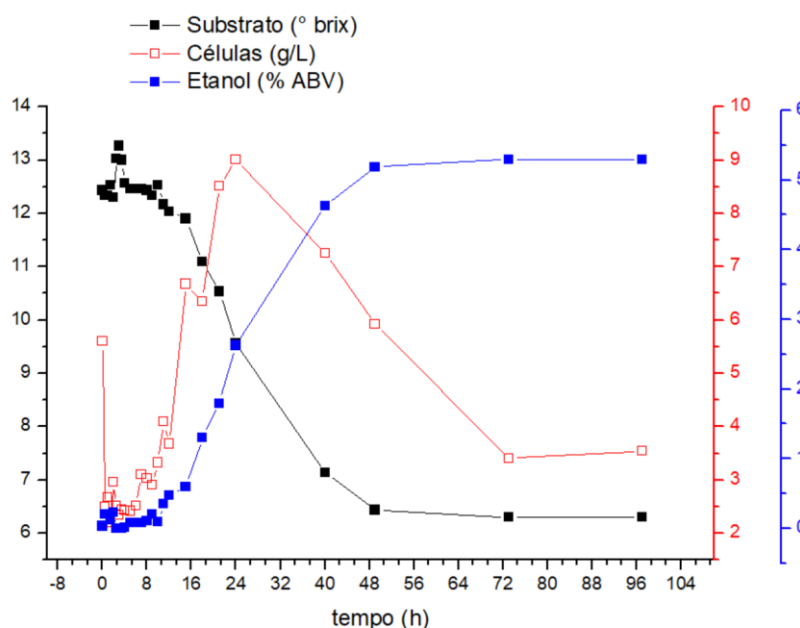
AMOSTRAS					
Variáveis analisadas	Início das coletas	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4
pH	5,57	4,47	4,26	4,24	4,24
°Brix	12,43	9,57	6,43	6,30	6,30
Células (g.L ⁻¹)	5,60	9,01	5,93	3,40	3,54
Etanol (%ABV)	0,03	2,63	5,19	5,29	5,29

Fonte: Acervo da pesquisa

De acordo com os resultados diários presentes na Tabela 2, observa-se que após o primeiro dia de fermentação houve pouca variação no parâmetro pH, diferentemente dos dados referentes a concentração de células (g.L⁻¹) e de sólidos solúveis totais (°Brix), sendo observada variação até o terceiro e segundo dia de coleta, respectivamente. Esse fato pode ser explicado pela ocorrência das fases de adaptação e crescimento celular, considerando os períodos em que as células iniciam a divisão atingindo um tempo de geração constante, conhecida como fase estacionária, até o período de morte celular. O produto obtido apresentou teor alcoólico de 5,29 %ABV, de acordo com o estabelecido no Artigo 11 da Instrução Normativa n° 65, de dezembro de 2019, que estabelece os padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria.

Nas análise cinética do processo, apresentada no Gráfico 1, foi possível observar que a fase *lag* (período de adaptação celular) ocorreu nas primeiras 4 horas, sendo o mesmo comportamento observado por Vogel (2017), que avaliou o efeito da adição de pequenas frutas vermelhas, na produção de cerveja artesanal. Em seguida, houve um aumento exponencial na concentração das células, sendo possível observar a conversão dos açúcares fermentáveis presentes no meio, pela formação de CO₂ na saída de ar do biorreator, nesta fase o teor de sólidos solúveis presente mosto começou a diminuir e o de etanol a aumentar.

Gráfico 1 - Cinética de fermentação para produção de cerveja artesanal com a adição da polpa da goiaba utilizando a levedura *Saccharomyces cerevisiae* US-05.



Fonte: Acervo da pesquisa.

É possível observar também que após a ocorrência da fase de crescimento exponencial, que durou até 24 horas (1440 minutos) do processo, iniciou a fase de declínio das células, o qual teve um período de 49 horas, que durou 73 horas (4380 minutos) depois do início das análises. Não foi possível identificar a ocorrência da fase estacionária da fermentação. É possível observar pela curva de conversão do substrato, que quando os açúcares fermentáveis (glicose e/ou frutose) são consumidos, sua concentração vai diminuindo, e o produto etanol começa a ser formado, e com isso o aumento da sua concentração no meio. A fermentação teve tempo total de 100 horas e ao final o produto apresentou teor alcoólico de 5,29% (ABV%) e pH de 4,24.

Observando as fases *lag* e de crescimento exponencial das células, podemos descrever que o meio apresentou quantidade de nutrientes suficiente para o desenvolvimento do processo de fermentação. De acordo com Guimarães (2015), a formação do etanol na cerveja se dá basicamente em duas etapas, em que a primeira consiste na hidrólise do amido, formando glicose e frutose, e na segunda etapa a glicose em reação enzimática, é convertida em etanol e CO₂. Segundo Oliveira (2011), a transformação da glicose em etanol e gás carbônico envolve doze reações que são catalisadas por enzimas específicas.

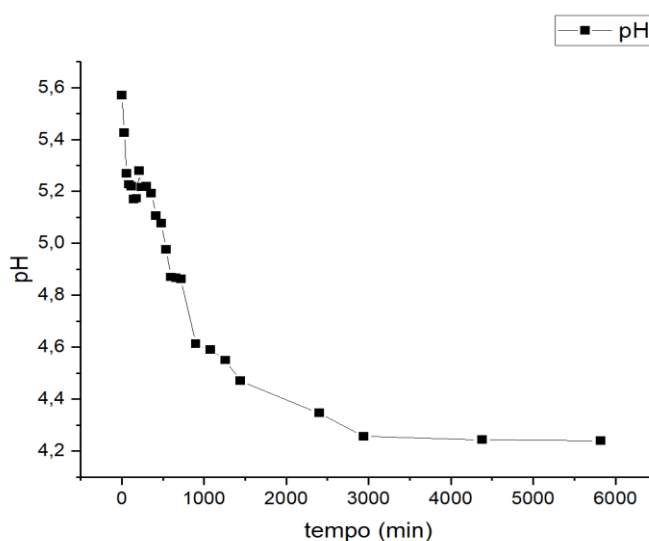
Referente ao teor alcoólico, o produto apresentou uma concentração estimada de 5,29% (ABV%), e valores semelhantes foram observados em cervejas artesanais com a adição da polpa de manga espada, com teor alcoólico de 5,2% a 6,5% (SILVA, 2020), e em cervejas adicionadas com polpa de maracujá de 5,0% a 5,3% e com polpa de goiaba de 5,6% a 6,0% (CAMARGO, 2021), no qual o mesmo autor trabalhou com o suco das frutas, e adicionou na etapa de fermentação. Valores mais baixos foram observados por Milagres (2019), em cervejas adicionadas com a polpa do umbu, obtendo teor equivalente a 4,9% ABV%.

De modo geral, as cervejas com a adição de frutas apresentam teor alcoólico mais elevados que as produzidas comercialmente (VOGEL, 2017), fato que pode ocorrer devido à maior disponibilidade de açúcares fermentescíveis presente nas frutas. Araujo (2019) descreve que as cervejas artesanais possuem maior turbidez, devido à ausência de um processo de filtração asséptico entre a maturação e o envase.

Na metodologia trabalhada, a polpa da goiaba foi adicionada no início do processo, e a cerveja apresentou coloração clara (**Imagem 4**) com baixos níveis de aroma e sabor do fruto. Segundo Barbosa (2019), quando a fruta é adicionada na etapa de fervura, embora os açúcares presentes sejam convertidos, o calor pode vaporizar ou degradar substâncias importantes responsáveis pelo aroma e sabores característicos da fruta no produto.

Referente ao pH, é possível observar pelo **Gráfico 2**, que nas primeiras 16 horas o nível decaiu ligeiramente de 5,57 para 4,61, e após 50 horas do início das análises o nível se manteve praticamente constante, apresentando um valor final de 4,24.

Gráfico 2 - Reprodução gráfica da variação dos níveis de pH.



Fonte: Acervo da pesquisa.

Analisando o pH da cerveja artesanal com a adição de Umbu, Milagres (2019) obteve resultados semelhantes, de 4,3 e 4,2, e relatou que as variações do pH das amostras poderiam estar relacionadas com a acidez da fruta. Estudando os efeitos físico-químicos da adição de frutas no processo de maturação de cerveja artesanal, Camargo (2021) descreve que nas amostras suplementadas com polpas de goiaba, com concentração de 50%, o valor do pH era de 3,62 e nas amostras com concentração de 25%, esse valor era de 3,75; variação que pode estar correlacionados com a acidez da fruta, no entanto os valores encontrados foram menores que os resultados obtidos no presente estudo. Tófoli (2014) relata que os valores padrões ideais de pH para cerveja são de 4,0 a 4,2, considerando isso, é possível deduzir que a adição da polpa da goiaba no início da fervura, apresentou bons resultados, com relação a esse parâmetro.

De acordo com Vogel (2017), em cervejas artesanais com a adição da polpa de frutas, o valor do pH pode aumentar significativamente dependendo da acidez da fruta, o que agrega maior grau de acidez ao produto. Araújo (2019) relata que uma faixa de pH entre 4,0 e 4,5, em cervejas artesanais, pode proteger a bebida da ação de alguns agentes patogênicos.

Após a análise do comportamento cinético, foi possível verificar que após 48 horas, as concentrações de produto e de substrato mantiveram seus valores com pequenas alterações, o que pode indicar o término do processo de conversão dos açúcares em etanol. Com isso, esse tempo foi utilizado como base para o cálculo do parâmetro de rendimento de substrato em produto. Já para o parâmetro de rendimento de substrato em células, foram usados os tempos de 4 a 24 horas, que indica o período de crescimento exponencial, sendo essa forma de cálculo mais conveniente, tendo em vista que as medidas de concentração celular inicial apresentam, na maioria dos casos, erros experimentais mais elevados que o do valor máximo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros de rendimento para o processo fermentativo.

Parâmetro	
$Y_{X/S}$ (g.L⁻¹/°brix)	$Y_{P/S}$ (%ABV/°brix)
2,196	0,859

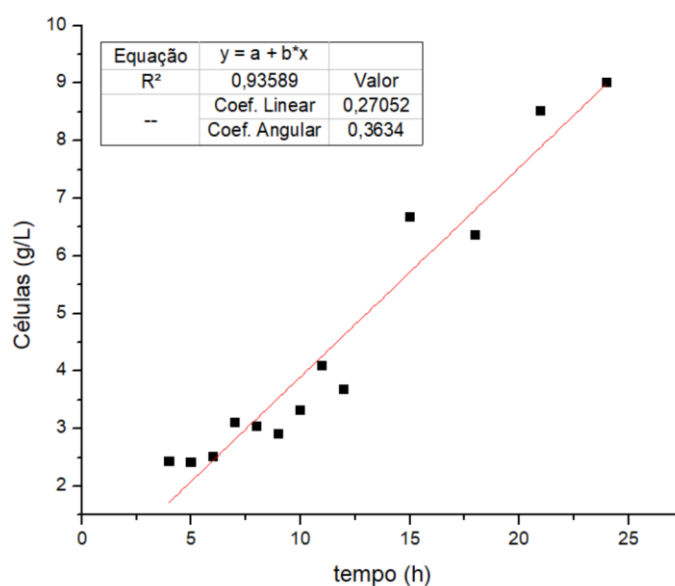
Fonte: Acervo da pesquisa.

Os fatores são calculados para intervalos de tempo definidos, indicando a massa de célula ou de produto formado por unidade de massa de nutriente consumido naquele intervalo. Nesse caso, cada um desses coeficientes de rendimento representa a eficiência de conversão.

Para o tempo de 48 horas, o rendimento de substrato em produto foi de 0,859 %ABV/°brix, enquanto para a formação de novas células, considerando o período de 4 a 24 horas, o rendimento alcançado foi de 2,196 g.L⁻¹/°brix, ou seja, a cada unidade de °brix reduzida, 2,2 g de células por litro de mosto era gerado.

Com os dados cinéticos referentes ao crescimento celular, foi traçada uma reta, considerando o intervalo de tempo correspondente a fase de crescimento exponencial, entre 4h e 24h de fermentação, para que fosse determinada a velocidade instantânea de crescimento nesse período, conforme apresentado no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Representação da tangente à curva da fase exponencial do crescimento celular.



Fonte: Acervo da pesquisa.

Dessa forma, a partir do coeficiente angular da reta, observada no Gráfico 3, obtém-se a velocidade de crescimento celular nesta fase, correspondente à 0,363 g.L⁻¹.h. Esse valor é maior do que os dados descritos por Fernandes (2017), que utilizou a levedura FermentisSafAle S-04 na produção de cerveja artesanal com a adição de acerola em duas concentrações, sendo observado por ele que para uma cerveja com maior concentração da fruta a velocidade instantânea de crescimento celular foi de 0,2108 g.L⁻¹.h, enquanto que a cerveja com menor concentração, foi de 0,1327 g.L⁻¹.h.

Analisando a cinética da fermentação entre as leveduras comerciais FermentisSafAle S-04 e FermentisSafAleS-33, Santos *et al.* (2018), obteve para a levedura FermentisSafAle S-33 a velocidade de $0,2191 \text{ g.L}^{-1}.\text{h}$ e para a levedura FermentisSafAleS-04 o valor correspondente a $0,1954 \text{ g.L}^{-1}.\text{h}$, também para intervalo de crescimento celular compreendido entre 4h – 24h de fermentação. Os mesmos autores constataram que, a levedura FermentisSafAle S-33 obteve uma fase linear de crescimento mais extensa, atingindo valores maiores de concentração de células do que a FermentisSafAleS-04,

A análise desses estudos, realizados por outros autores, permite considerar que a levedura FermentisUS-05, aplicada na metodologia descrita no presente trabalho, obteve maior velocidade de crescimento celular, provavelmente pela melhor adaptação do microrganismo às condições do mosto e de operação.

Para os parâmetros de produtividade em células, foram considerados o tempo máximo e mínimo para o intervalo correspondente à fase exponencial do crescimento, assim a produtividade em biomassa foi de $0,329 \text{ g.L}^{-1}.\text{h}$.

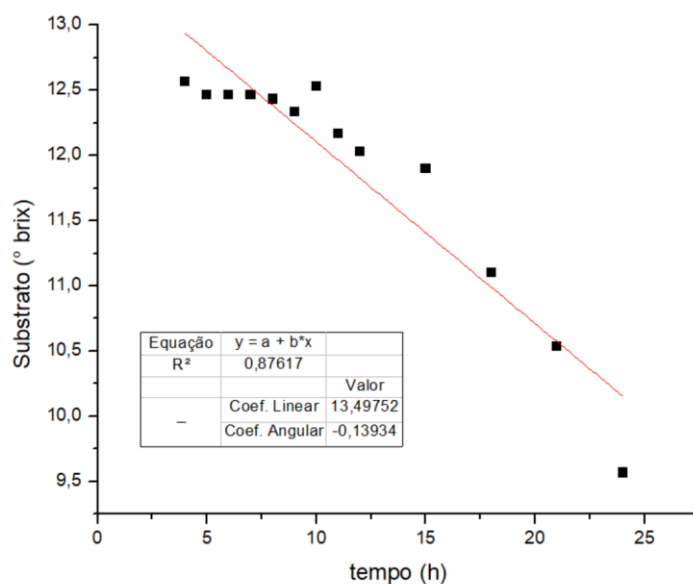
Esse valor é maior que os resultados obtidos por Fernandes (2017), sendo a $0,0939 \text{ g.L}^{-1}.\text{h}$ para uma cerveja com menor concentração da acerola e $0,1026 \text{ g.L}^{-1}.\text{h}$ na cerveja com maior concentração. Santos *et al.*(2018) também obteve valores de produtividade em células inferiores, alcançando $0,22 \text{ g.L}^{-1}.\text{h}$ utilizando a levedura FermentisSafAleS-33 e $0,18 \text{ g.L}^{-1}.\text{h}$ para a levedura FermentisSafAle S-04.

Para obtenção do valor da velocidade específica de crescimento celular (μ_x), também foi levado em consideração o intervalo de dados obtidos entre 4h a 24h de fermentação, sendo observado um valor de μ_x de $0,074\text{h}^{-1}$ e com isso um tempo de geração (t_g) de 9,635 horas, para a levedura *sacharomyccescerevisias*US-05.

O tempo de geração encontrado foi menor em relação ao observado por Fernandes (2017), que encontrou os valores de 16,1538 h (menor concentração da acerola) para a primeira cerveja e 27,1765 h (maior concentração da acerola) para a segunda cerveja. Os resultados encontrados por Santos *et al.* (2018) foram 16,5h, para a cerveja produzida com a levedura FermentisSafAle S-04 e 15,1h para a cerveja produzida com a levedura FermentisSafAle S-33. Dessa forma, podemos considerar que o tempo de geração para a levedura Fermentis US-05, na produção da cerveja com adição de goiaba, foi mais rápido.

O gráfico do consumo de substrato foi construído através dos dados referentes ao teor de sólidos solúveis totais expressos em °brix, sendo o Gráfico 4 traçado para determinar a velocidade de consumo do substrato no período entre 4h e 24h.

Gráfico 4 - Representação da tangente à curva da fase exponencial do consumo do substrato.



Fonte: Acervo da pesquisa.

O valor obtido foi de $0,139 \text{ g.L}^{-1}.\text{h}$, sendo que valores mais elevados foram observados por Santos *et al.* (2018), que obteve para a levedura *FermentisSafAleS-04* o valor de $0,18914 \text{ g.L}^{-1}.\text{h}$, com velocidade específica de $0,0248 \text{ h}^{-1}$, e para a levedura *FermentisSafAle S-33* o valor de $0,3625 \text{ g.L}^{-1}.\text{h}$ o qual teve velocidade específica de $0,0477 \text{ h}^{-1}$. Dados semelhantes foram obtidos por Fernandes (2017), que alcançou $0,3050 \text{ h}^{-1}$ para a cerveja 1 e $0,3017 \text{ h}^{-1}$ para a cerveja 2, o mesmo autor ressalta que uma possível explicação para isto é que a adição da acerola aumentou a concentração de açúcares fermentescíveis da cerveja, levando a um maior consumo de substrato.

Ao considerarmos o período de avaliação dos parâmetros de crescimento celular, observamos um intervalo de 20h do tempo de consumo, tempo esse maior em relação ao encontrado por Fernandes (2017), que descreve um intervalo de 12h para a fermentação da Cerveja 1, e um intervalo de 18h para a da Cerveja 2.

Nardini e Garaguso (2020) ressaltam que as cervejas chamadas de *Fruit Beers* estão se tornando muito populares, as quais possuem características únicas de novos estímulos gustatórios, olfativos e visuais dos consumidores. Ribeiro (2022), descreve que, quando não possuem a especificação de um estilo de cerveja, as cervejas que apresentam adição de frutas no processo de produção são denominadas *FruitBeer*. De acordo com a *BEER JUDGE*

CERTIFICATION PROGRAM(BJCP) (2021), a categoria *FruitBeer* é utilizada para cervejas produzidas com qualquer fruta, a qual deve-se apresentar Gravidade Original (OG): 1.040 – 1.075 e Gravidade Final (FG): 1.004 – 1.016 (os quais são obtidos pela conversão do °Brix inicial e final), bem como IBUs: 10 – 30, SRM: 4 – 8 e ABV%: 5.0 – 8.5%.

Para a cerveja artesanal produzida com adição de goiaba vermelha e aveia, os valores referentes a gravidade original e final, foram 1.049 e 1.009, respectivamente. Estudando duas concentrações da polpa da goiaba, Camargo (2021) obteve os valores semelhantes aos calculados neste estudo, sendo 1.004 para a gravidade original e 1.012 para gravidade final; o IBU encontrado foi de 13, valores estes que se encontram dentro dos padrões descritos pela BJCP, não foi possível calcular o valor referente a SRM.

6 CONCLUSÃO

A elaboração da cerveja artesanal com a adição de polpa da goiaba vermelha e flocos de aveia se mostraram relevantes, uma vez que os parâmetros referentes a pH, 4,24, e teor alcoólico, 5,29 %ABV, foram semelhantes aos encontrados em outros trabalhos referenciados, e os valores encontrados estavam dentro dos padrões estabelecidos por lei, dessa forma podemos considerar a viabilidade da receita desenvolvida neste trabalho.

Através da análise cinética foi possível observar uma ligeira adaptação das células no meio, dessa forma podemos descrever que o meio apresentou quantidade de nutrientes suficiente para o desenvolvimento do processo de fermentação, o qual teve tempo total de 100 horas, com o final do processo ocorrendo em 48 horas.

O rendimento associado à conversão de substrato em produto foi de 0,859 %ABV/°brix, enquanto para a formação de novas células, de 2,196 g.L⁻¹/°brix. Foi possível observar uma velocidade de crescimento celular de 0,363 g.L⁻¹.h e de produtividade em células de 0,329 g.L⁻¹.h. A velocidade específica de crescimento celular foi de 0,074h⁻¹ e o tempo de geração de 9,635 h. A velocidade de consumo do substrato foi de 0,139 g.L⁻¹.h. Com isso, a levedura *Fermentis US-05* apresentou boa compatibilidade com o meio e as condições de operação, sendo observada uma boa produtividade e velocidades de formação superiores às encontradas por outros pesquisadores, que também estudaram a produção de cerveja artesanal com adição de frutas.

A produção da cerveja com a adição da polpa da goiaba apresentou valores semelhantes as características descritas de uma *FruitBeer*, com gravidade original (OG) de 1.049 e gravidade final (FG) de 1.009, IBU de 13e ABV% de 5,29 %. A cerveja apresentou coloração clara com baixos níveis de aroma e sabor da fruta, isso se deu devido a polpa da goiaba ter sido adicionada no início da fervura, seguindo do pressuposto que o calor pode vaporizar ou degradar substâncias importantes responsáveis pelo aroma e sabores característicos da fruta, contudo a adição da fruta nessa etapa foi relevante, com relação a formação de etanol e valor de pH.

REFERÊNCIAS

- ABRABE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BEBIDAS. Mercado. Disponível em: <<https://www.abrabe.org.br/>> . Acesso em 28 de abril de 2022.
- ARAÚJO, G.S. **Elaboração de uma cerveja ale utilizando melão de caroá [sicana odorífera (vell) naudim] como adjunto do malte**. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.
- ARAÚJO, P. H. R. dos S. **Produção e Análise Sensorial de Cerveja Artesanal de Caju**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN, 2019.
- ASSIS FILHO, J. C. A. de. **Mapeamento patentário: estudo de caso das receitas cervejeiras que contém em sua composição adjunto de origem vegetal**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé – PB, 2022.
- BATISTA, E. L. de A. **Cerveja Artesanal: Uma Revisão Sobre o Seu Processo de Produção e seu Potencial Antioxidante**. 2021. 36f. Trabalho de conclusão de curso. Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas - MG. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/32568/1/CervejaArtesanalRevis%C3%A3o.pdf>
- BARBOSA, P. J. S. **Cerveja artesanal com uso de frutas**. 2019. 30f. Trabalho de Conclusão de curso. Gastronomia. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa - PB, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/16019?locale=pt_BR
- BERTAGNOLLI, S. M. M. **Bebidas Fermentadas de goiaba: Compostos bioativos, características voláteis e aproveitamento de resíduos**. Santa Maria - RS - Brasil 2014.
- BJCP (BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM) Beer Style Guidelines- Fruit Beer. 2021. Disponível em: <<https://www.bjcp.org/bjcp-style-guidelines/>> , acessado em 11 de março de 2023.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 9902, de 08 de julho de 2019. Diário Oficial da União. Publicado em: 09 de julho de 2019. Disponível em:<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/d9902.htm#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%209.902,%20DE%208,%20a%20fiscaliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20bebidas.>. Acesso em: fevereiro de 2023.
- CAMARGO, F. A. A. de. **Análises físico-químicas de cervejas artesanais do tipo sessionipa desenvolvidas com polpa maracujá e goiaba e determinação das variações através de metodologias comparativas**. Monografia - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP. 2021.
- CARVALHO, L. G. Dossiê Técnico. **Produção de cerveja**. Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, mar. 2007.
- CARVALHO, G. B. M. **Obtenção de cerveja utilizando banana como adjunto e aromatizante**. Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena, 2009.
- CERVESIA. Disponível em:<<https://www.cervesia.com.br/>>, Acesso em 23 de abril de 2022.

- CUNHA, T. V. **Competitividade e segmentação na indústria cervejeira: Uma análise da competitividade das microcervejarias catarinenses**. Monografia (Bacharel em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Ciências Econômicas, Florianópolis, 2011.
- CURI, R.A. **Produção de cerveja utilizando cevada como adjunto de malte**. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.
- CRUZ, J. A.; HELBIG, E. **Teor e Estabilidade da Vitamina C em Sucos de Frutas *in natura* Refrigerados**. Pelotas, 2020.
- DE ABREU, J. R. et al. Histochemistry and morphoanatomy study on guava fruit during ripening. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 342-350, 2003.
- DE ABREU, J. R. et al. Histochemistry and morphoanatomy study on guava fruit during ripening. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 32, v. 1, p. 179-186, 2012.
- DRAGONE, G.; ALMEIDA E SILVA, J. B. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.). **Bebidas Alcoólicas: ciência e tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2010. v. 1. 461 p.
- DURELLO, R. S.; SILVA, L. M.; BOGUSZ JR, S. Química do Lúpulo. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 42, n. 8, p. 900-919, 2019.
- DUARTE, W. F. et al. Raspberry (*Rubus idaeus* L.) wine: Yeast selection, sensory evaluation and instrumental analysis of volatile and other compounds. **Food Research International**, v. 43, n. 9, p. 2303-2314, 2010
- EBINGER, H.; NAGIB, L. Beer. In: **Encyclopedia of industry chemistry**. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH, 2012.
- ESCRIG, A. J et al. Guava fruit (*P. guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 11, p. 5489-5493, 2001.
- FERNANDES, A.G. et al. Comparação dos teores em vitamina C, carotenóides totais, antocianinas totais e fenólicos totais do suco tropical de goiaba nas diferentes etapas de produção e influência da armazenagem. **Alimentos Nutricionais**, v.18, n.4, p. 431-438, 2007.
- FERNANDES, L. M. **Viabilidade de produção e caracterização de cerveja artesanal com acerola (*Malpighiaemarginata* DC)**. João Pessoa 2017.
- FREIRE, J. M. et al. Avaliação de compostos funcionais e atividade antioxidante em farinhas de polpa de goiabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 847-852, 2012.
- FROEMMING, R. **Qualidade da água na produção de cervejas**. Disponível em: <<https://www.agsolve.com.br/noticias/6281/qualidade-da-agua-na-producao-de-cervejas>> Acesso em 20 de abril de 2022.
- GHISELLI, A. et al. Beer increases plasma antioxidant capacity in humans. **The Journal of nutritional biochemistry**, v. 11, n. 2, p. 76-80, 2000.
- GIOVENZANA, V.; BEGHI, R.; GUIDETTI, R. O. Rapid evaluation of craft during fermentation process by vis/NIR spectroscopy. **Journal of Food Engineering**, [s.l]. v. 142, p. 80-86. 2014.

GOVEIA, Victor Emanuel Gama. **Construção de protótipo de mosturação automatizada a partir da plataforma arduino**. Orientador: Prof. Dr. Gabriel Henrique Justi. 2021. 98 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Química) - FAENG - Faculdade de Engenharia, Cuiabá, MT, 2021.

GUIMARÃES, R. R. **A Química da Cerveja Química e Sociedade**. São Paulo/SP. Vol. 37, Nº 2, p. 98-105, MAIO 2015.

GUTIÉRREZ, R. M. P.; MITCHELL, S.; SOLIS, R. V. *Psidium guajava* : A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. **Journal of ethnopharmacology**, v. 117, p. 1-27, 2008.

HAIDA, K. S. et al. Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante de duas variedades de goiaba e arruda. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, n. 28, p. 11-19, 2011.

HAMPSON, T. **O grande livro da cerveja: informações atualizadas sobre cervejas e as grandes cervejarias em todo o mundo**. 300 p. São Paulo: Publifolha, 2014.

HORNSEY, I. **Elaboración de cerveza: microbiología, bioquímica y tecnología**. Zaragoza: Acribia, 229 p. 1999.

HU, S. et al. The influence of proteolytic and cytolytic enzymes on starch degradation during mashing. **J. Inst. Brew**, [s.l]. v. 120, p. 379–384, 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia. Área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida e valor da produção da lavoura permanente. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado> . Acesso em: 31 agosto. 2022.

IBGE. Área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias e permanentes. Brasil, 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>>. Acesso em: 03 de setembro de 2022.

Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** /coordenadores Odair Zenebon, NeusSadoccoPascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008

INSTITUTO DA CERVEJA. Afinal, o que o lúpulo realmente faz na cerveja?. Publicado em 27/07/2017. Disponível em: <<https://www.institutodacerveja.com.br/blog/n145/dicas/afinal-o-que-o-lupulo-faz-realmente-na-cerveja>>, Acessado em 23 de abril de 2022.

JUNIOR, A. A. D.; VIEIRA, A. G.; FERREIRA, T. P. Processo de produção de cerveja. **Revista Processos Químicos**, 2009.

KLEBAN, J., NICKERSON, I. To Brew, or Not to Brew-That Is the Question: An Analysis of Competitive Forces in the Craft Brew Industry. **Journal of the International Academy for Case Studies**. v. 18, p. 59-81, 2012.

KUNZE, W. La cerveza terminada. In: KUNZE, W. **Tecnología para cerveceros y malteros**. cap. 7, p. 826-885. Berlín: VLB Berlin, 2006.

- LIMA, N.; MOTA, M. **Biotecnologia: fundamentos e aplicações**. v. 1. Lisboa: Lidel, 2003.
- LIN, W. Y.; CHEOWTIRAKUL, C. A study of lime beer formulations. **Research Paper**, [s.l]. v. 4, p. 187-198, 2013.
- LUGASI, A. Polyphenol content and antioxidant properties of beer. **Acta Alimentaria**, v. 32, n.2, p. 181-192, 2003.
- MACHADO, E.R. **Desenvolvimento e caracterização de cerveja artesanal com adição de cacau**. 46 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
- MACHADO, Samanta Soares. **Mapeamento tecnológico sobre uso de spentgrains gerados em produção de cervejas: Utilização de documento de patentes como fonte de informação tecnológica e identificação de oportunidade para o Brasil**. Trabalho de conclusão de curso (Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2021.
- MAIA, T. S.; BELO, R. F. C. Análises físico-químicas de cerveja artesanal elaborada com graviola e análise sensorial de cervejas com adição de frutas e frutas comercializadas. **Revista Brasileira de Ciências da Vida**, v. 5, n. 5, 2017.
- MAPA. **Anuário da Cerveja**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2019. Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuario-da-cerveja-2019/>. Acesso em: 31 agosto de 2022.
- MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Anuário da Cerveja 2020**. Brasília, 2021.
- MARTINS, A. N.; NARITA, N.; SUGUINO, E.; TAKATA, H. S. Desempenho de cultivares de goiabeiras em ambientes irrigados e sequeiros. **ColloquiumAgrariae**, v. 16, n. 2, p. 82-89. 2020.
- MARTINES - GOMEZ, A.; CABALLERO, I.; & BLANCO, C. A. Phenols and Melanoidins as Natural Antioxidants in Beer. Structure, Reactivity and Antioxidant Activity. **Biomolecules**, 10(3), 400. (2020).
- MEDRADO, M. B. **Desenvolvimento de cerveja artesanal de maracujá da caatinga**. Petrolina, 2022.
- MILAGRES, F. C. O. **Desenvolvimento e caracterização de cerveja artesanal com umbu**. Departamento de Tecnologia Rural. Universidade Federal Rural de Pernambuco , Recife - 2019.
- MORADO, R. **Larousse da Cerveja**. Edição Brasileira, Larousse. 2009.
- NACHEL, M.; ETTLINGER, S.; BRAGA, S. V. **Cerveja para Leigos**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier/Alta Books, 2014. Tradução da 2ª Edição. 376p.
- NARDINI, M; GARAGUSO, I. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. **Food Chemistry**, v. 305, 2020.

- NAKABASHI, B. B. **Análise da composição físico-química de cerveja caseira (homebrew)**. 2014. 66 f. Monografia (Graduação do Curso de Engenharia Industrial Química) - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena, 2014.
- NATALE, W.; ROZANE, D. E.; SOUZA, H. A.; AMORIM, D. A. **Cultura da Goiaba do Plantio à Comercialização**. 1. Ed. Jaboticabal: FCAV, vol. 1, 284p. 2009.
- NEVES, L.C.M. **Obtenção da enzima glicose-6-fosfato desidrogenase utilizando *Saccharomyces cerevisiae* W303-181**. São Paulo, 2003.284p. Dissertação de Mestrado-Faculdade de Ciências Farmacêuticas-Universidade de São Paulo.
- NITZKE, J. A.; BIEDRZYCKI, A. **Leveduras**. Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos - UFRGS. Disponível em <<https://www.ufrgs.br/alimentus1/pao/fermentacao/levedura.htm>> Acessado em 20 de abril de 2019.
- OLIVEIRA, I. P.; OLIVEIRA, L. C.; MOURA, C. S. F. T.; LIMA JUNIOR, A. F.; ROSA, S. R. A. Cultivo da goiabeira: do plantio ao manejo. **Revista Faculdade Montes Belos**, v. 5, n. 4, 2012.
- OLIVEIRA, N. A. M. **Leveduras utilizadas no processo de fabricação de cerveja**. 45f. Monografia (Especialista em Microbiologia Ambiental e Industrial) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- OLIVEIRA NETO, J. R.; OLIVEIRA, T. S. de ; GHEDINI, P. C.; VAZ, B. G. & GIL, E. de S. Antioxidant and vasodilatory activity of commercial beers. **Journal of Functional Foods**, 34, 130–138. 2017.
- PAPAZIAN, C. **The Homebrewer's Companion**. New York: Harper Collins Publishers Inc, 2 ed. 2014.
- PASTORE, G. M.; BICAS, J. L.; JUNIOR, M. R. M. **Biotechnology de Alimentos**, ed. Atheneu, São Paulo, 2013.
- PINTO, L. Í. F. **Acerola (*Malpighia emarginata* DC) e Abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) como adjunto no processamento de cerveja: caracterização e aceitabilidade**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.
- PORTO, P. D. **Tecnologia de fabricação de malte: uma revisão**. 58f. Monografia (Engenheiro de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- PRATI, P. et al. Estabilidade dos componentes funcionais de geléia de yacon, goiaba e acerola, sem adição de açúcares. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 4, p. 285-294, 2009.
- PRIEST, F.G., YEASTS, W. Microbiology and microbiological control in the brewery. In: Priest, F.G., Stewart, G.G. (Eds.), **Handbook of Brewing**. CRC Press, USA, pp. 608–625. 2006.
- RAMPAZZO, V. **Caracterização da composição fenólica e capacidade antioxidante de cervejas comerciais de diferentes processos de fermentação**. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

RAMOS, G. C. B.; PANDOLFI, M. A. C. **A Evolução do Mercado de Cervejas Artesanais no Brasil**. Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (FATEC). SP. 2020. Brasil.

REITENBACH, A. F. **Desenvolvimento de cerveja funcional com adição de probiótico: *Saccharomyces boulardii***. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Centro Tecnológico. Universidade Federal de Santa Catarina. 2010.

REMIGIO, R. V. S. **Estudo cinético de três cepas de levedura em mosto cervejeiro**. João Pessoa, 2017.

REVISTA PESQUISA FAPESP (Ed.). Inovações cervejeiras. 2017. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/inovacoes-cervejeiras/>> . Acesso em: 27 de abril de 2022.

RIBEIRO, B. B. **Aspectos comerciais da cultura da goiaba no Brasil**. Brasília - DF, 2021.

ROZANE, D. E.; OLIVEIRA, D. A.; LIRIO, V. S. **Importância econômica da cultura da goiabeira**. 2003.

RODRIGUES, M.A; MORAIS, J. S; CASTRO, J. P. M. **Jornadas de lúpulo e cerveja: novas oportunidades de negócio**. Livro de atas. 1ª ed. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, v. 2, p. 11-22, 2015.

ROSENTHAL, R. Malte: o que é e qual o seu papel na cerveja. Publicado em 13/09/2018. Disponível em <<https://www.hominilupulo.com.br/malte/>> Acesso em 22 de abril de 2022.

RIBEIRO, P. V. L. **Elaboração de cerveja artesanal estilo *fruit Berr* adicionada de Taperebá (*Spondiasmombin L.*)** MANAUS – AM 2022.

RIBEIRO, Paulo Victor Lima. **Elaboração de cerveja artesanal estilo fruitbeer adicionada de Taperebá (*Spondiasmombin L.*)**. Manaus / AM. 2022.

SANTOS, D. A.; ROCHA, A. M.; ANDRADE, V. D. Mapeamento Patentário sobre Recuperação de Leveduras Cervejeiras. **Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 27–40, 2020. DOI: 10.26512/ripe.v5i2.21622. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/ripe/article/view/21622>. Acesso em: 28 mar. 2022.

SANTOS SFM et al. Análise Cinética da Fermentação das Leveduras Comerciais S-04 e S-33. **Revista Saúde e Ciência online**, v. 7, n. 2, (maio a agosto de 2018). 502 p.

SANTOS, I. A. dos; RIZZATTO, M. L. **Análise Sensorial de um Fermentado de Goiaba**. 7º Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica do IFSP. 02 de dezembro de 2016. Matão - SP, Brasil.

SEGTOEWICK, E. C. dos S.; BRUNELLI, L. T.; VENTURINI FILHO, W. G. Physicochemical and sensorial evaluation of a fermented West indian cherry beverage. **Brazilian Journal Food Technologic**. vol. 16, n.2, p.147-154. 2013.

SILVA, P. H. A; FARIA, F. C. Avaliação da intensidade de amargor e do seu princípio ativo em cervejas de diferentes características e marcas comerciais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas. v. 28, 2009.

SILVA, L. R. G.; TOLEDO, S.; VARGAS, A. M. P. Produção de cerveja tipo americanpale ale. **Revista Científica Univiçosa**, v. 7, n. 1, p.1- 6, 2015.

SILVA, D. **Da cevada ao copo:O guia completo para fazer sua cerveja em casa**. [s.l.]: Condado da Cerveja, 2017. 229 p.

SILVA, A. A. da. **Produção, caracterização físico-química e análise sensorial de cerveja artesanal de trigo adicionada de polpa e casca de seriguela (*Spondiaspurpurea* L.) e casca de laranja (*Citrus sinensis* L.)**. Fortaleza – CE. 2018.

SILVA, M. J. S. da. **Produção de cerveja artesanal tipo Weiss adicionada de manga cv. espada**. Campina Grande-PB. fevereiro de 2020.

SIQUEIRA, A. M. DE A. et al. Vida útil pós-colheita de goiaba cv. *Paluma* submetida ao resfriamento rápido por ar forçado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 45-51, 2014.

SOUSA, A. P. A. DE. **Produção de cerveja artesanal com diferentes teores alcoólicos: avaliação química e sensorial**. Centro Universitário de Formiga (UNIFOR/MG), 2017.

SOUZA FILHO, M. de S. M., et al. **Formulações De Néctares De Frutas Nativas Das Regiões Norte E Nordeste Do Brasil**. Curitiba 2000.

SOUZA, L. W. de; MARTINS, E. A.; JUNIOR, G. de N. **Cerveja artesanal, uma alternativa para o agronegócio**. 8ª jornada científica e tecnológica da FATEC de Botucatu. Botucatu - São Paulo, Brasil. 01 de novembro de 2019.

SPÓSITO, M. B.; ISMAEL, R. V.; BARBOSA, C. M. de A.; TAGLIAFERRO, A. L. A cultura do lúpulo. **Série Produtor Rural**, nº. 68. p. 81. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2019.

SZWAJGIER, D. Dry and wet milling of malt. A preliminary study comparing fermentable sugar, total protein, total phenolics and the ferulic acid content in non-hopped worts. **J. Inst. Brew**, [s.l.]. v. 117, n. 4, p. 569–577, 2011.

TERPINC, P.; CIGIĆ, B.; POLAK, T.; HRIBAR, J.; POŽRL, T. LC–MS analysis of phenolic compounds and antioxidant activity of buckwheat at different stages of malting. **Food Chemistry**, [s.l.]. v. 210, n. 1, p. 9-17, 2016.

TERUEL, B.; CORTEZ, L.; LEAL, P.; FILHO, L. N. **Resfriamento de banana-prata com ar forçado**. Jaboticabal, 2002. 142-146 p.

TOZETTO, L.M. **Produção e caracterização de cerveja artesanal adicionada de gengibre (*Zingiberofficinale*)**. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

TÓFOLI, R. J. **Avaliação da qualidade microbiológica e físico-química de cervejas comerciais e artesanais**. Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA - Assis 2014.

TRINDADE, S. C. **Incorporação de amora na elaboração de cerveja artesanal**. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria/RS, 2019.

TSCHOPE, E. C. **Microcervejarias e cervejarias: a história, a arte e a tecnologia**. São Paulo: Editora Aden, 2001.

VALENTE, B. L. **Cerveja artesanal, um mercado em expansão no Brasil**. Administradores, O portal da administração. 2017.

VENTURINI FILHO, W. G.; CEREDA, M. P. Cerveja. In: BORZANI, W.; SCHMELL, W.; ALMEIDA LIMA, U.; AQUARONE, E. (Org.). **Biotecnologia Industrial**. São Paulo: Edgard Blucher, 2001. v. 4, p. 91-144.

VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de Bebidas: Bebidas alcoólicas**. v.1. São Paulo: Blucher, 2010.

VOGEL, C. **Avaliação da adição de pequenas frutas (Berries) na produção de cerveja artesanal: Análise físico-química, sensorial, compostos fenólicos e atividade antioxidante**. Laranjeiras do Sul, 2017.

WILLAERT, R. The Beer Brewing Process: Wort Production and Beer. **Handbook of Food Products Manufacturing**, v. 2, p. 443, 2007.

ZHAO, H. et al. Phenolic profiles and antioxidant activities of commercial beers. **Food Chemistry**, [s.l]. v. 119, p. 1150–1158. 2010.