



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA – EST
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

CATHERINNE ÉDI MUNIZ PIMENTEL

PRODUÇÃO DE CERVEJA *AMERICAN IPA* UTILIZANDO NONI
(Morinda citrifolia)

MANAUS

2022

CATHERINNE ÉDI MUNIZ PIMENTEL

PRODUÇÃO DE CERVEJA AMERICAN IPA UTILIZANDO NONI
(*Morinda citrifolia*)

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Química da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientadora: Profa. Dra. Érica Simplício de Souza

Coorientador: Prof. Dr. Patrick Gomes de Souza

MANAUS

2022

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade do Estado do Amazonas.

P644pp Pimentel, Catherinne Édi Muniz
Produção de cerveja American IPA utilizando noni
(Morinda citrofolia) / Catherinne Édi Muniz Pimentel.
Manaus : [s.n], 2022.
64 f.: il.; 1 cm.

TCC - Graduação em Engenharia Química -
Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2022.
Inclui bibliografia
Orientador: Souza, Érica Simplicio de
Coorientador: Souza, Patrick Gomes de

1. Bioprocesso. 2. Cerveja. 3. noni (Morinda
citrofolia). I. Souza, Érica Simplicio de (Orient.). II. Souza,
Patrick Gomes de (Coorient.). III. Universidade do Estado
do Amazonas. IV. Produção de cerveja American IPA
utilizando noni (Morinda citrofolia)

Elaborado por Jeane Macelino Galves - CRB-11/463

CATHERINNE ÉDI MUNIZ PIMENTEL

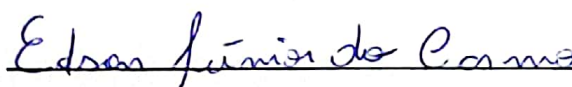
**PRODUÇÃO DE CERVEJA DOUBLE IPA UTILIZANDO NONI (*Morinda
citrifolia*)**

**Monografia de Conclusão de Curso para obtenção do título de Engenheiro, Habilitação em
Engenharia Química – Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Estado do
Amazonas**

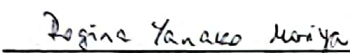
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Patrick Gomes de Souza – Coorientador - INPA



Prof. Dr. Edson Júnior do Carmo – UFAM



Profa. Dra. Regina Yanako Moriya – UEA

Conceito:

Manaus, 20 de abril de 2022.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais, Edileuza Muniz e Ednilson Pimentel, pois é graças aos seus esforços que posso concluir meu curso.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por ter me dado saúde e determinação por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da minha trajetória. À minha família, principalmente, meus pais Edileuza e Ednilson, que sempre me incentivaram e me apoiaram de todas as formas nessa caminhada nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à faculdade.

A todos meus amigos, que me acompanharam nesta caminhada, por todo apoio e amizade, principalmente os que conviveram comigo por todos esses anos na universidade, por terem sido sempre uma rede de suporte nos momentos difíceis e os companheiros para celebrar os momentos felizes, agradeço principalmente a vocês, Igor, Júlia, Samuel e Thayná. Sem vocês eu jamais teria conseguido chegar até o fim.

A minha orientadora Dra. Érica Simplício por aceitar encarar esse desafio juntamente comigo.

Ao meu co-orientador Dr. Patrick Souza, por todo ensinamento, atenção e dedicação para fazermos juntos esse trabalho.

À Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) pela oportunidade de realizar o presente trabalho.

RESUMO

PIMENTEL, C.E.M.P.; SOUZA, E.S.; SOUZA, P.G. 2022. Produção de cerveja American IPA utilizando noni (*Morinda citrifolia*)

O consumo de cervejas artesanais e cervejas com funcionalidade vem crescendo nos últimos anos e essas cervejas são uma nova tendência. O objetivo geral deste trabalho foi elaborar uma cerveja *American IPA* com noni (*Morinda citrifolia*) e avaliar suas características físico-químicas e atividade antioxidante. Foram utilizados 3,5 kg de Malte Pilsen Agrária, 1 kg de Malte Swaen Vienna, 50 g de lúpulo Idaho-Barth HAAS, 11,5 g de levedura SafAle BE-256 que foram adquiridos na loja Manaus Brew Shop. O noni foi adquirido no condomínio residencial de Manaus (Jardim Brasil) e levado ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). As frutas foram avaliadas quanto a biometria (altura, comprimento e peso) e composição centesimal. Foram produzidos 2 experimentos de 8 L, sendo um deles o controle sem fruta e o outro com a fruta, ambos com a mesma receita e mesmo processo, com 22 °C na fermentação e 0 °C na maturação. As cervejas foram avaliadas quanto as variáveis de bioprocessos e composição físico-química. Os frutos apresentaram comprimento médio de 8,75 cm, largura média de 5,16 cm e peso médio de 130,57 g, além de elevada umidade (90,05 g 100g⁻¹), baixo teor de lipídios (1,75 g 100g⁻¹), baixo teor de proteínas (2,10 g 100g⁻¹) e carboidratos (3,86 g 100g⁻¹). O processo apresentou rendimento de células ($Y_{X/S}$) de 0,13 g g⁻¹ e taxa específica de crescimento celular (μ_X) de 0,002 g L⁻¹, além de uma elevada eficiência fermentativa de 82,69 %. A *American IPA* com noni apresentou diferença em relação a cerveja controle apresentando valores de extrato primitivo de 14,17 °P, valor esse inferior à cerveja controle (14,82 °P). Observou-se redução no teor alcoólico de 7,29 % v/v para 6,99 % v/v e aumento significativo nos valores de cor (4,77 para 5,76 EBC) e turvação (33,8 para 128 EBC). Observou-se um aumento da atividade antioxidante da cerveja com noni (*Morinda citrifolia*), onde a porcentagem de inibição do radical DPPH• (IC₅₀) foi de 30,66, e a da cerveja controle que foi de 32,7. Pode-se concluir que a adição do fruto mostrou-se como uma alternativa para a produção de cervejas *American IPA* melhorando suas características físico-químicas e aumentando seu potencial antioxidante.

Palavras-chaves: Bioprocesso, cerveja, noni (*Morinda citrifolia*).

ABSTRACT

PIMENTEL, C.E.M.P.; SOUZA, E.S.; SOUZA, P.G. 2022. American IPA beer production with noni (*Morinda citrifolia*).

The consumption of craft beers and functional beers has been growing in recent years and these beers have been a new trend. The general objective of this work was to elaborate a American IPA beer with noni (*Morinda citrifolia*), evaluating its physicochemical characteristics and antioxidant activity. 3.5 kg of Agrária Pilsen Malt, 1 kg of Swaen Vienna Malt, 50 g of Idaho-Barth HAAS hops, 11.5 g of SafAle BE-256 yeast were used, which were purchased at the Manaus Brew Shop, located in the city of Manaus. The noni (*Morinda citrifolia*) was acquired in the residential condominium in Manaus (Jardim Brasil) and taken to the National Institute for Research in the Amazon (INPA). The fruits were evaluated for biometry (height, length and weight) and proximate composition. Two experiments of 8 L were produced, one of them being the control without fruit and the other with the fruit, both with the same recipe and same process, with 22 °C in the fermentation and 0 °C in the maturation. The beers were evaluated regarding the variables of bioprocesses and physicochemical composition. The fruits had an average length of 8.75 cm, an average width of 5.16 cm and an average weight of 130.57 g, in addition to high humidity (90.05 g 100g⁻¹), low lipid content (1.75 g 100g⁻¹), low in protein (2.10 g 100g⁻¹) and carbohydrates (3.86 g 100g⁻¹). The process showed a cell yield (YX/S) of 0.13 g g⁻¹ and a specific cell growth rate (μ_X) of 0.002 g L⁻¹, in addition to a high fermentation efficiency of 82.69%. The American IPA with noni (*Morinda citrifolia*) showed a significant difference in relation to the control beer, lowering primitive extract values of 14.17 °P, which is lower than the control beer (14.82 °P). There was also a reduction in alcohol content from 7.29% v/v to 6.99% v/v and a significant increase in color values (4.77 to 5.76 EBC) and turbidity (33.8 to 128 EBC). An increase in the antioxidant activity of the beer with noni (*Morinda citrifolia*) was observed, where the percentage of inhibition of the DPPH• radical (IC₅₀) was 30.66, while that of the control beer was 32.7. With this, it can be concluded that the addition of noni (*Morinda citrifolia*) proved to be an alternative to produce American IPA beers, improving their physicochemical characteristics and increasing their antioxidant potential.

Keywords: Bioprocess, Beer, noni (*Morinda citrifolia*) (*Morinda citrifolia*).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição do número de cervejarias por município no Brasil a partir de círculos proporcionais.....	15
Figura 2: Malte em grãos.....	17
Figura 3: Lúpulo.....	18
Figura 4: Via metabólica da fermentação alcoólica em levedura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	19
Figura 5: Resumo do processo cervejeiro.....	21
Figura 6: Noni nos estágios verdes de maturação (A), pré-maturo (B) e maduro (C).....	28
Figura 7: Matérias-primas utilizadas na cerveja.....	36
Figura 8: Panela cervejeira de 20L da Brew Beer.....	36
Figura 9: Cerveja envasada em garrafas de vidro.....	37
Figura 10: Aparelho Beer Analyser.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros do estilo American IPA.....	26
Tabela 2: Propriedades físicas e composição química do fruto do noni.....	27
Tabela 3: Resumo dos principais compostos bioativos de noni.....	29
Tabela 4: Balanço de amargor e dulçor da cerveja conforme a relação BU:GU.....	43
Tabela 5: Características biométricas do noni	45
Tabela 6: Composição físico-química da polpa de noni	46
Tabela 7: Valores médios das respostas das variáveis de bioprocessos.....	48
Tabela 8: Características físico-químicas da cerveja controle e cerveja com noni	49
Tabela 9: Atividades Antioxidantes da cerveja controle e da cerveja com noni	52

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

°C	Grau Celsius
°P	Grau Plato
BJCP	Beer Judge Certification Program
CO ₂	Dióxido de Carbono
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
HCl	Ácido Clorídrico
IAL	Instituto Adolpho Lutz
IBU	International Bitterness Units Scale
IPA	Indian Pale Ale
kcal	Quilo caloria
L	Litro
m	Metro
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
m/m	Massa/Massa
mg	Miligrama
mL	Mililitro
NaOH	Hidróxido de Sódio
nm	Nanômetro
O ₂	Oxigênio
OH	Grupo Hidroxila
pH	Potencial Hidrogeniônico
rpm	Rotações por minute
SST	Sólidos solúveis totais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	A Cerveja Artesanal	15
2.1.1	Matérias-Primas Cervejeiras	16
2.1.2	Processo de Fabricação da Cerveja	20
2.2	O Estilo American IPA	26
2.3	Noni (Morinda citrifolia) (<i>Morinda citrifolia</i> Linn)	27
3	MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1	Matérias-primas para elaboração da cerveja	30
3.2	Delineamento do experimento	30
3.3	Análises biométricas e de rendimento do fruto	30
3.4	Obtenção da polpa	31
3.5	Análises físico-químicas da polpa de fruta	31
3.5.1	Umidade	31
3.5.2	Cinzas	32
3.5.3	Lipídios	32
3.5.4	Fibra total	32
3.5.5	Proteínas.....	33
3.5.6	Carboidratos.....	34
3.5.7	Valor Energético	34
3.5.8	Potencial Hidrogeniônico (pH)	34
3.5.9	Acidez Total.....	34
3.5.10	Compostos fenólicos.....	35
3.5.11	Flavonoides e Antocianinas	35
3.6	Produção da Cerveja American IPA com Noni (<i>Morinda citrifolia</i>)	35
3.7	Análises das Variáveis de Bioprocessos	38
3.7.1	Fator de Rendimento de Produção de Etanol ($Y_{P/S}$).....	38
3.7.2	Fator de Rendimento de Células em Relação ao Substrato ($Y_{X/S}$)	39
3.7.3	Produtividade Volumétrica (Q_p).....	39

3.7.4	Taxa Específica de Crescimento Celular (μ_x).....	39
3.7.5	Eficiência Fermentativa (EF).....	40
3.8	Análises Físico-Químicas da Cerveja	40
3.8.1	Densidade Original, Densidade Final, Fermentabilidade e Teor Alcoólico.	
3.8.2	Amargor	41
3.8.3	Cor.....	41
3.8.4	Turvação em 24h.....	42
3.8.5	Potencial Hidrogeniônico (pH)	42
3.8.6	Acidez Total.....	43
3.8.7	Teor de Compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1.	Características Biométricas do Noni (Morinda citrifolia)	45
4.2.	Características Físico-químicas da Fruta Noni (Morinda citrifolia)	45
4.3	Variáveis de bioprocesso	48
4.4	Características físico-químicas da cerveja produzida com noni (Morinda citrifolia)	49
4.5	Composição de compostos fenólicos, flavonoides, antocianinas e potencial antioxidante da cerveja produzida com noni (Morinda citrifolia).....	52
5	CONCLUSÃO	54
	PERSPECTIVAS	55
	REFERÊNCIAS	56
	ANEXOS	61

1 INTRODUÇÃO

Por definição do Decreto Lei nº 9.902 de 2019, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a cerveja é uma 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. (BRASIL, 2021)

A proporção dessas matérias-primas, sua origem e a condução dos processos produtivos são essenciais para criação de diversos estilos de cervejas. Existem muitas categorias e estilos de cervejas artesanais, que são agrupados e definidos em guias de estilo, como o Beer Judge Certification Program (BJCP), conhecidos a nível mundial. Entre essas categorias a Indian Pale Ale (IPA) contém o estilo American IPA, que possui aroma e sabor intenso de lúpulo, bastante forte, rico, além de possuir a complexidade do malte, e elevado teor alcoólico (5,5-7,5%). Apesar de ser fortemente lupulada, esse aspecto é limpo, seco e sem aspereza, com a riqueza aromática dos lúpulos americanos. (BJCP, 2021)

As cervejarias artesanais, por empregarem menor escala produtiva, possibilitam a produção cervejas diferenciadas para os consumidores mais exigentes, com o cuidado na seleção da matéria-prima e possível adição de diferentes adjuntos como frutas, cereais, legumes, etc. A crescente atenção dos consumidores à saúde tem trazido diversos novos produtos para o mercado de alimentos e bebidas, no geral. O uso de frutas com atividades benéficas à saúde pode ser uma alternativa para criação de cervejas com potencial atividade funcional (MORADO, 2017).

Diversos estudos apontam que o noni (*Morinda citrifolia*) apresenta compostos com atividade antitumoral, além de efeitos antibacterianos, antioxidante, antifúngica, anti-helmíntica, analgésica, anti-inflamatória, hipotensora e imuno estimulante (NUALSANIT et al., 2012). Essas atividades estão relacionadas a concentração de compostos fenólicos, flavonoides e outros compostos que podem conferir benefício ao consumidor ao serem ingeridas, fazendo dessa fruta um adjunto de interesse para a produção de uma cerveja artesanal. (OLIVEIRA, 2014).

Portanto, o objetivo geral deste trabalho foi elaborar uma cerveja *American IPA* com noni e os objetivos específicos foram:

- Avaliar as características biométricas da fruta noni, para avaliar a variação quando comparada a frutas de outras regiões.
- Avaliar as características centesimais, físico-químicas e de compostos da fruta noni.
- Acompanhar as variáveis de bioprocessos em função da adição da polpa de fruta.
- Avaliar as características físico-químicas da cerveja produzida com polpa de noni.
- Avaliar a concentração de compostos fenólicos, flavonoides, antocianinas e potencial antioxidante da cerveja produzida com noni.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Cerveja Artesanal

A cerveja é a bebida alcoólica mais consumida no mundo, estando presente na alimentação humana desde 6000 a.C. e tem grande aceitação popular devido aos seus atributos sensoriais, junto com seus benefícios a saúde e diversidade de apresentação. (VENTURINI FILHO, 2016)

A produção de cerveja no Brasil apresenta uma tendência crescente nos últimos anos e, em 2020, alcançou-se a marca de 1383 cervejarias registradas, segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Em relação às cervejarias no país, a Figura 1 apresenta círculos proporcionais a densidade cervejeira, ou seja, relação entre habitantes e cervejaria, por município no Brasil. Nela pode ser notada uma concentração mais intensa nas regiões Sul e Sudeste, onde há uma forte tradição cervejeira. (BRASIL, 2021)

Figura 1: Distribuição da densidade cervejeira por município no Brasil a partir de círculos proporcionais.



Fonte: BRASIL (2021)

2.2. Matérias-Primas Cervejeiras

Segundo o decreto n° 9.902 de 8 julho de 2019, cerveja é o produto resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de malte de cevada ou de extrato de malte, submetido a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo. De acordo com o decreto, uma parte da cevada maltada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro, como milho, arroz, cevada não malteada, sorgo (BRASIL, 2019a). Os grãos de cevada passam pelo processo de malteação, a fim de produzir as enzimas diastásicas, responsáveis pela conversão do amido (não fermentável) em açúcares de baixo peso molecular (fermentáveis); nessas condições, o grão de cevada passa a ser chamado de malte. (SAKAMAKA et al., 2016)

O artigo 13, da Instrução Normativa n. 65, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), estabelece as matérias-primas obrigatórias na produção de cervejas. São obrigatórias a água potável, o malte de cevada ou seu extrato e lúpulo ou seu extrato. No artigo 14 ficam determinados como opcionais as matérias-primas como adjunto cervejeiro, outros ingredientes de origem animal e vegetal, leveduras e outros microrganismos. A partir dessas informações podem ser desenhadas diversas receitas de cervejas de diferentes estilos. (BRASIL, 2019b)

2.2.1. Água

A água é vista como elemento essencial para a produção da cerveja. Representa cerca de 90% da constituição do peso da cerveja e suas características físico-químicas e sensoriais são de fundamental importância para se obter uma cerveja com excelente qualidade. Portanto, antes de sua utilização, a mesma deve ser submetida a análises físico-químicas e sensoriais destacando os parâmetros de pH, dureza, turbidez, cor, além de isenção de aromas, odores e sabores. (JÚNIOR; DE BARROS, 2020)

2.2.2. Malte de Cevada

A cevada é uma planta da família das gramíneas e é nativa de climas temperados. Após a colheita, os grãos de cevada são enviados para as maltarias, onde são recebidos, avaliados e submetidos à maceração, germinação controlada e torrefação. O malte, portanto, é o grão germinado e seco. Maltear significa quebrar a dormência do embrião, sendo considerado um processo no qual se obtém a degradação do endosperma dos grãos de cevada, além da produção e acumulação de enzimas deste. (SOUSA et al., 2020)

Podem ser malteados grãos como a cevada, o arroz, o trigo, o centeio. De acordo com a legislação brasileira, o malte de cevada pode ser chamado apenas de malte e o malte de outros cereais devem ser chamados de malte seguido do nome do cereal malteado, como o malte de trigo. (BRASIL, 2019b)

A cevada quando maltada, possui um teor elevado de enzimas que ajudam no processo de fabricação do mosto cervejeiro, além de conter proteínas que proporcionam a estabilidade da espuma, o corpo e a constância coloidal da cerveja. O malte de cevada, apresentado na Figura 2, possui teor de lipídios relativamente baixo, o que é vantajoso para a estabilidade de sabor da bebida. (SOUSA et al., 2020)

Figura 2: Malte em grãos



Fonte: Própria (2022).

2.2.3. Lúpulo

O *Humulus lupulus*, conhecido popularmente como lúpulo, é uma planta trepadeira pertencente à família da *Moracea* e originária de zonas temperadas. É uma planta dioica, que quer dizer que produz flores masculinas e femininas. Na produção de cerveja utilizam-se somente as flores femininas, que contêm a substância lupulina quando fecundadas. A lupulina confere o amargor e alguns aromas à cerveja, além de propriedades conservantes. (DODDS, 2017)

Os lúpulos, Figura 3, podem ser classificados em lúpulos de aroma, amargor e mistos, estando relacionado à concentração de α -ácidos, β -ácidos e resinas. Ao contrário do malte, o lúpulo não altera o teor alcoólico, nem o corpo da cerveja, seu efeito é sobre o amargor, aroma e sabor. Os Estados Unidos da América e a Alemanha são os maiores produtores de lúpulo do mundo. Na safra de 2017 esses países colheram 75% do total da produção mundial, ou seja, 83.000 toneladas das 109.254 toneladas de lúpulo produzido mundialmente. (MORADO, 2017)

Figura 3: Inflorescência de lúpulo antes do processo de peletização.



Fonte: Própria (2022).

2.2.4. Levedura

Os fermentos cervejeiros comumente utilizados para a produção de cervejas são leveduras do gênero *Saccharomyces*, com cepas de baixa fermentação (10°C a 16°C) e alta fermentação (18°C a 25°C), correspondendo a cervejas Ales e Lagers, respectivamente. As

leveduras são microrganismos eucarióticos, predominantemente unicelulares, pertencentes ao Reino Fungi. Possuem habilidade de metabolizar eficientemente os constituintes do mosto, como mostra a Figura 4. Na equação 1, apresenta-se a equação simplificada da fermentação alcóolica que ocorre com a ação da levedura. O mosto cervejeiro é um caldo resultante da mistura fervida de malte e água, rico em açúcares fermentáveis. As leveduras podem ser empregadas na produção de cervejas, vinhos, hidroméis e outras bebidas alcoólicas fermentadas (KARABIN et al., 2018).

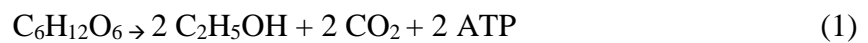
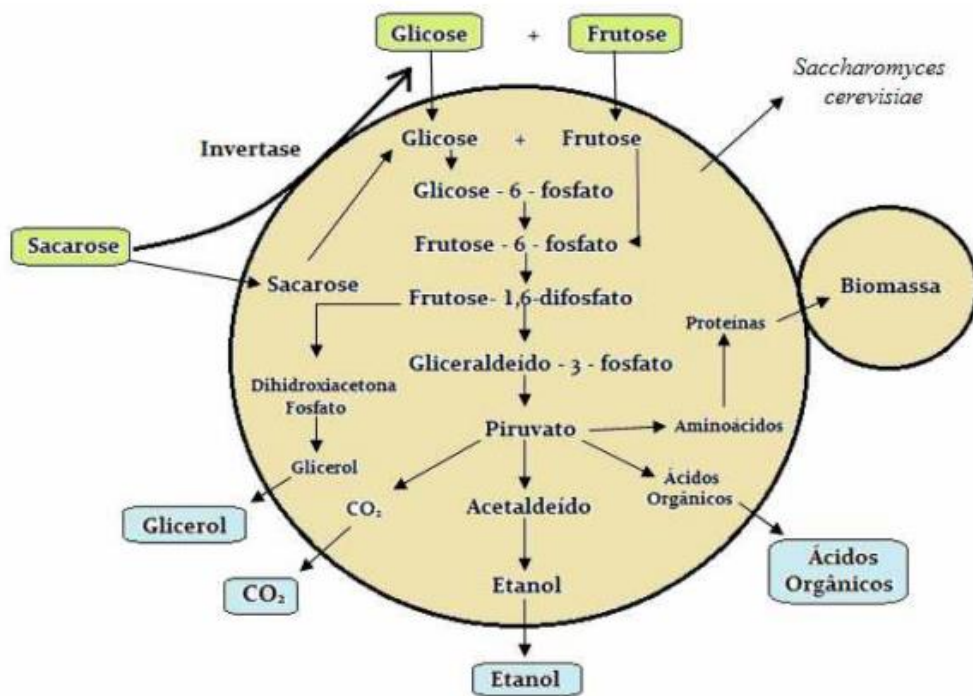


Figura 4: Via metabólica da fermentação alcóolica em levedura *Saccharomyces cerevisiae*.



Fonte: Badino et al. (2018), adaptado.

2.2.5. Adjuntos Cervejeiros

Os adjuntos cervejeiros são matérias-primas formadas por carboidratos não maltados, com composição e propriedades que complementam ou suplementam, de forma benéfica, o malte de cevada (BANDINELLI, 2015). Os adjuntos mais comuns são o milho, arroz e a aveia, algumas receitas de cervejas de trigo, estilo Weiss ou Weizenbier e, até mesmo, Witbier, podem ser produzidas utilizando trigo não mateado (MAFRA, 2018).

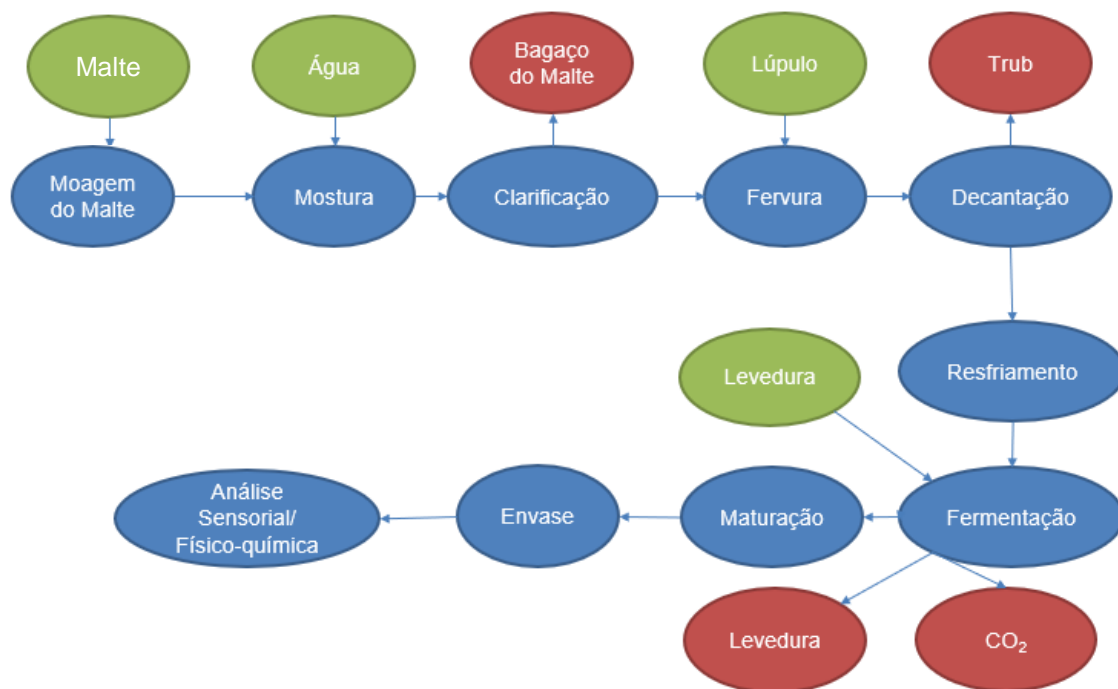
Adjuntos cervejeiros são autorizados por lei no Brasil e, atualmente, seu uso é regulamentado pelo artigo 9, da Instrução Normativa n. 65, do MAPA (BRASIL, 2019b). A quantidade máxima para a cerveja não ter a referência do adjunto no seu rótulo é de 45% em relação ao extrato primitivo de malte de cevada. Quando excede 45% a cerveja deve receber o nome de “cerveja de [nome adjunto utilizado]”, exemplo cerveja de trigo, não podendo ultrapassar 80%. (GUIMARÃES, 2020)

Na literatura há estudos sobre a utilização de frutas como adjunto cervejeiro para incremento de aromas, sabores e até mesmo para conferir propriedades funcionais para o consumidor. Pimentel et al. (2019) utilizaram camu-camu (*Myrciaria dúbia*) como adjunto na produção de uma cerveja de estilo Witbier para agregar vitamina C à cerveja. Obteve-se uma concentração de 15,8mg 100mL⁻¹ e, sabendo que a quantidade diária mínima necessária de vitamina C para o homem é de 90 mg, conclui-se que 600mL da cerveja produzida era suficiente para gerar benefícios ao corpo humano. Dada às propriedades do noni, este estudo visa identificar essa potencialidade na cerveja do estilo American IPA.

2.3 Processo de Fabricação da Cerveja

O fluxograma do processo produtivo básico da cerveja pode ser visto na Figura 5. Em verde estão identificadas as matérias-primas e em vermelho os subprodutos eliminados da produção. As etapas abordadas nesta seção consistem na moagem, mostura, clarificação, fervura, resfriamento, fermentação, maturação e envase.

Figura 5: Resumo do processo cervejeiro



Fonte: Própria (2022).

2.3.1. Moagem

Para iniciar o processo de produção de cerveja, o malte deve ser submetido a moagem. Os objetivos desta moagem são aumentar a área superficial do grão para entrar em contato com a água, possibilitando a dissolução do amido; atuação enzimática; separação das cascas, para serem utilizadas como material filtrante e, com isso, aumentar o rendimento e a clarificação do mosto. Existem certos fatores que influenciam no comportamento da moagem do malte, tais como dureza do grão, tipo de moagem, se seca, úmida ou condicionada e tipo de moinhos utilizados, se moinho de rolos, de placas ou moinho martelo (OLIVER; MENDES, 2020). O processo seguinte é a mistura do grão moído com água, na etapa de mostura.

2.3.2. Mosturação

A mosturação é o processo em que o mosto é preparado. O preparo do mosto consiste em hidratar os grãos moídos com água, que através de um controle de temperaturas ativa as enzimas do grão. As principais enzimas são as amilases e peptidases, sendo responsáveis pela conversão do amido em açúcares fermentescíveis, e de proteínas em peptídeos e, até mesmo, aminoácidos. A degradação do amido ocorre em três etapas: gelatinização, liquefação e sacarificação. (MOSHER, 2018)

Gelatinização é o nome dado para o processo de solubilização das moléculas de amido em água. Na etapa da liquefação há absorção de água pelo amido e o processo é controlado pela enzima α -amilase, para melhorar a eficiência desse processo a gelatinização é indispensável. Os produtos desse processo são os açúcares de baixo peso molecular como a glicose, maltose, maltotriose, açúcares que serão utilizados na fermentação pelas leveduras (BUSCH, 2019). Após a sacarificação, o processo entra em *mash out* – saída da mostura – elevando a temperatura do mosto a 77°C antes da filtração, por cerca de 10 minutos, ou em caso de panelas *single vessel* a elevação ocorre após a remoção do cesto de grãos. (MOSHER, 2018)

2.3.4. Filtração do Mosto

A filtração do mosto é um processo de separação líquido-sólido. O principal objetivo é separar os açúcares e outros nutrientes provenientes do malte, que serão obtidos através do processo de mosturação, dos componentes insolúveis presentes no mosto, como as cascas dos grãos. Este processo geralmente é realizado em uma tina filtro ou em filtro prensa. O processo de clarificação pode ser dividido em 4 etapas, são elas: formação do leito filtrante, recirculação, filtração e lavagem. (MIOTTO et al., 2021)

Na formação do leito filtrante, ocorre o assentamento da cama de grãos e, então, é realizada a recirculação do mosto cervejeiro por ela. Esta etapa é necessária para a retenção de partículas em suspensão como proteínas de alto peso molecular e resíduos de grãos, a recirculação então impede que estas impurezas cheguem à tina de fervura. Após essa etapa inicia-se a filtração diretamente para a panela de fervura, configurando o mosto primário (AZEVEDO; SOUZA, 2021).

Durante a filtração do mosto primário e antes que o bagaço de malte seja visível deve ser adicionada a água de lavagem do bagaço. O objetivo desta etapa é extrair o máximo possível de açúcares dos grãos sem extrair taninos das cascas, já que estes causam um sabor desagradável no produto final. Para tal, a cama de grãos é lavada com água quente, porém não excedendo 80°C. O mosto resultante da lavagem do bagaço com água quente é conhecido como mosto secundário que se junta ao mosto primário na tina de fervura. (AZEVEDO; SOUZA, 2021)

2.3.5. Fervura e Decantação do Mosto

A fervura do mosto é fundamental para a qualidade da cerveja e consiste na penúltima etapa quente do processo. Dentre as várias funções da fervura, uma delas é a de esterilizar o mosto que passou por diversas etapas de manipulação e transferência, eliminando contaminações indesejadas que podem interferir ou estragar a cerveja. Outra função muito apreciada pelos cervejeiros e consumidores é de agir na extração dos compostos de amargor do lúpulo quando adicionados no início da fervura e os compostos aromáticos em adições tardias. (PALUDO, 2019)

Pode-se destacar também o fato de auxiliar na coagulação de proteínas e taninos para formação do *trub* e evaporação de compostos voláteis indesejáveis como o dimetilsulfeto (DMS). A eliminação de vapor aumenta a concentração dos açúcares no mosto. Esta etapa tem uma duração de 60 a 90 minutos e evapora até 10% do volume inicial. (MORADO, 2017)

Após a fervura do mosto sucede-se a separação do *trub* – aglutinado proteico e de sólidos residuais – por um processo chamado *whirlpool* ou decantação. Nesta etapa, o mosto é agitado com auxílio da força centrípeta para acumular o *trub* ao centro do tanque. Após a decantação o mosto é resfriado com auxílio de um trocador de calor, sendo totalmente separado do *trub*. Se não ocorresse a separação, a cerveja apresentaria características desagradáveis como aspecto sensorial desagradável, desestabilização da espuma e a levedura teria dificuldade de fermentar o mosto, uma vez que o *trub* tende a aderir a parede do microrganismo. (PALUDO, 2019)

2.3.6. Resfriamento e Aeração

O resfriamento tem como objetivo reduzir a temperatura do mosto, que está próxima dos 100°C, para causar choque térmico e para ser adicionado de leveduras. O mecanismo de resfriamento mais utilizado nas cervejarias é trocador de calor de placas verticais, pois apresentam alta eficiência e fácil manuseio para limpeza. A operação de resfriamento do mosto gera para as cervejarias um grande volume de água quente, que pode ser usada no processo de lavagem do bagaço ou esterilização de equipamentos em linhas de processo. Nessa etapa o mosto é aerado. (MORADO, 2017)

A aeração do mosto é essencial para o crescimento das leveduras que é realizado através do metabolismo oxidativo (respiração). Nas cervejarias a aeração é realizada com adição de ar estéril ou oxigênio na linha de resfriamento, logo após os trocadores de calor. Em seguida, o fermento é inoculado para condução da fermentação. O oxigênio fornecido na aeração é consumido pela levedura no início do processo fermentativo, na fase aeróbica do processo. Nesta fase o oxigênio é utilizado para produzir ácidos carboxílicos insaturados e esteróis que são essenciais para a síntese da membrana celular e, conseqüentemente, para o crescimento e multiplicação celular. Após o consumo do oxigênio as leveduras entram em rota de fermentação anaeróbica. (VENTURINI FILHO, 2016)

2.3.7. Fermentação

O mosto então resfriado e aerado é transferido para os tanques de fermentação para ser inoculado com as leveduras. Assim, as leveduras convertem os açúcares presentes em etanol, gás carbônico (CO₂), energia e outros metabólitos secundários. Esses metabólitos ou subprodutos têm um efeito considerável sobre o perfil do aroma e sabor da cerveja. Os teores desses subprodutos variam com os padrões de crescimento celular que são influenciados pelas condições de processo. Com isso, as condições de fermentação, tais como concentração e composição do mosto, temperatura e duração do processo fermentativo sobre as características organolépticas da cerveja têm sido objetivo de estudo de vários pesquisadores. (DORETTO et al., 2018)

A fermentação confere à bebida seu teor alcoólico, corpo, carbonatação, além de aromas e sabores. O tempo de fermentação varia de acordo com a cepa de levedura,

condições de processo, receita e estilo de cerveja. Depois de realizado este processo a cerveja deve ser maturada para melhorar sua qualidade, eliminando compostos voláteis indesejáveis e realizando sua carbonatação natural. (FERREIRA; BENKA, 2014)

2.3.8. Maturação

Maturação é processo que sucede a fermentação, geralmente em temperaturas mais baixas do que este processo. A maturação da cerveja pode ocorrer em temperaturas elevadas, quando próxima de 12°C, ou a frio, quando é conduzida próxima a 0°C. Inicia-se a clarificação da cerveja mediante a remoção, por sedimentação, das células de levedura suspensas, de material amorfo e de componentes que causam turbidez a frio na bebida. A maturação estabiliza e modifica compostos responsáveis pelo aroma e sabor da cerveja, reduzindo a concentração acetaldeído e ácido sulfídrico, bem como o aumentando do teor de ésteres. (ROSA; AFONSO, 2015)

Após a maturação, a cerveja pode necessitar de outros processos antes do envase. Entre esses processos pode-se citar: carbonatação, modificação de aroma e sabor, padronização da cor, estabilização contra turvação, clarificação e estabilização microbiológica. Os mais importantes e mais utilizados na indústria de médio e grande porte são a filtração, carbonatação e blindagem. (MORADO, 2017)

2.3.9. Envase e Carbonatação

Após passar por todos os processos, a cerveja chega na etapa de envase. O envase da cerveja normalmente é realizado utilizando-se latas, garrafas ou barris, podendo essas embalagens serem produzidas com alumínio, vidro ou inox. Industrialmente, a cerveja envasada em latas e garrafas passa por um processo de pausterização. A pausterização consiste no aquecimento da cerveja a 60°C por cerca de 15 minutos, seguido do resfriamento à temperatura ambiente. Após a pasteurização a cerveja é embalada em embalagem secundárias, depois é armazenada e distribuída para venda. (ROSA; AFONSO, 2015)

Os estilos de cerveja variam em intensidade de suas características. Podem ser mais leves em aroma e sabor como as popularizadas *American Lager* e a *German Pils* ou podem

ter teor alcoólico mais elevado como a IPA. Podem ser escuras como a *Porter e Stout*. E ainda, podem apresentar considerável amargor como a *American IPA*. (BJCP, 2021)

2.4. O Estilo American IPA

As cervejas são agrupadas em 4 famílias, sendo elas: ale, lager, fermentação espontânea e híbrida. As cervejas ales são cervejas de alta fermentação, fermentam em temperaturas próximas a 20°C sendo alguns exemplos os estilos *Pale Ale, Brown Ale, Stout, Bitter, Porter, Barley Wine* e a *American IPA*. Estas cervejas apresentam complexidade de aromas e sabores quando comparadas às cervejas lagers. (MORADO, 2017)

Inspirada no estilo britânico Indian Pale Ale (IPA), a *American IPA* é uma cerveja com amargor intenso, notas leves de malte camarelo, elevado teor alcoólico, como mostrada na Tabela 1, além de apresentar características cítricas dos lúpulos americanos. Este estilo de cerveja é bem apreciado por consumidores que tem o hábito de consumir cervejas amargas, são uma excelente opção para harmonização com churrasco e carnes com crostas caramelizadas. (BJCP, 2021)

A intensidade dos aromas e sabores dos lúpulos, neste estilo de cerveja, sobressai as características de muitas matérias-primas que podem ser adicionadas a este estilo. Com isso, o uso de frutas com aroma e sabor pouco apreciáveis, porém que possam contribuir com aspectos de funcionalidade ou nutricionais da bebida é uma excelente configuração de receita.

Tabela 1: Características do estilo *American IPA*, segundo o guia BJCP.

Parâmetro	Escala
Amargor (IBU)	40-70
Cor (EBC)	11,8-27,5
Densidade Original (OG)	1,056-1,070
Densidade Final (FG)	1,008-1,014
Teor Alcoólico (% v/v)	5,5-7,5

Fonte: BJCP (2021).

2.5. Noni (*Morinda citrifolia* Linn)

O noni é uma espécie de fruta nativa desde o sudeste da Ásia à Austrália e é cultivada na Polinésia, Índia, Caribe, América do Sul e Central. O noni é uma planta medicinal e suas características estão apresentadas na Tabela 2. A fruta vem sendo utilizada há mais de dois mil anos pelas suas propriedades funcionais na medicina popular, em especial na região da Polinésia. Muitos desses países não possuem registro exato do momento da sua introdução na agricultura local (WEST, DENG & JENSEN, 2011).

Tabela 2: Propriedades físicas e composição química do fruto do noni.

Propriedades e Composição	Nascimento et al. (2018)	Faria et al. (2014)	Da Silva et al. (2012)	Chunhieng (2003)
pH	3,95	3,45 a 4,00	4,31	3,72
Total Sólidos solúveis (°Brix)	8,17	9,00 a 9,20	15,2	8,00
Cinzas (g 100g ⁻¹)	0,82	0,66 a 1,34	0,79 a 0,82	–
Proteínas (g 100g ⁻¹)	4,20	2,36 a 2,50	2,46 a 3,00	2,5
Glicose (g 100g ⁻¹)	–	–	–	3,0 a 4,0
Frutose (g 100g ⁻¹)	–	–	–	3,0 a 4,0
Potássio (mg 100g ⁻¹)	–	3,900 a 5,012	–	3.900
Sódio (mg 100g ⁻¹)	55,83	19,76	–	21,4
Total acidez titulável (%)	0,54	3,20 a 6,82	6,76 a 7,08	–
Total fibras (g 100g ⁻¹)	2,40	1,00	–	–
Vitamina C (mg 100g ⁻¹)	0,117	0,44	–	0,25

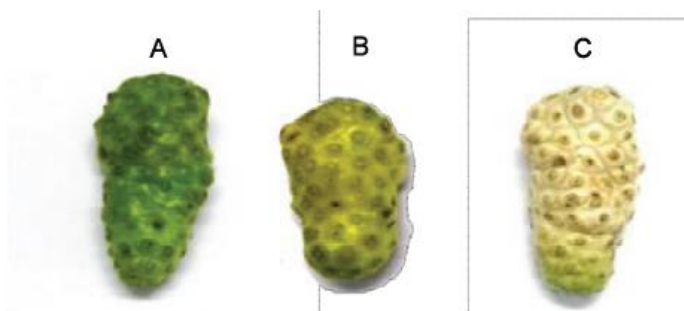
Fonte: Almeida et al. (2019), adaptado.

As plantas de noni produzem frutos ao longo do ano, reduzindo em quantidade no período de inverno. Sua formação ocorre entre nove meses e um ano após o plantio. As frutas do noni (*Morinda citrifolia*) medem entre 3 e 10 cm de comprimento por até 6 cm de largura. Sua aparência é oval e carnuda, com numerosas drupas pequenas ou “botões” marrom-avermelhados formando uma superfície áspera. A fruta é leve de cor verde quando não maduro e branco amarelado quando maduro, como mostra a Figura 6 e é macia, carnuda por dentro, com polpa gelatinosa de branco amarelado matiz dependendo do estágio de maturação (SÁTIRO et al., 2018).

No Brasil não há relatos de sua introdução, contudo, sua utilização é comum sendo facilitada pelo clima, com condições favoráveis para seu plantio e cultura. A ingestão do noni cru ou suco ainda é pouco utilizada, não sendo encontrado como ingrediente de nenhum produto no mercado brasileiro (LEMES et al., 2020). Seu uso é feito de forma popular com o objetivo de obter benefícios à saúde.

De forma geral, o uso medicinal do noni já é reportado. A produção de extrato a partir da folha, caule e raiz é realizada com álcoois como metanol e etanol, dos frutos com extratos de metanol/acetona e hidroalcolico (CANUTO et al., 2010). Segundo Torres et al. (2017), o benefício da planta é obtido pelo processo de maceração e/ou de cocção e esta possui atividade antibacteriana, antioxidante, antifúngica, antitumoral, anti-helmíntica, analgésica, anti-inflamatória, hipotensora e imunoestimulante. Por esses motivos, o noni é uma planta de grande interesse na indústria alimentícia, farmacêutica e de cosméticos.

Figura 6: Noni nos estágios verdes de maturação (A), pré-maturo (B) e maduro (C).



Fonte: Sátiro et al. (2018).

Já foi relatado que noni tem uma ampla gama de benefícios à saúde apresentando substâncias que agem no combate ao câncer, infecção, diabetes, asma, tosse, hipertensão, dores, úlceras, feridas, hemorroidas e artrite reumatoide. Na Tabela 3 são apresentadas as composições de compostos flavonoides e carotenoides do noni. O uso do noni como ingrediente de produtos alimentícios pode conferir aos alimentos propriedades nutracêuticas e/ou farmacológicas. O uso na cerveja configura uma possibilidade de atribuir à essa bebida efeito protetor aos consumidores (WANG et al., 2002).

Tabela 3: Resumo dos principais compostos bioativos de noni.

Classificação Bioquímica	Composto Bioativo	Estrutura Vegetal	Quantidade (mg g ⁻¹)	Atividade Biológica
Antraquinonas	Damnacanthal	Folhas	–	Antitumoral e anticâncer
Antraquinonas	Nordamnacanthal	Tronco	–	Antitumoral
Carotenoides	β-Carotene	Folhas	12,4	Citotóxico, antioxidante e antiviral
Cumarinas	Scopoletin	Folhas	-	Anticâncer
Ácidos graxos	Ácido caprílico	Fruto	–	Antimicrobica
Ácidos graxos	Ácido láurico	Semente	4,9 a 12,5	Imunoestimulante, citotóxico
Ácidos graxos	Ácido linoleico	Semente	36,6 – 39,4	Anti-inflamatório
Ácidos graxos	Ácido oleico	Semente	19,58 – 21,82	Anticâncer, hipotensor
Ácidos graxos	Palmito leic acid	Semente	3,5 a 10,9	Imunoestimulante
Ácidos graxos	Ácido esteárico	Semente	20,1 – 22,9	Imunoestimulante
Flavonoides	Kaempferol	Folhas	1,33	antioxidante
Flavonoides	Rutin	Fruto	2,75	antioxidante, antiviral, anti-inflamatório
Flavonoides		Folhas	–	Anticâncer
Flavonoides	Narcissoside	Fruto	–	antioxidante
Flavonoides	Quercetin	Fruto	1,59	Anti-inflamatório, antioxidante
Flavonoides	Quercetin-3-O-β-D-glucopyranoside	Folhas	–	Anti-inflamatório, antioxidante
Flavonoides	Quercetin-3-O-α-L-rhamnopyranosyl-(1→6)-β-D-glucopyranoside	Folhas	–	Anti-inflamatório, antioxidante, anticâncer
Iridoides	Deacetylasperulosidicacid	Fruto	137,71	Antitumoral
Iridoides	Asperuloside	Folhas	–	Antiobesidade
Lignana	AmericaninA	Fruto	–	antioxidante

Fonte: Almeida et al. (2019), adaptado.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Delineamento do experimento fermentativo

Foram realizadas 2 fermentações de 8L, cada. A primeira fermentação foi o controle e não houve adição da polpa de fruta. Na segunda fermentação foram adicionados 10 g/L de polpa de noni na etapa de maturação. A adição de fruta ocorreu na etapa de maturação para que a fervura não danificasse os compostos do noni. A fruta não foi adicionada durante a fermentação para evitar que os compostos alterassem a rota metabólica da levedura na produção da cerveja. As cervejas receberam a mesma dosagem das demais matérias-primas, sendo estudada a influência do noni na qualidade da cerveja.

O processo de fermentação e maturação seguiram nas mesmas condições. A fermentação ocorreu a 22 °C por 144 horas e a maturação a 0°C por 21 dias. Ao término do processo as cervejas foram carbonatadas e envasadas em garrafas de vidro. Após esta etapa as bebidas foram avaliadas quanto as características físico-químicas e de variáveis de bioprocessos.

3.2. Matérias-primas para elaboração da cerveja

O malte Pilsen agrária, o malte Swaen Vienna, o lúpulo Idaho – Barth HAAS e a levedura Fermentis SafAle BE 256 foram adquiridos na loja Manaus Brew Shop, localizada na cidade de Manaus. O noni foi adquirido no conjunto Jardim Brasil, também localizado na cidade de Manaus. As matérias-primas foram levadas ao Laboratório de Alimentos e Nutrição (LAN), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

3.3. Análises biométricas e de rendimento do fruto

Os frutos do noni foram analisados quanto à altura e ao diâmetro com auxílio de um paquímetro. O peso do fruto foi avaliado com auxílio de uma balança digital SF-400. O peso da polpa foi dividido pelo peso do fruto para a avaliação do rendimento, conforme mostra a Equação 2.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Peso da Polpa}}{\text{Peso do Fruto}} * 100 \quad (2)$$

3.4. Obtenção da polpa

As frutas foram lavadas com água corrente, sanitizadas com solução de 2% de hipoclorito de sódio, novamente enxaguadas e secas em temperatura ambiente por 6 horas. Em seguida, foram cortadas com auxílio de uma faca devidamente limpa e sanitizada com álcool 70% v v⁻¹, colocadas em sacos plásticos de 1 kg e branqueadas a 100°C por 10 minutos, seguida de resfriamento em banho com água e gelo, por 30 minutos. Depois foram usadas na fase de maturação da cerveja.

3.5. Análises físico-químicas da polpa de fruta

A polpa da fruta foi submetida à análises físico-químicas, conforme descrito, abaixo:

3.5.1. Umidade

A análise de umidade foi realizada por gravimetria de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolpho Lutz – IAL (2008). A análise foi realizada pesando-se um grama de amostra em cápsulas de alumínio previamente secas e pesadas. Em seguida, as cápsulas contendo amostra foram colocadas em estufa, com circulação de ar forçada do modelo 320E da marca FANEM, a 105°C até peso constante. Os resultados obtidos foram expressos em percentual de matéria integral, conforme as equações 3 e 4.

$$MS = ((Pmf - Pms) / Pmf) * 100 \quad (3)$$

$$U = 100 \% - MS \quad (4)$$

Onde:

- MS = Matéria seca (%)
- U = Umidade (%)
- Pmf = Peso do extrato (g)
- Pms = Peso do extrato desidratado (g)

3.5.2. Cinzas

O teor de cinzas foi determinado por gravimetria, de acordo com IAL (2008). Dois gramas de amostra foram pesados, em cadinho previamente calcinado e com peso conhecido. A amostra foi incinerada em mufla, modelo Hotspt da marca Gallenkamp, a 550 °C, resfriada em dessecador e novamente submetida à pesagem. Os resultados foram expressos em percentual de cinza, de acordo com a equação 5.

$$C = (P/A).100 \quad (5)$$

Onde:

- C = Cinzas (%)
- P = Peso da amostra final (g)
- A = Peso da amostra inicial (g)

3.5.3. Lipídios

O teor de lipídios foi determinado por gravimetria, de acordo com os métodos do IAL (2008). Duas gramas de amostra de extrato da polpa de fruta foram transferidos para um cartucho de papel filtro previamente pesado. Em seguida, o cartucho foi posicionado no aparelho Soxhlet para extração dos lipídios com hexano PA. O processo foi realizado por 6 horas. A amostra de hexano foi recuperada em uma frasco e o balão contendo a amostra foi seco em estufa a 105 °C até peso constante. O resultado foi expresso em percentual de lipídio, calculado pela equação 6.

$$L = (P/A).100 \quad (6)$$

Onde:

- L = Lipídios (%)
- P = Peso da amostra final (g)
- A = Peso da amostra inicial (g)

3.5.4. Fibra Total

O teor de fibra total foi determinado por gravimetria, conforme descrição do IAL (2008). Uma amostra de 0,5 g de extrato seco e desengordurado proveniente da etapa 3.5.3 foi tratada com ácido e base e, em seguida, filtrada em cadinho de Gooch com auxílio de

bomba a vácuo. A amostra foi submetida a sucessivas lavagens, com água destilada a temperatura de $80\pm 1^{\circ}\text{C}$, até a neutralidade da amostra, determinada através do seu valor de pH. Após esta etapa a amostra foi colocada na estufa, com circulação de ar forçada, à temperatura de 105°C , até peso constante. O resultado foi expresso em percentual de fibra total, conforme equação 7.

$$F = (P/A).100 \quad (7)$$

Onde:

- F = Fibras (%)
- P = Peso da amostra final (g)
- A = Peso da amostra inicial (g)

3.5.5. Proteínas

O teor de proteínas foi determinado a partir da matéria seca, pelo método Micro-Kjeldahl, modelo TE035/1 da marca Tecna, segundo metodologia do IAL (2008). Foram pesados 0,5 g da amostra em papel vegetal, que foi depositado em um tubo de ensaio próprio para elevadas temperaturas. Foram adicionados 5 mL de ácido sulfúrico concentrado, 300 mg de sulfato de potássio e 300 mg de sulfato de cobre. Os tubos foram posicionados em um bloco digestor até total digestão, observada pela coloração esverdeada translúcida da amostra. Neste processo, a temperatura inicial foi de 50°C , sendo elevada até 350°C .

Em seguida, foi realizada a destilação em aparelho Kjeldahl com o uso de 20 mL de NaOH 50% m/v e fenolftaleína. O material destilado foi coletado (cerca de 50 mL) em um Erlenmeyer contendo 15 mL de ácido bórico 0,033 M e 3 gotas da solução indicadora de vermelho de metila 1 % e submetido a titulação com HCl 0,02 mol/L. Os resultados foram expressos em percentual de proteína total, calculados pela equação 8.

$$Pt = (Vg \cdot M_{\text{HCl}} \cdot 14 \cdot F \cdot 100) / P \quad (8)$$

Onde:

- Pt = Proteínas (%)
- V_g = Volume gasto de HCl na titulação (g)
- M_{HCl} = Peso da amostra inicial (g)
- F = Fator de correção do ácido
- P = Peso da amostra (g)

3.5.6. Carboidratos

A leitura dos carboidratos foi realizada de acordo com IAL (2008). O resultado foi calculado por diferença a partir da soma dos resultados de cinzas, fibras, lipídios, proteínas e umidade, subtraídos de 100. O resultado foi expresso em percentual.

3.5.7. Valor Energético

A metodologia seguida para determinação do valor energético foi a descrita por De Angelis (1977). O valor calórico foi calculado utilizando-se os seguintes fatores de conversão de Atwater: 9 kcal por um g de lipídios, 4 kcal por g de proteínas e 4 kcal por g de carboidratos. Os resultados foram expressos em kcal.100g⁻¹ de matéria integral.

3.5.8. Potencial Hidrogeniônico (pH)

As análises do potencial hidrogeniônico da polpa de noni foram realizadas por leitura direta em pHmetro, modelo 0400 AS da maraca Quimis, conforme a metodologia descrita pelo IAL (2008).

3.5.9. Acidez Total

A acidez total foi baseada na avaliação da amostra titulada com hidróxido de sódio 0,1 M. O resultado foi expresso em meq L⁻¹, e calculado pela equação 9 (IAL, 2008):

$$AT = (n.N.Eq)/(10.V) \quad (9)$$

Onde:

- AT: Acidez Total da amostra (meq L⁻¹)
- n: volume (mL) de solução de hidróxido de sódio gasto na titulação.
- N: normalidade da solução de hidróxido de sódio.
- V: volume (mL) da amostra.

3.5.10. Compostos Fenólicos

A extração de compostos fenólicos foi realizada com metanol 80% a partir de 5g da amostra que foi deixado em *overnight*. A quantificação foi realizada através da mistura com 400 µL de amostra desta extração, 400 uL de solução de *Folin cicateou* e 3,2 mL de água destilada. Após repouso de 5 minutos foram adicionados 4mL de carbonato de sódio e o balão foi avolumado para 10 mL. Após repouso de 90 minutos a amostra foi lida em espectrofotômetro (DM ESPEC 2, Digitalmed) a 750 nm, conforme metodologia de Singleton e Rossi (1965).

3.5.11. Flavonoides e Antocianinas

A extração da amostra foi realizada pesando-se 1g de amostra que foi diluída em 4mL de solução 85/15 de etanol 96% e HCL 0,1 N e deixando em *overnight* no escuro. Em seguida, a amostra foi filtrada em papel filtro e avolumada para 100 mL com a solução 85/15. A amostra foi centrifugada a 3000 rpm por 15 minutos para avaliação de antocianina e flavonoide. Para leitura de antocianina a amostra foi lida em espectrofotômetro a 515 nm, a leitura de flavonoides foi realizada a 374 nm (ZHISEN; MENGCHENG; JIANMING, 1999).

3.6. Produção da Cerveja American IPA com noni (*Morinda citrifolia*).

Para a elaboração da receita da cerveja foi utilizado o software cervejeiro Brewfather (Anexo A). Água foi corrigida quanto ao seu teor de sais (carbonato de cálcio, sulfato de cálcio, cloreto de cálcio e sulfato de magnésio) de acordo com as necessidades do estilo American IPA, utilizando 0,6 g bicarbonato de sódio, 2,6 g cloreto de cálcio, 3,6 g de sulfato de magnésio, 7,2 g de sulfato de cálcio e 0,6 g carbonato de cálcio. O malte foi comprado já

moído e adicionado de 17,6 L de água para condução da mostura e 8,79 L na água de lavagem, totalizando 26, 39 L.

Para a fabricação da cerveja foram utilizados 3,5 kg de Malte Pilsen Agrária, 1 kg de Malte Swaen Vienna, 50 g de lúpulo Idaho-Barth HAAS, 11,5 g de levedura SafAle BE-256. Também foram utilizados 500 g de açúcar comum e 200 mL de xarope de guaraná, como mostra a Figura 7, além de 10 g L⁻¹ de polpa de frutas do noni na etapa de maturação.

Figura 7: Matérias-primas utilizadas na cerveja



Fonte: Própria (2022).

O processo de fabricação do mosto foi realizado em uma panela de alumínio de 32L, apresentada na Figura 8. Uma panela menor com fundo de peneira foi utilizada dentro da panela maior para realizar a filtração do mosto, chamada de cesto. Este processo simula um sistema tipo *single vessel*, onde o processo todo acontece em uma única panela.

Figura 8: Panela cervejeira de 20L da Brew Beer.



Fonte: Própria (2022)

Com auxílio de um termômetro cervejeiro, a mostura foi conduzida entre 65°C a 68°C, por 60 minutos. Foi necessária manter nessa faixa de temperatura para que as atividades enzimáticas não fossem perdidas. Depois o cesto foi removido juntamente com o bagaço, que foi lavado com água quente a 75 °C e o mosto foi aquecido diretamente para a fervura. O lúpulo Idaho foi adicionado em dois momentos: 30g nos primeiros 20 minutos de fervura e 20 g após 40 minutos de fervura. Já o açúcar e o xarope de guaraná foram adicionados após 30 minutos de fervura.

Após a fervura, o mosto foi agitado em *whirlpool*, decantado e resfriado com auxílio de um chiller de alumínio. Em seguida, foi trasfegado para um balde, oxigenado pela técnica de *splash* e inoculado com a levedura BE 256 para condução da fermentação.

A fermentação ocorreu a 22°C até a estabilização da densidade, após 7 dias. A maturação foi realizada a 0°C por 15 dias. Aos 10 dias, deste último processo, a cerveja recebeu uma nova adição de 15g de lúpulo Idaho em processo de *Dry Hop*, ou seja, uma adição tardia de lúpulo, e 10g L⁻¹ de polpa de noni, ambos foram adicionados dentro de um saco de *Dry Hop* para evitar desprendimento de partículas sólidas na cerveja. Depois foram carbonatadas com *primer* – xarope simples de açúcar e água diretamente na garrafa – e foram envasadas em garrafas de vidro com volume da garrafa variando entre 350mL até 1L, como mostra a Figura 09.

Figura 09: Cerveja envasada em garrafas de vidro



Fonte: Própria (2022).

3.7. Análises das Variáveis de Bioprocessos

Para o cálculo das variáveis de bioprocessos o substrato foi calculado pela concentração de sólidos solúveis inicial e final, lido em refratômetro, modelo RHB32 e marca Asko, e corrigido, o teor alcoólico inicial foi considerado zero e o final o resultado de teor alcoólico da cerveja em % p v⁻¹, lido no Beer Analyser, e para biomassa o resultado inicial foi a quantidade dosada no fermentador e a final foi obtida pelo peso de matéria seca do residual de células geradas diminuído da matéria seca do mosto sem células.

3.7.1. Fator de Rendimento de Produção de Etanol ($Y_{P/S}$)

O fator de rendimento de produção de etanol foi calculado pela relação entre o etanol produzido e os açúcares totais consumidos ($g_P g^{-1}$) através da relação entre a concentração do produto final pela diferença da concentração do substrato inicial e concentração do substrato final. O resultado foi expresso em $g L^{-1}$, como mostra a equação 10.

$$Y_{P/S} = \frac{\text{Concentração do substrato final} - \text{concentração do substrato inicial}}{\text{Concentração do substrato final}} \quad (10)$$

3.7.2 Fator de Rendimento de Células em Relação ao Substrato ($Y_{X/S}$)

O rendimento foi calculado em gramas de células por grama de extrato consumido (g.g^{-1}), através da relação entre a variação da concentração do produto pela variação da concentração de substrato negativo. O resultado foi expresso em g L^{-1} , como mostra a equação 11.

$$Y_{X/S} = \frac{\text{Quantidade de células final} - \text{Quantidade de células inicial}}{\text{Quantidade de açúcares inicial} - \text{Quantidade de açúcares final}} \quad (11)$$

3.7.3 Produtividade Volumétrica (Q_p)

A produtividade volumétrica foi quantificada em gramas de etanol produzido, por Litro de meio fermentado, por hora ($\text{g}_P \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), através da divisão do valor em g L^{-1} de etanol, na cerveja, pelo tempo em horas de fermentação. O resultado foi expresso em g L^{-1} , como mostra a equação 12.

$$Q_p = \frac{\text{Concentração etanol gerado}}{\text{Tempo de processo}} \quad (12)$$

3.7.4 Taxa Específica de Crescimento Celular (μ_X)

A taxa específica de crescimento celular foi calculada com base nas massas celular final, celular inicial e tempo de processo. O resultado foi expresso em g L^{-1} , como mostra a equação 13.

$$\mu_X = \frac{\text{Massa celular final} - \text{Massa celular inicial}}{\text{Tempo total de processo}} \quad (13)$$

3.7.5 Eficiência Fermentativa (EF)

A relação entre o rendimento em produto do processo ($Y_{P/S}$) e o rendimento teórico determinaram a eficiência do processo fermentativo do mosto para elaboração da cerveja. O resultado foi expresso em porcentagem de Eficiência de Fermentação, como mostra a equação 14.

$$EF = \frac{\text{Rendimento em produto do processo}}{\text{Rendimento teórico}} \quad (14)$$

3.8 Análises Físico-Químicas da Cerveja

3.8.1 Equipamento Multiparamétrico.

As análises foram realizadas no equipamento Beer Analyser II, uma ferramenta multiparamétrica, com leitura através de espectrofotometria. Uma amostra de cerveja com aproximadamente 200 mL foi descarbonatada através de agitação, em um Erlenmeyer, então retirados 10 mL de cerveja para leitura no aparelho Beer Analyser II. Os resultados identificados pelo equipamento são extrato primitivo, aparente e real ($^{\circ}\text{P}$), densidade original e final (g cm^{-3}), potencial de extrato (GU), teor alcoólico ($\% \text{ v v}^{-1}$ e $\% \text{ p v}^{-1}$), grau de atenuação aparente (ADF) (%) e grau real da fermentação (RDF - Real Degree of Fermentation) (%).

Figura 10: Aparelho Beer Analyser.



3.8.2 Sólidos Solúveis Totais

O teor de sólidos solúveis totais foi avaliado de acordo com a leitura direta em refratômetro com escala entre 0 e 32 °Brix.

3.8.3 Amargor

A análise foi realizada conforme metodologia da EBC (1987). Uma gota de álcool 1-octílico PA foi gotejada em uma proveta e, em seguida, misturada com 10 mL de cerveja. Essa mistura foi transferida para um Erlenmeyer de 125 mL com rolha, contendo uma tira plástica e 3 pérolas de vidro com a finalidade de manter o processo bifásico. Em seguida, foram adicionados 0,5 mL de HCl 6 M e 20 mL de isoctano, após ser tampado, foi realizada a agitação por 20 minutos em agitador orbital, a 180 rpm, sendo este processo facilitado pelas pérolas de vidro adicionadas a mistura anteriormente. Em seguida, a fração superior (límpida) da solução bifásica foi transferida para um tubo de ensaio com tampa rosqueada. A leitura da amostra foi realizada em espectrofotômetro a 275 nm e os resultados foram calculados pelas equações 14 e 15.

$$A_m = A_{275} \times f \times 57 \quad (14)$$

$$A_{m12^\circ P} = (A_m \times 12) / EP \quad (15)$$

Onde:

- A_m = Amargor (BU)
- A_{275} = Absorbância da amostra a 275 nm.
- f = Fator determinado através da calibração do espectrofotômetro.
- $A_{m12^\circ P}$ = Amargor a 12°P
- MB = Mosto básico.

3.8.4 3.8.4 Cor

A determinação da cor da cerveja foi realizada por espectrofotometria seguindo o método da EBC (1987). A absorção de luz foi medida num comprimento de onda de 430nm.

O método requer que as amostras analisadas sejam filtradas e que apresentem turbidez inferior a 1 EBC. Uma amostra de 400 mL de cerveja foi descarbonatada e filtrada com terra diatomácea infusória, a partir do filtrado foi realizada a leitura e a partir da equação 11 foi obtido o resultado.

$$C = A_{430} \times f_1 \times f_2 \times 25 \quad (11)$$

Onde:

- Cor = Cor (EBC)
- A₄₃₀ = Absorbância da amostra a 430 nm.
- f₁ = Fator de diluição da amostra.
- f₂ = Fator do espectrofotômetro a 430 nm.

Para conversão do cálculo para SRM o resultado de EBC foi dividido por 1,97.

3.8.5 Turvação em 24h

A análise foi realizada conforme a Metodologia da EBC (1987). Uma amostra de 100 mL de cerveja foi colocada em banho de álcool a 0 °C por um período de 24 horas. Em seguida, foi retirada do banho e foi realizada a leitura em aparelho turbidímetro. Os resultados foram expressos em EBC.

$$T = L \times f \quad (12)$$

Onde:

- T = Turvação (EBC)
- f = Fator de calibração do turbidímetro
- L = Leitura do turbidímetro

3.8.6 Potencial Hidrogeniônico (pH)

As análises do potencial hidrogeniônico das cervejas foram realizadas por leitura direta em pHmetro, modelo 0400AS da marca Quimis, conforme a metodologia descrita pelo IAL (2008).

3.8.7 Acidez Total

A acidez total foi baseada na avaliação da amostra titulada com hidróxido de sódio 0,1 M. O resultado foi expresso em meq/L e calculado pela equação 13. (IAL, 2008):

$$AT = (n.N.Eq)/(10.V) \quad (13)$$

Onde:

- n: volume (mL) de solução de hidróxido de sódio gasto na titulação.
- N: normalidade da solução de hidróxido de sódio.
- V: volume (mL) da amostra.

3.8.8 Relação BU:GU

A relação BU:GU é a divisão dos valores encontrados de amargor e potencial de extrato. Essa relação mostra se a cerveja tem maior amargor ou dulçor, conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Balanço de amargor e dulçor da cerveja conforme a relação BU:GU.

Razão BU:GU	Equilíbrio	Estilos de Cerveja
0.3	Dulçor	Weiss, Quadrupel
0.5	Neutro	Brow Ale, Red ALe
0.8	Amargor	English e Algumas American IPA
1+	Muito amargor	American IPA e Double IPA

Fonte: BeerSchool.com.br

3.8.9 Índice de Amargor Relativo (RBR)

O índice de amargor relativo é um número que permite intuir o amargor de uma cerveja em escala mais simples. Resultados próximos de 0 indicam cerveja com amargor muito baixo, próximos de 0,5 indicam amargor médio e próximos ou maiores do que 1 indicam cervejas muito amargas. O cálculo leva em consideração os valores de amargor, potencial de extrato e atenuação aparente, conforme a equação:

$$\text{RBR} = (\text{BU:GU}) \times (1 + (\text{ADF} - 0.7655)) \quad (14)$$

3.8.10 Teor de Compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas

Foram realizadas conforme descrito nos itens 3.5.10 e 3.5.11.

3.9. Avaliação Estatística

As análises foram todas realizadas em triplicata e os resultados expressos através da média e desvio padrão. Amostras de testes comparativos utilizaram o Teste de Tukey, experimento inteiramente casualizado, com nível de 5% de significância. Os resultados foram expressos com letras, onde letras iguais representam que não houve diferença estatística e letras diferentes indicam a diferença igual ou maior a 5% de significância. O programa está disponível através do link <https://www.cca.ufscar.br/pt-br/servicos/teste-de-tukey>.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características Biométricas do noni (*Morinda citrifolia*)

Para análise biométrica, foram utilizados 25 frutos no presente estudo e estes apresentaram comprimento médio de 8,75 cm, largura média de 5,16 cm e peso médio de 130,57 g (Tabela 5). Os dados se apresentaram dentro dos valores citados na literatura que afirma que os frutos de noni variam de 3 a 10 cm de comprimento e 3 a 6 cm de largura (OLIVEIRA, 2014). São frutos relativamente pequenos e de fácil manuseio e transporte.

Tabela 5. Características biométricas do noni (*Morinda citrifolia*).

	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Peso (g)
Média	8,75±1,25	5,16±0,50	130,57± 31,79

Fonte: Própria (2022).

4.2. Características Físico-químicas da Fruta noni (*Morinda citrifolia*)

Os resultados físico-químicos da polpa de noni no seu estado maduro encontram-se na Tabela 6. Notou-se que o valor de umidade encontrado na polpa de noni utilizada, de 90,05 g 100g⁻¹, está bem próximo do valor encontrado por Palioto et al. (2015) que foi de 89,16 g 100g⁻¹. A elevada umidade do fruto tem importância significativa na sua perecibilidade, ou seja, a elevada presença de água pode facilitar o desenvolvimento de microrganismos e sua consequente ação enzimática. Este processo pode refletir na sua decomposição ou fermentação e, por isso, o cuidado microbiológico deve ser observado pelo consumidor ou pela indústria que opta por essa fruta como ingrediente de seu produto. Com isso, o processo de congelamento consiste em uma ótima alternativa para seu armazenamento (BRANDÃO-FILHO et al., 2018).

Tabela 6. Composição físico-química da polpa de noni (*Morinda citrifolia*).

	Resultados
Umidade (g 100g ⁻¹)	90,05 ± 0,88
Lipídios (g 100g ⁻¹)	1,75 ± 0,53
Cinzas (g 100g ⁻¹)	0,67 ± 0,16
Proteínas (g 100g ⁻¹)	2,39 ± 0,30
Fibras (g 100g ⁻¹)	1,29 ± 0,09
Carboidratos (g 100g ⁻¹)	3,86 ± 1,13
Valor Energético (kcal 100g ⁻¹)	40,72 ± 1,51
pH	3,56 ± 0,02
Acidez (meq L ⁻¹)	6,07 ± 0,32
SST (Brix)	9,27 ± 0,06
Rel Brix/acidez	1,53 ± 0,18
Densidade (g cm ⁻³)	1,04 ± 0,00

Fonte: Própria (2022).

Testes para determinar a composição nutricional da planta noni mostraram que o fruto maduro é composto por cerca de 90% de água e 10% de matéria seca. A matéria seca consiste principalmente de sólidos solúveis dos quais 5% são açúcares redutores (frutose e glicose) e 1,3% é sacarose. O restante dos sólidos solúveis consiste em proteínas e fibra alimentar. (MOTSHAKERI; GHAZALI, 2015)

O valor de lipídios do noni estudado foi de 1,75 g 100g⁻¹ e foi ligeiramente mais baixo do que o valor de 2,19 g 100g⁻¹ encontrado por Palioto et al. (2015) em estudo avaliando o noni. De acordo com Brunelli e Venturini Filho (2013), o teor de lipídios de uma cerveja forte (como a Dry Stout) gira em torno de 0,16 g 100g⁻¹ de amostra. Apesar do teor da fruta estar maior que o recomendado para uma cerveja forte, os lipídios contribuem para a viabilidade da fermentação, transportando nutrientes através da membrana celular da levedura. De maneira simplificada, ele permite que a levedura consiga se alimentar. Além disso, eles inibem a formação de alguns ésteres desagradáveis. Este fato poderia ocorrer na garrafa, no momento da fermentação secundária do *primer* no envase, onde ocorre o processo de refermentação (PAPAZIAN, 2014).

O valor de cinzas obtido foi de $0,67 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, valor próximo ao limite inferior encontrado na literatura que foi de $0,75 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ (PALIOTO, 2015). A diferença de valores pode ser explicada pela variação da quantidade absorvida de minerais pelos vegetais através do solo, logo o teor de cinzas apresenta variação de acordo com o solo em que se encontra o vegetal. (BRANDÃO-FILHO et al., 2018)

Ao comparar com a literatura, observa-se que a porcentagem de proteínas de $2,39 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ do noni é próxima ao valor de $2,10 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ que foi encontrado por Palioto et al. (2015). Quando comparada ao malte de cevada que apresenta teor próximo de $11 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, o fruto se mostrou viável devido à baixa concentração de proteínas pois a quantidade de proteínas das matérias-primas está relacionada à turvação da cerveja e a possível sedimentação deixada no fundo da garrafa após seu armazenamento (PALIOTO et al., 2015).

A quantidade de fibra, em porcentagem, foi igual a $1,29 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$, valor um pouco superior ao reportado por Palioto et al. (2015) para o noni que foi de $1,00 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$. O valor foi superior também ao valor encontrado em um estudo feito por Santiago e outros colaboradores (2021) sobre polpa de biribá ($0,64 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$). As fibras são substâncias, presentes em alimentos de origem vegetal, que não são absorvidas pelo organismo, pois não possuímos enzimas capazes de digeri-las. Mesmo sem haver absorção, esse nutriente é essencial para manter o bom funcionamento do corpo, principalmente do sistema digestivo, contribuindo assim na prevenção de diversas doenças. (COSTA, 2020)

O valor de carboidratos encontrado na polpa de noni foi de $3,86 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ que é um pouco abaixo do que o valor encontrado por Palioto et al. (2015) que foi de $5,81 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$. Para a determinação dos carboidratos, usa-se a diferença de 100% para as demais análises (umidade, cinzas, lipídios, proteínas e teor alcoólico). Assim, se por ventura a soma de todas as demais análises for alta, ocasionar-se-á uma redução nos teores de carboidratos, como ocorreu no presente trabalho. (RUSCHEL, 2019)

O valor energético encontrado na amostra de noni deste estudo foi de $40,72 \text{ kcal } 100\text{g}^{-1}$. O valor foi um pouco superior ao visto em outros trabalhos ($32,4 \text{ kcal } 100\text{g}^{-1}$) (WEST, DENG & JENSEN, 2011).

No presente trabalho, obteve-se pH de 3,56, valor muito próximo a literatura encontrada que foi de 3,86. (BEZERRA, 2017)

O valor de acidez em porcentagem foi de 6,07 %, muito superior ao resultado encontrado por Cunha (2012) que achou um valor de 0,46%. Essa variação pode ser em função das condições de cultivo do fruto.

Quanto ao total de sólidos solúveis o valor encontrado no noni está próximo ao valor visto em literatura que era de 8,17° Brix (NASCIMENTO et al., 2018). O valor de sólidos solúveis (SST) do noni utilizado neste trabalho foi de 9,27° Brix e sua relação Brix/acidez foi de 1,53. O valor de SST encontra-se próximo do valor da literatura, mas o valor da relação Brix/acidez foi bem inferior ao reportado no trabalho de Cunha (2012) que foi de 18,69.

O “ratio” (relação brix/ acidez) é a relação que determina o sabor dos frutos entre os açúcares solúveis, quanto maior for esta razão, mais doces serão as frutas, sendo assim, o sabor ácido é evidenciado pelas baixas relações “ratio” observadas (FACHI, 2016).

A densidade encontrada para o noni foi de 1,04, valor próximo ao descrito por Almeida (2019) (1,13 g cm⁻³).

4.3 Variáveis de bioprocesso

As variáveis de resposta ao bioprocessos estão descritas na Tabela 7.

Tabela 7. Valores médios das respostas das variáveis de bioprocessos.

Variável de Bioprocesso	Unidade	Controle	Noni
Fator de Rendimento de Etanol com relação ao substrato ($Y_{P/S}$)	g g ⁻¹	0,42 ^a	0,42 ^a
Rendimento células com relação ao substrato ($Y_{X/S}$)	g g ⁻¹	0,19 ^a	0,13 ^b
Produtividade volumétrica (Q_p)	g L ⁻¹ h ⁻¹	0,05 ^a	0,05 ^a
Eficiência fermentative (EF)	%	82,88 ^a	82,69 ^a
Taxa de crescimento celular (μ_X)	g h ⁻¹	0,02 ^a	0,01 ^a
Fermentabilidade Teórica (FT)	%	91,30 ^a	92,03 ^a

OBS: Letras diferentes na mesma análise indicam significância igual ou maior do que 5% entre as amostras, conforme o Teste de Tukey.

Fonte: Própria (2022)

O processo apresentou rendimento de células ($Y_{X/S}$) de $0,13 \text{ g g}^{-1}$ e taxa específica de crescimento celular (μ_X) de $0,002 \text{ g L}^{-1}$. Esses valores são similares a cerveja produzida por Santiago (2021) que utilizou biribá na elaboração da bebida e obteve $0,60 \text{ g g}^{-1}$ para $Y_{X/S}$ e $0,067$ para μ_X .

Segundo Façanha (1998) a produtividade volumétrica (Q_p), o fator de rendimento de produção de etanol ($Y_{P/S}$) e a eficiência fermentativa (E_f) são os fatores de maior importância para o planejamento técnico da fermentação, pois evidenciam a velocidade de síntese do produto. Santiago et al. (2021) estudando elaboração de cerveja com adjunto de biribá na etapa de maturação, encontraram $Y_{P/S}$ de $0,44 \text{ g g}^{-1}$, valor muito próximo ao visto neste estudo que foi de $0,42 \text{ g g}^{-1}$.

A cerveja apresentou $82,69 \%$ de eficiência fermentativa. A elevada eficiência representa o bom desempenho do processo de fermentação pelas leveduras cervejeiras, realizando a conversão dos açúcares em álcool, gás carbônico e outros metabólitos secundários (SOUZA, 2015).

Quanto aos valores de produtividade volumétrica (Q_p) a cerveja controle e a cerveja de noni obtiveram valores iguais a $0,05 \text{ g L}^{-1} \text{ h}^{-1}$, valor muito próximo ao encontrado por Santiago et al. (2021) que foi de $0,062 \text{ g L}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

4.4 Características físico-químicas da cerveja produzida com noni

O resultado físico-químico da cerveja controle e da cerveja com noni encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8. Características físico-químicas da cerveja controle e cerveja com noni.

Parâmetros	Controle	Com Noni
Extrato Primitivo ($^{\circ}\text{P}$)	$14,82^a \pm 0,17$	$14,17^b \pm 0,08$
Extrato Aparente ($^{\circ}\text{P}$)	$1,29^a \pm 0,11$	$1,13^a \pm 0,05$
Extrato Real ($^{\circ}\text{P}$)	$3,88^a \pm 0,13$	$3,62^a \pm 0,1$
Potencial de Extrato (GU)	$59,28^a \pm 0,17$	$56,68^b \pm 0,15$
Densidade Original (g/cm^3)	$1,059^a \pm 0,001$	$1,057^a \pm 0,001$

Densidade Final (g cm ⁻³)	1,003 ^a ± 0,002	1,002 ^a ± 0,001
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	15,01 ^a ± 0,6	14,2 ^b ± 0,03
Amargor (BU)	59,22 ^b ± 0,35	69,65 ^a ± 0,41
Relação BU:GU	1,00 ^b ± 0	1,23 ^a ± 0
Índice de Amargor Relativo (RBR)	0,99 ^b ± 0	1,22 ^a ± 0
Teor Alcoólico (% p v ⁻¹)	5,73 ^a ± 0,07	5,51 ^b ± 0,05
Teor Alcoólico (% v v ⁻¹)	7,29 ^a ± 0,07	6,99 ^b ± 0,05
Cor (EBC)	9,4 ^b ± 0,36	11,35 ^a ± 0,16
Cor (SRM)	4,77 ^b ± 0,36	5,76 ^a ± 0,16
Potencial Hidrogeniônico (pH)	4,38 ^b ± 0,01	4,47 ^a ± 0,01
Turvação (EBC)	33,8 ^b ± 0,46	128,0 ^a ± 6,22
Grau de Atenuação Aparente (ADF) (%)	75,34 ^b ± 0,1	75,84 ^a ± 0,16
Grau Real da Fermentação (RDF) (%)	91,28 ^b ± 0,13	92,01 ^a ± 0,19

OBS: Letras diferentes na mesma análise indicam significância igual ou maior do que 5% entre as amostras, conforme o Teste de Tukey.

Fonte: Própria (2022).

De acordo com a legislação brasileira IN 65 (BRASIL, 2019b), o extrato primitivo é a quantidade de substâncias (extrato) do mosto que deu origem à cerveja e o valor do extrato considerado após a fermentação (com a presença de álcool) é o extrato aparente. Tem-se por cerveja forte a cerveja cujo extrato primitivo é maior que 14 °P (BRUNELLI; VENTURINI, 2013).

A porcentagem de extrato primitivo é influenciada diretamente pelo teor alcoólico da bebida, uma vez que esse indicador é medido pelo Beer Analyser por cálculo estequiométrico. Donadini et al. (2014) em seu estudo com cerveja adicionada de frutas vermelhas, obtiveram elevados valores de extrato primitivo de 12,1 a 16,5 °P, pois suas cervejas possuíam teor alcoólico mais elevado entre 5,05 a 7,87 % v/v ou ABV (*Alcohol by Volume*). Como a cerveja no presente estudo também possui valor alto de teor alcoólico, justifica-se o valor elevado de extrato primitivo e extrato aparente, além de caracterizar a cerveja como uma cerveja forte como dito anteriormente.

Ao comparar as cervejas com as características do estilo American IPA citadas na literatura notou-se que o amargor da cerveja controle, que foi de 59,22 IBUs, ficou bem próximo ao limite inferior citado no guia de estilos BJCP (2021). De acordo com o guia de estilo o valor deve permanecer entre 60 e 100 IBUs. Ao fazer análise da cerveja com o noni, notou-se um aumento no amargor de 59,22 para 69,65 IBUs, valor que está dentro do limite estabelecido, isso pode ser justificado porque conforme previsto na literatura o noni possui característica de amargor forte (CUNHA, 2012). Esses valores apresentaram diferença estatística confirmando que o noni também apresentou potencial de amargor para a cerveja, que neste estudo foi de quase 10 IBU na concentração de 10 g L⁻¹.

Ao observar as características de cor, densidade original, densidade final e teor alcoólico da Tabela 7 com a literatura (Tabela 1), notou-se que a cor (SRM) estava um pouco abaixo do limite inferior na cerveja controle e ao adicionar a fruta houve um aumento significativo e bem próximo da faixa de 6 a 14 estabelecido pela BJCP (2021). O mesmo é notado em relação a densidade original, final e teor alcoólico.

O pH encontrado no presente estudo foi 4,38 na cerveja controle e 4,47 na cerveja com noni, e de acordo com o coeficiente apresentado na tabela eles possuem diferenças estatísticas. Ferreira (2021) ao fabricar uma IPA, encontrou-se um pH final de 4,6. Outra característica importante observada foi o elevado aumento da turvação da cerveja, quando adicionada de noni. Foram encontrados valores médios de 128 EBC de turvação da cerveja com noni, que foi muito superior a 33,8 EBC na cerveja controle, houve diferença significativa de acordo com o teste estatístico de Tukey. Existem estilos de cerveja que são turvas, como as de trigo, outras que são mais límpidas. Para o estilo American IPA não há nenhuma especificação de turvação, portanto o alto valor de turvação não é algo que desqualifica a cerveja produzida.

A relação BU:GU é um parâmetro utilizado para auxiliar na elaboração de receitas de cervejas equilibradas. Ela busca representar a relação entre o amargor e o dulçor da cerveja, nesse caso o GU, que são as unidades de gravidade original (se a cerveja tem densidade original de 1,080, GU = 80). Uma cerveja com a relação BU:GU igual ou superior a 1 é considerada uma cerveja amarga, e o valor encontrado neste trabalho é o valor que está de

acordo com o que a literatura diz que uma American IPA tem (BU:GU>1) (AWADALLAK, 2020).

Quanto ao enquadramento da cerveja com noni de acordo com os parâmetros do BJCP (2021) a cerveja apresentou teor alcóolico de 6,99 % v v⁻¹, portanto, dentro do esperado que é entre 5,5 e 7,5 % v v⁻¹, densidade original de 1,057 g cm⁻³, sendo a especificação que é de 1,056 a 1,070 g cm⁻³ e amargor de 69,65 BU, sendo a especificação entre 40 e 70 BU. Os parâmetros de cor e extrato aparente final se apresentaram pouco abaixo da especificação, sendo encontrados 11,35 EBC de cor para um mínimo de 11,8 EBC e densidade final de 1,002 g cm⁻³, sendo a especificação mínima de 1,008 g cm⁻³. Para alcançar estes parâmetros é necessário que a cerveja seja adicionada de uma pequena quantidade a mais de malte Viena e os parâmetros serão atingidos, isso não implicará no potencial antioxidante da cerveja, nem no acréscimo de amargor, resultados evidenciados neste trabalho.

4.5 Composição de compostos fenólicos, flavonoides, antocianinas e potencial antioxidante da cerveja produzida com polpa de noni

Na Tabela 9 estão apresentadas as atividades antioxidantes da cerveja controle e da cerveja com noni.

Tabela 9. Atividades Antioxidantes da cerveja controle e cerveja com noni.

	Controle	Com Noni
	Média ± DP	Média ± DP
Compostos Fenólicos (mg EGA 100mL ⁻¹)	16,66 ^a ± 0,05	17,34 ^a ± 0,27
Flavonoides (mg 100mL ⁻¹)	0,01 ^a ± 0,01	0,02 ^a ± 0,01
Antocianinas (mg 100mL ⁻¹)	0,01 ^a ± 0,01	0,01 ^a ± 0,01
% de inibição do radical DPPH• (IC ₅₀)	32,7 ^a ± 0,03	30,66 ^b ± 0,07

OBS: Letras diferentes na mesma análise indicam significância igual ou maior do que 5% entre as amostras, conforme o Teste de Tukey.

Fonte: Scherer e Godoy (2009).

É possível notar que os compostos fenólicos aumentaram de 16,66 para 17,34 mg EGA 100mL⁻¹ após a adição do noni. No entanto, não foi observada diferença estatística para o teor de compostos fenólicos na cerveja com e sem noni, o que significa que a fruta não teve influência na variação desse parâmetro.

Quanto aos valores de antocianinas e flavonoides, o comportamento foi próximo entre as amostras e foi possível notar que não houve diferença significativa nos resultados. Nos artigos científicos a respeito do noni há indicação de que dos compostos fenólicos presentes, a grande maioria corresponde às antraquinonas e aos seus glicosídeos (damnacantol, alizarina, soranjidiol, rubiadina). Dentre estes glicosídeos, o Damnacantol (Dam) já foi isolado das raízes de *M. citrifolia* e este exibiu atividade citotóxica contra linhagens celulares de câncer de mama bem como células de câncer de pulmão (OLIVEIRA, 2014; NUALSANIT et al., 2012).

O método para determinação da atividade antioxidante, utilizado neste trabalho, consistiu na redução do radical DPPH. Quanto menor o valor de EC50 (concentração de extrato em mg mL⁻¹ capaz de reagir com 50% do radical presente na solução de DPPH) maior é sua atividade antioxidante, pois será necessária uma menor quantidade de extrato para reduzir 50% do radical livre DPPH. Portanto, apesar de o índice de atividade antioxidante não ter aumentado com a adição do noni na cerveja, como mostra a Tabela 8, houve uma redução na % de inibição do radical DPPH, o que indica uma maior atividade antioxidante na bebida (PALIOTO et al., 2015). Com isso, pode-se afirmar que o noni contribuiu com o poder antioxidante da cerveja.

5 CONCLUSÃO

Os frutos de noni apresentaram as dimensões dentro das conformidades, sendo frutos pequenos e de fácil manuseio e armazenamento.

O fruto apresentou elevada umidade e baixa concentração de lipídios, proteínas e carboidratos, gerando pouca influência sobre a qualidade da cerveja.

Fazendo a análise das variáveis de bioprocessamento da cerveja, observou-se que essas apresentaram dentro do esperado entre as cervejas além de apresentarem elevada fermentabilidade, sem grandes influências do fruto.

A American IPA com noni apresentou diferença significativa que diminuiu o extrato primitivo e teor alcoólico e aumentou os valores de cor e turvação. Quanto aos valores de compostos fenólicos, antocianinas e flavonoides não houve diferença significativa entre os valores encontrados, sendo os valores de antocianina e flavonoides insignificativos.

Observou-se um aumento da atividade antioxidante na cerveja com noni. Com isso, a adição do noni se mostrou como uma alternativa para produção de cervejas American IPA contribuindo para suas características físico-químicas de aumento de amargor e melhoramento no seu potencial antioxidante.

PERSPECTIVAS

As sugestões para futuros trabalhos envolvem testes com concentrações maiores da polpa de noni (*Morinda citrifolia*) e também a realização de testes para verificação da presença de outras antraquinonas, como Damnacanthal que apresenta alta atividade antitumoral. Sugere-se também realizar uma análise sensorial com profissionais cervejeiros e com público visto que o presente trabalho não foi possível realizá-la.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Édipo S; OLIVEIRA, Débora de; HOTZA, Dachamir. **Properties and Applications of *Morinda citrifolia* (Noni): A Review**. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. Vol 18, 2019

AWADALLAK, J. BU:GU e Relative Bitterness Ratio (RBR). Beers School. Disponível em: < <http://beerschool.com.br/2020/08/20/bugu-e-relative-bitterness-ratio-rbr/>>. Acessado em 29 de abril de 2022.

AZEVEDO, L.F.S; SOUZA, P.G. **Avaliação da perda de extrato de cerveja na etapa de brassagem em uma microcervejaria de Manaus**. Brazilian J. of Develop. v.7, n.4, p. 34537-34556, 2021.

BADINO, A. C.; BERNARDO, A.; CRUZ, A. J. G.; SONEGO, J. L. S.; RODRIGUES, K. C. S. Modeling and simulation of continuous extractive fermentation with CO2 stripping for bioethanol production. Chemical Engineering Research and Design. v. 132, p. 77–88, 2018.

BANDINELLI, Paola Cunha. **Estudo de Caso de Melhoria no Processo de Mosturação de uma Cervejaria no RS**.2015. TCC (Engenharia Química), UFRGS-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre –RS.

Beer Judge Certification Program (BJCP). Ed. 2021. Disponível em:< <https://www.bjcp.org/style/2015/22/22A/american-ipa/>>. Acesso em 01 de abril de 2022.

BEZERRA, Kamylla Mesquita Machado. **ESTUDO DOS PARÂMETROS QUÍMICOS E FÍSICO-QUÍMICOS DA POLPA DA *Morinda citrifolia* Linn (Noni)**. Universidade Federal do Ceará, 2017.

BUSCH, J. Advanced Mashing Techniques. Disponível em:< <https://www.morebeer.com/articles/advancedmashing>>. Acesso em 06 de novembro de 2021.

Brandao-Filho, J. U. T., Freitas, P. S. L., Berian, L. O. S., Goto, R. (2018). **Hortalças-fruto**. Maringá: Eduem.

BRASIL. Decreto nº 9.902, de 8 de julho de 2019. Altera o Anexo ao Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2019a.

BRASIL. Instrução Normativa nº65, de 10 de dezembro de 2019. Altera o Anexo ao Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que estabelece os padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2019b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuário e Abastecimento. Secretaria da Defesa Agropecuária. Anuário da cerveja 2020, 2021. Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/com-crescimento-de-14-4-em-2020-numero-de-cervejarias-registradas-no-brasil-passa-de-1-3-mil/anuariocerveja2.pdf>>. Acesso em 01 de novembro de 2021.

BRUNELLI, L. T.; VENTURINI FILHO, W. G. Análise energética de cerveja elaborada com mel. Revista Energia na Agricultura, Botucatu, v. 28, n.2, p.122- 128, abr./jun. 2013.

CANUTO, Gisele André Baptista; XAVIER, Ana Augusta Odorissi; NEVES, Leandro Camargo; BENASSI, Marta de Toledo. **Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre**. Revista Brasileira de Fruticultura. dezembro de 2010, Vol. 32, 4.

COSTA, Jaine Bezerra. A importância das fibras na alimentação. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordeandoria de Desenvolvimento dos Agronegócios. São Paulo, 2020. Disponível em: < <https://codeagro.agricultura.sp.gov.br/cesans/artigo/227/a-importancia-das-fibras-na-alimentacao>>. Acesso em 18 de abril de 2022.

CUNHA, F.S.X.S; NASCIMENTO, N. P.; SOUZA, J. P. C.; SOUZA, M.R.; SOUZA, P.A. **Caracterização nutricional de frutos de noni (*Morinda citrifolia*) cultivados em Limoeiro do Norte (CE)**. VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 2012.

DE ANGELIS, R. C. **Fisiologia da nutrição: fundamentos para nutrição e desnutrição**. 1. ed. São Paulo: EDART, 1977.

DODDS, Kevin. **Hops: a guide for new growers**. 1ª ed. 2017.

DONADINI, G.; FUMI, M. D.; NEWBY-CLARK, I. R. **Consumers' preference and sensory profile of bottom fermented red beers of the Italian Market**. Food Research International, [s.l]. v. 58, p. 69-80, 2014.

DORETTO, D. A.; FIGUEIRA, R.; SARTORI, M. M. P.; VENTURI FILHO, W. G. **Análise físico-química e sensorial de cervejas comerciais brasileiras**. *Energ. Agric.* vol. 33, n. 3, p. 277-283, 2018.

EBC – **EUROPEAN BREWERY CONVETION**. Analytica. 4º ed, Zurich: Brauerei, 1987, 271p.

FAÇANHA, S.H.F. **Estudo dos parâmetros cinéticos básicos da fermentação alcoólica do suco de caju (*Anacardium occidentale* L.) clarificado**. Fortaleza, 1998. 119p. (Dissertação de Mestrado em Biotecnologia de Alimentos - Universidade Federal do Ceará).

FACHI, L. R.; FERREIRA, A.F.N.; GARBUGIO, E.L.S.; KRAUSE, S. KRAUSE, W. **Qualidade e correlação dos parâmetros físico-químicos dos frutos de cultivares de acerola.** ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.13 n.24; p. 2016.

FERREIRA, A. de S.; BENKA, C.L. **Produção de Cerveja Artesanal a Partir de Malte Germinado Pelo Método Convencional e Tempo Reduzido de Germinação.** Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Alimentos, no Curso Superior de Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2014

GUIMARÃES, Claudionei Maderia. **Manual Prático para Cervejeiros Iniciantes.** Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia de Bebidas Alcoólicas) – Instituto Federal de Santa Catarina: IFSC, 2020.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos.** 4. ed. São Paulo: IMESP, 2008.

JUNIOR, A. A. M.; DE BARROS, Z. X. **Utilização Racional De Água Em Cervejaria Brasileira.** Energia Na Agricultura, 35(2), 287-294, 2020.

KARABÍN, M., JELÍNEK, L., KOTRBA, P., CEJNAR, R., & DOSTÁLEK, P. **Enhancing the performance of brewing yeasts.** Biotechnology Advances, p. 691–706, 2018.

LEMES, Isabella Amais. AMAIS, Letícia Barbosa. MOURA, Flavio José Dutra de. **Atualização das evidências da *Morinda citrifolia* (NONI) na prática clínica.** Brazilian Journal of Health Review, 2020.

LI J, STICKEL SL, BOUTON-VERVILLE H, BURGIN KE, YU X, WONG DK, et al.. **Fermented noni (*Morinda citrifolia*) exudate (fNE): a mediator between immune system and anti-tumor activity.** Oncol Rep, 2008.

MAFRA, Gabriela Porpino. **Análise Físico-química de Cerveja American Lager Maturada com Pimenta Rosa (Aroeira).** 2018. 42p. TCC (Engenharia Química), UFRN –Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal –RN.

MIOTTO, M.; COLET, R.; FERNANDES, I.A.; GRIEP, P.; STEFFENS, C.; JUNGES, A.; STEFFENS, J.; VALDUGA, E. **Clarificação de cervejas artesanais utilizando processo de separação por membranas.** Brazilian Journal of Development. Curitiba, 7(1), p. 9326-9341. Jan. 2021.

MORADO, R. **Larousse da Cerveja.** São Paulo, SP: Ed. Alaúde, 2017.

MOSHER, R. **Radical Brewing: Receitas, contos e ideias transformadoras em copo de cerveja.** Traduzido por Pedro S.R. Paranhos, Diego Masiero. Belo Horizonte: Letramento, 2018. 328p.

Motshakeri, M., & Ghazali, H. M. **Nutritional, phytochemical and commercial quality of noni (*Morinda citrifolia*) fruit: A multi-beneficial gift from nature.** Trends in Food Science & Technology, 45(1), 118–129, 2015.

Nascimento, L. C. S., da Rodrigues, N. R., Alves, M. P. C., Sabaa Srur, A. U. O., Barbosa Junior, J. L., & Barbosa, M. I. M. J. **Chemical characterization, nutritional aspects and antioxidant capacity of noni (*Morinda citrifolia* L.) produced in northeastern Brazil.** International Food Research Journal, 25(2), 870–875, 2018.

NUALSANIT, Thararat; ROJANAPANTHU, Pleumchitt; GRITSANAPNA, Wandee; LEE, Seong-Ho; LAWSON, Darunee; BAEK, Seung Joon. **Damnacanthal, a noni (*Morinda citrifolia*) component, exhibits antitumorogenic activity in human colorectal cancer cells.** Journal of Nutritional Biochemistry, 2012.

OLIVEIRA, Lorena Almeida. **Caracterização Estrutural e Atividade antitumoral de polissacarídeo extratido do fruto de *Morinda citrifolia* Linn (noni).** Tese de mestrado em Química, Universidade Federal do Ceará, 2014.

OLIVER, G.; MENDES, I. **O Guia Oxford da Cerveja.** São Paulo: Blucher, 2020. 1056 p.

PALIOTO, G.F.; SILVA, C.F.G.; MENDES, M.P.; ALMEIDA, V.V; ROCHA C.L.M.S.C.; TONIN, L.T.D. **Composição centesimal, compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de *Morinda citrifolia* Linn (noni) cultivados no Paraná.** Rev. Bras. Pl. Med., Campinas, v.17, n.1, p.59-66, 2015.

PALUDO, M. **Água, lúpulo e adjuntos.** 1ªed. Maringá – PR: Unicessumar, 2019. 152p.

PAPAZIAN, Charlie. **The Complete Joy of Homebrewing.** Fourth Edition. New York: HarperCollins, 2014.

PIMENTEL, CATHERINNE EDI MUNIZ; SERUDO, RICARDO LIMA; SANTIAGO, IGOR LINS; OLIVEIRA, SYRA KELLY MUBARAC SILVA. **Produção de cerveja artesanal com adição de ácido ascórbico a partir de fruto amazônico.** p. 2058-2064 . In: Anais do XIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. São Paulo: Blucher, 2019.

ROSA, N. A.; AFONSO, J. C. **A Química da Cerveja.** Quím. nova esc. – São Paulo-SP, BR, v. 37, n.2, p. 98-105, 2015.

RUSCHEL, Leonardo Schardong. **Avaliação Da Redução De Valores Calóricos E Teores Alcoólicos Na Produção De Cerveja Artesanal Light.** UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI – UNIVATES, 2019.

SAKAMAKA, L. S. et al.. **Desenvolvimento de Cerveja Artesanal de Trigo adicionada de Gengibre (*Zingiber officinale Roscoe*).** Tópicos em ciência e tecnologia de alimentos: resultados de pesquisas acadêmicas – Volume 2: 2016.

SANTIAGO, Igor Lins. SOUZA, Patrick Gomes de. SOUZA, Érica Simplício de. MARINHO, Helyde Albuquerque. PONTES, Grazielle da Costa. BITTENCOURT, Maria Apaarecida Fogaça.

Avaliação da qualidade centesimal da polpa de biribá (*Rollinia mucosa*) para uso na indústria de alimentos. Brazilian Journal of Science, 1(5), 10-16, 2022.

SÁTIRO, L. S.; COSTA, F. B.; SILVA, J. L.; NASCIMENTO, A. M.; SANTIAGO, M. M.; SANTOS, K. P.; SILVA, K. G.; SOUSA, S. V.; SALES, G. N. B.; GADELHA, T. M. **Physical Characterization, Chemistry and Bioactive Compounds in Noni (*Morinda citrifolia*) Fruit Harvested in Three Maturation Stages.** Journal of Experimental Agriculture International. 2018.

SINGLETON, V.L.; ROSSI, J. A. **Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents.** American Journal of Enology and Viticulture, Davis, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SOUSA, W.A.; GOMES, M.L.S.; MARTINS, G.A.S.; ROLIM, C.S.S.; ROLIM, L.N.; BONATTO, E.C.S.; PEREIRA, B.F.F.; LAMARAO, C.V. **Caracterização físico-química e avaliação e sensorial de cerveja Pilsen produzida a partir de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz., 1766) submetida a diferentes adubações de solo.** Brazilian Journal of Development, v.6, n.2, p. 7580-7599, 2020.

SOUZA, Patrick Gomes de. **Estudo do potencial biotecnológico do rizoma de *Zingiber zerumbet* L. Smith como adjunto na produção de cerveja artesanal.** Tese de Doutorado - Universidade Federal do Amazonas, 2015.

TORRES, MAO, et al.. **One Plant, Many Uses: A Review of the Pharmacological Applications of *Morinda citrifolia*.** Wiley Online Library. 26 de Março de 2017.

VENTURINI FILHO, Waldemar Gastoni. **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia.** 2ªed, São Paulo: Blucher, 2016.

WANG M, et al.. ***Morinda citrifolia* (noni): a literature review and recent advances in Noni research.** Acta Pharmacol Sin, 2002.

WEST, B.J.; DENG, S.; C. JENSEN C.J. **Nutrient and phytochemical analyses of processed Noni (*Morinda citrifolia*) puree.** Food Research International, v.44, p.2295-2301, 2011.

ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. **Research on antioxidant activity of flavonoids from natural materials.** Food Chem. v. 64, 1999, p. 555-559.

ANEXOS

ANEXO A - Receita elaborada com auxílio do software cervejeiro *Brewfather*.



Double IPA Catherine - 8%

Double IPA

Autor: Escola Profissional Cervejeiro

Tipo: Somente Grãos

IBU : 66 (Tinseth)
BU/GU : 0.96
Cor : 13 EBC
Carbonatação : 4.7 g/L

Densidade Pré Fervura : 1.051
Densidade Original : 1.069
Densidade Final : 1.008

Fermentáveis (5.2 kg)

3.5 kg - Malte Pilsen 3.5 EBC (67.3%)
1 kg - Swaen Vienna 10 EBC (19.2%)
500 g - Sugar, Table (Sucrose) 2 EBC (9.6%)
200 g - Xarope de Guaraná 80 EBC (3.9%)

Lúpulos (50 g)

40 min - 30 g - Idaho #7 - 13% (45 IBU)
20 min - 20 g - Idaho #7 - 13% (21 IBU)

Levedura

1 pct - Fermentis Safebrew Abbey Ale BE-256

Default

Volume do Lote : 18 L
Tamanho da Fervura: 22.79 L
Volume Pós Fervura: 19.79 L

Água de Mostura : 17.6 L
Água de Lavagem : 8.79 L
Tempo de Fervura : 60 min
Água Total : 26.39 L

Eficiência do Equipamento: 72%
Eficiência da Mostura: 76%

Perfil de Mostura

Alta Fermentabilidade (Cerveja Leve)

65 °C - 60 min - Ativação de Beta amilase (Qu...
76 °C - 10 min - Mash out (saída da mostura)

Perfil de Fermentação

Ale Turva

18 °C - 4 dias - Primária
22 °C - 4 dias - Secundária
10 °C - 4 dias - Terciária
0 °C - 10 dias - Cold Crash

Perfil da Água

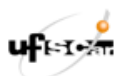
Santa Claudia (Style - American IPA)
Ca 100 Mg 15 Na 7 Cl 49 SO 206

Relação SO/CL: 4.2
pH da Mostura: 5.53



13 EBC

ANEXO B – Resumo estatístico da análise físico-química da cerveja.



Universidade Federal de São Carlos
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Depto. Tecnologia Agroindustrial e Socioeconomia Rural
Cerveja com Taperebá



[voltar](#)

Resumo.

Análise de variância	Extrato Primitivo (°P)	Extrato Aparente final (°P)	Sólidos solúveis totais (°Brix)	Densidade Original (g/cm ³)	Densidade Final (g/cm ³)
GL resíduo	8	8	8	8	8
F tratamentos	29,23 **	1 887,89 **	2,23	8,98 **	25,70 **
Média geral	13,75	3,29	13,55	1,06	1,01
Desvio-padrão	0,15	0,04	0,37	0,00	0,00
DMS (5%)	0,40	0,10	0,96	0,00	0,00
CV (%)	1,11	1,17	2,70	0,11	0,13

Teste de Tukey a 5%:					
Controle	13,67 b	4,57 a	13,53 a	1,05 b	1,02 a
Fervura	14,40 a	3,47 b	13,97 a	1,06 a	1,01 b
Fermentação	13,67 b	2,47 d	13,50 a	1,06 ab	1,01 c
Maturação	13,25 c	2,63 c	13,20 a	1,05 b	1,01 bc

Nível de significância: **: 1%; *: 5%.

GL: graus de liberdade; DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação.

[voltar](#)

Resumo.

Análise de variância	Álcool (% v/v)	Álcool (% p/v)	Fermentabilidade (%)	Ph	Cor (EBC)
GL residuo	8	8	8	8	8
F tratamentos	270,76 **	270,76 **	32 162,23 **	3,05	2 125,00 **
Média geral	5,71	4,50	75,91	4,13	14,91
Desvio-padrão	0,06	0,04	0,06	0,04	0,10
DMS (5%)	0,15	0,12	0,17	0,11	0,26
CV (%)	0,98	0,98	0,09	1,05	0,67
Teste de Tukey a 5%:					
Controle	4,92 b	3,88 b	66,58 d	4,14 a	15,17 b
Fervura	5,92 a	4,67 a	75,92 c	4,18 a	18,55 a
Fermentação	6,01 a	4,74 a	81,91 a	4,11 a	12,72 d
Maturação	5,98 a	4,72 a	79,23 b	4,08 a	13,21 c

Nível de significância: **: 1%; *: 5%.

GL: graus de liberdade; DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação.

[voltar](#)

Resumo.

Análise de variância	Amargor (IBU)	Turvação em 24h (EBC)
GL residuo	8	8
F tratamentos	234,89 **	78,85 **
Média geral	17,80	2,27
Desvio-padrão	0,21	0,08
DMS (5%)	0,56	0,20
CV (%)	1,20	3,40
Teste de Tukey a 5%:		
Controle	17,77 b	1,85 d
Fervura	20,44 a	2,35 b
Fermentação	16,87 c	2,10 c
Maturação	16,10 d	2,78 a

Nível de significância: **: 1%; *: 5%.

GL: graus de liberdade; DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação.