



JOÃO PEDRO MONZANI NÓRA

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE DIFERENTES
CERVEJAS DE ALTA FERMENTAÇÃO**

LAVRAS-MG

2021

JOÃO PEDRO MONZANI NÓRA

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE DIFERENTES CERVEJAS DE ALTA
FERMENTAÇÃO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia Química, para obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Luciano Jacob Corrêa
Orientador

**LAVRAS – MG
2021**

JOÃO PEDRO MONZANI NÓRA

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE DIFERENTES CERVEJAS DE ALTA
FERMENTAÇÃO**

**PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF DIFFERENT HIGH-
FERMENTATION BEERS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia Química, para obtenção do título de Bacharel.

Dr. Luciano Jacob Corrêa - UFLA
Dra. Renata Jacob Corrêa – UFLA
Dr. Irineu Petri Júnior - UFLA

Prof. Dr. Luciano Jacob Corrêa
Orientador

LAVRAS – MG

2021

Dedico este trabalho em especial a minha família, a todos os amigos e professores que fizeram parte da construção deste sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus pais Geraldo e Adriana por todos os ensinamentos, apoio e carinho ao longo dos anos. Sem dúvidas, busco cada vez mais, ser o espelho das grandes pessoas que são.

Agradeço a todos da minha família que se fizeram presentes ao longo dos anos com consideração e apoio.

A todos os meus amigos que fiz ao longo de minha trajetória acadêmica e fora dela, em especial a República Galo Bravo, pelos cinco anos de companheirismo, amizade e crescimento pessoal.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luciano Jacob Corrêa por toda a instrução e ajuda neste trabalho e durante todo este período.

Ao Núcleo de Estudos em Novos Produtos e Análise Sensorial, por me proporcionar ainda em início de curso, uma experiência fantástica de trabalho em grupo e me tornar um pequeno entusiasta da indústria de alimentos.

À ProcEQ Jr – Consultoria e Soluções em Engenharia Química e aos amigos que fiz durante este tempo. Com toda certeza levarei o crescimento de todos os desafios durante o processo de federação e os projetos entregues ao longo da minha trajetória.

A todos os colegas de trabalho e amigos da Companhia Brasileira de Alumínio.

Ao amigo João Ansani, pela ajuda e ensinamentos sobre produção de cerveja.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Engenharia, por toda a infraestrutura e profissionais qualificados que os compõem.

Por fim, agradeço a Deus por me dar forças quando precisei e perseverança para tornar possível o sonho de se tornar Engenheiro Químico.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

A cerveja é conhecida, apreciada e consumida globalmente. Dentre suas diversas classificações e características, há duas grandes classes, as cervejas do tipo *Ale* e as cervejas do tipo *Pilsen*. As tipo do tipo *Ale* são cervejas que utilizam leveduras de alta fermentação para sua produção, enquanto as cervejas do tipo *Pilsen* são cervejas de leveduras de baixa fermentação. Para o processo produtivo praticamente todos os tipos utilizam etapas básicas e essenciais, tais como: malteação, moagem, mostura, filtração do mosto, fervura, resfriamento, fermentação, carbonatação e envase. O objetivo deste trabalho foi produzir a partir de grãos já maltados três estilos diferentes de cervejas de alta fermentação: *Indian Pale Ale*, *American Pale Ale* e *Honey Saison*. Cada cerveja contou com ingredientes específicos e etapas características que conferiram a cor, aroma e acidez distintos e desejados. A cerveja do estilo *Indian Pale Ale* contou com o método de *dry-hopping* para a adição de lúpulos na etapa fermentativa. Este estilo possuiu maior índice de teor alcoólico, cor e acidez previstos pelo *software Beer Smith*. Estes valores foram de 6,8% de teor alcoólico, 11,9 SRM de cor e 45,9 IBU de amargor. Constatou-se com as densidades obtidas ao longo do processo de fermentação, que a cerveja possuiu um teor alcoólico prático final de 5,644%, dentro da faixa prevista de 5,50% até 7,50% para o estilo em questão. Para a cerveja no estilo *Honey Saison*, a distinção no processo, além de seus ingredientes como malte e lúpulo utilizados, foi a adição de mel na etapa de fervura. O mel garantiu à cerveja menor acidez e SRM, porém, com teores alcoólicos elevados devido à maior quantidade de açúcares fermentescíveis. Para este estilo de cerveja, obteve-se através do *software* valores estimados de 6,7% de teor alcoólico, 6,2 SRM para cor e 27,3 IBU para o amargor. Seu teor alcoólico prático calculado foi de 5,51% dentro da faixa prevista para o estilo de cerveja: 3,50% até 9,50%. Para a *American Pale Ale*, os valores estimados foram de 5,30% de teor alcoólico, 7,0 SRM de cor e 39,7 IBU de amargor. Neste caso, o teor alcoólico prático obtido esteve pouco abaixo da faixa de 4,50% até 6,20% e contou com valor de 4,46%. Para as curvas de fermentação, todos os estilos produzidos seguiram a mesma tendência desejada para cervejas de alta fermentação, evidenciado no correlalograma traçado. Os índices foram de 0,99 para as variáveis “Densidade *Honey* x Densidade *IPA*”, 0,97 para as variáveis “Densidade *APA* x Densidade *IPA*” e por fim, 0,96 para as variáveis “Densidade *Honey* x Densidade *APA*”, que demonstrou o comportamento semelhante e esperado da curva.

Palavras-chave: *Indian Pale Ale*, *American Pale Ale*, *Honey Saison*

ABSTRACT

Beer is known, appreciated and consumed globally. Among its various classifications and characteristics, there are two big classes, Ale type beers and Pilsen type beers. Ale type beers use high fermentation yeast for their production, and Pilsen type beers use low fermentation yeast. For the production process basically all types have the basic and essential steps, such as: malting, milling, mash, must filtering, boiling, cooling, fermentation, carbonation and bottling. From malting grains, three high fermentation types of beers were produced: Indian Pale Ale, American Pale Ale, Honey Saison. Each beer type had specific ingredients and particular steps that were responsible for the distinct and desired color, aroma and acidity. The Indian Pale Ale type used a dry-hopping method for yeast addition at the fermentation step. This style had the highest alcohol content, color and acidity predicted by the Beer Smith software. These values were 6,80% for alcohol content, 11,90 SRM about color and 45,90 IBU for bitterness. It was verified, with the densities obtained throughout the fermentation process, that the beer had a final practical alcoholic content of 5,64%, within the expected range of 5,50% to 7,50% for the style mentioned. For Honey Saison style, the difference, besides its ingredients such as malt and hops used, was the addition of honey in the boiling process. The honey reduced the acidity and SRM. However, it increased the alcohol content because of its highest amount of fermentable sugar. For this style, the software obtained estimated values of 6,7% alcohol content, 6,2 SRM for color and 27,30 IBU for bitterness. The practical alcohol content was 5,51% within the expected range of 3,50% to 9,50%. For American Pale Ale Style, the estimated values were 5,30% for alcohol content, 7,0 SRM for color and 39,7 IBU for bitterness. In this case, the alcohol content calculated was lower than the expected range of 4,50% to 6,20% and had a value of 4,46%. For the fermentation curves, all the styles produced followed the same tendency desired for high fermentation beers, evidenced in traced correlogram. The indexes were 0,99 for the variables “Honey Density x IPA Density”, 0,97 for the variables “APA Density x IPA Density” and finally, 0,96 for the variables “Honey Density x APA Density”, which demonstrated the similar and expected behavior of the curve.

Key words: Indian Pale Ale, American Pale Ale, Honey Saison

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Número de cervejarias ao longo dos anos.....	15
Figura 2 – Fluxograma básico do processo produtivo de cerveja.....	25
Figura 3 – Maltes utilizados na fabricação.....	31
Figura 4 – Moedor e moagem do malte.....	31
Figura 5 – Processo de mosturação da <i>Indian Pale Ale</i>	32
Figura 6 – Teste do iodo.....	33
Figura 7 – Lavagem dos grãos da <i>Indian Pale Ale</i>	34
Figura 8 – Lúpulo e floculante utilizados.....	34
Figura 9 – Fervura, lúpulos adicionados e lúpulos no processo para <i>Indian Pale Ale</i>	35
Figura 10 – Trocador de calor externo e trocador de calor interno.....	36
Figura 11 – Retirada do mosto da <i>Indian Pale Ale</i>	36
Figura 12 – Fermento utilizado, processo fermentativo e lúpulos.....	37
Figura 13 – Medida das densidades no processo fermentativo.....	38
Figura 14 – Resíduos ao final da etapa de maturação.....	39
Figura 15 – Transferência ao final do processo de maturação e carbonatação.....	39
Figura 16 – <i>Indian Pale Ale</i> pronta para consumo.....	40
Figura 17 – Processo de mosturação da <i>American Pale Ale</i>	41
Figura 18 – Lavagem dos grãos e retirada do malte da <i>American Pale Ale</i>	42
Figura 19 – Lúpulos, fervura e lúpulos na fervura para <i>American Pale Ale</i>	43
Figura 20 – Envase da cerveja <i>American Pale Ale</i>	45
Figura 21 – <i>American Pale Ale</i> pronta para consumo.....	45
Figura 22 – Mosturação da <i>Honey Saison</i>	47
Figura 23 – Lúpulos e propriedades do mel.....	48
Figura 24 – Transferência do mosto líquido da <i>Honey Saison</i>	49
Figura 25 – Levedura utilizada para <i>Honey Saison</i>	50
Figura 26 – <i>Honey Saison</i> pronta para consumo.....	51
Figura 27 – Dados estimados pelo <i>software Beer Smith</i> da <i>Indian Pale Ale</i>	54
Figura 28 – Dados estimados pelo <i>software Beer Smith</i> da <i>American Pale Ale</i>	54
Figura 29 – Dados estimados pelo <i>software Beer Smith</i> da <i>Honey Saison</i>	54
Figura 30 – Densidades ao longo do tempo.....	55
Figura 31 – Correlograma das densidades.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Crescimento do número de registros de cervejaria por estado.....	16
Tabela 2 – Empresas líderes no mercado brasileiro de bebidas alcoólicas.....	17
Tabela 3 – Vendas de bebidas alcoólicas no Brasil por categoria em 2019.....	17
Tabela 4 – Empresas líderes no mercado mundial de bebidas alcoólicas.....	18
Tabela 5 – Produção aproximada de cerveja por país entre 1990 a 2016.....	18
Tabela 6 – Estilos de cerveja.....	20
Tabela 7 – Equipamentos utilizados.....	29
Tabela 8 – Ingredientes e custos da <i>Indian Pale Ale</i>	29
Tabela 9 – Ingredientes e custos da <i>American Pale Ale</i>	30
Tabela 10 – Ingredientes e custos da <i>Honey Saison</i>	30
Tabela 11 – Maltes utilizados e suas propriedades para o estilo <i>Indian Pale Ale</i>	31
Tabela 12 – Detalhamento do processo de mosturação para <i>Indian Pale Ale</i>	32
Tabela 13 – Fermentação da cerveja <i>Indian Pale Ale</i>	38
Tabela 14 – Maltes utilizados e suas propriedades para o estilo <i>American Pale Ale</i>	40
Tabela 15 – Detalhamento do processo de mosturação para <i>American Pale Ale</i>	41
Tabela 16 – Lúpulos adicionados para a <i>American Pale Ale</i>	42
Tabela 17 – Fermentação da cerveja <i>American Pale Ale</i>	44
Tabela 18 – Maltes utilizados e suas propriedades para o estilo <i>Honey Saison</i>	46
Tabela 19 – Detalhamento do processo de mosturação para <i>Honey Saison</i>	46
Tabela 20 – Fermentação da cerveja <i>Honey Saison</i>	49
Tabela 21 – Densidades estimadas e medidas.....	55
Tabela 22 – Teor alcoólico das cervejas produzidas.....	57

LISTA DE SIGLAS

SRM – *Standard Reference Method*

IBU – *International Bitter Unit*

IPA – *Indian Pale Ale*

APA – *American Pale Ale*

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

EBC – *European Brewery Convention*

SG - *Specific Gravity*

OG – *Original Gravity*

FG – *Final Gravity*

pH – potencial hidrogeniônico

DMS – dimetilsulforeto

SSM – S-metil-metionina

CO₂ – dióxido de carbono

min – minutos

°C – graus Celsius

kg – quilogramas

g – gramas

L – litros

mg – miligramas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO GERAL	14
2.1	Objetivos específicos	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1	Dados do setor nacional	15
3.2	Dados do setor internacional	17
3.3	Classificação e tipos de Cerveja.....	18
3.4	Cervejas tipo <i>Ale</i>	20
3.5	Cervejas tipo <i>Lager</i>	21
3.6	Matérias Primas para a produção de cerveja	21
3.6.1	Água.....	21
3.6.2	Malte.....	22
3.6.3	Lúpulo.....	23
3.6.4	Levedura e aditivos.....	23
3.6.5	Aditivos e adjuntos	24
3.7	Processo produtivo da cerveja	24
3.7.1	Malteação.....	25
3.7.2	Moagem	25
3.7.3	Mosturação e filtração do mosto	26
3.7.4	Fervura e resfriamento.....	27
3.7.5	Fermentação.....	27
3.7.6	Maturação, carbonatação e envase.....	28
4	MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1	<i>Indian Pale Ale</i>	30
4.2	<i>American Pale Ale</i>	40
4.3	<i>Honey Saison</i>	46
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
5.1	Análise dos ingredientes e processo produtivo	52
5.2	Análise dos <i>softwares</i> utilizados e dados práticos	53
6	CONCLUSÃO.....	58
	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

As bebidas alcoólicas estão presentes nas tradições humanas desde eras primitivas, sendo que, dentre elas, destacam-se as cervejas, cujo consumo data-se por mais de 6000 anos (FERREIRA; BENKA, 2014; GIORGI; JÚNIOR, 2016). A cerveja é uma bebida popularmente conhecida, apreciada e consumida rotineiramente. Existe uma grande variedade de cervejas no mercado, cada uma com suas origens e atributos próprios. Geralmente são caracterizadas por sua leveza, amargor, baixo teor alcoólico, sendo classificadas de acordo com seu processo de fermentação e estilo.

As cervejas do tipo *Lagers*, caracterizadas pelo baixo teor alcoólico e coloração clara, são as mais comercializadas e conhecidas no mundo. No país, o consumo chega a cerca de 98% do total, dando ênfase dentro desta classe ao estilo *Pilsen*. São marcadas pela leveza e baixo amargor, o que costuma abranger satisfatoriamente grande parte dos consumidores (MENEZHIN, 2012).

Atualmente, as principais formas de produção de cerveja no cenário nacional são: industriais, feitas normalmente por empresas de grande porte e em larga escala, e artesanais, que são provenientes de produções caseiras e micro cervejarias de pequena escala, sendo usualmente para consumo próprio ou pequenas produções e que vem conquistando espaço no mercado a cada dia.

De acordo com dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) no anuário da cerveja de 2020, o número de cervejarias no Brasil de, 1999 a 2019, saltou de 33 para 1209 respectivamente, com uma média de crescimento de 19,6%. Este aumento é ainda mais exacerbado nos últimos anos, visto que no período dos últimos 5 anos, este aumento representou 36,4%.

Em grande parte, este aumento se deu pelo crescimento das cervejarias artesanais no mercado. Estas cervejarias recebem este tipo de classificação quando são independentes ou micro cervejarias, que não estão ligadas a grandes grupos. Esse aumento de cervejarias artesanais está relacionado ao fato de que nos últimos anos, o consumidor enxerga na cerveja artesanal, um sabor diferenciado, proveniente não apenas dos insumos utilizados na cerveja em particular, como todo envolvimento produtivo, buscando uma melhor qualidade (RAMOS *et al*, 2019).

O grande responsável pelo controle de qualidade na fabricação das cervejas no país é o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que é encarregado pela descrição de

valores de padrões de qualidades exigidos, possuindo normas vigentes que devem ser seguidas. Com um mercado cada vez mais exigente e competitivo, as indústrias cervejeiras buscam constantemente, produtos de boa qualidade e de baixo custo que seguem as normas estabelecidas (RAPOSO *et al.*, 2015).

Com o crescimento do número de cervejarias no mercado principalmente provenientes do aumento do número de cervejarias artesanais, os registros de diferentes tipos de cervejas estão cada vez maiores (MAPA, 2020). Neste sentido, é importante comparar e destacar as diferentes etapas do processo para os diferentes estilos de cerveja visando aprofundar o estudo que suas mudanças de ingredientes, equipamentos e peculiaridades irão influenciar e possibilitar em variedades produtivas e gerar características específicas para cada cerveja.

2 OBJETIVO GERAL

Produzir diferentes estilos de cerveja de alta fermentação e comparar seu processo produtivo.

2.1 Objetivos específicos

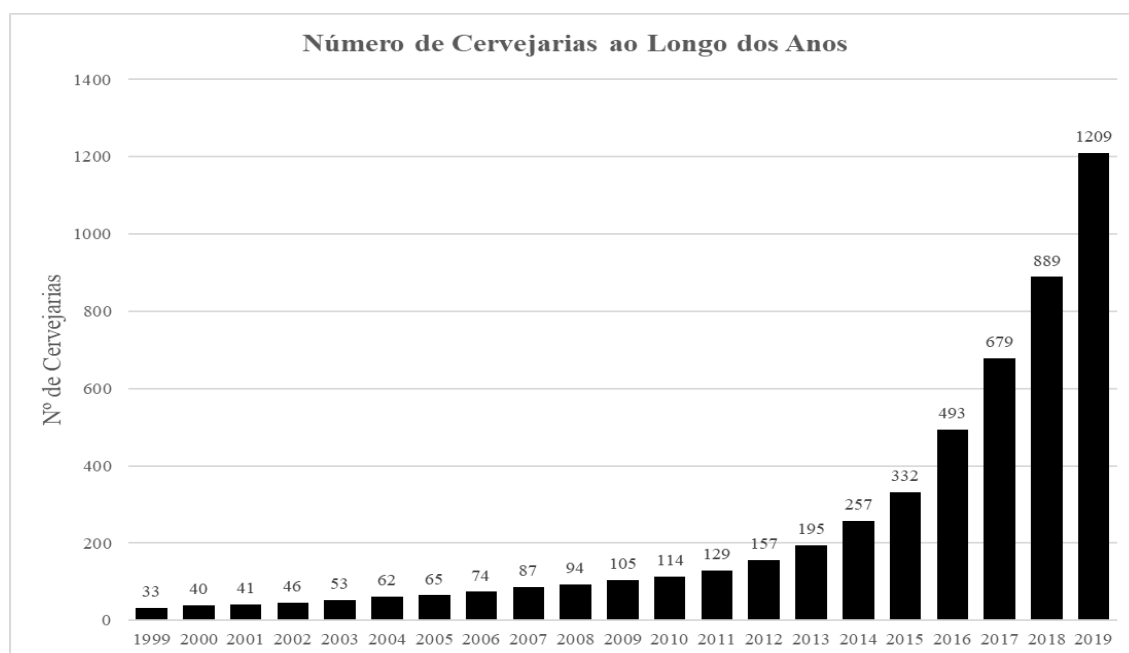
- Produzir cervejas no estilo *American IPA*, *American Pale Ale* e *Honey Saison* e comparar suas etapas produtivas, destacando suas diferenças e semelhanças.
- Comparar dados estimados pelo *software Beer Smith* a respeito de cor, amargor, densidades e teor alcoólico.
- Comparar a curva de fermentação com dados de densidade ao longo do tempo.
- Calcular o teor alcoólico prático.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Dados do setor nacional

A cada ano que passa, ocorre um crescimento considerável na atividade cervejeira no Brasil. Em 1999, o número de cervejarias no país eram 33. Após vinte anos, este número chega a 1209 cervejarias registradas no MAPA (2020). Este valor representa uma média de 19,6% de crescimento por ano ao longo destes últimos anos registrados. Podemos destacar ainda, que o crescimento das cervejarias obtiveram um maior pico nos últimos cinco anos, onde foi registrado 36,4% de aumento em cervejarias por ano. Na Figura 1, notamos o crescimento no número de cervejarias ao longo dos últimos anos.

Figura 1 – Número de cervejarias ao longo dos anos.



Fonte: Adaptado de MAPA, 2020.

Em relação ao número de cervejarias por estado, podemos destacar São Paulo, como o estado que possui maior quantidade de cervejarias do Brasil no ano de 2019 com 241 registros, seguidos por Rio Grande do Sul com 236 e Minas Gerais com 163. A região Sul-Sudeste, detém cerca de 80% de todos os estabelecimentos. Porém, houve um aumento considerável na região Nordeste. Na Tabela 1, podemos notar o crescimento do número de cervejarias nos dez estados que detêm o maior número de cervejarias registradas em 2019 (MAPA, 2020).

Tabela 1 – Crescimento do número de registros de cervejaria por estado.

Nº	UF	2017	2018	2019	Crescimento médio
1	SP	124	166	241	39,50%
2	RS	142	184	236	28,90%
3	MG	87	116	163	36,90%
4	SC	78	104	148	37,80%
5	PR	67	93	131	39,80%
6	RJ	57	62	78	17,30%
7	ES	11	17	34	77,30%
8	GO	21	25	28	15,50%
9	BA	7	12	20	69,00%
10	RN	6	9	20	86,10%

Fonte: Adaptado de MAPA, 2020.

Pode-se destacar não só o crescimento de registro de novas cervejarias, bem como o crescimento, no registro de novos produtos. Este aumento segue a evolução e crescimento do processo cervejeiro como um todo no país. A cerveja é o produto mais registrado no MAPA com 9950 registros novos no ano de 2019, seguido pela polpa de fruta, com 2535 registros. Nota-se assim, a grande diferença neste número. Destaca-se, também, a evolução deste número de registros ao longo dos anos. Em 2017, foram 5000 novos registros, em 2018 foram, aproximadamente, 6700 e em 2019 ficou próximo de 10.000 o número de novos registros. Isso demonstra o crescimento no setor que ao todo conta com 27329 registros de cervejas validos no país em 2019 (MAPA, 2020).

O aumento no número de cervejarias no país não indica que grandes cervejarias tenham regredido em relação ao mercado nos últimos anos. Como é o caso da Ambev, a maior cervejaria do país, onde o número de vendas líquidas continua crescendo no Brasil e no mundo. Em 2019, a Ambev teve valor de venda líquida de R\$ 52599,7 milhões, incluindo as demonstrações financeiras do Brasil América Latina Sul, América Central, Caribe e Canada (AMBEV, 2019).

Na Tabela 2, podemos notar as empresas líderes do mercado brasileiro de todas as bebidas alcoólicas.

Tabela 2 – Empresas líderes no mercado brasileiro de bebidas alcoólicas.

Empresa ou Grupo Empresarial	% Mercado Nacional 2019 (Em Volume)
Anheuser-Busch Inbev	57,8
Heineken NV	17,9
Cervejaria Petrópolis S/A	11,8
Outros	12,5

Fonte: ETENE/BNB GOV, 2020.

Nota-se, através da Tabela 2, que os três maiores grupos cervejeiros do país se destacam mesmo ao compararmos com a produção de todos os outros tipos de bebidas alcoólicas. Eles representam 87,5% de toda a produção no país e evidenciam ainda mais o consumo da bebida em relação a outras, como é possível notar-se também na Tabela 3:

Tabela 3 – Vendas de bebidas alcoólicas no Brasil por categoria em 2019.

Tipo de Bebida	Vendas em 2019 (em milhares de litros)	Em %
Cerveja	12634000	91,36
Vodka, Whisky, Cachaça, Gin e outros (spirits)	712113	5,15
Vinho	330400	2,39
RDTs/HS	135117	0,98
Cidras	17046	0,12
Total	13828676	100

Fonte: ETENE/ BNB GOV, 2020.

A cerveja, portanto, possui 91,36% de toda a venda nacional de bebidas alcoólicas por categoria, sendo de notória disparidade entre a segunda categoria, que abrange a Vodka, Whisky, Cachaça, Gin e outros Spirits com apenas 5,15% da venda nacional.

3.2 Dados do setor internacional

As maiores empresas mundiais na produção de bebidas alcoólicas têm forte influência, como já destacado, no mercado brasileiro. Sejam elas, pela origem nacional e produção no mercado interno, ou apenas, pela instalação e produção no mercado interno, estas grandes cervejarias tem grande parte de sua produção proveniente do Brasil. É possível notar na Tabela 4, as três empresas líderes no mercado mundial de bebidas alcoólicas, o que, vem a evidenciar, a forte influência das empresas Ambev e Heineken não só no cenário nacional como mundial.

Tabela 4 – Empresas líderes no mercado mundial de bebidas alcoólicas.

Empresa ou Grupo Empresarial	Tipo de bebida dos principais produtos	Capital de Origem	% Mercado Global 2018 (em volume)
A.B. Inbev	Cerveja	Brasil/ Bélgica	20,5
Heineken NV	Cerveja	Holanda	8,8
Carlsberg A/S	Cerveja	Dinamarca	4,6

Fonte: ETENE/ BNB GOV, 2020.

Em relação à produção nos respectivos territórios internacionais, a China detêm a maior produção de cerveja do mundo, seguida pelos Estados Unidos, Brasil, Alemanha e Rússia respectivamente. Na Tabela 5, podemos notar a produção de cerveja por país entre 1990 e 2016.

Tabela 5 – Produção aproximada de cerveja por país entre 1990 a 2016.

	1990	2000	2010	2016
China	70000	220000	484304	460000
EUA	238997	232500	228982	221353
Brasil	58000	82600	128700	133346
Alemanha	120161	110429	95683	94957
Rússia	-	54900	102930	78200

Fonte: SINDICERV, 2021.

A China, além de possuir cervejarias de origem de outros países produzindo em seu território, também detêm três grandes cervejarias de origem nacional nas maiores líderes de bebidas alcoólicas, são elas: China Resources Holding CO. LTDA., Tsingtao Brewery Co Ltd e Benjing Yanjing Brewery Co Ltd, ocupando respectivamente a quarta, sexta e décima posição no ranking de 2018 e colaborando a torná-la a maior produtora de cerveja por território (VIANA, 2020).

3.3 Classificação e tipos de Cerveja

A classificação da cerveja é de competência da legislação transposta pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2020) e se dá por parâmetros físico-químicos e malte, ou de acordo com o tipo de fermentação (SINDICERV, 2021).

Em relação aos parâmetros físico-químicos, existem classificações pelo teor alcoólico, extrato primitivo e também pela sua cor (TOZETTO, 2017). O teor alcoólico é classificado em: “cervejas sem álcool” ou “cerveja desalcoholizada”, “cervejas com teor alcoólico reduzido” ou

“cerveja com baixo teor alcoólico” e “cerveja”. Respectivamente, a primeira classificação deve conter igual ou menos de 0,5% em volume de álcool, a segunda deve conter entre 0,5% e 2% e a terceira, mais de 2% (MAPA, 2020).

Alguns parâmetros influenciam no teor alcoólico das cervejas produzidas. Basicamente, o tipo de levedura utilizada e a quantidade de açúcares fermentescíveis extraídos do malte da cerveja na etapa de mosturação influenciarão diretamente na quantidade de álcool presente na cerveja (MARIANA, 2018).

O cálculo de teor alcoólico das cervejas no geral pode ser obtido pela equação de Papazian (1984), em que se faz necessário ter dados de densidade ao inocular a levedura, ou seja, a densidade inicial de fermentação (*Original Gravity*, OG) e a densidade após o processo fermentativo (*Final Gravity*, FG), como notado na Equação 1.

$$\text{Teor alcoólico (\%)} = 131,25 * (\text{OG} - \text{FG}) \quad (1)$$

Para o extrato primitivo, a cerveja “leve” possui entre 5% e 10,5% de teor de extrato, a cerveja “comum” possui entre 10,5% a 12,5%. As cervejas do tipo extra possuem entre 12% e 14% e por fim, cervejas do tipo forte possuem mais de 14% de extrato primitivo (SINDICERV, 2021).

A classificação em relação à cor é dada por unidades *European Brewery Convention* (EBC), em que, cervejas com mais de 20 unidades EBC são consideradas escuras e menos de 20 unidades EBC são consideradas claras (ALMEIDA, 2017).

Já em relação à fermentação, existem as cervejas de alta fermentação e as de baixa fermentação. As cervejas de alta fermentação são caracterizadas pela suspensão das leveduras utilizadas na cerveja fermentada no final do processo. Estas são as do tipo *Ale* em que sua fermentação ocorre em temperaturas de 15°C a 24°C e geram uma intensidade aromática maior. As cervejas de baixa fermentação são caracterizadas pela deposição da levedura no final do tanque após o processo fermentativo. São conhecidas como *Lager* e são as cervejas que em grande maioria são mais consumidas. Seu processo de fermentação ocorre entre 8°C e 15°C (SINDICERV, 2021).

Por fim, as cervejas também podem ser classificadas em relação à sua proporção de matérias-primas. De acordo com o MAPA (2020) existem quatro tipos de classificações:

- “cerveja”: são elaboradas a partir de um mosto cujo extrato primitivo contém no mínimo 55% em peso de cevada malteada e possui 45% no máximo de adjuntos cervejeiros.

- “cervejas puro malte”: são elaboradas a partir de um mosto que contém apenas cevada malteada ou extrato de malte.
- “cervejas puro malte de (nome do cereal mareado)”: são elaboradas a partir de um mosto de extrato primitivo que contém apenas este cereal específico malteado.
- “cervejas de (nome do cereal ou dos cereais majoritário(s), malteado(s) ou não)”: são elaboradas por um mosto de extrato primitivo que contém em sua maioria adjuntos cervejeiros

Na Tabela 6, é possível observar alguns dos principais estilos de cervejas, tal como sua origem e outras classificações.

Tabela 6 – Estilos de cerveja.

Tipo	Origem	Coloração	Teor Alcoólico	Fermentação
Pilsener	República Checa	Clara	Médio	Baixa
Pale Ale	Inglaterra	Clara e Avermelhada	Médio ou Alto	Alta
Malzbier	Alemanha	Escura	Alto	Baixa
Munich Dunkel	Alemanha	Clara	Médio	Alta
Weizenbier	Alemanha	Clara	Médio	Alta
Porter	Inglaterra	Escura	Alto	Alta ou Baixa
Dortmunder	Alemanha	Clara	Médio	Baixa
Stout	Reino Unido	Escura	Alto	Geralmente baixa

Fonte: SINDICERV, 2021.

3.4 Cervejas tipo *Ale*

O tipo *Ale* é um tipo de cerveja que utiliza alta fermentação, com leveduras que “trabalham” melhor em temperaturas mais elevadas, em que o fermento tende a ficar no topo do tanque durante o processo de fermentação. Esta levedura acelera a fermentação da cerveja quando se compara com outros estilos, o que garante um sabor frutado devido a maior produção de ésteres. A diferença nos tipos de maltes utilizados na produção garante, normalmente, uma coloração que irá variar dependendo do estilo da *Ale* desejado, com sabor dominante proveniente dos ésteres ou em alguns casos, dificilmente percebidos e por fim, um teor alcoólico médio ou elevado (SINDICERV, 2021).

Hoje, há diversas variações de cervejas *Ale* provenientes de escolas de diferentes países. Nas escolas produtoras de cervejas do tipo *Ale*, temos a escola inglesa, responsável pelo estilo *English Pale Ale*, *Porter*, *Stout* e *English IPA*; a escola belga, com os estilos *Dubbel*, *Witbier*,

Blond Ale e Strong Ale; a escola alemã, com o estilo *Weiss*, e por fim, a escola americana, responsável pelos estilos *Cream Ale e American Pale Ale* (AMBEV, 2019)

Dentre os estilos mencionados, podemos citar três conhecidos e consumidos no Brasil, são eles a *Indian Pale Ale*, a *Pale Ale* e a *Weiss*. A cerveja no estilo *IPA* tem atributos marcantes provenientes dos lúpulos característicos que garantem sabores herbais, cítricos, resinosos e amargos. A cerveja no estilo *Pale Ale* são de origem inglesa e têm características mais amargas, provenientes de uma quantidade maior de lúpulo de amargor em sua receita. Por fim, cervejas no estilo *Weiss* são produzidas com malte de trigo, o que garante sabor leve e refrescante, cor clara e uma espuma cremosa (AMBEV, 2019).

3.5 Cervejas tipo *Larger*

As cervejas do tipo *Larger* são aquelas de baixa fermentação, em que a levedura trabalha a temperaturas de 8°C a 15°C, demorando mais tempo para a fermentação ser concluída completamente. O fermento tende a descer para baixo do tanque no final do processo (SINDICERV, 2021).

Este tipo de cerveja, surgiu após o século XV, sendo que, antes desta época, apenas as cervejas de alta fermentação eram produzidas. Este surgimento ocorreu devido a necessidade de produzir cerveja no inverno e armazená-la até o verão. O que foi possível com a cerveja de baixa fermentação. Estas cervejas, com características de sabor acentuado, com coloração clara e leve, atualmente, são as mais consumidas no mercado (FERREIRA *et al.*, 2014)

Os estilos mais conhecidos deste tipo de cerveja são: *Pilsener, American Lager, Vienna, Helles, Bock e Schwarzbier* (AMBEV, 2019). Com destaque para a cerveja no estilo *Pilsener*, que, é a mais conhecida e consumida no Brasil e também no mundo. Suas características principais são o sabor delicado, leve e claro, com teor alcoólico entre 3% e 5% (SINDICERV, 2021).

3.6 Matérias Primas para a produção de cerveja

3.6.1 Água

A água é o primeiro dos principais ingredientes para a produção da cerveja. É responsável por estabelecer o corpo da cerveja e retirar os ingredientes do malte e lúpulo. A

água deve ser livre de impurezas, filtrada, sem sabor e resíduos característicos, como cloro, e é responsável em média por 92% do produto final total (TOZETTO, 2017).

A escolha da água é de suma importância para a produção da cerveja, visto que, para cervejas mais amargas, águas com teor mais elevado de sulfato de cálcio são as mais indicadas. Por outro lado, para cervejas do estilo pilsen, são necessárias águas com teores menores de cálcio e magnésio (VENTURINI FILHO, 2000). Pode-se citar também, como minerais importantes para o manejo da água desejada, o cloreto de sódio e o índice de ferro.

Outro parâmetro importante para a qualidade da água desejada é o pH. Um índice alcalino pode ocasionar a dissolução de compostos indesejáveis presentes no malte e na casca dos cereais. Por isto, um pH levemente ácido (6,5 e 7,0) é selecionado para favorecer a atividade enzimática do grão do cereal, aumentando por consequência os açúcares formados e favorecendo um maior teor alcoólico (TOZETTO, 2017).

Como já é de notoriedade a influência da água no produto final, muitas cervejarias, desde produção na escala nano até a larga escala, fazem a correção da água para o processo produtivo, com o intuito de produzir uma cerveja de melhor qualidade.

3.6.2 Malte

O malte pode ser produto de germinação de sementes de qualquer tipo de cereal, como cevada, milho, trigo, arroz e diversos outros. É o ingrediente que confere sabor, corpo, cor, odor e atua na formação de espuma do produto (CURI, 2006). No malte estão presentes amido, proteínas, sendo também o responsável por disponibilizar enzimas para a quebra de grandes cadeias de polímeros. É ele que dá origem aos açúcares que serão fermentados durante o processo (TOZETTO, 2017).

A cevada, muito utilizada para a fabricação de cervejas, possui características que a torna adequada para a produção. Tais características são o elevado teor de amido, de proteínas e enzimas após seu processo de maltagem, além de possuir grande facilitação em seu processo de maltagem (MARIANA, 2018).

Para ser utilizado como ingrediente para o processamento da cerveja, o malte passa pelo processo de malteação, que converterá os açúcares fermentescíveis provenientes do amido. A malteação consiste em etapas de maceração, germinação e secagem. Todo processo necessita de condições controladas para originar as enzimas que serão essenciais para que as reações

bioquímicas ocorram e conseqüentemente possam ser utilizados na fabricação da cerveja (TOZETTO, 2017).

3.6.3 Lúpulo

O lúpulo é uma planta de regiões frias e de difícil cultivo. É responsável por garantir o amargor e o sabor característico da cerveja (CURI, 2006). No processo de produção da cerveja, utilizam-se apenas as flores fêmeas e encontra-se na forma comercial em forma de flores secas, em pellets ou extratos. Dependendo do seu intuito de utilização, o lúpulo utilizado pode ser mais voltado para conferir aroma a cerveja, enquanto outras variedades são utilizadas para conferir o amargor, ou ainda, pode ser utilizado para os dois sentidos (TOZETTO, 2017).

Os lúpulos que mais conferem o amargor são os com grande quantidade de alfa-ácido, podendo chegar até 25% do peso total. Já os lúpulos de aroma, são os que possuem pequenas quantidades de alfa-ácido (VARGAS, 2018).

O lúpulo apresenta também outras funções importantes, como as ações antissépticas, que reduzem os riscos de contaminação microbológica e também a estabilização do sabor e espuma da bebida (VARGAS, 2018).

3.6.4 Levedura e aditivos

As leveduras são microrganismos responsáveis por realizar as reações bioquímicas que convertem os açúcares fermentescíveis em álcool e dióxido de carbono. São responsáveis por apresentarem diferentes comportamentos de fermentação, dependendo do estilo de cerveja desejado e conseqüentemente, influenciando nas características finais do produto obtido (VARGAS, 2018).

De maneira geral, as cervejas produzidas estão englobadas em dois grandes estilos: as do tipo *Ale* e as do tipo *Lager*. As cervejas do tipo *Ale* são as cervejas de alta fermentação, em que o processo ocorre a temperaturas mais altas, enquanto as cervejas do tipo *Lager*, são de baixa fermentação e necessitam de temperaturas menores (TOZETTO, 2017). Estes estilos dependem exclusivamente da levedura utilizada e sua faixa de atuação para obter o produto.

As leveduras mais utilizadas para estas duas grandes escolas de cerveja são as espécies do gênero *Saccharomyces*. Para cervejas de alta fermentação, a espécie mais utilizada é a *Saccharomyces cerevisiae* e para cervejas de baixa fermentação, a mais comum é a

Saccharomyces uvarum. Porém, isto pode variar de acordo o aroma desejado e suas características (OLIVEIRA, 2011).

3.6.5 Aditivos e adjuntos

Existem diversos aditivos e adjuntos utilizados no processo de produção de cerveja. Os mais comuns são antioxidantes, estabilizantes, acidulantes, floculantes, antiespumantes e também os aromatizantes.

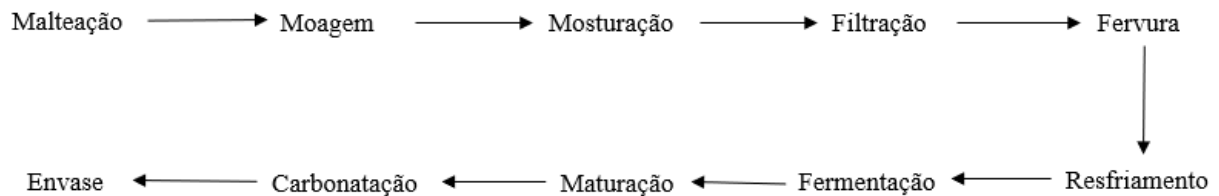
Os antioxidantes têm como função evitar a ação do oxigênio na oxidação da cerveja, buscando estabilizar o sabor e odor desejado, evitando que o produto final se torne inapropriado para consumo. Os estabilizantes possuem características físicas para manter as emulsões e suspensões. Adicionado a cerveja buscando aumentar a viscosidade, este produto se destina também a estabilizar a espuma da cerveja. Os acidulantes auxiliam no controle do pH, melhorando a cor e auxiliando na filtração do mosto. Um acidulante bastante utilizado é o ácido láctico. O floculante é utilizado especialmente na fervura para a floculação e precipitação de proteínas indesejadas. Por fim, o antiespumante é utilizado para controlar a formação de espuma e os aromatizantes para garantir sabores e aromas característicos. Estes são muito utilizados quando se deseja uma cerveja frutada, pois facilitam o controle da contaminação, visto que, a adição de frutas no mosto pode dificultar o processo antisséptico, se não realizado da forma correta (OLIVEIRA, 2011).

3.7 Processo produtivo da cerveja

O processo produtivo da cerveja consiste em etapas gerais para a fabricação e com operações essenciais. Tais operações se dão basicamente por: malteação, moagem, mostura, filtração, fervura, resfriamento, fermentação, carbonatação e envase.

Todas as etapas, em sequência, necessitam de um conhecimento teórico e prático para a realização, pois nestes processos, diversas reações químicas e bioquímicas ocorrem, necessitando de um acompanhamento criterioso (MORADO, 2009). Na Figura 2, nota-se o fluxograma simplificado do processo.

Figura 2 – Fluxograma básico do processo produtivo de cerveja.



Fonte: do Autor (2021).

3.7.1 Malteação

O malte é um dos produtos mais importantes para a produção da cerveja e é responsável por garantir corpo, aroma e cor no processo produtivo, sendo também, a base para a formação do mosto. Diante disto, a indústria cervejeira exige constantemente melhores maltes, com características e melhoramentos para a produção. O poder germinativo, teor de proteína e o equilíbrio dos grãos são fundamentais para uma boa produção de malte, tendo consequência diretamente influenciada por fatores como clima, manejo e escolha mais competitiva da cultivar para a correta região (MINELLA, 2015).

A malteação consiste basicamente em uma germinação controlada dos grãos de cevada, posterior a secagem. É nesta etapa em que o grão, adquire as enzimas que serão indispensáveis para o processo de fermentação da cerveja (GOUVÊA, 2013)

3.7.2 Moagem

A moagem consiste em quebrar o grão do cereal que será utilizado na etapa de mosturação. Esta quebra permite ao cereal já maltado, expor melhor seu amido, devido ao aumento da superfície de contato com as enzimas do malte. Este aumento da superfície de contato melhora a dissolução com a água e aumenta a hidrólise (TOZETTO, 2017). Esta etapa é executada por equipamentos que trituram o material, expondo seu conteúdo interno. Temos como técnica mais comum a moagem a seco, que utiliza equipamentos como moinho de dois, quatro ou seis rolos, bem como discos ou martelos. Também existe a técnica de moagem úmida, em que utilizam-se comumente moinhos de dois rolos cônicos com ranhuras em um malte já umedecido.

É importante destacar ainda que, é que nesta etapa, o aumento da superfície de contato e favorecimento da hidrólise tem relações diretas em vários parâmetros, como o rendimento,

clarificação, cinética de reações físico-químicas e qualidade final da cerveja (DRAGONE; ALMEIDA; SILVA, 2010).

De uma maneira geral, a moagem não deve ser muito grossa, pois ocasiona dificuldade de hidrolise do amido e também não deve ser muito fina, pois, ocasiona dificuldade na filtragem do mosto (VARGAS, 2018).

3.7.3 Mosturação e filtração do mosto

A mosturação busca hidrolisar os maltes moídos. É nesta etapa que ocorre a formação do mosto da cerveja e visa extrair o máximo deste malte. Sua importância deve-se principalmente pois este processo influenciará diretamente na futura etapa de fermentação.

O processo ocorre a temperaturas pré-estabelecidas e controladas. Usualmente, são utilizadas rampas de temperaturas, dependendo da cerveja que se deseja produzir. O princípio da mosturação é o mesmo, começa-se a baixas temperaturas, sendo estas aumentadas conforme o passar das rampas de aquecimento. O objetivo é promover a gomificação e posterior hidrólise por parte das enzimas do malte e seus substratos. Faz-se necessário a passagem de temperatura, pois, as temperaturas mais baixas no processo de mostura fazem com que ocorram reações das proteases, temperaturas médias fazem ocorrer a conversão do amido pelas β -amilases em temperaturas mais altas ocorre a dextrinização pela α -amilase. Estas temperaturas, comumente variam entre 50 a 75°C (VARGAS, 2018).

No final do processo de mostura, o amido em meio aquoso e hidrolisado é degradado, fazendo com que se converta em açúcares como maltose, glicose e maltotrioses que serão futuramente consumidos no processo de fermentação. Também se formam dextrinas que colaboram para a textura, aroma e paladar da cerveja (WILLAERT, 2007). O estilo de cerveja desejado, bem como suas características, define as rampas de temperatura o tempo em que estas rampas farão parte do processo.

Na etapa de mosturação, normalmente, realiza-se o “teste de iodo” que consiste em adicionar 0,02% de solução de iodo a 1 mL de mostura. A existência de amido é indicada por cores próximas ao azul, resultando em problemas em processos futuros. Deseja-se nesta etapa, coloração amarela da solução (BANDINELLI, 2015).

Ao final da etapa de mosturação, faz-se necessário separar o mosto líquido dos sólidos do malte. Este processo é realizado por filtração e consiste em duas etapas. Primeiro, separa-se o mosto da parte sólida, utilizando os próprios resíduos como meio filtrante e obtendo-se um

mosto denominado como primário. Na segunda etapa da filtração, utiliza-se água quente, com a mesma temperatura final do mosto para lavar os grãos e retirar o restante de sólidos solúveis presentes no malte (BANDINELLI, 2015).

3.7.4 Fervura e resfriamento

A fervura parte do princípio de garantir à cerveja produzida uma conservação do aspecto biológico e bioquímico do mosto, bem como a inativação das enzimas e coagulação protéica (BANDINELLI, P. C., 2015).

Nesta etapa, ocorre a adição de um ingrediente muito importante ao processo: o lúpulo. Os lúpulos adicionados irão variar conforme a cerveja desejada e suas características, visto que, é o principal responsável por garantir aroma e amargor à cerveja (TOZETTO, 2017).

O mosto líquido é introduzido a 100 °C durante 60 minutos, o que garante também, a evaporação da água excedente, extração dos compostos aromáticos provenientes do lúpulo e remoção de componentes indesejados.

Após a fervura, inicia-se o processo de resfriamento do mosto, que garantirá a temperatura correta para levedura iniciar o processo fermentativo. Temperaturas elevadas podem ocasionar a desativação das leveduras e por consequência, irregularidade na fermentação. Também é de suma importância que o tempo decorrido de resfriamento não seja muito grande. Tempos grandes de resfriamento ocasionam na formação de *dimetilsulforeto (DMS)* a partir do *S-metil-metionina (SMM)*, presente na casca do malte e não eliminados completamente no processo até então. Este composto é responsável por mudar o sabor da cerveja produzida, sendo necessários tempos de resfriamento adequados. Sugere-se 25 a 30 minutos para não formação destes compostos indesejados e também para a não oxidação do mosto (KOGA, SANTOS, PROENÇA, 2018).

3.7.5 Fermentação

Com a temperatura correta para o início da fermentação atingida, é adicionado levedura ao mosto cervejeiro. As leveduras têm como principal função consumir os açúcares extraídos durante todo o processo até então, provenientes dos grãos de maltes, retirados principalmente no processo de malteação.

Portanto, no processo de fermentação, ocorrem processos biológicos que convertem açúcares residuais em álcool e dióxido de carbono. O dióxido de carbono é extraído do tanque de fermentação por dispositivos como *Airlock* (KOGA, SANTOS, PROENÇA, 2018).

O tempo de fermentação, temperatura do processo e o tipo de levedura utilizada dependerão do estilo de cerveja produzido e tem seu fim, quando todos açúcares forem efetivamente consumidos. Para isto, realizam-se medições periódicas da densidade da cerveja, a fim de garantir o final do processo de fato (KOGA, SANTOS, PROENÇA, 2018).

3.7.6 Maturação, carbonatação e envase

Com o consumo completo dos açúcares, a etapa de fermentação se encerra e inicia-se o processo de maturação. Para isto, primeiramente retira-se as leveduras depositadas ao fundo do tanque, que decantaram ao longo do processo anterior e coloca-se a cerveja produzida em temperaturas mais baixas, a fim de garantir um aroma e sabor da cerveja mais refinado. Este processo também é de suma importância para garantir uma cerveja mais límpida e translúcida, visto que, partículas sólidas residuais da cerveja continuam a decantar completamente nesta etapa. A maturação também dependerá do estilo de cerveja produzida e suas características específicas desejadas (KOGA, A., SANTOS, F. B. G., PROENÇA, L. B., 2018).

Ao final do processo de maturação, dá-se o início de processo de carbonatação e envase. Este processo depende muito do tipo de estratégia comercial, logística e recipiente escolhido. Usualmente, existem duas técnicas comuns: a carbonatação normal (*Priming*) ou forçada.

A carbonatação normal, comumente utilizada em garrafas e latas, é dada pela adição de pequenas quantidades de açúcares ao recipiente a ser envasado junto à cerveja ainda sem gás. O recipiente então é lacrado e o restante de levedura na cerveja consumirá o açúcar pela reação já citada no processo de fermentação, transformando em pequenas quantidades de álcool e também dióxido de carbono, que garantirá o gás dissolvido à cerveja.

Por outro lado, o processo de carbonatação forçada, se dá pela adição de dióxido de carbono por compressão em tanques de maturação ou até mesmo nos barris já envasados, garantindo a dissolução do dióxido de carbono na cerveja.

Com o tempo correto da carbonatação necessária para a cerveja, a mesma já está pronta para ser transportada e consumida.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

No intuito de produzir os três estilos em questão: *Indian Pale Ale*, *American Pale Ale* e *Honey Saison*, utilizou-se as mesmas etapas básicas descritas no fluxograma da Figura 2. Todos os processos ocorreram em batelada e com os equipamentos listados na Tabela 7.

Tabela 7 – Equipamentos utilizados.

Equipamento	Quantidade
Moinho de rolos	1
Panela "Inversa 40 Litros"	1
Panela para aquecimento	1
Peneira	2
Pipeta	1
Dorna fermentativa	1
Trocador de calor em espiral	2
Proveta	1
Densímetro	1
Barril	2

Fonte: do Autor (2021).

O processo para a produção dos diferentes tipos de cerveja se diferenciou pelos ingredientes utilizados e técnicas específicas de fabricação, visando gerar características peculiares de cada cerveja produzida. Nota-se os ingredientes das cervejas *Indian Pale Ale*, *American Pale Ale* e *Honey Saison* com seus custos listados nas Tabelas 8, 9 e 10.

Tabela 8 – Ingredientes e custos da *Indian Pale Ale*.

Produto	Preço por Kg	Unidade	Quantidade	Preço Total
<i>Pale Malte</i>	17,10	Kg	6,75	115,43
Malte <i>Caramunich I</i>	19,60	Kg	1,00	19,60
Malte <i>Wheat Malte</i>	15,57	Kg	0,75	11,68
Lúpulo <i>Herkules</i>	383,27	Kg	0,04	15,33
Lúpulo <i>El Dorado</i>	596,38	Kg	0,04	23,86
Lúpulo <i>Cascade</i>	171,70	Kg	0,04	6,87
Levedura US-05	26,66	Pacote	2,00	53,32
Custo total				246,08

Fonte: do Autor (2021).

Tabela 9 – Ingredientes e custos da *American Pale Ale*.

Produto	Preço por Kg	Unidade	Quantidade	Preço Total
Malte <i>Pilsen Agrária</i>	7,80	Kg	7,00	54,60
Malte <i>Caraamber</i>	15,54	Kg	0,46	7,15
Malte <i>Melanoidin</i>	18,92	Kg	0,15	2,84
Lúpulo <i>Cascade</i>	311,94	Kg	0,03	9,36
Lúpulo <i>Chinook</i>	366,83	Kg	0,03	11,00
Lúpulo <i>Mosaic</i>	472,20	Kg	0,03	14,17
Levedura S-04	24,26	Pacote	2,00	48,52
Custo total				147,64

Fonte: do Autor (2021).

Tabela 10 – Ingredientes e custos da *Honey Saison*.

Produto	Preço por Kg	Unidade	Quantidade	Preço Total
Malte <i>Pilsen Agrária</i>	7,80	Kg	5,25	40,95
Malte <i>Wheat Malt Pale</i>	14,85	Kg	1,50	22,28
Malte <i>Caramunich II</i>	17,91	Kg	0,22	3,94
Lúpulo <i>Nugget</i>	308,52	Kg	0,05	15,43
Levedura <i>Belle Saison</i>	39,80	Kg	2,00	79,60
Custo total				162,19

Fonte: do Autor (2021).

É possível observar que os ingredientes utilizados no estilo *Indian Pale Ale* tiveram seu custo total de R\$ 246,08 e foi o mais elevado dos três estilos, seguidos respectivamente, pela cerveja no estilo *Honey Saison* e *American Pale Ale* com custos estimados de R\$ 162,19 e R\$ 147,64. A descrição de cada processo produtivo para cada cerveja em questão se dará a seguir.

4.1 *Indian Pale Ale*

A primeira etapa para a produção da cerveja, após a colheita de insumos e seus respectivos armazenamentos, como já citado, é a malteação. No caso, os grãos já maltados, podem ser submetidos à próxima etapa: a moagem. Para a produção deste estilo de cerveja, foram utilizados os maltes *Pale Malte (Weyermann)*, *Caramunich I (Weyermann)* e *Wheat Malte (Weyermann)*, sendo as quantidades, cores (EBC) e amargor (%IBU), retirados do *software Beer Smith* e constatados na Tabela 11.

Tabela 11 – Maltes utilizados e suas propriedades para o estilo *Indian Pale Ale*.

Malte	Quantidade (kg)	EBC	IBU (%)
Pale Malte	6,75	6,5	79,4
Caramunich I	1,00	100,5	11,8
Wheat Malte	0,75	3,9	8,8

Fonte: do Autor (2021).

Nota-se, pelas propriedades dos grãos que o malte *Caraminich I* será o maior responsável pela cor, enquanto o amargor será prevalecido pelo *Pale Malte*.

As Figuras 3 e 4 representam os respectivos maltes, o moedor de rolos e os grãos após a realização da moagem.

Figura 3 – Maltes utilizados na fabricação.



Fonte: do Autor (2021).

Figura 4 – (a) Moedor e (b) moagem do malte.



(a)

(b)

Fonte: do Autor (2021).

A seguir, se dá a etapa de mostura. Esta etapa também é conhecida como brasagem ou maceração. A mesma, consiste em solubilizar os grãos em água a temperaturas pré-definidas. Nesta etapa, as enzimas se ligam as moléculas de amido, isto faz com que as cadeias se quebrem e transformem o amido em açúcares fermentescíveis, que podem ser consumidos posteriormente pelas leveduras na fermentação. A temperatura deve ser controlada para que esta ativação ocorra e ao mesmo tempo não ultrapasse o limite que a enzima suporta. Para este processo, foram feitas três rampas de temperatura, descritas na Tabela 12.

Tabela 12 – Detalhamento do processo de mosturação para *Indian Pale Ale*.

Nome da etapa	Adição de água (L)	Temperatura (°C)	Duração (min)
Rampa 1	25,0	45,0	20
Rampa 2	-	66,0	50
Rampa 3	-	75,0	10

Fonte: do Autor (2021).

Foram adicionados 25,0 L de água para o processo, sendo este ilustrado pelas fotografias da Figura 5. Pode-se notar também na imagem, a diferença em cada etapa da mostura, em que a cerveja começa a ganhar corpo e cor ao passar das rampas e etapas.

Figura 5 – Processo de mosturação da *Indian Pale Ale*.



Fonte: do Autor (2021).

Na etapa de mosturação, também se realizou o teste do iodo, que consiste basicamente em comparar a coloração do iodo puro e uma mistura de iodo com uma amostra de mosto. A coloração deve ser parecida, pois garante que a mosturação está completa, ou seja, não existe mais amido no mosto. A Figura 6, demonstra a realização do teste. Sendo possível notar a mistura iodo com mosto na parte superior e o iodo puro na parte inferior.

Figura 6 – Teste do iodo.



Fonte: do Autor (2021).

Antes de realizar a fervura, fez-se a lavagem dos grãos e filtração do bagaço do mosto. O equipamento utilizado possui uma grade que facilita a extração e lavagem. Podemos notar, na Figura 7, a realização da lavagem que garante uma extração completa dos açúcares residuais do bagaço do malte. A água para lavagem deve estar na mesma temperatura do processo em questão, para isto, aqueceu-se água separadamente, até 75°C. Fez-se o uso de uma peneira para a difusão homogênea da água no malte. Utilizou-se 17,5 litros para a lavagem completa dos grãos.

Figura 7 – Lavagem dos grãos da *Indian Pale Ale*.



Fonte: do Autor (2021).

Com a lavagem dos grãos realizada, a etapa subsequente é a fervura. Para isto, aqueceu-se o mosto cervejeiro até a temperatura pré-programada de 98°C. O processo de fervura tem duração de 60 minutos e é nesta etapa que são inseridos os lúpulos, responsáveis pelo amargor e aroma desejados à cerveja produzida. Adicionou-se nesta etapa do processo, 40 g do lúpulo *Herkules* no início do processo e o floculante *Whirlfloc Tablet*, com 15 minutos decorridos de fervura. A Figura 8 demonstra o lúpulo e o clarificante adicionado, e por consequência, na Figura 9, nota-se o equipamento antes do início da fervura e após o início, já com o lúpulo adicionado.

Figura 8 – (a) Lúpulo e (b) floculante utilizados.

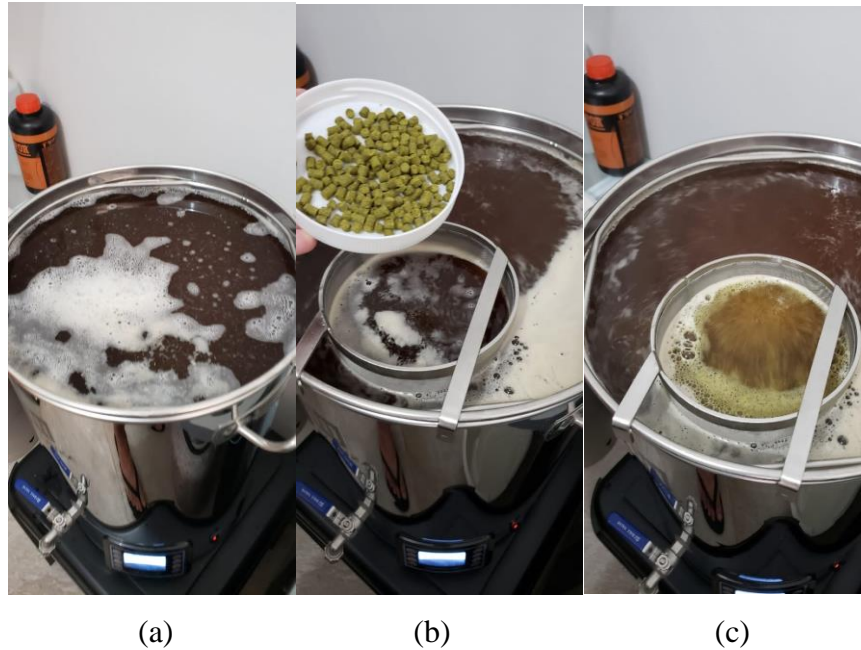


(a)

(b)

Fonte: do Autor (2021).

Figura 9 – (a) Fervura, (b) lúpulos adicionados e (c) lúpulos no processo para *Indian Pale Ale*.



Fonte: do Autor (2021).

Com o final do processo de fervura, resfriou-se o mosto para o futuro processo de fermentação da cerveja. Esta etapa é muito importante, pois garante o mosto na temperatura adequada para adição da levedura. Temperaturas elevadas podem causar a desativação das leveduras, que faz com que o processo de fermentação não ocorra. Também é de suma importância que o tempo decorrido de resfriamento não seja muito grande. Tempos grandes de resfriamento ocasionam em formações de dimetilsulfureto (DMS), responsável por mudar o sabor da cerveja produzida (KOGA, SANTOS, PROENÇA, 2018).

Para o processo de resfriamento, utilizaram-se dois trocadores de calor idênticos em espiral. O primeiro, com água gelada em seu exterior, com o objetivo de garantir um fluído de troca térmica com temperaturas mais baixas e por consequência, um menor tempo de resfriamento. O segundo trocador de calor em espiral, colocado dentro do equipamento, que permite a troca de calor do fluído de resfriamento com o mosto. Na Figura 10, nota-se ambos os trocadores de calor: o primeiro, utilizado na parte externa em contato com água gelada e o fluído de resfriamento interno e o outro, dentro do equipamento, para garantir o resfriamento do mosto.

Figura 10 – (a) Trocador de calor externo e (b) trocador de calor interno.



(a)

(b)

Fonte: do Autor (2021).

O resfriamento manteve-se até atingir 25°C no mosto. A medição da temperatura, assim como nos outros processos, foi feita pelo próprio equipamento.

Ao atingir 25°C, o mosto foi transferido para o balde de fermentação. Na parte interna do equipamento, na saída do mosto, tem-se uma peneira para assegurar que partes sólidas residuais não sejam transferidas para a próxima etapa. Também, utilizou-se uma peneira externa para assegurar que realmente as partes sólidas fossem retidas, como é possível notar na Figura 11.

Figura 11 – Retirada do mosto da *Indian Pale Ale*.



Fonte: do Autor (2021).

Ao final da transferência do mosto, iniciou-se a preparação para a etapa do processo fermentativo. Nesta etapa, também foi realizada a adição de lúpulos pelo método de *dry-hopping*.

Transferiu-se o recipiente com o mosto para uma geladeira com temperaturas pré-programadas, que permite que o processo fermentativo ocorra na forma e temperatura adequada para a levedura. Para o processo, adicionou-se 23 gramas da levedura *Saccharomyces cerevisiae* do tipo *Safale us-05*. Optou-se também, nesta etapa, por realizar o método do *dry hop* para a adição de lúpulos. Este método consiste na adição do lúpulo na etapa fermentativa e garante aromas diferentes do lúpulo, em relação a adição mais comum, no processo de fervura. Para isto, foram adicionados 40 gramas do lúpulo do tipo *Cascade* e 40 gramas do tipo *El Dorado*. Ambos permaneceram por 3 dias em contato com o mosto. Na Figura 12, é possível observar a levedura utilizada, a adição da mesma ao recipiente e a levedura utilizada no processo de *dry-hopping*.

Figura 12 – (a) Fermento utilizado, (b) processo fermentativo e (c) lúpulos.



Fonte: do Autor (2021).

Retirou-se amostras do processo, com o intuito de realizar a coleta de suas respectivas densidades ao longo dos dias. Utilizou-se um densímetro e uma proveta para a realização, como notado na Figura 13. No método *dry-hopping*, como citado, as leveduras permaneceram durante 3 dias e após este período, foram retiradas.

Figura 13- Medida das densidades no processo fermentativo.



Fonte: do Autor (2021).

O processo fermentativo feito pela levedura necessita de etapas à temperaturas específicas para completa fermentação e obtenção de fato da cerveja. Neste caso, a fermentação teve duração de 13 dias e as temperaturas utilizadas ao longo dos dias, encontram-se dispostas na Tabela 13.

Tabela 13 – Fermentação da cerveja *Indian Pale Ale*.

Quantidade de dias	Temperatura (°C)
7,0	18,0
3,0	21,0
3,0	5,0

Fonte: do Autor (2021).

Durante os sete primeiros dias, com temperatura a 18°C ocorre o consumo dos açúcares fermentáveis pela levedura, transformando esses açúcares do mosto em álcool e gás carbônico. Após estes dias, a levedura diminui quase a zero o consumo de açúcares fermentáveis e se inicia a segunda etapa a temperatura de 21°C durante três dias. Esta etapa é tão importante quanto a primeira, pois, garante que impurezas e elementos como Diacetil e Acetaldeídos sejam eliminados, o que garante paladar mais agradável ao produto final (MOMBACH, 2018). Também, foi neste momento que se realizou o método do *dry-hopping*. Os lúpulos adicionados permaneceram em contato com o mosto durante o decorrer dos três dias. Após este período, retiraram-se os lúpulos e se deu início a etapa de maturação e clarificação, que, como explicado

anteriormente, tem como princípio apurar o aroma e sabor da cerveja e dar o início à deposição de resíduos consumidos pela levedura no fundo do recipiente. Na etapa de clarificação para este estilo de cerveja, optou-se a princípio, por reduzir a temperatura para 5°C durante três dias, o que assegurou que as leveduras e o restante de seus resíduos se decantassem totalmente ao fundo do recipiente, como notado na Figura 14, tornando o produto final mais puro e límpido.

Figura 14 – Resíduos ao final da etapa de maturação.



Fonte: do Autor (2021).

Por fim, foram realizadas as etapas de carbonatação e envase. A cerveja produzida é transferida para o barril como notado na Figura 15. Para o processo de carbonatação, utilizou-se o método de carbonatação forçada. Para isto, fez-se uso de um cilindro de CO₂ comprimido, com pressão a 2 bar, para garantir a difusão do gás na cerveja.

Figura 15 – (a) Transferência ao final do processo de maturação e (b) carbonatação.



(a)

(b)

Fonte: do Autor (2021).

A cerveja permaneceu em descanso sob refrigeração controlada durante cinco dias a zero graus celsius para a completa difusão dos gases e final da clarificação. Na Figura 16 é possível notar a cerveja completamente pronta para consumo.

Figura 16 – *Indian Pale Ale* pronta para consumo.



Fonte: do Autor (2021).

4.2 *American Pale Ale*

Para o estilo *American Pale Ale*, foram utilizados os maltes *Pilsen Agrária*, *Caraamber* (*Weyermann*) e *Melanoidin*, com suas características como: cor (EBC), amargor (%IBU) e quantidades utilizadas, retiradas do *software Beer Smith* e apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Maltes utilizados e suas propriedades para o estilo *American Pale Ale*.

Malte	Quantidade (Kg)	EBC	IBU (%)
<i>Pilsen Agrária</i>	7,00	4,0	92,0
<i>Caraamber</i>	0,46	70,9	6,0
<i>Melanoidin</i>	0,15	59,1	2,0

Fonte: do Autor (2021).

Novamente, é possível notar a influência de cada tipo de malte na cerveja produzida. O malte no estilo *Pilsen Agrária* dará corpo e amargor, enquanto os maltes no estilo *Caraamber* e *Molanoidin*, cada qual com sua respectiva característica, serão responsáveis pela cor.

Os maltes primeiramente passaram pelo processo de moagem, com o moedor de rolos identificado na Figura 4 e na sequencia deu-se início ao processo de mostura. Na Tabela 15 é demonstrada as duas rampas de temperatura, junto ao tempo decorrido e adição de água na mostura. Este processo de mostura é possível ser notado na Figura 17.

Tabela 15 – Detalhamento do processo de mosturação para *American Pale Ale*.

Nome da etapa	Adição de água (L)	Temperatura (°C)	Duração (min)
Rampa 1	25,0	67,0	60
Rampa 2	-	76,0	10

Fonte: do Autor (2021).

Figura 17 – Processo de mosturação da *American Pale Ale*.



Fonte: do Autor (2021).

Nesta etapa, também se realizou o teste do iodo, onde foi possível notar que a coloração da amostra pura e da amostra misturada com o mosto, tiveram tonalidades iguais, o que constata a completa mosturação.

Com o final do tempo decorrido em suas referentes temperaturas, realizou-se a lavagem dos grãos buscando extrair o restante de açúcares fermentescíveis presentes no malte. O processo ocorreu a temperatura de 76°C, sendo a água de lavagem, aquecida em um recipiente externo. Utilizou-se 17 litros para a lavagem completa dos grãos. Com o auxílio do

equipamento, retirou-se o malte do mosto após a lavagem, a fim de garantir apenas o mosto líquido para a etapa de fervura, como é notório na Figura 18.

Figura 18 – Lavagem dos grãos e retirada do malte da *American Pale Ale*.



Fonte: do Autor (2021).

Para a etapa subsequente de fervura, aqueceu-se o equipamento para a temperatura pré-programada de 98°C. O processo de fervura novamente teve duração de 60 minutos e ocorreu a adição de lúpulos para extrair aroma e amargor para o produto.

Adicionou-se lúpulos de três tipos diferentes e em proporções idênticas. Foram estes: *Cascade*, *Chinook* e *Mosaic*, como especificados na Tabela 16, constando sua quantidade total utilizada e sua porcentagem IBU.

Tabela 16 – Lúpulos adicionados para a *American Pale Ale*.

Lúpulo	Quantidade (g)	% IBU
<i>Cascade</i>	30	3,8
<i>Chinook</i>	30	8,9
<i>Mosaic</i>	30	8,4

Fonte: do Autor (2021).

Os lúpulos foram adicionados em três frações de 10g em três tempos diferentes. As adições ocorreram em 30 minutos decorridos do processo, 45 minutos e ao final dos 60 minutos. Também se adicionou nesta etapa o clarificante *Whirlfloc Tablet*, com 15 minutos decorridos após o início da fervura. A Figura 19 demonstra uma das adições de lúpulo na fervura, enquanto o clarificante foi representado pela Figura 7 (b).

Figura 19 – (a) Lúpulos, (b) fervura e (c) lúpulos na fervura para *American Pale Ale*.



(a)

(b)

(c)

Fonte: do Autor (2021).

Ao final dos 60 minutos decorridos de fervura, iniciou-se o processo de resfriamento do mosto. Utilizou-se os trocadores de calor da Figura 10, a fim de garantir maior troca de calor entre o mosto e o fluido de resfriamento e, por consequência, garantir o tempo correto para abaixar a temperatura do mosto líquido até 25° C, evitando o surgimento de DMS, garantindo a não oxidação da cerveja e atingindo temperaturas adequadas para o início do processo de fermentação.

Com auxílio do próprio equipamento, que conta com uma peneira interna na saída, realizou-se a filtragem do mosto já fervido para a passagem ao recipiente de fermentação. Utilizou-se também uma peneira externa para garantir que partículas sólidas não sucedessem para esta etapa. O processo realizado, foi similar ao ilustrado pela Figura 11.

O recipiente foi transferido à geladeira com temperaturas pré-programadas para a fermentação adequada da levedura na cerveja. A etapa de fermentação completa, teve utilização

de 23 gramas da levedura *Safale English Ale* (*Saccharomyces cerevisiae*, *Safale S-04*) e teve duração de treze dias, contando com três temperaturas distintas, como é possível notar na Tabela 17.

Tabela 17 – Fermentação da cerveja *American Pale Ale*.

Quantidade de dias	Temperatura (°C)
7,0	18,0
3,0	21,0
3,0	5,0

Fonte: do Autor (2021).

Nos 7 primeiros dias ocorreu a fermentação primária da cerveja, em que os açúcares fermentáveis são transformados em álcool e gás carbônico. Na segunda fase, a levedura passa a consumir produtos bioquímicos, como *diacetil*, *acetaldeídos* e outros compostos que são responsáveis por sabores indesejados na cerveja. Já nos três últimos dias, a levedura interrompe seu processo de fermentação e se inicia a clarificação e mosturação da cerveja, que auxilia na decantação de resíduos sólidos que conseqüentemente, deixa o corpo da cerveja mais límpido e agradável. Durante os sete primeiros dias de fermentação, retirou-se amostras para medição da densidade da cerveja ao longo dos dias, com auxílio de proveta e densímetro e já demonstrado na Figura 13. A realização da retirada de amostras ao longo da etapa de fermentação se fez principalmente devido a dois intuitos: demonstrar a densidade da cerveja ao longo desta etapa e garantir sua completa fermentação primária, visto que, a densidade se estabiliza ao longo dos dias decorridos, indicando o fim desta primeira etapa fermentativa.

Com o fim dos treze dias decorridos, iniciou-se a carbonatação e envase. Transferiu-se a cerveja para dois barris de quinze litros cada e novamente utilizou-se o processo de carbonatação forçada, como notado na Figura 15. Para isso, fez-se uso de um cilindro de gás carbônico comprimido, fazendo a injeção de gás a 2 bar para dentro do barril. A cerveja produzida permaneceu por cinco dias no recipiente em câmara refrigerada a temperatura de 0°C, garantindo a total difusão do gás no líquido. A Figura 20 demonstra a cerveja sendo transferida do recipiente utilizado no processo fermentativo para o barril.

Figura 20 – Envase da cerveja da *American Pale Ale*.



Fonte: do Autor (2021).

Após os cinco dias, a cerveja produzida está pronta para ser consumida, como constatado na Figura 21.

Figura 21 – *American Pale Ale* pronta para consumo.



Fonte: do Autor (2021).

4.3 Honey Saison

A cerveja do tipo *Honey Saison* busca o equilíbrio de uma cerveja encorpada da classe *Ale* e o paladar puxado ao doce, devido a utilização de mel para a produção. Para este estilo, utilizou-se três maltes no seu processo, são eles: *Pilsen Agrária*, *Wheat Malt Pale (Weyermann)* e *Caraminich II (Weyermann)*. Os maltes foram moídos com o moedor de rolos identificado na Figura 3 para se dar o início do processo de mosturação. As características dos maltes seguem a Tabela 18, com as quantidades utilizadas, grau EBC de cor e % IBU.

Tabela 18 – Maltes utilizados e suas propriedades para o estilo *Honey Saison*.

Nome	Quantidade (Kg)	EBC	% IBU
<i>Pilsen Agrária</i>	5,25	4,0	71,5
<i>Wheat Malt Pale</i>	1,50	3,9	20,4
<i>Caraminich II</i>	0,22	124,1	3,0

Fonte: do Autor (2021).

Nota-se que os três maltes utilizados têm grande diferença em relação a suas quantidades utilizadas, nível de cor e amargor. O malte *Pilsen Agrária*, em maior quantidade será o responsável pelo corpo da cerveja, enquanto o malte *Wheat Malt Pale* dará amargor e o *Caraminich II* terá impacto sobre a cor.

A etapa completa de mostura teve duração de 70 minutos e contou com três rampas de temperatura. Para isto, aqueceu-se o equipamento a 62° C para a realização da primeira rampa e adicionou-se os maltes já moídos para a formação do mosto. A primeira etapa, teve duração de 40 minutos, sendo que, para a produção do mosto, foram utilizados 25,00 L de água. Subsequentemente, a segunda rampa de temperatura ocorreu a 72° C, durante 20 minutos e a terceira, 78° C durante os 10 minutos restantes. Na Tabela 19 consta a descrição do processo.

Tabela 19 – Detalhamento do processo de mosturação para *Honey Saison*.

Nome	Adição de água (L)	Temperatura (°C)	Duração (min)
Rampa 1	25,0	62,0	40,0
Rampa 2	-	72,0	20,0
Rampa 3	-	78,0	10,0

Fonte: do Autor (2021).

Nesta etapa, novamente realizou-se o teste de iodo para garantir que a mostura realmente estivesse completa. Notou-se coloração equidistante entre a amostra de iodo puro e a de iodo

misturado ao mosto, o que garantiu que não houvesse amido no mosto e sim, açúcares menores, os chamados açúcares fermentescíveis, que podem ser consumidos pela levedura posteriormente. Nota-se na Figura 22, as etapas do processo de mostura e sua evolução ao longo do tempo.

Figura 22 – Mosturação da *Honey Saison*.



Fonte: do Autor (2021).

Com os 70 minutos decorridos, a etapa de mosturação estava completa e com seu propósito confirmado pelo teste de iodo: garantir a formação de açúcares que poderão ser consumidos pela levedura. Fez-se então, a lavagem dos grãos a fim de retirar todo o corpo e açúcar residual presente no malte. A lavagem deve ser feita na temperatura do mosto, portanto, para isto, aqueceu-se água em um recipiente externo até atingir os 78°C para a lavagem dos grãos. Foram utilizados 18 litros de água para a lavagem completa do malte.

A retirada dos grãos foi feita pelo próprio compartimento do equipamento, que facilita a remoção. Aqueceu-se então, o equipamento a 98° C para dar início ao processo de fervura. O processo de fervura teve duração de 60 minutos e neste caso, além da adição dos lúpulos, também se adicionou mel ao processo. O lúpulo utilizado foi o *Nugget* com quantidade total de 50 gramas e adicionado em proporções diferentes em diferentes tempos. Adicionou-se 20 gramas ao início da fervura e 30 gramas ao final da fervura. Novamente, fez-se o uso do

clarificante *Whirlfloc Tablet*, com 15 minutos decorridos após o início da fervura para garantir uma cerveja mais límpida.

O estilo *Honey Saison* conta com mel em sua composição e para isto, optou-se por inseri-lo nesta etapa do processo de fervura, para evitar riscos de contaminação que ocasionariam futuros problemas. Com isto, ferveu-se 370 gramas de mel diluídos em pequena quantidade de água, separadamente, por um minuto, para se adicionar ao mosto líquido em estado de fervura. Esta adição do mel ocorreu a 1 minuto do final do processo de fervura. Nota-se na Figura 23, os lúpulos e as propriedades do mel adicionados no processo de fervura. O clarificante utilizado foi representado pela Figura 8 (b).

Figura 23 – (a) Lúpulos e (b) propriedades do mel.



(a)

(b)

Fonte: do Autor (2021).

Ao final dos 60 minutos, iniciou-se o processo de resfriamento. Fez-se o uso dos dois trocadores de calor representados na Figura 9 para se obter a temperatura de 30,6 °C em tempos corretos de resfriamento do mosto, evitando novamente, a formação de subprodutos bioquímicos indesejados.

Transferiu-se o mosto líquido fervido para o recipiente utilizado para a realização da fermentação, mostura e clarificação. A transferência contou com a utilização de uma grade interna ao equipamento para evitar a passagem de qualquer restante sólido no mosto, bem como de uma peneira externa, como indicado na Figura 24.

Figura 24 – Transferência do mosto líquido da *Honey Saison*.



Fonte: do Autor (2021).

Com isto, deu-se início ao processo de fermentação, onde a levedura de fato produzirá o álcool presente na cerveja com reações bioquímicas de consumo dos açúcares. Foram adicionados 22 gramas da levedura *Balle Saison (Saccharomyces cerevisiae variety diastaticus)*. O tempo de fermentação com suas temperaturas de processo estão especificadas na Tabela 20.

Tabela 20 – Fermentação da cerveja *Honey Saison*.

Quantidade de dias	Temperatura (°C)
8,0	18,0
3,0	21,0
3,0	5,0

Fonte: do Autor (2021).

A fermentação deste estilo de cerveja seguiu procedimento similar ao usado para as outras cervejas de alta fermentação, sendo a levedura utilizada, demonstrada pela Figura 25. Durante os oito primeiros dias a 18° C ocorreu a fermentação primária, em que a levedura consumiu os açúcares presentes no mosto cervejeiro, convertendo-os em álcool e gás carbônico. Após este tempo, a levedura cessa quase completamente a produção do álcool e começa a

consumir subprodutos indesejados. Durante a fermentação primária, retirou-se amostras de densidades para estudo do consumo de açúcares ao longo do tempo. Estas amostras foram medidas com um densímetro, demonstrado na Figura 13.

Figura 25 – Levedura utilizada para *Honey Saison*.



Fonte: do Autor (2021).

O aumento da quantidade de açúcares fermentescíveis promovidos pela adição do mel permite a levedura um maior consumo, elevando as quantidades finais de teor alcoólico, bem como promove um aumento de carbonatação e espuma. O mel também é responsável, por diminuir a turbidez, acidez, cor e amargor do produto final (BRUNELLI, L. T., MANSANO, A. R., VENTURI FILHO, W. G., 2014).

Com o fim da etapa fermentativa, a carbonatação ocorreu novamente no processo forçado. Para isto, transferiu-se a cerveja produzida para um barril de trinta litros e fez-se o uso do cilindro de gás carbônico comprimido. Com o manômetro acoplado ao cilindro em 2 bar, iniciou-se o processo de injeção de gás, garantindo a pressão necessária para a difusão.

Após a completa injeção, transferiu-se o barril novamente a um refrigerador com temperatura controlada, onde permaneceu por cinco dias para a completa carbonatação e consequente formação de espuma. A cerveja produzida, pode ser notada na Figura 26.

Figura 26 – *Honey Saison* pronta para consumo.



Fonte: do Autor (2021).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise dos ingredientes e processo produtivo

O processo de produção da cerveja como um todo segue basicamente os mesmos padrões gerais notados no fluxograma da Figura 2. Sua diferença se dará em ingredientes para o estilo de cerveja desejado, os equipamentos utilizados, técnicas específicas para a obtenção de diferentes resultados, estilo de carbonatação e envase pretendido e principalmente, em sua etapa fermentativa que separará as duas clássicas escolas cervejeiras: as cervejas de alta fermentação do tipo *Ale* e as cervejas de baixa fermentação do tipo *Lager*.

Para as cervejas desenvolvidas, os equipamentos utilizados foram os mesmos. Assim, todos os processos ocorreram em modo batelada. As etapas de mosturação, fervura, filtragem e resfriamento do mosto ocorreram todos na mesma panela “Inversa 40 Litros”. Para a produção em larga escala feita pelas grandes cervejarias, utilizam-se diferentes dornas para estas diferentes etapas, possibilitando um processo contínuo.

Com a mudança de ingredientes, espera-se obter cervejas com diferentes aromas, cores, teores alcóolicos, acidez e características desejadas. Nota-se, já na escolha dos maltes, cada cerveja possuiria suas diferentes características. A cerveja no estilo *Indian Pale Ale* contou com o malte mais encorpado em relação a sua cor. O malte *Caraminich I*, com índices EBC de 100,5, foi o grande responsável por isto, enquanto o malte *Pale Malte* com 79,4% de IBU, possivelmente garantiu a este estilo elevados níveis de amargor. Em relação ao estilo *American Pale Ale*, os sete quilogramas utilizados de *Pilsen Agrária* com 92,0% de IBU proporcionaram a acidez elevada e desejada. Este estilo demonstrou notoriamente cor menos acentuada ao se comparar com a *Indian Pale Ale*. Isto deve-se principalmente ao maior nível EBC e maior quantidade dos maltes responsáveis pela cor. No estilo *American Pale Ale*, os principais responsáveis pela cor foram os maltes *Caraamber* e *Melanoidin*. Já para a *Honey Saison*, o corpo da cerveja se apresentou com a menor cor dos três estilos produzidos. Apesar da utilização do malte *Caraminich II*, que conta com 124,1 na escala EBC, seu uso foi de apenas 220 gramas, o que garantiu a cor desejada, porém, de menor intensidade em comparação aos demais. A adição de mel garante também, uma menor cor e amargor ao produto final.

Em relação à adição de lúpulos, a grande diferença se deu ao estilo *Indian Pale Ale*. Usualmente, no processo de fabricação da cerveja, os lúpulos são adicionados apenas na etapa de fervura, garantindo seu amargor e aroma característicos.

Os três estilos contaram com a adição de lúpulos na etapa de fervura, para o estilo *American Pale Ale*, adicionou-se 90 gramas nesta etapa, em diferentes tempos e quantidades, garantindo uma cerveja com amargor e aroma mais acentuados ao se comparar a *Honey Saison*, que contou com apenas 50 gramas. Para o estilo *Indian Pale Ale*, a grande diferença se deu por utilizar o método de *dry hop*. O método consistiu em adicionar lúpulos sob baixa temperatura na etapa de fermentação.

Para isto, adicionou-se apenas 40 gramas de lúpulos na etapa de fervura e seu restante, adicionados na segunda rampa de temperatura no processo de fermentação. As 90 gramas restantes de lúpulos adicionados ao processo de fermentação permitiram uma maior obtenção destas duas características: amargor e aroma. Basicamente, os óleos extraídos no processo de fermentação são perdidos devido às altas temperaturas. Como a adição de lúpulos ocorreu a 21 °C, isto permitiu a melhor extração destes óleos, acentuando as características supracitadas.

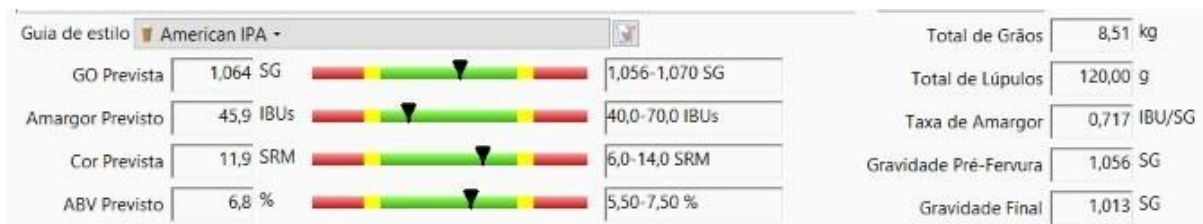
A etapa de fervura também contou com uma particularidade do estilo *Honey Saison* em relação aos demais. Para os demais estilos produzidos, foram adicionados apenas lúpulos e clarificantes a esta etapa do processo, porém, para este estilo de cerveja, fez-se o uso também, da adição de mel.

A fervura do mel antes da adição ao mosto cervejeiro também em processo de fervura teve o intuito de não provocar choques térmicos a esta substância, evitando sua cristalização. O mel adicionado proporciona a cerveja diferenças em seu paladar. Como o mel conta com quantidades elevadas de açúcares fermentáveis, algumas características da cerveja produzida com adição de açúcares comuns são notadas. A maior quantidade de açúcares permite à levedura um maior consumo e por consequência, uma maior obtenção de teores alcoólicos. O mel é responsável por diminuir a turbidez, acidez, cor e amargor ao produto final. Notou-se uma cerveja mais carbonatada e com espuma mais encorpada. Isto se deve novamente a maior quantidade de açúcares. Os açúcares residuais não consumidos pela levedura nos processos fermentativos, passam a ser consumidos também no processo de carbonatação, elevando a quantidade de espuma.

5.2 Análise dos *softwares* utilizados e dados práticos

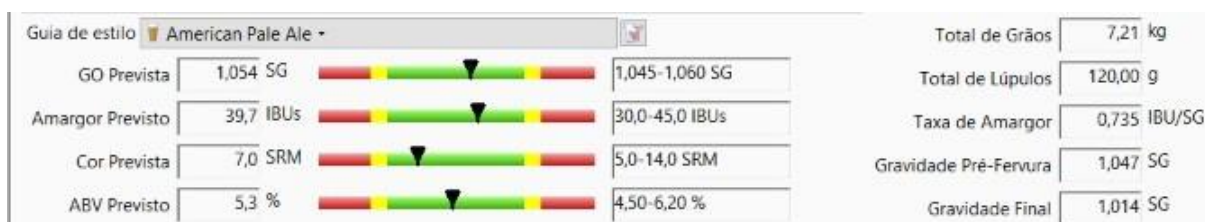
Com o *software Beer Smith* foi possível estabelecer dados estimados para as cervejas produzidas. Os valores estimados para a *Indian Pale Ale*, *American Pale Ale* e *Honey Saison* encontram-se nas Figuras 27, 28, 29 respectivamente.

Figura 27- Dados estimados pelo *software Beer Smith* da *Indian Pale Ale*.



Fonte: do Autor (2021).

Figura 28 – Dados estimados pelo *software Beer Smith* da *American Pale Ale*.



Fonte: do Autor (2021).

Figura 29 – Dados estimados pelo *software Beer Smith* da *Honey Saison*.



Fonte: do Autor (2021).

Pelos dados previstos pelo *software*, nota-se que a *Indian Pale Ale* terá maior graduação em relação a teor alcoólico, amargor e cor. O estilo *Honey Saison*, apesar de ter a menor cor e amargor dos três estilos, possui um alto teor alcoólico previsto devido a adição de mel. Para a *American Pale Ale*, nota-se uma cerveja encorpada de cor e amargor, porém, com o menor teor alcoólico dos três estilos.

Em relação as densidades iniciais e finais de fermentação estimadas e medidas, nota-se que o *software* obteve ótima previsão para as densidades finais, com pequenas diferenças entre os valores da *Indian Pale Ale* e *American Pale Ale*. Para o estilo *Honey Saison*, apesar de uma maior discrepância de valores, a previsão ainda foi satisfatória. Para as densidades iniciais se nota uma maior diferença de resultados previstos e medidos. A Tabela 21 demonstra as densidades iniciais e finais de fervura estimadas pelo *software Beer Smith* e suas reais densidades medidas.

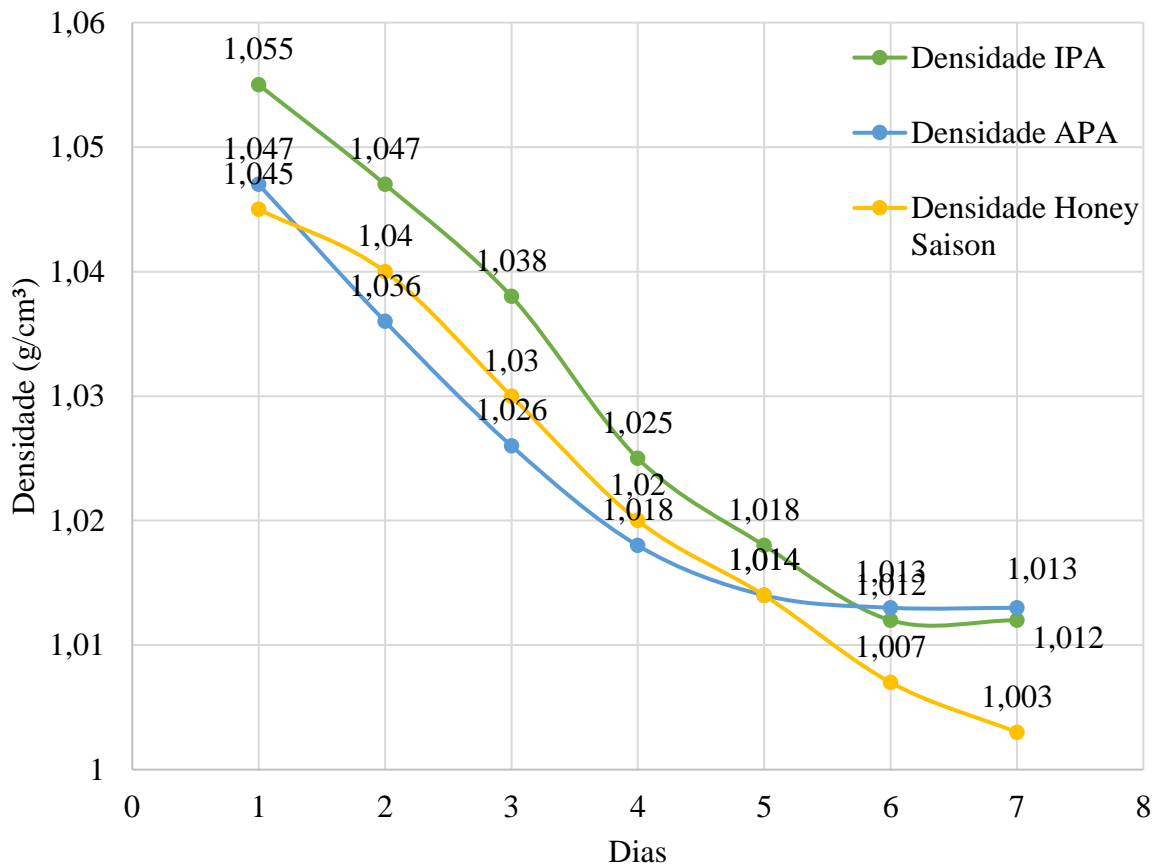
Tabela 21 – Densidades estimadas e medidas.

Tipo	Densidade inicial estimada (g/cm ³)	Densidade Final estimada (g/cm ³)	Densidade inicial medida (g/cm ³)	Densidade final medida (g/cm ³)
<i>Indian Pale Ale</i>	1,064	1,013	1,055	1,012
<i>American Pale Ale</i>	1,054	1,014	1,047	1,013
<i>Honey Saison</i>	1,056	1,006	1,045	1,003

Fonte: do Autor (2021).

Na etapa de fermentação, com a retirada de amostras de densidades ao longo dos dias e temperaturas, construiu-se as curvas de fermentação. As respectivas curvas dos três estilos: *Indian Pale Ale*, *American Pale Ale*, *Honey Saison*, são demonstradas na Figura 30.

Figura 30 – Densidade ao longo do tempo.



Fonte: do Autor (2021).

Nota-se pela Figura 30 que as leveduras passam a consumir os açúcares fermentescíveis e transformá-lo em álcool e gás carbônico. Isto é justificado pela tendência do mosto a diminuir

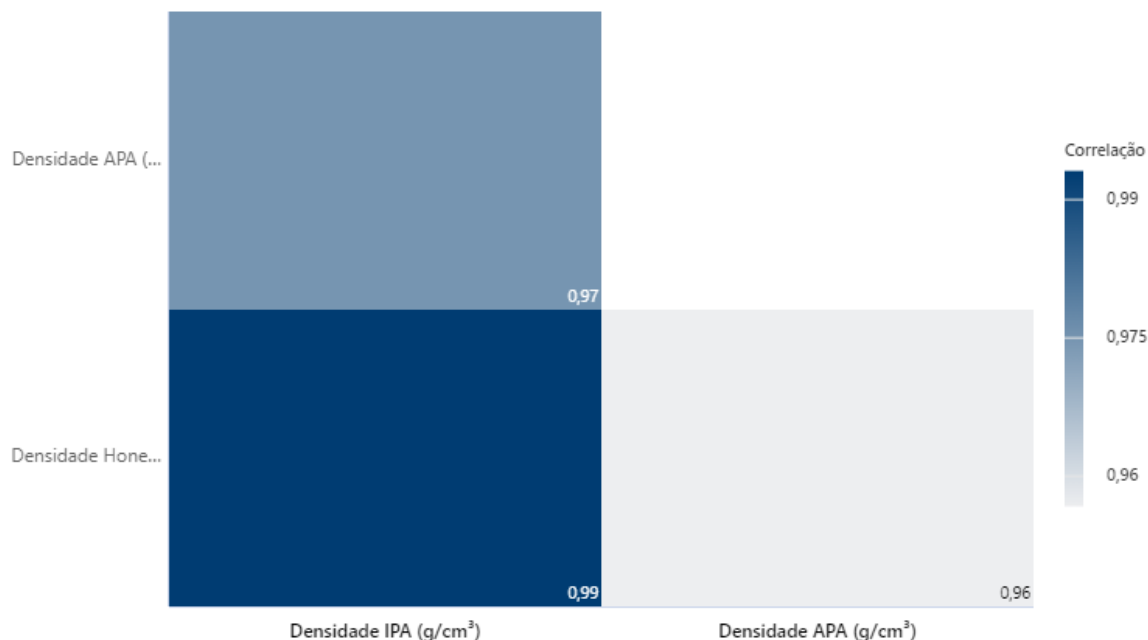
sua densidade ao longo do tempo, visto que, o álcool produzido possui massa específica muito menor que a do açúcar (a densidade do álcool em condições normais de temperatura e pressão é 0,789 g/cm³ e a do açúcar 1,590 g/cm³).

Observa-se também que todas as curvas de fermentação tiveram comportamento semelhante ao longo do tempo como o esperado. Isto se deve, pois os três estilos de cervejas produzidos eram cervejas do tipo *Ale*, logo, o consumo de açúcares fermentescíveis pelas leveduras deveriam ter um comportamento semelhante.

As diferenças de densidades ao longo do processo são justificadas pelos diferentes ingredientes utilizados. Os maltes responsáveis pelo corpo da cerveja tiveram quantidades desiguais em peso e também possuem diferentes massas específicas, o que diferirá a densidade dos três estilos de cervejas.

Com auxílio do *software Minitab*, traçou-se o correlograma da Figura 31 que torna ainda mais evidente o comportamento característico e desejado das densidades de fermentação ao longo do tempo.

Figura 31 – Correlograma das densidades.



Fonte: do Autor (2021).

Para as variáveis de “Densidade *Honey Saison* x Densidade *IPA*” a correlação ficou em 0,99, enquanto para as variáveis “Densidade *APA* x Densidade *IPA*” e “Densidade *Honey Saison* x Densidade *APA*” os valores de correlação foram respectivamente 0,97 e 0,96. A

correlação avalia o grau de associação entre duas ou mais variáveis. Valores acima de 0,9, indicam uma correlação positiva muito forte entre as variáveis, o que confirma comportamento esperado para o processo.

Ao inocular-se a levedura temos a medida inicial de fermentação (*Original Gravity*, OG) e ao término do processo fermentativo temos a densidade final de fermentação (*Final Gravity*, FG) que nos possibilita o cálculo do teor alcoólico prático por meio da Equação 1. A Tabela 22 demonstra ambas as densidades, bem como, seu teor alcoólico calculado.

Tabela 22 – Teor Alcoólico das cervejas produzidas.

Tipo de cerveja	OG	FG	Teor alcoólico (%)
<i>Indian Pale Ale</i>	1,055	1,012	5,644
<i>American Pale Ale</i>	1,047	1,013	4,463
<i>Honey Saison</i>	1,045	1,003	5,513

Fonte: do Autor (2021).

Apesar do teor alcoólico estimado pelo *software Beer Smith* ser maior do que o notado em prática, a tendência de qual estilo de cerveja possuiria maior teor alcoólico foi confirmada. O estilo *Indian Pale Ale* possuiu a maior graduação alcoólica, seguido respectivamente pela *Honey Saison* e *American Pale Ale*. Nota-se que pela estimativa do *software*, os estilos *Indian Pale Ale* e *Honey Saison* teriam teores alcoólicos muito parecidos, o que foi confirmado em prática. Para estes dois estilos, os teores alcoólicos ficaram dentro da faixa prevista (5,50% até 7,50% para *Indian Pale Ale* e 3,50% até 9,50% para *Honey Saison*). Já para a *American Pale Ale*, o valor de 4,463% calculado foi um pouco abaixo do menor teor alcoólico previsto para este estilo, que seria de 4,50%. Uma justificativa seria a necessidade de uma maior extração dos açúcares fermentescíveis nas etapas de mostura e lavagem de grãos, permitindo às leveduras um maior consumo e acarretando em um maior índice de teor alcoólico final.

6 CONCLUSÃO

Na produção dos três estilos de cervejas, foram utilizados tipos e quantidades diferentes de ingredientes, além de tempos de rampas das etapas e temperaturas, peculiares de cada estilo. A adição de lúpulos pelo método de *dry-hopping* na *Indian Pale Ale* garantiu valores estimados de maiores índices de acidez e amargor. A adição de mel na etapa de fervura da *Honey Saison* acentuou o índice de teor alcoólico, o que garantiu para ambas, etapas de processos diferentes das comuns de produção de cerveja utilizados na *American Pale Ale* e atribui características específicas para cada uma delas.

Notou-se grande exatidão nas previsões de densidades iniciais e densidades finais de fermentação feitas pelo *software Beer Smith*, bem como, os maiores índices de cor, amargor e teor alcoólico foram apontados para o estilo *Indian Pale Ale* no *software*.

Em relação ao teor alcoólico, obteve-se dados diferentes do previsto pelo *software* e calculados na prática, porém, a tendência deste índice foi confirmada. As cervejas *Indian Pale Ale* e *Honey Saison* apresentaram teores alcoólicos previstos e práticos semelhantes em ambos os casos e maiores que o estilo *American Pale Ale*. Para as duas primeiras cervejas, ambas estiveram dentro da faixa para os estilos em questão. Em relação a *American Pale Ale*, o menor teor alcoólico do estilo em questão não foi atingido. Uma justificativa seria uma maior demanda de extração de açúcares fermentescíveis no processo de mosturação ou lavagem dos grãos.

Todas as curvas de fermentação apresentaram comportamentos similares, com índices de correlação traçados pelo *software Minitab* na faixa de 0,99 até 0,96. É notório que todas as cervejas do tipo *Ale* produzidas se comportaram de maneira semelhante e esperada neste quesito, seguindo os padrões fermentativos para cervejas deste tipo.

Por fim, nota-se a grande variedade do estilo em questão, elevando a gama de possibilidades do produto final obtido, dados por suas diferenças de ingredientes, escolha de processos e etapas específicas que gerarão diferentes resultados apesar da semelhança de comportamento fermentativo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. S. de; BELO, R. F. C. **Análise físico-química de cervejas artesanais e industriais comercializadas em Sete Lagoas – MG**. Faculdade Ciências da Vida – FCV. 2017.

AMBEV, **Conheça os diferentes tipos de cerveja, 2019**, blog. Acessado em: <<https://www.ambev.com.br/blog/categoria/cerveja/conheca-os-diferentes-tipos-de-cerveja/> > em 13/06/2021.

AMBEV, **Relatório de Sustentabilidade**, 2019.

BRUNELLI, L. T., MANSANO, A. R., VENTURI FILHO, W. G., **Caracterização físico-química de cervejas elaboradas com mel**, Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, 2014.

BANDINELLI, P. C., **Estudo de caso de melhoria no processo de mosturação de uma cervejaria no RS**, UFRGS, 2015.

CURI R. A., **Produção de cerveja utilizando cevada como adjunto de malte**, UNESP, 2006.

OLIVEIRA N. A. M., 2011, Leveduras utilizadas no processo de fabricação da cerveja, UFMG, 2011.

DRAGONE, G.; ALMEIDA E SILVA, J. B. Cerveja. In: VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2010. cap. 2

FERREIRA, A. S; BENKA, C. L. **Produção de cerveja artesanal a partir de malte germinado pelo método convencional e tempo reduzido de germinação**. Graduação – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2014.

FERREIRA, R. H.; et al. **Inovação na fabricação de cervejas especiais na região de Belo Horizonte**. Perspectivas em Ciência da Informação, 2011.

GOUVÊA, L.F.C., MAIA, G.D., Avaliação do poder germinativo e teor de proteína para sementes de cevada brasileira com vistas ao processo de malteação. **X Congresso brasileiro de engenharia química iniciação científica**, 2013.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ, IAL. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. 4º ed., v. 1, 2008.

KOGA, A., SANTOS, F. B. G., PROENÇA, L. B., 2018, **Projeto e construção de um sistema de resfriamento de mosto para uma nanocervejaria com foco no desperdício mínimo de água**, UTFPR, 2018.

MARIANA, J., S., G., **Acompanhamento da densidade do mosto durante a fermentação de cervejas produzidas em uma cervejaria artesanal**, UFERSA, 2018.

MENEGHIN, M. C. **Avaliação do processo de produção de cachaça em pequenas empresas em relação às Boas Práticas de Fabricação**. 2012. 76f. Tese de doutorado em Alimentos e Nutrição - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2012.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Anuário da cerveja 2019, 2020**.

MINELLA, E. (Ed). Indicações técnicas para a produção de cevada cervejeira nas safras de 2015 e 2016. 1. ed. **Embrapa Trigo: Passo Fundo**, 2015.

MOMBACH, J. A. A., **Produção de uma cerveja estilo American Wheat Beer com adição de capim limão**, IFSC, 2018.

MORADO, R. **Larousse da cerveja**. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009.

RAMOS G. C. B. R. ; PANDOLFI M. A. C. A Evolução do mercado de cervejas artesanais no Brasil, **Revista Interface Tecnológica**, 2019.

SINDICERV, **Sindicado Nacional da Indústria da Cerveja**, 2021.

TOZETTO M. L. **Produção e caracterização de cerveja artesanal adicionada de gengibre**, Dissertação de mestrado, UTFPR, 2017.

VARGAS B.D.O., **Desenvolvimento, caracterização físico-química e avaliação do potencial antioxidante de cervejas do tipo Ale (IPA)**, UFU 2018.

VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de cerveja**, Funep, 2000.

VIANA F. L. E., Bebidas Alcoólicas, **Caderno Setorial ETENE**, 2019, Ano 4, Nº 78.

VIANA F. L. E., Indústria de Bebidas Alcoólicas, **Caderno Setorial ETENE**, 2020, Ano 5, Nº 117.

WILLAERT, R. **The Beer Brewing Process: Wort Production and Beer Fermentation. Handbook of food products manufacturing**. Brussel: John Wiley & Sons, Inc., p. 443-506, 2007.