



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DOS ALIMENTOS

Marcello Rocha de Brito Júnior

**Elaboração e caracterização de cerveja com polpa do fruto da Juçara (*Euterpe edulis*
Mart.)**

Florianópolis-SC
2020

Marcello Rocha de Brito Júnior

**Elaboração e caracterização de cerveja com polpa do fruto da Juçara (*Euterpe edulis*
Mart.)**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação
em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do título de mestre em
Ciência dos Alimentos.

Orientador: Prof. Giustino Tribuzi, Dr.

Florianópolis-SC

2020

Brito Júnior, Marcello Rocha de
Elaboração e caracterização de cerveja com polpa do fruto
da Juçara (*Euterpe edulis* Mart.) / Marcello Rocha de Brito
Júnior ; orientador, Giustino Tribuzi, 2020.
67 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós
Graduação em Ciência dos Alimentos, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Ciência dos Alimentos. 2. Elaboração de cervejas. 3.
Atividade Antioxidante. 4. Cerveja com Juçara. 5. Cerveja
com fruta. I. Tribuzi, Giustino . II. Universidade Federal
de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência dos
Alimentos. III. Título.

Marcello Rocha de Brito Júnior
**ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CERVEJA COM POLPA DO
FRUTO DA JUÇARA (*Euterpe edulis mart.*)**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca
examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Eduardo Niehues, Dr.

IFSC

Prof. Pierre Andre De Souza, Dr.

UFAM

Prof^a. Ana Carolina de Oliveira Costa, Dra.

UFSC

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi
julgado adequado para obtenção do título de mestre em Ciências dos Alimentos.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof. Giustino Tribuzi, Dr.

Orientador

Florianópolis-SC, 2020

Este trabalho é dedicado aos meus pais, Rosemeiry e Marcello,
ao meu irmão Northon, as minhas avós Aparecida e Neuza e ao
meu avô Osvaldo.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Aos meus pais Rosemeiry e Marcello pelo incentivo, apoio e dedicação incondicional para a conclusão deste projeto. Agradeço também pelas orientações e principalmente pelo amor a mim dedicado ao longo destes 30 anos.

Ao meu irmão Northon, pela parceria, força, conselhos e também pelas várias manhãs, tardes e noites boêmias.

Aos meus avôs, em especial a minha avó Aparecida e Neuza por todo apoio, amor, dedicação e carinho desde sempre.

Às minhas tias Iara, Indiara e Rosimar por todo carinho e apoio.

Ao meu tio Joaquim que sempre apostou e incentivou minhas produções de cerveja.

Aos meus primos, Hudson, Hideraldo, Barney, Amanda, Samuel, Ana Beatriz, Pedro, Paulo Victor, Georgenes, e Ana Paula que também segue o árduo caminho da academia.

Aos meus boêmios amigos Saulo, Rayssa, Letícia, Danilo, José, Bruna, Rafael e Patrycia.

Aos meus amigos irmãos João Pedro, Lucas Lino e em especial Lucas Danilo por todas as orientações e conselhos durante todo o mestrado.

À toda equipe da Cervejaria 048, em especial ao Cláudio, Murialdo e Gustavo e por todo apoio e ensinamentos decisivos para a conclusão deste projeto.

Aos amigos da Pós-graduação: Fábio, Sthefanie, Beatriz, Adriane, Carlen, Caroline, Mariana, Marcela, Adolfo, Neyeli, Clarissa, Adolfo, Jefferson, Maiara, Trilícia, Laércio, Bruno e Gerson, Cláudio, José.

Aos meus amigos da pizzeria Italy: Bruna, Lucas, Gian, Fabiane, Santos, Lima, Vitor, Emanuele, Régis, Daiane, Andréia, Ozéias, Ellen, Elizane, Zai, Cássio, Marceli, Jonatha e Gelson.

Aos meus amigos, do laboratório para a vida, Natália, Nataly, Fabiani, Karoline, Leidiane e Ivan, pela irmandade, por todos os momentos, ensinamentos, orientações e pelos risos, cafés, vinhos e cervejas.

Ao Jorge Tessari que apoiou de forma decisiva a execução deste projeto.

A professora Ana Costa e Itaciara e aos Técnico de laboratórios Luciano e Samuel.

À Keka, Lessa, Sônia, Vaneide, Taila, Sérgio e Agostinho pelo apoio e cuidado durante os últimos dois anos.

À Capes, pela bolsa de pesquisa.

RESUMO

O fruto da Juçara (*Euterpe edulis* Mart.) possui comprovada atividade antioxidante, sendo reconhecido seu potencial para utilização na indústria de alimentos. No entanto, não foram encontrados, até o momento, registros na literatura científica da utilização desta fruta no processo cervejeiro. Neste estudo, foram elaboradas cervejas com a polpa do fruto da Juçara. Foram avaliadas a adição da polpa nas etapas de brasagem, fermentação e maturação. Além disso, três diferentes concentrações de polpa 10, 20 e 40 % (relacionadas a massa de malte) foram testadas. O total de cinco tratamentos distintos e um controle, foram analisados quanto ao pH, sólidos solúveis totais, cor, concentração de células viáveis durante a fermentação, teor de álcool, teor de glicerol, teor compostos fenólicos totais além da atividade antioxidante. As cervejas obtidas apresentaram o teor alcoólico médio de 3,6 (m/v) e pH médio 4,4. Os tratamentos diferiram significativamente em termos de cor, teor fenólico total e atividade antioxidante. Para o parâmetro cor, expresso em *Standard Reference Method* (SRM), os resultados variaram entre $3,2 \pm 0,0$ para o controle à $16,0 \pm 0,0$ para a cerveja com 40 % de polpa adicionada na fermentação. Quanto ao teor de fenólicos totais, obtido pelo método *Folin-Ciocalteu*, os valores máximos encontrados foram de $74,55 \pm 0,3$ e $80,1 \pm 5,9$ mg GAE/100 ml para as cervejas com 20 % de polpa adicionada na maturação e 40 % adicionada na fermentação respectivamente. A atividade antioxidante foi determinada pela reação com o radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazila (DPPH), os valores obtidos variaram de $1,198 \pm 0,1$ a $3,971 \pm 0,0$ mmol AAE/100 ml para o controle e para a cerveja com 40 % de polpa na fermentação nessa ordem, o que representou o enriquecimento em 331,5 % frente a amostra controle. Apesar da cerveja com 40 % de polpa adicionada na fermentação apresentar os maiores resultados relacionados a cor, fenólicos totais e atividade antioxidante, a cerveja com adição de 20 % polpa na maturação apresentou os melhores resultados em termos de rendimento. Portanto, o uso de polpa do fruto da Juçara na maturação de cerveja possui potencial para fins de enriquecimento do perfil bioativo da bebida.

Palavras-chave: Cerveja Ale. Cerveja com fruta. Atividade antioxidante. Compostos fenólicos.

ABSTRACT

The Juçara (*Euterpe edulis* Mart.) fruit has been recongnized for its antioxidant activity, high potential for use in the food industry. However, no records have been found in the scientific literature on the use of this fruit in the brewing process. In this study, beers with pulp of the Juçara fruit were produced. The effect of pulp additions on beer quality were evaluated during the mashing, fermentation and maturation stages. Three different concentration of pulp 10, 20 and 40 % (related to the malt mass) were also tested. Five different procedures and one control were analyzed for pH, water-soluble maximums, color, concentration of viable cells during fermentation, alcohol content, glycerol content, total phenolic content and activity antioxidant. The beers had an average of alcohol content about 3,6 (m / v) and the average pH was 4,4. The controls differed in terms of color, total phenolic content and antioxidant activity. For color parameter, expressed in the Standard Reference Method (SRM), the results vary between $3,2 \pm 0,0$ for the control and $16,0 \pm 0,0$ for the beer with 40 % of pulp added at the fermentation. For the total phenolic content, by the Folin-Ciocalteu method, the maximum values were $74,55 \pm 0,3$ and $80,1 \pm 5,9$ mg GAE / 100 ml for beers with 20 % pulp added at maturation and 40 % added at the fermentation, respectively. The antioxidant activity was determined by the reaction with 2,2-diphenyl-1-picrilhidrazila radical (DPPH), with variation values from $1,198 \pm 0,1$ to $3,971 \pm 0,0$ mmol AAE / 100 ml for the beer control and for the beer with 40 % of pulp added at fermentation in that order, which represent the enrich of 331,5 % in compare to the beer control. Despite the beer with 40 % of pulp added at the fermentation had the greatest values of color, total phenolics and antioxidant activity, the beer with the addition of 20 % of pulp added at the maturation showed the best results in terms of performance. Therefore, the addition of Juçara pulp during beer maturation has great potential for use in the brewing process with bioactive enrichment aim to the beer.

Keywords: Ale Beer. Fruit beer. Antioxidant activity. Phenolic compounds.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma do processo de produção de cerveja.	20
Figura 2. Malte de cevada (Pilsen, Caraamber e Carafa).	23
Figura 3. Flores de lúpulo (<i>Humulus lupulus L.</i>).	24
Figura 4. Levedura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>).	25
Figura 5. Mapa de ocorrência de Juçara (<i>Euterpe edulis Mart.</i>) no Brasil.	29
Figura 6. Fruto da palmeira Juçara (<i>Euterpe edulis Mart.</i>).	30
Figura 7. Evolução do número de documentos publicados diretamente relacionados à utilização da <i>Euterpe edulis</i> nos últimos 10 anos.	32
Figura 8. Brassagem pelo método de infusão.	35
Figura 9. Fluxograma de processo do método 1 (M-1).	37
Figura 10. Fluxograma de processo do método 2 (M-2).	37
Figura 11. Cinética do crescimento microbiano.	42
Figura 12. Sólidos solúveis totais durante o processo fermentativo.	43
Figura 13. Cinética de pH durante a fermentação.	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Classificação da cerveja segundo Instrução Normativa nº 65 de 2019.	19
Quadro 2. Estudos de cervejas desenvolvidas com frutas.	27
Quadro 3. Cervejas do tipo <i>Fruit Beers</i> segundo BJCP.	28
Quadro 4. Composição centesimal e fenólicos totais do fruto da Juçara.	31
Quadro 5. Códigos das amostras e métodos de produção.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Perfil de carboidratos da polpa do fruto da Juçara, dos mostos e das cervejas.	44
Tabela 2. pH das cervejas finais.	47
Tabela 3. Teor de etanol das cervejas.	48
Tabela 4. Teor de glicerol das cervejas.	49
Tabela 5. Extrato real das cervejas.	49
Tabela 6. Cor das cervejas e pH do momento de adição da polpa.	50
Tabela 7. Fenólicos totais dos mostos.	51
Tabela 8. Fenólicos totais das cervejas.	52
Tabela 9. Conteúdo fenólico total de cervejas elaboradas com frutas ou polpas.	53
Tabela 10. Atividade antioxidante dos mostos.	54
Tabela 11. Atividade antioxidante das cervejas.	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA - Atividade Antioxidante

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BJCP - *Beer Judge Certification Program* (Programa de Certificação de Juiz de Cerveja)

BLEND – Mistura

BRIX – Teor de sólidos solúveis totais

CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

FT - Fenólicos Totais

HEADSPACE – Espaço de segurança, evitando o transbordo

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MASH OUT – Desnaturação proteica

PIB - Produto Interno Bruto

SHELF LIFE – Tempo de validade do produto

SRM - *Standard Reference Method* (Método de Referência Padrão)

TRUB – Massa mucilaginosa resultante da ebulição do mosto cervejeiro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1.1	Objetivo Geral.....	17
2.1.2	Objetivos Específicos	17
3	Estado da arte	18
3.1	HISTÓRIA DA CERVEJA	18
3.2	LEGISLAÇÃO BRASILEIRA.....	19
3.3	PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJA	20
3.4	INSUMOS NA PRODUÇÃO DE CERVEJA.....	22
3.4.1	Água	22
3.4.2	Malte	23
3.4.3	Lúpulo.....	24
3.4.4	Levedura.....	25
3.4.5	Adjuntos	26
3.4.6	Programa de certificação de juiz de cerveja (BJCP).....	28
3.4.7	Juçara (<i>Euterpe edulis Mart.</i>).....	29
4	MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1	MATERIAIS.....	32
4.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	33
4.2.1	Cálculo de água	33
4.2.2	Cálculo de malte de cevada.....	34
4.2.3	Cálculo do lúpulo	34
4.2.4	Cálculo da polpa do fruto da Juçara.....	34
4.2.5	Elaboração das cervejas	35
4.2.6	Determinações analíticas.....	38
4.2.6.1	pH	38

4.2.6.2	<i>Sólidos solúveis totais</i>	38
4.2.6.3	<i>Cinética de fermentação</i>	38
4.2.6.4	<i>Perfil de carboidratos, glicerol e etanol</i>	39
4.2.6.5	<i>Extrato real</i>	39
4.2.6.6	<i>Cor</i>	39
4.2.6.7	<i>Fenólicos totais por Folin-Ciocalteu</i>	40
4.2.6.8	<i>Atividade antioxidante – Método DPPH</i>	40
4.2.6.9	<i>Análise estatística</i>	40
5	Resultados e discussão	41
5.1	DETERMINAÇÃO DOS SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (°BRIX), CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO, PERFIL DE AÇÚCARES, pH, GLICEROL, ETANOL, EXTRATO REAL E COR	41
5.2	POLIFENÓIS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	51
6	CONCLUSÃO	56
7	Sugestões para trabalhos futuros	57
	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

A cerveja é a bebida alcoólica mais consumida mundialmente (COLEN; SWINNEN, 2016). Há uma tendência crescente e promissora do setor, especialmente em relação às cervejas *Premium* e artesanais “*Craft Beers*”. O Brasil, terceiro maior produtor da bebida em escala global, conta atualmente com 1.000 empresas registradas, um crescimento de 292,1 % em apenas uma década (2009 a 2019) (CERVBRASIL, 2019a, 2019b). Este segmento tem grande impacto na economia do país, movimentando R\$ 100 bilhões de reais por ano, sendo responsável por aproximadamente 2 % do Produto Interno Bruto (PIB) (PEDUZZI, 2019).

No Brasil, a Instrução Normativa Nº 65, de 10 de dezembro de 2019, elaborada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), estabelece os padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria (BRASIL, 2019). Por meio desta normativa a cerveja é definida como 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.

Segundo esta mesma legislação, os adjuntos cervejeiros são as matérias-primas que substituem, em até 45 % em peso em relação ao extrato primitivo, o malte ou o extrato de malte na elaboração do mosto cervejeiro. Consideram-se adjuntos cervejeiros carboidratos de origem vegetal ou animal, malteados ou não, aptos para o consumo humano como alimento (BRASIL, 2019).

Na Bélgica, a adição de frutas à cerveja é uma tradição milenar. O estilo *Fruit Lambic* representa bem esta linha, é uma cerveja de fermentação espontânea com adição de frutas, como a cereja, a framboesa, o morango, o pêssego e a amora as mais utilizadas (BJCP, 2015; DAENEN *et al.*, 2008; SPITAEELS *et al.*, 2014). Recentemente estudos com adição das frutas *Goji*, *Cornelian cherry* e *Caqui* no processo cervejeiro expressaram mudanças sensoriais e melhoraram o potencial antioxidante das cervejas (CHO *et al.*, 2018; DUCRUET *et al.*, 2017; KAWA-RYGIELSKA *et al.*, 2019).

O Brasil é um país com grande diversidade de biomas e de ecossistemas, vasta extensão territorial e por estar nos trópicos onde se concentra a maior biodiversidade do planeta, tem notável potencial para exploração de diversos frutos para desenvolvimento de novas cervejas. Valendo-se disso, no ano de 2015 foi desenvolvido o primeiro estilo brasileiro de

cerveja, a *Catharina Sour*, uma bebida de teor alcoólico de 4,5 %, caráter ácido, trazendo como característica principal os sabores e aromas naturais dos frutos tropicais empregados. Reconhecida internacionalmente, ela entrou em 2018 para o principal guia de estilos de cerveja, o *Beer Judge Certification Program* (BJCP), promovendo através da originalidade, o preenchimento de lacunas no mercado de cervejas nacional e mundial (BJCP, 2018; BRASIL, 2015). Nesse contexto, a utilização do fruto da palmeira Juçara tem grande potencial para utilização no processo de produção de cerveja. Extraído da palmeira *Euterpe edulis* Mart. (família *Arecaceae*), natural da Mata Atlântica, o fruto é uma excelente fonte de antocianinas, seu consumo protege contra danos oxidativos celulares, sendo considerado um alimento funcional (CARDOSO *et al.*, 2018; LORENZI; H.; BACHER; L.; LACERDA; M.; SARTORI; S., 2006; SCHULZ *et al.*, 2015).

A utilização da polpa do fruto da Juçara apresenta um grande potencial tecnológico. Empregada em formulações de sucos, sorvetes, iogurtes, sobremesas, o consumo tem apresentado crescimento nos estados da região sudeste (BORGES *et al.*, 2011; CASTRO *et al.*, 2016; FREITAS *et al.*, 2016). Entretanto, não foram identificados na literatura nacional e internacional até o momento, estudos sobre a exploração desta matéria-prima no processo cervejeiro.

Com isto, este trabalho propõe a incorporação da polpa do fruto da Juçara à cerveja, em diferentes concentrações e em diferentes etapas de processo, com o objetivo principal de avaliar o efeito das adições nas propriedades funcionais da cerveja e no processo fermentativo.

2 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver e caracterizar cervejas do tipo *Fruit Beer* com adição de polpa do fruto da juçara (*Euterpe edulis Mart.*) em diversas etapas do processo produtivo.

2.1.2 Objetivos Específicos

- Elaborar cervejas com a adição da polpa do fruto da juçara nas etapas de mosturação, fermentação e maturação;
- Elaborar cervejas com adição da polpa do fruto da juçara nas concentrações de 10, 20 e 40 % (m/m) em relação a massa de malte;
- Avaliar o perfil de carboidratos do mosto e das cervejas elaboradas;
- Avaliar o pH, teor de sólidos solúveis totais, e a concentração de células de leveduras durante todo o processo fermentativo;
- Avaliar o pH, o teor de alcóolico, o teor de glicerol, o teor de fenólicos totais além da atividade antioxidantes das cervejas elaboradas.

3 ESTADO DA ARTE

3.1 HISTÓRIA DA CERVEJA

A relação do ser humano com a cerveja pode ser relatada como o resultado da primeira revolução humana, a agricultura. Ao perceberem que grãos colhidos podiam dar início às próximas plantações, foram confeccionados vasos de cerâmica para seu armazenamento. Incidentes, como a entrada de água ocasionada por chuva desencadeou no início dos processos espontâneos de fermentação (AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, 2001).

É muito provável que a cerveja seja originária do Oriente Médio ou do Egito, com o início da produção datado em 10.000 a.C. Tendo neste período os primeiros cacos de jarros cerâmicos para fins fermentativos encontrados, demonstrando a intencionalidade na realização do processo produtivo da bebida (OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, 2006).

Os povos de origem germânica foram os primeiros a empregar o lúpulo na cerveja. Posteriormente foi promulgada a lei da pureza (*Reinheitsgebot*, ano 1516) que, entre outras coisas, regulamentava que a cerveja deveria ser produzida exclusivamente com água, malte de cevada e lúpulo (MORADO, 2013). Com a Revolução Industrial, no século XVIII, o modo de produção e distribuição sofreram mudanças decisivas. Estabeleceram-se fábricas cada vez maiores, diversificando a cerveja através de diferentes técnicas de produção e armazenamento, mas principalmente a natureza e proporção de água, lúpulo, cereais e levedura (AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, 2001; PATTERSON, M. W.; PULLEN, 2014).

Trazida por Dom João VI, a cerveja chega ao Brasil em 1808 se estabilizando industrialmente em 1900 com 27 cervejarias registradas (OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, 2006). Atualmente o país é o 3º maior produtor mundial da bebida, com mais de 1000 cervejarias legalmente instaladas (CERVBRASIL, 2019a).

No ano de 2018 foram consumidos 14 bilhões de litros de cerveja no Brasil, comércio que representou 2 % do PIB (Produto Interno Bruto) (CERVBRASIL, 2019a). É importante ressaltar que parte desta produção é proveniente de micro e pequenas empresas, que tem conquistado um importante espaço no mercado. Reconhecendo esta importância, bem como seus desafios competitivos, o Governo, através da Resolução CGSN nº 135 que regulamenta diversas matérias aprovadas pela Lei Complementar nº 155/2016, inseriu as micro e pequenas

cervejarias no plano simples nacional de tributação com vigência a partir de janeiro de 2018 (BRASIL, 2017). Este incentivo fiscal foi decisivo para estimular a expansão deste modelo de negócio nos últimos anos.

3.2 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

A Instrução Normativa Nº 65, de 10 de dezembro de 2019 discorre sobre a produção de cerveja. No capítulo III, o Artigo 13 define os ingredientes obrigatórios da cerveja, sendo eles: água potável, malte ou seu extrato, lúpulo ou seu extrato. No mesmo capítulo o Artigo 14 descreve quais adjuntos podem ser utilizados no processo, os quais são: ingredientes de origem vegetal, animal ou outros ingredientes aptos para o consumo humano como alimento, e levedura e outros microrganismos fermentativos, desde que garantida sua inocuidade à saúde humana. O capítulo II traz em seus Artigos 9, 10 e 11, as classificações da cerveja quanto ao conteúdo alcoólico, proporção de matérias-primas e tipo, como apresentado no Quadro 1 (BRASIL, 2019). A cerveja elaborada neste projeto será classificada, segundo a legislação vigente, como cerveja *fruit beer*.

Quadro 1. Classificação da cerveja segundo Instrução Normativa nº 65 de 2019.

1. Teor alcoólico (v/v)
Cerveja sem álcool ou desalcooolizada, $\leq 0,5\%$
Cerveja com teor alcoólico reduzido, $> 0,5\%$ e $< 2,0\%$
Cerveja, $> 2,0\%$
2. Proporção de matéria-prima
Cerveja, $\geq 55,0\%$ de malte de cevada
Cerveja 100,0% malte, ou cerveja puro malte
Cerveja 100,0% malte de "...", nome do cereal malteado
Cerveja de "...", nome do cereal ou dos cereais majoritários, malteado(s) ou não No máximo 80% de adjuntos e mínimo 20% de malte de cevada, ou malte de (cereal utilizado)
3. Tipo
<i>Pilsen, Stout, Weissbier</i> ou outras expressões reconhecidas, ou que vierem a ser criadas.

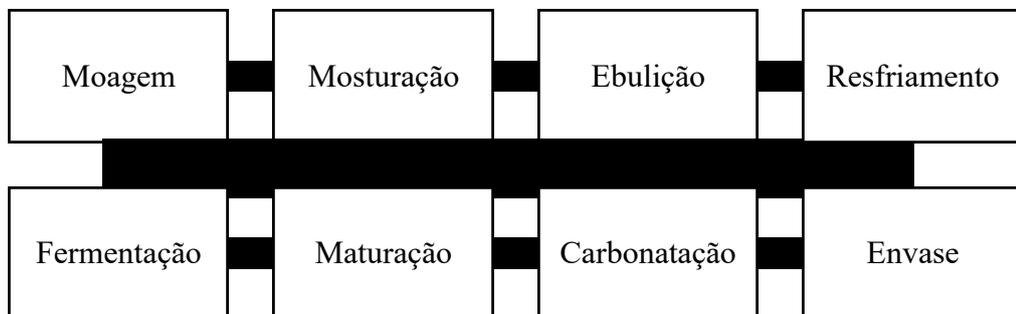
Fonte: Brasil (2019).

Nas resoluções da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), (RDC nº 64 e RDC nº 65), há autorização para uso de 84 tipos de substâncias químicas (aditivos alimentícios e coadjuvantes) para a produção de cervejas. Somam um total de 35 aditivos, sendo 15 destes aditivos antioxidantes (BRASIL, 2010, 2011a, 2011b). Os antioxidantes são importantes aditivos industriais responsáveis pela maior estabilidade, maior “*shelf life*” dos produtos alimentícios, além de contribuir na captura de radicais livres exercendo ação protetora contra o surgimento de doenças.

3.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJA

O processo de fabricação da cerveja consiste basicamente de três etapas: produção do mosto, fermentação e acabamento da cerveja (DANIELS, 2000). O conhecimento e o controle dos mecanismos envolvidos nesse processo são decisivos para a definição das características do produto final. O fluxograma da fabricação da cerveja está apresentado na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma do processo de produção de cerveja.



Fonte: Adaptado de Venturini Filho (2016).

A primeira etapa, moagem, tem grande influência na conversão de amido em açúcares fermentescíveis, na clarificação e, conseqüentemente na qualidade do produto final. Os grãos devem ser moídos de forma a expor o endosperma e fracioná-lo em partes menores para aumentar a superfície de contato e promover a liberação de enzimas responsáveis pela hidrólise do amido. É importante destacar que é necessário manter a casca parcialmente intacta, pois ela é utilizada como elemento filtrante, promovendo a clarificação do mosto. Os discos do moedor precisam ser adequadamente ajustados para propiciar a granulometria ideal para o processo (MALLETT, 2014; MOUSIA *et al.*, 2004).

A brassagem, também chamada de mosturação, é a segunda etapa do processo, nesta fase o malte moído é misturado à água e aquecido, para dar início à sacarificação do amido por meio da atuação de várias enzimas. Este processo é conduzido com o pH e a temperatura controlados. As principais enzimas atuantes nesta etapa são as β -amilases que trabalham majoritariamente em temperaturas entre 60 a 65 °C, e as α -amilases com temperatura ótima entre 70 a 75 °C, ambas atuantes em meio ácido. Os principais açúcares gerados neste processo são a maltose e as dextrinas (não fermentescíveis), sendo estas últimas as responsáveis por dar corpo à cerveja, colaborando também com o sabor e aroma. Vale ressaltar que o perfil da mosturação pode variar de acordo com atividade enzimática (poder diástático) do *blend* de malte utilizado. Ao final desta etapa ocorre o *mash out* (aquecimento a 78 °C) objetivando a desnaturação das enzimas, seguida da separação dos sólidos insolúveis, também chamados de bagaço, que é posteriormente lavado com água aquecida (78 °C) para a extração de açúcares residuais (BRANDAM *et al.*, 2002; OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, 2006; VENTURINI FILHO, 2016).

Ao final da brassagem o mosto é transferido para o tanque de ebulição. Nesta etapa ocorre a fervura do mosto e são adicionados os lúpulos, responsáveis por conferir maior estabilidade bioquímica, biológica e coloidal, além de contribuir com o sabor e aroma da cerveja. Este processo, de modo geral, é conduzido por 1 hora e tem como objetivo promover a reação de *Maillard* (reação química entre um aminoácido ou proteína e um carboidrato redutor, alterando as propriedades sensoriais especialmente a cor – escurecimento não enzimático da bebida), a precipitação de proteínas (controle da turbidez), a sanitização do mosto, a solubilização dos α -ácidos do lúpulo através da sua isomeização em iso- α -ácidos, além de volatilização de compostos indesejados, entre eles o DMS (dimetil sulfeto) proveniente de compostos sulfurosos do grão. Após essa etapa, o mosto é clarificado pelo processo denominado *whirlpool*, que consiste na agitação vigorosa entre 5 a 10 minutos para formação do *trub* - massa mucilaginosa rica em proteínas desnaturadas, polifenóis, taninos e lúpulo. Em seguida o mosto é resfriado para a inoculação da levedura, iniciando o processo fermentativo (DANIELS, 2000; VENTURINI FILHO, 2016).

A fermentação é a etapa conduzida pelas leveduras, fungos unicelulares, as quais convertem os açúcares redutores majoritariamente em gás carbônico e etanol sobre condições específicas de temperatura e pH. Em geral, o gênero mais utilizado é a *Saccharomyces*. Esta etapa tem duração média de sete dias, resultando na chamada cerveja “verde”, sendo então transferida para outro tanque e submetida a maturação que pode se estender entre dias, meses

ou até anos a depender do estilo de cerveja produzido. O processo de maturação da bebida objetiva de forma geral a clarificação e o aperfeiçoamento do aroma e sabor da bebida (WHITE; ZAINASHEFF, 2010).

O término do processo de maturação a cerveja segue para a carbonatação, o método mais aplicado industrialmente, pela eficiência, é o de “carbonatação forçada”. Esta técnica consiste na inserção de CO₂ diretamente no tanque de maturação, controlando a pressão e a temperatura para melhor solubilização do gás. Outros processos de gaseificação utilizados são baseados em refermentação ou fermentação secundária, conduzida em tanque (método *Charmat*) ou em garrafa (método *Champenoise*). Após este processo a cerveja segue para engarrafamento, sendo comercializada com o nome de *chopp* ou chope e caso seja pasteurizada, cerveja (AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, 2001; BRASIL, 2019; OETTERER, M.; REGITANO-D’ARCE, M. A. B.; SPOTO, 2006; VENTURINI FILHO, 2016).

3.4 INSUMOS NA PRODUÇÃO DE CERVEJA

O Artigo 7 da normativa brasileira vigente Nº 65 de 2019 define mosto como uma solução de água potável adicionada de compostos resultantes da degradação enzimática do malte, com ou sem adjuntos cervejeiros, realizada mediante processos tecnológicos adequados (BRASIL, 2019). Cada insumo utilizado tem funções específicas no processo cervejeiro.

3.4.1 Água

A água tem a maior porcentagem em volume na cerveja, em média 92%. Ela é responsável por características sensoriais derivadas da sua concentração de minerais. A cor, a turbidez, o sabor, o aroma e a estabilidade são dependentes do pH, da alcalinidade e grau de dureza da água. Por isso, particular atenção é dada à sua escolha nos diversos tipos de cervejas (DANIELS, 2000; PALMER, 2006).

O perfil mineral da água também influencia diretamente a eficiência do processo de brassagem. A composição de sais na água pode promover a extração de polifenóis indesejados, o aumento do pH, a má formação de açúcares, a diminuição da degradação proteica, o escurecimento e uma maior solubilização das substâncias amargas do lúpulo. Assim, um perfil de água pode ser ideal para um estilo de cerveja e não recomendado para outro, entretanto,

através de novas tecnologias, a água pode ser manipulada com a adição ou remoção de sais e ajuste do pH, tornando-a ideal para cada estilo de cerveja (MORADO, 2013; PALMER; KAMINSKI, 2013).

3.4.2 Malte

O malte é resultado do processo de maltagem. Este processo se baseia nas etapas de maceração, germinação do grão de um cereal, sendo o da cevada o mais utilizado, seguida pela secagem, cura e torrefação. Este processo objetiva a ativação das enzimas, principalmente as α e β -amilases. Essas proteínas são responsáveis pela degradação do amido que, durante a produção de cerveja, é transformado em açúcares simples (MORADO, 2013; VENTURINI FILHO, 2016).

O *blend* de malte da receita cervejeira influencia diretamente na cor, aroma, teor alcoólico, corpo da cerveja e na formação de espuma (DANIELS, 2000). Além disso, o malte de cevada também fornece a casca que é utilizada como material filtrante na clarificação do mosto durante a brassagem (PALMER, 2006).

Os cereais malteados podem ser classificados em malte base e malte especial como mostra a Figura 2. O malte base, mais claro, é caracterizado pelo elevado poder diastático (alta atividade enzimática), sendo utilizados em maiores proporções. Já o malte especial, devido ao processo de torrefação, perde parcialmente ou totalmente sua atividade enzimática, sendo utilizado em menor proporção. Os maltes *Caraamber*, *Carahell* e *Carafa*, são exemplos de maltes especiais, suas principais funções são correlacionadas à coloração, sabor e corpo do produto final (MALLETT, 2014).

Figura 2. Malte de cevada (Pilsen, Caraamber e Carafa).



Fonte: Nuttall (2017).

3.4.3 Lúpulo

O lúpulo (*Humulus lupulus L.*), apresentado na Figura 3, é uma planta trepadeira perene e pertencente à família das *Cannabaceae*. Os compostos de aroma do lúpulo são provenientes do pó resinoso amarelo, chamado de lupulina, presente nas glândulas localizadas atrás das brácteas do cone da flor feminina da planta. Os constituintes da flor são os óleos essenciais (0,2-3,0%), os β -ácidos ou lupulonas (1,5-9,5%) e as humulonas ou α -ácidos (2,0-16,0%), estes últimos permitem a classificação do lúpulo, sendo os com baixa concentração de α -ácidos chamados lúpulos de aroma e os de elevada concentração, lúpulos de amargor (DA SILVA; DE FARIA, 2008; DE KEUKELEIRE, 2000).

Figura 3. Flores de lúpulo (*Humulus lupulus L.*).



Fonte: *The Daily Beer* (2016).

O primeiro relato de uso desta flor em uma formulação de cerveja foi no ano de 1079 na Alemanha. Quase meio século depois, em 1516 a lei da pureza alemã (*Reinheitsgebot*) foi promulgada, a qual tornou obrigatória a presença do lúpulo na cerveja. É um insumo importante na produção da cerveja, fornecendo aromas específicos e sabor amargo responsáveis pela distinção de qualquer outra bebida alcoólica carbonatada (HIERONYMUS, 2012; MORADO, 2013).

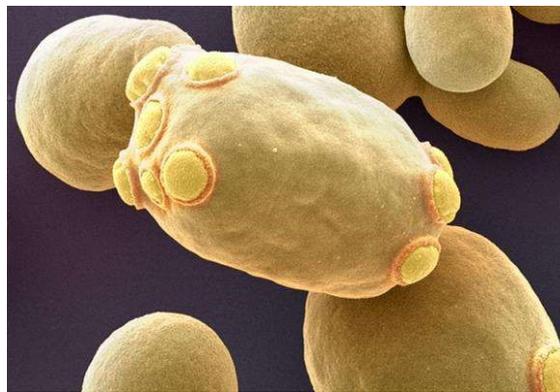
Os α -ácidos são introduzidos ao processo cervejeiro pela adição do lúpulo ao mosto no início da fervura. O tratamento térmico a 100°C promove a isomerização destes ácidos em iso- α -ácidos, os quais são mais solúveis em água e estão relacionados com mais de 70% do amargor detectado sensorialmente na cerveja (DA SILVA; DE FARIA, 2008; TECHAKRIENKRAI *et al.*, 2004). Os iso- α -ácidos também atuam, juntamente às pectinas (provenientes do lúpulo), no aumento da estabilidade e da capacidade de formação de espuma.

Os β -ácidos, embora em menor intensidade para o amargor, assim como os α -ácidos, possuem a importante ação bactericida (DE KEUKELEIRE, 2000).

3.4.4 Levedura

As leveduras são microrganismos eucariotos, unicelulares e pertencentes ao Reino *Fungi* (Figura 4). Estes fungos são utilizados em diversos processos de fermentação para a obtenção de álcool etílico (AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, 2001).

Figura 4. Levedura (*Saccharomyces cerevisiae*).



Fonte: Phys.org (2017).

Dependendo da cepa de levedura utilizada no processo de fabricação, a cerveja pode ser classificada em *Ale* (alta fermentação) ou *Lager* (baixa fermentação). A espécie *Saccharomyces cerevisiae* confere à cerveja a tipologia *Ale*, enquanto a *Saccharomyces pastorianus*, um híbrido entre a *S. cerevisiae* e a *Saccharomyces bayanus*, classifica a cerveja como *Lager*. Para as cervejas tipo *Lager*, maior parte do mercado cervejeiro mundial, a fermentação é conduzida a temperatura entre 7 a 15 °C com duração de 5 a 10 dias. Para as cervejas do tipo *Ale* o processo fermentativo, conduzido por microrganismos que exibem múltiplas ploidias e conseqüentemente uma grande variabilidade genética, se desenvolve em temperaturas mais elevadas, entre 15 a 25 °C, com duração entre 4 a 7 dias, o que representa maior rapidez e menor custo, justificando sua maior utilização por microcervejarias (BLEOANCA *et al.*, 2013; COCOLIN *et al.*, 2011; VENTURINI FILHO, 2016).

Além do etanol, estes microrganismos produzem ácidos orgânicos, ésteres, álcoois superiores, aldeídos, entre outros compostos que fornecem aromas e sabores distintos para a cerveja (FERMENTIS, 2019a; OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, 2006). Portanto, a seleção de leveduras constitui uma etapa fundamental para o processo.

3.4.5 Adjuntos

Adjuntos cervejeiros são as matérias-primas que substituem, em até 45% em peso em relação ao extrato primitivo, o malte ou o extrato de malte na elaboração do mosto cervejeiro. Podem ser considerados adjuntos cervejeiros a cevada cervejeira não malteada e os demais cereais malteados ou não-malteados aptos para o consumo humano como alimento. Também são considerados adjuntos cervejeiros o mel, leite e os ingredientes de origem vegetal, fontes de amido e de açúcares, aptos para o consumo humano como alimento (BRASIL, 2019).

De modo geral, o arroz e milho, são os adjuntos mais comuns no processo cervejeiro com o objetivo exclusivo de redução de custo. Por outro lado, as frutas, em crescente uso no setor cervejeiro no Brasil, são utilizadas para enriquecer o perfil sensorial da cerveja. Além disso, as frutas possuem em sua composição pectinas, estas por sua vez dispõem nas condições da cerveja, cargas negativas que interagem com as proteínas promotoras da espuma melhorando a sua estabilidade. Portanto, em proporções e tratamento adequados, estes adjuntos podem promover tanto a estabilidade da espuma e quanto a oxidativa à bebida (BRASIL, 2010; D'AVILA *et al.*, 2012).

Para elaboração das receitas com frutas, além dos critérios normativos já apresentados no Quadro 1, é necessário levar em consideração as características físico-químicas da matéria-prima utilizada. Pois o uso de adjuntos em excesso pode resultar em problemas na brassagem, como: dificuldade de recuperação do extrato, aumento da viscosidade do mosto, aumento do tempo de filtração e conseqüentemente elevação do custo de produção. Além dos problemas descritos, cervejas com altas cargas de adjuntos podem diminuir os níveis de nitrogênio solúvel e amino nitrogênio livre (ANL), o que pode afetar o crescimento das leveduras, comprometendo a fermentação (BRIGGS *et al.*, 2004; D'AVILA *et al.*, 2012; SLEIMAN *et al.*, 2010).

Os principais fatores determinantes da qualidade de um insumo cervejeiro são os seus componentes químicos como carboidratos, proteínas, sais minerais, cinzas e lipídeos (BRIGGS *et al.*, 2004). Portanto, o estudo aplicado às concentrações e tratamentos, bem como à composição química dos frutos é fundamental para a obtenção de cervejas com boa

aceitabilidade e com características físico-químicas desejadas. O Quadro 3 apresenta alguns estudos de cervejas desenvolvidas com frutas nos últimos 10 anos.

Quadro 2. Estudos de cervejas desenvolvidas com frutas.

Fruta(s)	País	Etapa de adição	Concentração	Melhores resultados: etapa de adição / concentração	Autor, ano
Banana	Brasil	Mosturação	2° e 5° Brix	5° Brix	(CARVALHO <i>et al.</i> , 2009)
Buriti	Brasil	Mosturação	10 % da massa de malte	-	(BRITO JÚNIOR, 2015)
Tamarindo	Brasil	Ebulição	1,5 % da massa de malte	-	(CARNEIRO, 2016)
Melão	Brasil	Mosturação	10, 30 e 50 % do volume de mosto	50 %	(SANTOS; CARVALHO, 2016)
Amora	Brasil	Fermentação	10, 20 e 30 % do volume de mosto	20 e 30 %	(TRINDADE, 2016)
Maracujá	Brasil	Fermentação/ Maturação	2 % do volume de mosto	Maturação	(BARBOSA, 2016)
Cacau	Brasil	Mosturação	30 % da massa de malte	-	(NUNES <i>et al.</i> , 2017)
Umbu	Brasil	Mosturação	41,1 % da massa de malte	-	(SILVA, 2017)
Caqui	Espanha	Fermentação	10, 25, 50 e 75 % do volume de mosto	-	(MARTÍNEZ <i>et al.</i> , 2017)
<i>Goji</i>	Suíça	Mosturação Fermentação Maturação	11 e 50 g/L de mosto	Fervura / 50 g/L	(DUCRUET <i>et al.</i> , 2017)
Caqui	Coréia	Fermentação	50, 100, 150 e 200 g por batelada	150 g	(CHO <i>et al.</i> , 2018)
<i>Cornelian cherry</i>	Polônia	Fermentação/ Maturação	15, 16 e 18 % do volume de mosto	Fermentação / 18 %	(KAWA- RYGIELSKA <i>et al.</i> , 2019)

Fonte: Autor (2020).

A maioria das frutas utilizadas no processo cervejeiro em trabalhos científicos foram adicionadas durante o processo de mosturação, o que pode ser justificado pela maior facilidade de remoção dos compostos insolúveis durante a filtração (Quadro 3). Na maioria dos estudos, os cálculos para definição das concentrações de adjuntos foram baseados na massa de malte ou no volume do mosto. Outra possibilidade, apresentada Carvalho (2009), foi a adição parcial da

polpa da fruta na etapa de mosturação até atingir o teor de sólidos solúveis desejado. É importante salientar que os cálculos, no Brasil, por força de lei, devem ser baseados em relação ao extrato primitivo, o malte ou o extrato de malte na elaboração do mosto cervejeiro (BRASIL, 2019).

3.4.6 Programa de certificação de juiz de cerveja - *Beer Judge Certification Program* (BJCP)

O guia de estilos do BJCP é a referência internacional mais utilizada para catalogar os diversos tipos de cerveja de todo o mundo. Nele são expressos perfis de aroma, sabor e cor, além dos insumos. No Quadro 3 estão apresentados os estilos de cerveja com frutas já consolidados no mercado mundial, sendo o Brasil responsável pela última alteração, a *Catharina Sour* em 2018.

Quadro 3. Cervejas do tipo *Fruit Beers* segundo BJCP.

Fruta(s)	Estilo da cerveja	Origem
Sem especificação	<i>18A. Blonde Ale</i>	EUA
Cerejas, framboesas e amoras	<i>23F. Fruit Lambic</i>	Bélgica
Laranja (casca)	<i>24A. Witbier</i>	Bélgica
Sem especificação	<i>28C. Wild Specialty Beer</i>	Bélgica
Sem especificação	<i>29A. Fruit Bier</i>	EUA
Sem especificação	<i>29B. Fruit and Spice Beer</i>	EUA
Sem especificação	<i>29C. Specialty Fruit Beer</i>	EUA
Limão (casca) e laranja (casca)	<i>30C. Winter Seasonal Beer</i>	Bélgica / EUA
Sem especificação	<i>32B. Specialty Smoked Beer</i>	EUA
Uva	<i>X3. Italian Grape Ale</i>	Itália
Sem especificação	<i>X4. Catharina Sour</i>	Brasil

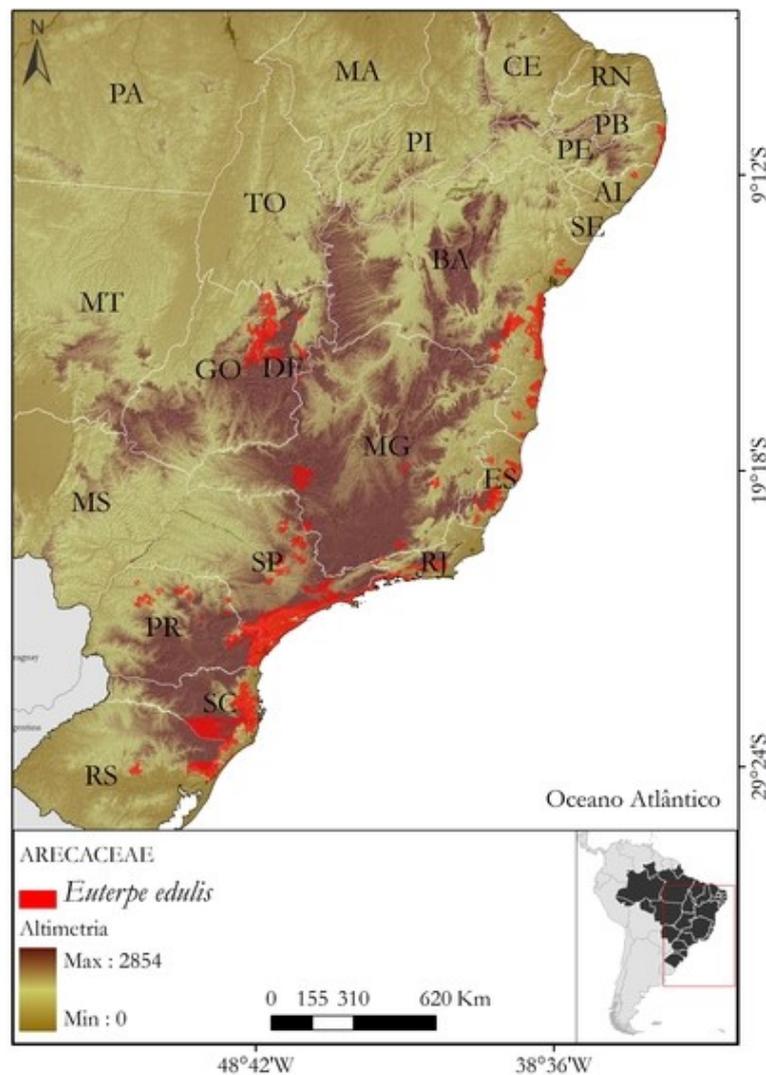
Fonte: BJCP (2015, 2018).

É importante ressaltar que este guia está sujeito a otimização de processos e novos produtos. Portanto pesquisas no setor são ferramentas fundamentais para evolução do setor cervejeiro.

3.4.7 Juçara (*Euterpe edulis* Mart.)

A *Euterpe edulis* Mart., popularmente chamada de Juçara, Jussara, Palmeira Juçara, Palmito-juçara ou Palmiteiro, é uma palmeira distribuída no Brasil, ocorrendo em toda a Mata Atlântica e em parte do Cerrado (Figura 5). Devido à exploração intensiva do palmito, sua ocorrência natural foi severamente reduzida a ponto de compor a lista de espécies brasileiras em extinção. Além disso, a drástica redução na extensão da Mata Atlântica e o elevado grau de degradação de grande parte dos remanescentes de floresta têm contribuído para uma redução no tamanho populacional (BRASIL, 2008; CNCFLORA, 2012; DOS REIS *et al.*, 2000).

Figura 5. Mapa de ocorrência de Juçara (*Euterpe edulis* Mart.) no Brasil.



Fonte: CNCFLORA (2012).

Para comercialização, os frutos da Juçara (Figura 6) são despulpados por maceração em água ou em uma despulpadeira mecânica, obtendo um produto roxo viscoso denominado polpa do fruto da Juçara. As principais formas de consumo atuais são em formulações de sucos e sorvetes. O grande atrativo do fruto, além do sabor, é devido às suas propriedades nutricionais, energéticas e funcionais (BORGES *et al.*, 2011; LEITE *et al.*, 2018).

Figura 6. Fruto da palmeira Juçara (*Euterpe edulis* Mart.).



Fonte: Cegas (2016).

A polpa do fruto da Juçara é rica em ácidos graxos insaturados, tem pH ácido, baixa concentração de carboidratos e possui elevados teores de polifenóis, o que influencia diretamente sobre sua capacidade antioxidante (Quadro 4). Em observância à sua adição no processo de fabricação de cerveja, se faz necessário realizar o desengorduramento, pois os lipídios afetam a estabilidade da espuma, além disso a pasteurização deve ser efetuada para eliminar os microorganismos termossensíveis (BAMFORTH; RUSSELL; STEWART, 2009; WILDE *et al.*, 2004).

Quadro 4. Composição centesimal e fenólicos totais do fruto da Juçara.

Componentes	Teor (%) em base úmida
Umidade ^b	88,90 ± 0,26
Lipídios ^b	4,36 ± 0,55
Proteínas ^b	0,09 ± 0,00
Cinzas ^b	0,38 ± 0,02
Carboidratos ^b (por diferença)	6,27
Acidez em ácido cítrico ^b	0,19 ± 0,00
pH ^b	4,84
Sólidos solúveis totais ^b	3,03° Brix
Componente	mg GAE / 100 mg
Fenólicos totais ^a	2.610,86 ± 3,89

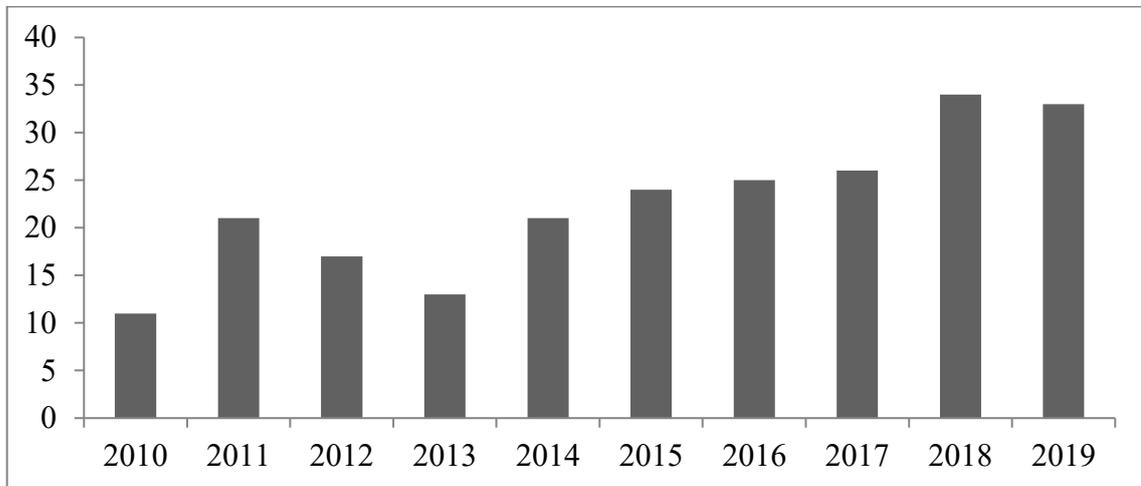
Fonte: a. Borges *et al.* (2011); b. Ribeiro; Mendes; Pereira (2016).

Em pesquisa realizada em bebidas preparadas com esta matriz e submetidas a tratamento térmico, não se observou diminuição significativa da capacidade antioxidante (CASTRO *et al.*, 2016). Portanto este fruto, mesmo com o pré-tratamento térmico, pode ser promissor na potencialização da atividade antioxidante nas cervejas.

Vários compostos bioativos como os ácidos benzóico, cafeico, clorogênico, ferúlico, protocatecuico, *p*-cumárico, siríngico, vanílico e flavonoides como quercetina e rutina já foram identificados no fruto da Juçara. Por esta razão, a fruta tem sido considerada uma “super fruta” e pode estar relacionada à prevenção de doenças (BORGES *et al.*, 2011; SCHULZ *et al.*, 2015).

Esta “super-fruta” tem relevante notoriedade no meio científico internacional. Em pesquisa realizada no *Web of Science*® utilizando ‘*Euterpe edulis*’ como palavra chave foram encontrados 225 documentos relacionados. A Figura 7 apresenta a evolução do número de publicações nos últimos 10 anos relativa a utilização da *Euterpe edulis*. Não se encontrou, entretanto, estudos que envolvam essa “super fruta” à bebida alcoólica mais popular do mundo, a cerveja.

Figura 7. Evolução do número de documentos publicados diretamente relacionados à utilização da *Euterpe edulis* nos últimos 10 anos.



Fonte: Autor (2020).

Além dos interesses econômicos e voltados à promoção da saúde coletiva, o processamento desta fruta pode ainda permitir ganhos em termos sociais e ambientais para as regiões produtoras. A fruta é produto de extrativismo, o que viabiliza a aplicação da Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM) operacionalizada pela CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), com participação do MAPA. Portanto gera renda à população e promove a preservação da mata nativa, em função do incentivo à valorização da floresta em pé e do uso sustentável dos recursos naturais (BRASIL, 2018).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais utilizados, bem como os métodos aplicados para a elaboração das cervejas experimentais do tipo *Fruit Beer*, estão descritos nas seções seguintes.

4.1 MATERIAIS

A polpa do fruto da Juçara pasteurizada, desengordurada e congelada ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$), foi adquirida em uma empresa local, no ano de 2018. O malte Pilsen (2 a 3 SRM - *Standard Reference Method*) e o Lúpulo *Northern Brewer* (8,4 % de α -Ácido) foram adquiridos da Cooperativa Agrária Agroindustrial (Guarapuava-PR, Brasil) e WE Consultoria (Porto Alegre-RS, Brasil) respectivamente. A água utilizada no processo foi da rede municipal, fornecida pela CASAN, submetida à filtração em filtro de carvão ativado. Para fermentação do mosto foi

utilizado a levedura Safale US-05 (*Saccharomyces cerevisiae*) da empresa *Fermentis* (Lesaffre, France).

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os cálculos da quantidade de água (Equações 1, 2), da concentração de malte (Equações 3, 4) e de lúpulo (Equações 5), necessários para a produção das cervejas, foram realizados segundo Daniels (2000). A levedura, na concentração de 0,5 g/kg (levedura seca/mosto), foi reidratada em mosto por 30 minutos a 25°C de acordo com as recomendações do fabricante, e posteriormente inoculada nos fermentadores. O cálculo da concentração de polpa do fruto Juçara foi baseado na massa de malte, segundo legislação brasileira (BRASIL, 2011b; FERMENTIS, 2019b).

4.2.1 Cálculo de água

Para água, o cálculo é baseado no volume final de cerveja e nas perdas durante o processo de fabricação. De acordo com Daniels (2000), a relação de perda de água por massa de malte é de aproximadamente 1,67 l/kg. Existem ainda as perdas de água no processo, somando um total aproximado de 42,2 %, no qual: 8,1% na evaporação; 9,9 % no *trub* (aglomerado de proteínas coaguladas com resíduos de lúpulo); 4,2 % de encolhimento de volume e 20 % nos equipamentos.

A 1ª água é o volume de água utilizado na mosturação e é calculado pela Equação 1. Água total (Equação 2) é a soma de toda água necessária para o processo de produção da cerveja, contabilizando as perdas durante o processo.

$$1^{\text{a}} \text{ Água} = V_c (l) + (1,67 \times MM(kg)) \quad (1)$$

Onde V_c é o volume de cerveja desejado e MM é a massa de malte.

$$\text{Água Total} = 1^{\text{a}} \text{ Água} (l) + (0,42 \times V_c (l)) \quad (2)$$

4.2.2 Cálculo de malte de cevada

Foi utilizado apenas o malte Pilsen Para o estilo *Fruit Beer*, segundo Beer Judge Certification Program (2018), a densidade alvo é em média 1.050, portanto assumiu-se a GA (Gravidade alvo) de 50.

$$GU = Vc (l) \times GA \times 0,26 \quad (3)$$

Onde: GU é unidade de gravidade.

$$MM (kg) = \left(\frac{GU}{EP \times E} \right) \times 0,45 \quad (4)$$

Onde: EP é o extrato potencial expresso em GU , para o malte *Pilsen* é 1035 (35 GU) e E é a eficiência que neste caso tem o valor de 65%, média em produções de cervejarias artesanais segundo Daniels (2000).

4.2.3 Cálculo do lúpulo

O lúpulo *Northern Brewer* utilizado apresenta a concentração de 8,4 % de α -ácido.

$$IBU = \frac{U \times \alpha a \times L(g) \times 1000}{Vc (L)} \quad (5)$$

Onde: U é a utilização de α -ácido, αa é a porcentagem de α -ácido, L é a quantidade de lúpulo e Vc é o volume de cerveja desejado.

4.2.4 Cálculo da polpa do fruto da Juçara

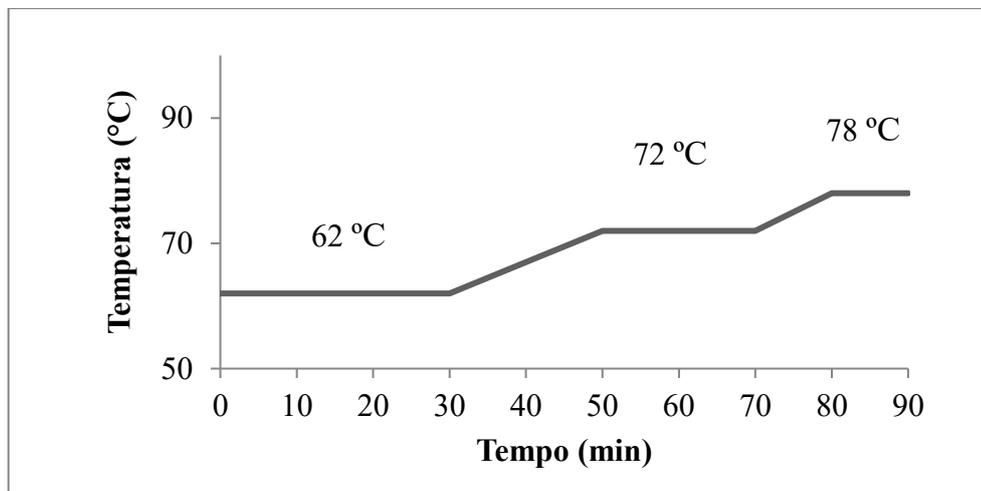
A polpa foi adicionada nas proporções de 10, 20 e 40 (% m/m) em relação à massa de malte (BRASIL, 2019).

4.2.5 Elaboração das cervejas

O planejamento da cerveja foi baseado no guia internacional de estilos, o *Beer Judge Certification Program* (BJCP), (2018). Foi desenvolvida uma nova cerveja *Fruit Beer*, a qual tem como receita base uma *Blonde Ale*. As tecnologias de produção foram executadas de acordo com metodologia proposta por Daniels (2000). Foram realizadas duas bateladas com os mesmos parâmetros (duplicata de processo).

A primeira etapa do processo de produção foi a moagem de 9,8 kg de malte de cevada, conduzida em moinho elétrico (*Mill Wet Dry Grinder*, Model: 643888, Welljoin China) ajustado para malte, observando a conservação da casca (elemento filtrante) (MOUSIA et al., 2004). Em seguida a infusão, etapa denominada de mosturação, foi realizada em panela cervejeira (60 l), com a adição do malte em 47 (l) de água potável filtrada a 62 °C por 30 min, logo após a temperatura foi elevada (1 °C/min) para 72 °C por 20 min e, por fim, o *mash out* foi conduzido por 10 min a 78 °C (Figura 8).

Figura 8. Brassagem pelo método de infusão.



Fonte: Autor (2020).

O mosto foi então recirculado manualmente por 10 min. Em seguida, o mosto foi enviado à panela de ebulição (60 l) para início da etapa de fervura, conduzida por 60 min com adição de 13,7 g de lúpulo no primeiro minuto do processo. Findado este processo, o *whirlpool* foi executado por 5 min, seguido da refrigeração a 25 °C. O volume total foi fracionado para os diferentes experimentos (FC, F2, F3 e F4), sendo este processo nomeado como Método 1 (M-

1), o qual não houve incorporação da polpa na brassagem. O Quadro 5 apresenta os códigos das amostras e os métodos de produção de todos os tratamentos.

Quadro 5. Códigos das amostras e métodos de produção.

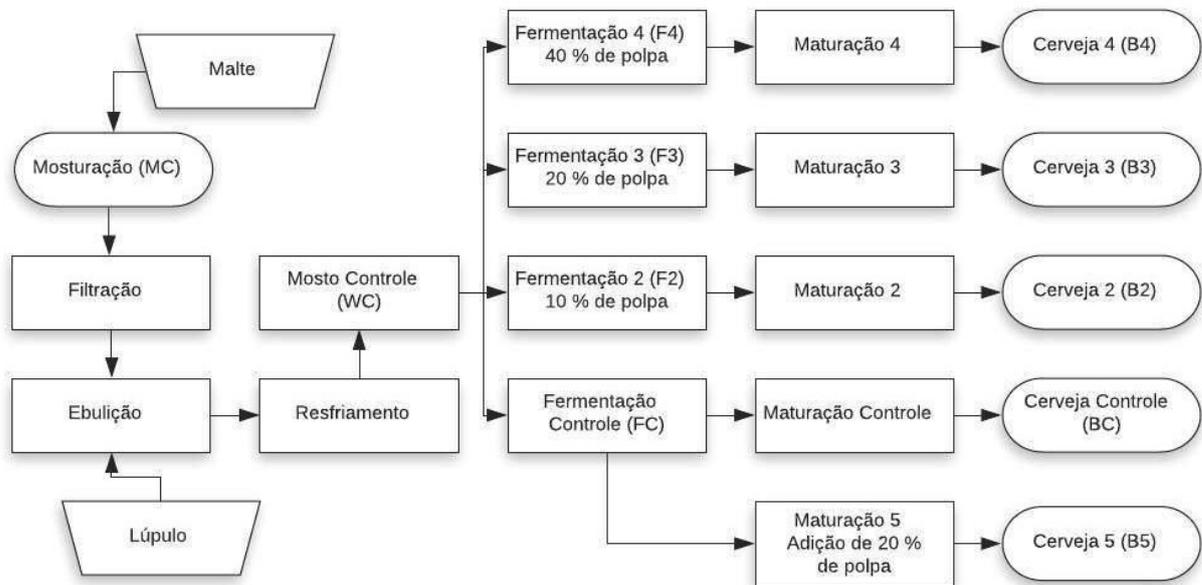
	Código	Descrição das amostras
Fruta	J	Polpa do fruto da Juçara
Mosturação	MC	Final da mostura controle / Método 1 (M-1)
	M1	Final da mostura / 20 % de polpa do fruto da Juçara / Método 2 (M-2)
Ebulição	WC	Final da ebulição controle MC / Método 1 (M-1)
	W1	Final da ebulição de M1 / Método 2 (M-2)
Fermentação	FC	Fermentação mosto controle WC
	F1	Fermentação do mosto W1
	F2	10% de polpa do fruto de Juçara ao mosto controle (WC) Adição no início da fermentação
	F3	20% de polpa do fruto de Juçara ao mosto controle (WC) Adição no início da fermentação
	F4	40% de polpa do fruto de Juçara ao mosto controle (WC) Adição no início da fermentação
Cervejas	BC	Cerveja controle / Final da maturação de FC
	B1	Cerveja 1/ Final da maturação de F1
	B2	Cerveja 2 / Final da maturação de F2
	B3	Cerveja 3 / Final da maturação de F3
	B4	Cerveja 4 / Final da maturação de F4
	B5	20% de polpa do fruto de Juçara à cerveja no início da maturação controle FC

Fonte: Autor (2020).

Outra batelada foi processada com parâmetros idênticos ao M-1, tendo como única alteração a substituição da massa água pela adição de 20 % de polpa do fruto da Juçara (1,9 kg) no início da mosturação, processo reconhecido como Método 2 (M-2). Este método gerou o experimento F1.

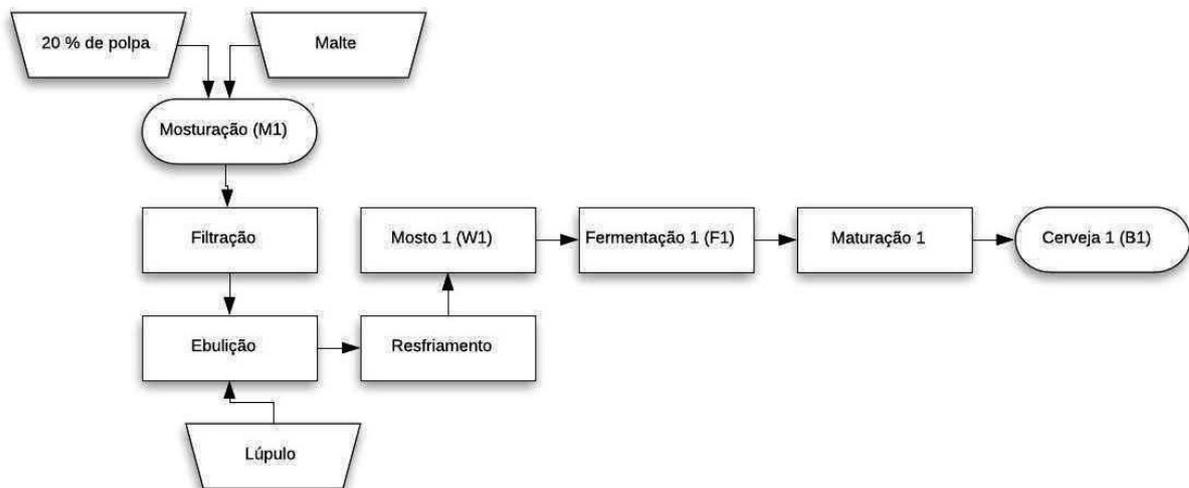
As Figuras 9 e 10 fornecem as explicações sobre toda a preparação das variantes experimentais específicas. Todos os tratamentos experimentais foram diluídos até 12 °Brix com água a 25 °C, previamente submetida à ebulição. Os processos de fermentação (8 dias) e maturação (14 dias) foram conduzidos em frascos de 5 (l), com 20 % de “*headspace*”, a temperatura de 18 °C e 5 °C respectivamente. As cervejas maturadas não foram submetidas aos métodos de carbonatação.

Figura 9. Fluxograma de processo do método 1 (M-1).



Fonte: Autor (2020).

Figura 10. Fluxograma de processo do método 2 (M-2).



Fonte: Autor (2020).

4.2.6 Determinações analíticas

O total de 13 amostras (coletadas em intervalos de 12 horas nas primeiras 96 horas e intervalos de 24 horas até 192 horas), retiradas durante a fermentação, foram analisadas imediatamente quanto ao teor de sólidos solúveis totais, pH e viabilidade celular das leveduras. As amostras da brassagem, das cervejas e da polpa do fruto de Juçara foram armazenadas em tubos de polipropileno (50 ml) e congeladas à $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. As amostras de cerveja foram analisadas quanto ao extrato real sendo, posteriormente, realizado o preparo das amostras seguindo o método proposto pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) com adaptações. Portanto, todas as amostras foram desgaseificadas em Banho Ultrassônico por 15 min, centrifugadas a 2000 g (Eppendorf, MiniSpin Plus, EUA) por 10 min e filtradas ($0,45\text{ }\mu\text{m}$).

4.2.6.1 pH

O pH da polpa do fruto Juçara e das cervejas foi determinado por leitura direta em pHmetro (Hanna, HI2020-01, Itália) calibrado com soluções tampão pH 4 e 7, segundo o método *Beer 9* (ASBC, 2011a).

4.2.6.2 Sólidos solúveis totais

O teor dos Sólidos Solúveis Totais ($^{\circ}\text{Brix}$) das amostras foi determinado por leitura direta em refratômetro portátil (Grandindex, RSG-100ATC, China).

4.2.6.3 Cinética de fermentação

Foi realizada a contagem de células de levedura em câmara de *Neubauer* com auxílio de microscópio (Olympus, CX31 Trinocular, Japão), para acompanhar a evolução da fermentação durante 192 horas. A contagem foi realizada em amostras de 30 ml coletadas durante a fase de fermentação, sendo também realizada a determinação de viabilidade celular, com adição de azul de metileno 0,01% (ASBC, 2011b).

4.2.6.4 Perfil de carboidratos, glicerol e etanol

O perfil de carboidratos (maltose, glicose, frutose e maltotriose), glicerol e etanol foram determinados por Cromatografia Líquida de Alta Performance (HPLC) (PIETRZAK et al., 2016). Amostras da cerveja, do mosto e do fruto da Juçara foram diluídos em água destilada 1:1 (em volume). As amostras foram analisadas pelo *Prominence liquid chromatography system* (Shimadzu, SPD-20A/20AV UV-Vis Detector, USA) com a coluna *Aminex HPX-87H column* (300 × 4,6 mm) da *Phenomenex* (USA). Foram adotados os seguintes parâmetros: volume de injeção de 20 µl, temperatura de eluição de 60 °C, fluxo de corrida 0,5 ml/min, fase móvel 5 mm/l H₂SO₄, e detector refratométrico termostaticado a 35 °C. A concentração dos compostos analisados foi determinada baseado na curva de calibração de 5 pontos integrada ao *Chromax 10.0 software by Pol-Lab*.

4.2.6.5 Extrato real

Amostras de 20 ml das cervejas finais foram aquecidas em banho-maria até a secagem. Em seguida, foram transferidas para a estufa com circulação e renovação de ar (Tecnal, TE-394/2-MP, Brasil) à 105 °C por 1 hora, resfriadas em dessecador e pesadas. A porcentagem em m/v de extrato real foi calculada pela Equação 6 (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

$$\text{Extrato real} \left(\% \frac{m}{v} \right) = \frac{100 \times P}{V} \quad (6)$$

Onde: P é a massa do resíduo (g) e V volume da amostra (ml).

4.2.6.6 Cor

A cor foi determinada por meio da leitura em espectrofotômetro UV-visível (Hewlett-Packard, 8425A, Alemanha) de cada amostra de cerveja final, a 430 nm e 700 nm, contra a amostra de água destilada (branco) (ASBC, 2011c). A cor foi expressa em unidades SRM (*Standard Reference Method*).

4.2.6.7 Fenólicos totais por Folin-Ciocalteu

Foi construída uma curva de calibração com o padrão de ácido ascórbico. A partir de solução padrão de ácido ascórbico foram preparadas diversas concentrações, variando de 3,9 a 125 mg/L. Foram adicionados 0,5 ml de amostra, solubilizadas em 60 % de metanol, em tubo de ensaio e 2,5 ml de uma dissolução seriada do reagente de *Folin-Ciocalteu*, reagindo em câmara escura por 2 horas. Foi realizada a leitura em triplicata em espectrofotômetro (Hewlett-Packard, 8425A, Alemanha) absorvância de 765 nm. O metanol foi utilizado como branco da reação e as amostras foram expressas em equivalentes de ácido gálico (GAE), ou seja, mg de ácido ascórbico por 100 ml da amostra (ALAM; BRISTI; RAFIQUZZAMAN, 2013; TAFULO *et al.*, 2010; TURKMEN; SARI; VELIOGLU, 2006). As análises foram realizadas em triplicata.

4.2.6.8 Atividade antioxidante – Método DPPH

O método fotolorimétrico com uso do reagente 2,2-difenil-1-picril-hidrazil do DPPH, desenvolvido por Brand-Williams; Cuvelier; Berset (1995) com modificações de Kim *et al.* (2002), foi utilizado com adaptações. Esta metodologia tem como base a redução da absorvância na região visível de comprimento de onda de 515 nm do radical DPPH[•] por antioxidantes. A solução do radical de DPPH[•] 100 M (3,9 ml) diluído em metanol a 50%, foi preparada de forma a apresentar absorvância em 515 nm entre 0,7 e 0,8 no espectrofotômetro (Hewlett-Packard, 8425A, Alemanha). Ao adicionar 0,1 ml da amostra ou padrão, a solução foi homogeneizada e mantida em câmara escura, à temperatura ambiente, por 30 minutos. A medida de absorvância foi realizada no comprimento de onda de 515 nm do radical, antes de adicionar a amostra e depois de adicionar amostra a 30 minutos de reação. A concentração de DPPH[•] no meio de reação foi calculada conforme a curva de calibração obtida por regressão linear. Os resultados foram expressos em equivalente de ácido gálico (mmol GAE/l). As análises foram realizadas em triplicata.

4.2.6.9 Análise estatística

Os dados obtidos, reportados como média \pm desvio padrão, foram analisados estatisticamente com o programa *Statistica 10.0* (StatSoft, Tulsa, EUA), através de análise de

variância (ANOVA) e pelo teste de Tukey a 95% de confiança. Análises foram realizadas duplicas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

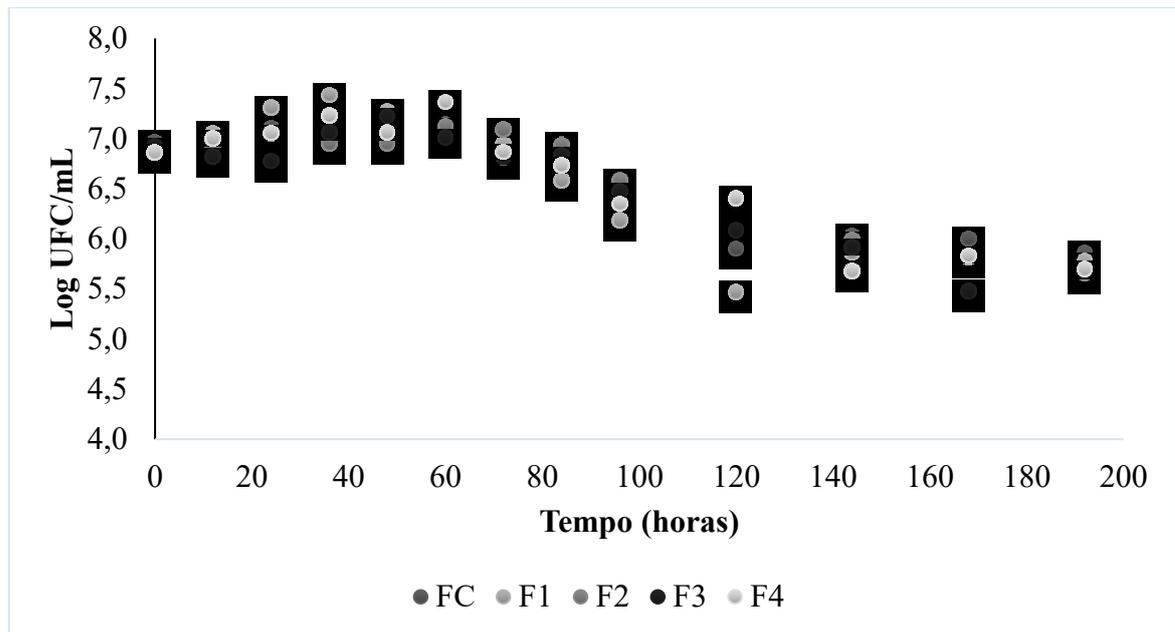
5.1 DETERMINAÇÃO DOS SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (°BRIX), CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO, PERFIL DE AÇÚCARES, pH, GLICEROL, ETANOL, EXTRATO REAL E COR

A hidrólise do amido durante o processo de mosturação resulta na produção do mosto, o qual fornece os açúcares como glicose, maltose, maltotriose e frutose, necessários para a condução do processo fermentativo (FERMENTIS, 2019b). Desse modo, a análise do perfil de carboidratos do mosto e da cerveja permite entender os efeitos dos parâmetros tecnológicos adotados, bem como a influência dos insumos utilizados no processo (DE ALMEIDA *et al.*, 2018; MASTANJEVIĆ *et al.*, 2018).

Ao término das brassagens, a amostra WC apresentou em média 15,6 °Brix, já a amostra W1 teve média de 16,5 °Brix. Estes mostos finais foram adicionados das respectivas concentrações de polpa de acordo com cada tratamento e em seguida diluídos a 12 °Brix com água previamente submetida a 100 °C e resfriadas a 25 °C.

Os mostos foram então inoculados com proporcionais concentrações de leveduras previamente hidratada com mosto a 27 °C nos fermentadores. A levedura utilizada no processo, *Safale* US-05, tem como recomendação do fabricante a dosagem 50-80 g/hl (levedura/mosto) (FERMENTIS, 2018). A concentração de inoculação foi baseada nas determinações do fabricante, tendo uma taxa média de $8,8 \times 10^6$ UFC/ml entre todos os experimentos (Figura 11), valor que está na faixa ideal segundo Fermentis (2019). Após a inoculação iniciou-se a contagem de tempo para acompanhamento das 192 horas do processo fermentativo.

Figura 11. Cinética do crescimento microbiano.



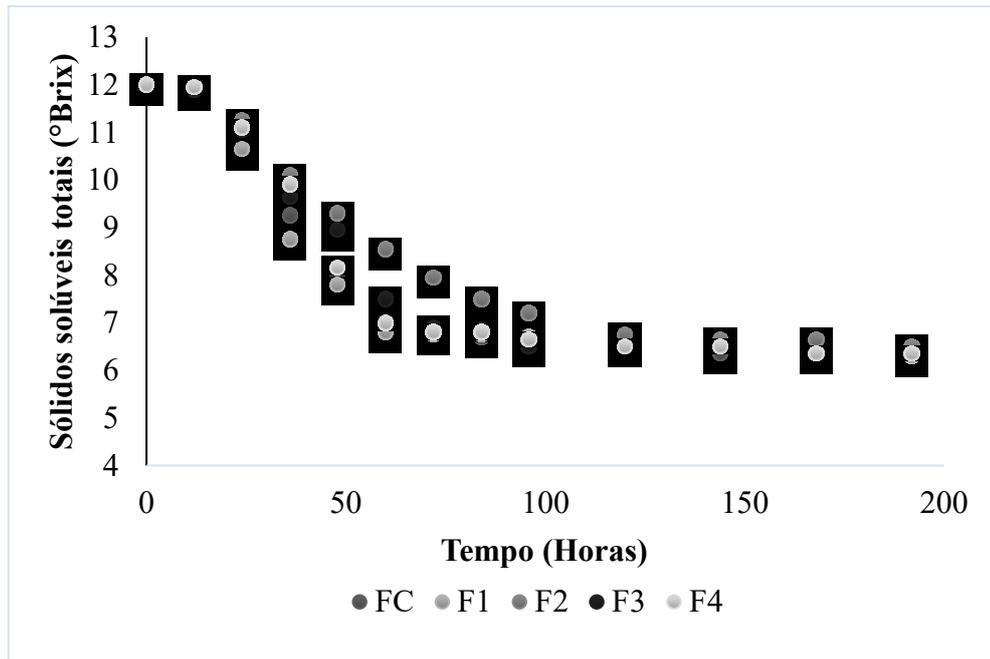
FC – controle; F1 – 20 % de polpa na brasagem; F2 – 10 % de polpa na fermentação; F3 – 20 % de polpa na fermentação; F4 – 40 % de polpa na fermentação.

Fonte: Autor (2020).

No tempo de 48 horas após o início da fermentação foi quantificado o maior número de células de leveduras viáveis, $1,4 \times 10^7$ UFC/ml, e no tempo de 144 horas de processo fermentativo foi identificado o menor número de células, $5,5 \times 10^5$ UFC/ml, mantendo estável e indicando o fim da fermentação em 192 horas. Não se percebeu influência da polpa no processo fermentativo, fator positivo, pois sua adição nesta etapa poderia ter causado estresse metabólico na levedura (LYRA COLOMBI; SILVA ZANONI; BENATHAR BALLOD TAVARES, 2018; POREDA *et al.*, 2014).

Os dados relativos ao teor de sólido solúveis totais, apresentados na Figura 12, confirmaram o comportamento inversamente proporcional em relação a concentração de células de levedura. De modo geral, não se percebeu redução expressiva da concentração de açúcares nas 12 primeiras horas, o que confirma se tratar da fase de adaptação das leveduras. Entre 12 e 120 horas houve significativa redução dos carboidratos, evidenciando a fase exponencial dos microrganismos. A partir das 120 horas notou-se a redução do processo fermentativo, dando início a fase estacionária do crescimento microbiano. O término da fermentação ocorreu no tempo de 192 horas, quando não se percebeu variação do °Brix durante 24 horas.

Figura 12. Sólidos solúveis totais durante o processo fermentativo.



FC – controle; F1 – 20 % de polpa na brasagem; F2 – 10 % de polpa na fermentação; F3 – 20 % de polpa na fermentação; F4 – 40 % de polpa na fermentação.

Fonte: Autor (2020).

A análise do teor de sólido solúveis totais expressa em °Brix é uma importante ferramenta para acompanhamento do processo fermentativo, entretanto ela sofre interferência pela presença de álcool, o que afeta principalmente os dados relativos ao término do processo fermentativo. Desse modo, as amostras foram submetidas à cromatografia líquida de alta eficiência para quantificação do teor de maltose, glicose, frutose e maltotriose presentes na polpa, no mosto e na cerveja (Tabela 1) (BRUNELLI; VENTURINI FILHO, 2013).

Tabela 1. Perfil de carboidratos da polpa do fruto da Juçara, dos mostos e das cervejas.

Amostra	Maltose (g/l)*	Glicose (g/l)*	Frutose (g/l)*	Maltotriose (g/l)*
J	Nd	0,05 ^d ± 0,0	0,92 ^c ± 0,1	Nd
MC	71,29 ^{ab} ± 1,5	13,12 ^b ± 0,5	4,15 ^b ± 0,1	8,96 ^{abc} ± 0,5
M1	70,99 ^{ab} ± 1,0	12,64 ^b ± 0,6	4,15 ^b ± 0,4	8,63 ^{abc} ± 0,4
WC	92,31 ^{ab} ± 29,1	17,19 ^a ± 0,8	7,04 ^a ± 0,2	17,75 ^a ± 9,3
W1	94,49 ^a ± 5,2	18,08 ^a ± 1,2	7,43 ^a ± 0,8	11,56 ^{ab} ± 1,5
FC	58,40 ^{ab} ± 5,2	9,65 ^{bc} ± 0,7	5,26 ^{ab} ± 0,8	7,88 ^{bc} ± 0,7
F1	55,04 ^b ± 3,2	9,12 ^c ± 0,6	5,02 ^{ab} ± 0,3	6,73 ^{bc} ± 0,8
F2	57,57 ^{ab} ± 18,5	10,87 ^{bc} ± 0,5	6,39 ^{ab} ± 0,0	7,95 ^{bc} ± 0,4
F3	62,40 ^{ab} ± 5,9	10,58 ^c ± 0,1	6,51 ^{ab} ± 0,2	7,83 ^{bc} ± 0,2
F4	56,38 ^b ± 10,5	9,55 ^c ± 1,8	6,25 ^{ab} ± 1,9	6,97 ^{bc} ± 0,9
BC	Nd	Nd	0,58 ^c ± 0,1	Nd
B1	Nd	Nd	0,75 ^c ± 0,0	Nd
B2	Nd	Nd	0,57 ^c ± 0,1	Nd
B3	Nd	Nd	0,58 ^c ± 0,1	Nd
B4	Nd	Nd	0,62 ^c ± 0,1	Nd
B5	Nd	Nd	0,91 ^c ± 0,4	Nd

* Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas entre as amostras pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). J – polpa do fruto da Juçara; MC – final da mostura controle; M1 – Final da mostura com 20 % de polpa; WC - mosto final controle; W1 – mosto final com 20 % de polpa; FC – controle; F1 – 20 % de polpa na brasagem; F2 – 10 % de polpa na fermentação; F3 – 20 % de polpa na fermentação; F4 – 40 % de polpa na fermentação; BC – cerveja controle; B1 – cerveja com 20 % de polpa na mosturação, B2 – cerveja com 10 % de polpa na fermentação; B3 – cerveja com 20 % de polpa na fermentação; B4 – cerveja com 40 % de polpa na fermentação; B5 – cerveja com 20 % de polpa na maturação.

Fonte: Autor (2020).

O aumento da concentração dos carboidratos das entre as amostras MC e WC geradas pelo método 1, assim como entre M1 e W1 geradas pelo método 2, é resultado do processo de ebulição do conduzido por uma hora em ambas as tecnologias empregadas.

A maltose é o açúcar predominante no mosto de cerveja (BRIGGS *et al.*, 2004; NOGUEIRA *et al.*, 2005; PIDDOCKE *et al.*, 2009). Os resultados, apresentados na Tabela 1, dos ensaios experimentais acordam com a literatura, onde a maltose foi o carboidrato com maior concentração em todos os tratamentos (FC, F1, F2, F3 e F4), seguidos de glicose, maltotriose e

frutose, respectivamente. A polpa utilizada no processo não é uma matriz rica em carboidratos, desse modo, as diferentes formulações obtidas pelos diferentes métodos, não apresentaram variações significativas quanto ao perfil dos açúcares do mosto.

O pH da polpa do fruto da Juçara apresentou valor médio de 4,0, fator relevante pois a estrutura química da antocianina, grupo de flavonóides majoritários das frutas, tem maior estabilidade em meio ácido (pH 2,0 a 3,0) (KATZ et al., 2020; SANTAMARINA et al., 2018).

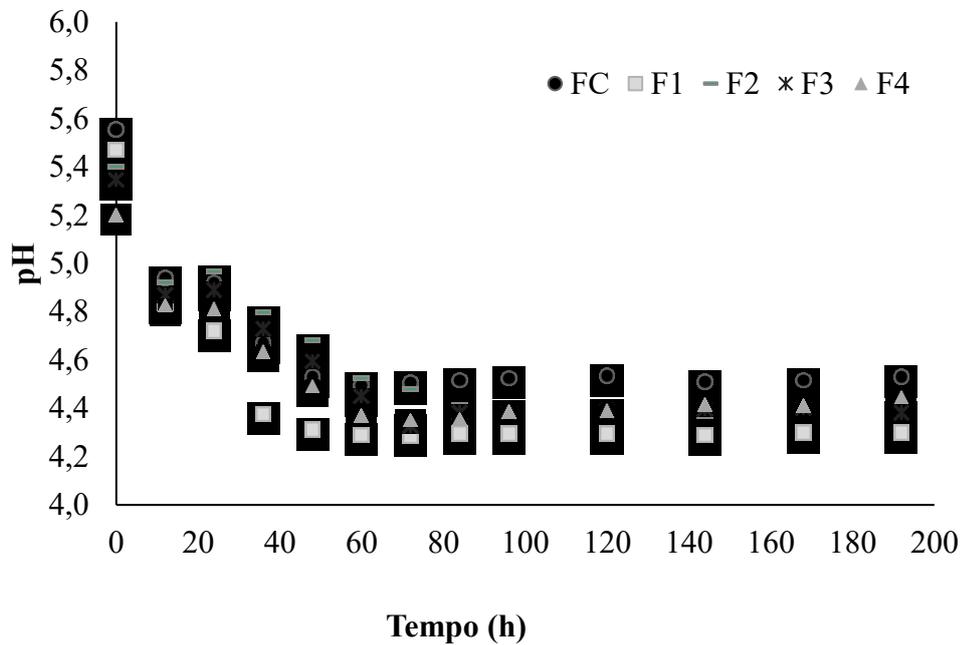
Quanto a água utilizada no processo de brassagem os valores de pH encontrados foram de 6,1 para o método 1 e de 6,2 para o método 2, não foi, portanto, necessária a utilização de ácido cítrico ou láctico para a correção de pH dos mostos.

Ao final da mosturação o pH reduziu para 5,8 em ambos os métodos (amostras MC e M1), este valor está dentro da faixa de pH ideal para esta etapa de processo, onde a literatura reporta valores entre 5,7 e 5,9 (BRIGGS *et al.*, 2004).

Ao final da ebulição foram obtidos os valores de pH 5,7 para a amostra WC e 5,6 para amostra W1. Outros estudos obtiveram resultados similares, segundo Martínez et al. (2017) o mosto de cerveja com adição da fruta Caqui (*Diospyros kaki*) tem pH entre 5,3 e 5,6. Pidocke et al. (2009) em estudo sobre fermentação de mostos elaborado com a técnica *high-gravity*, obteve o valor de pH de 5,2 para o mosto. Já os autores Kawa-Rygielska et al. (2019) atingiram o pH 5,8 médio para mosto com adição do fruto da espécie *Cornelian cherry*.

Durante a fermentação foi observado uma constante redução do pH para todos os experimentos (Figura 13), processo inerente à fermentação alcoólica (BRIGGS *et al.*, 2004; MARTÍNEZ *et al.*, 2017).

Figura 13. Cinética de pH durante a fermentação.



FC – controle; F1 – 20 % de polpa na brasagem; F2 – 10 % de polpa na fermentação; F3 – 20 % de polpa na fermentação; F4 – 40 % de polpa na fermentação.

Fonte: Autor (2020).

Para as cervejas finais, com valor pH médio de 4,4, não foram encontradas diferenças significativas entre as cervejas, resultado que está diretamente relacionado a pouca contribuição da polpa em relação aos carboidratos (Tabela 2). Estes resultados estão em concordância com a literatura, onde os pesquisadores Poreda *et al.* (2014), em estudo da influência do milho na cerveja, obtiveram o valor médio de pH 4,6 para todas as cervejas, já os autores Nardini; Garaguso (2020) encontraram valores de pH variando entre 3,5 e 4,8 para oito diferentes cervejas com adição de diferentes frutas. O pH menor que 5 tem a importante função na cerveja de inibir a contaminação por outros agentes microbianos, aumentam a segurança biológica da bebida, promovendo a estabilidade da espuma e de sua cor (BAMFORTH; RUSSELL; STEWART, 2009; MACIEL *et al.*, 2018; MARTÍNEZ *et al.*, 2017).

Tabela 2. pH das cervejas finais.

Amostra	pH*
BC	4,74 ± 0,0
B1	4,31 ± 0,0
B2	4,43 ± 0,1
B3	4,48 ± 0,1
B4	4,47 ± 0,0
B5	4,44 ± 0,1

*Não se identificou diferenças significativas entre as amostras pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). BC – cerveja controle; B1 – cerveja com 20 % de polpa na mosturação, B2 – cerveja com 10 % de polpa na fermentação; B3 – cerveja com 20 % de polpa na fermentação; B4 – cerveja com 40 % de polpa na fermentação; B5 – cerveja com 20 % de polpa na maturação.

Fonte: Autor (2020).

As leveduras metabolizam os açúcares fermentescíveis do mosto, transformando-os principalmente em álcool etílico e gás carbônico (DANIELS, 2000). Praticamente todos os carboidratos simples de todos os tratamentos experimentais foram transformados, sendo observada baixo teor de frutose residual para todas as amostras. A concentração de álcool etílico das cervejas variou entre 3,4 a 3,8 (P/V), tendo como média global 3,6 (P/V), não apresentando diferenças representativas (Tabela 3). A adição de polpa não influenciou significativamente a concentração de álcool das cervejas desenvolvidas se comparado com a amostra controle (BC), supostamente pelo baixo teor dos açúcares disponíveis na polpa utilizada.

Tabela 3. Teor de etanol das cervejas.

Amostra	Etanol (g/100 ml)*
BC	3,68 ± 0,4
B1	3,67 ± 0,0
B2	3,78 ± 0,0
B3	3,46 ± 0,2
B4	3,83 ± 0,0
B5	3,53 ± 0,0

*Não se identificou diferenças significativas entre as amostras pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). BC – cerveja controle; B1 – cerveja com 20 % de polpa na mosturação, B2 – cerveja com 10 % de polpa na fermentação; B3 – cerveja com 20 % de polpa na fermentação; B4 – cerveja com 40 % de polpa na fermentação; B5 – cerveja com 20 % de polpa na maturação.

Fonte: Autor (2020).

O teor alcoólico médio das cervejas desenvolvidas foi inferior ao da cerveja convencional que variam entre 5,0 a 8,0 (p/v). Fator que auxilia no consumo moderado de álcool, 500 ml/dia (20 g de álcool/dia), o qual pode proporcionar benéficos a saúde, como o efeito cardioprotetor, controle do metabolismo lipídico (colesterol) e metabolismo da glicose (GIACOSA *et al.*, 2016).

As amostras finais também foram submetidas a análise de glicerol (Tabela 4), o qual é um importante indicador de qualidade de bebidas fermentadas por influenciar nas características sensoriais (GAWEL; VAN SLUYTER; WATERS, 2007). Os resultados encontrados nas cervejas experimentais foram similares para todos os tratamentos, em média 1,96 g/l (faixa normal para cervejas) e próximo a média de 1,65 g/l encontrada por Kawa-Rygielska (2019) em estudo com a fruta *Cornelian cherry*.

Tabela 4. Teor de glicerol das cervejas.

Amostra	Glicerol (g/l)*
BC	1,98 ± 0,2
B1	2,07 ± 0,1
B2	1,99 ± 0,2
B3	1,20 ± 0,3
B4	2,22 ± 0,2
B5	2,28 ± 0,0

*Não se identificou diferenças significativas entre as amostras pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). BC – cerveja controle; B1 – cerveja com 20 % de polpa na mosturação, B2 – cerveja com 10 % de polpa na fermentação; B3 – cerveja com 20 % de polpa na fermentação; B4 – cerveja com 40 % de polpa na fermentação; B5 – cerveja com 20 % de polpa na maturação.

Fonte: Autor (2020).

A Tabela 5 apresenta os resultados das análises do extrato real das amostras de cerveja. Não foram encontradas diferenças significativas entre as cervejas, resultado que está diretamente relacionado a pouca contribuição da polpa em relação aos carboidratos.

Tabela 5. Extrato real das cervejas.

Amostra	Extrato real (%m/v)*
BC	4,58 ± 0,0
B1	4,76 ± 0,1
B2	4,64 ± 0,3
B3	4,63 ± 0,3
B4	4,48 ± 0,5
B5	4,42 ± 0,0

*Não se identificou diferenças significativas entre as amostras pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). BC – cerveja controle; B1 – cerveja com 20 % de polpa na mosturação, B2 – cerveja com 10 % de polpa na fermentação; B3 – cerveja com 20 % de polpa na fermentação; B4 – cerveja com 40 % de polpa na fermentação; B5 – cerveja com 20 % de polpa na maturação.

Fonte: Autor (2020).

As antocianinas são pigmentos vegetais com ampla variedade de cores e comprovada atividade antioxidante (OYAMA *et al.*, 2016; PERON; FRAGA; ANTELO, 2017). Sua adição via polpa do fruto da Juçara na elaboração das cervejas promoveu variação da cor em todas as amostras elaboradas expresso em SRM, independente da concentração ou da tecnologia de processo (Tabela 6).

Tabela 6. Cor das cervejas e pH do momento de adição da polpa.

Amostra	Índice de cor (SRM)	pH
BC	3,2 ^a ± 0,0	5,7 ^b ± 0,0
B1	4,9 ^b ± 0,0	5,9 ^b ± 0,1
B2	5,9 ^b ± 0,0	5,7 ^b ± 0,0
B3	8,5 ^c ± 0,0	5,7 ^b ± 0,0
B4	16,0 ^e ± 0,0	5,7 ^b ± 0,0
B5	11,1 ^d ± 0,0	4,5 ^a ± 0,1

* Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas entre as amostras pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). BC – cerveja controle; B1 – cerveja com 20 % de polpa na mosturação, B2 – cerveja com 10 % de polpa na fermentação; B3 – cerveja com 20 % de polpa na fermentação; B4 – cerveja com 40 % de polpa na fermentação; B5 – cerveja com 20 % de polpa na maturação.

Fonte: Autor (2020).

As amostras B1, B3 e B5 embora com as mesmas concentrações de polpa (20 %), apresentaram resultados estatisticamente diferentes devido principalmente a elevação do pH e aos tratamentos térmicos superiores a 80 °C (MACIEL *et al.*, 2018; PERON; FRAGA; ANTELO, 2017). Portanto, quando comparado com B5 (cerveja elaborada pelo método 1 com adição da polpa na última etapa do processo produtivo em pH 4,5), a cerveja B1 (produzida pelo método 2, polpa adicionada em pH de 6,2 e tratamento térmico a 100 °C por 1 hora) apresentou redução do índice de cor em 55,8 %. Além dos fatores temperatura e pH é importante ressaltar que durante o processo conduzido pelo método 2, parte do pigmento ficou aderido ao bagaço do malte e foi descartado após a mosturação, o que contribuiu ainda mais para a redução da cor da cerveja B1. Para a amostra B3 (produzida pelo método 1 com adição em pH 5,6 antes do processo de fermentação), quando comparada a B5 foi observado uma redução significativa do índice de cor em 23,4 %. Segundo Morata *et al.* (2003), esta atenuação pode ter sido ocasionada pela adsorção de antocianinas à parede das células das leveduras, que são removidas da cerveja antes da etapa de maturação.

Portanto embora a amostra B4 tenha apresentado o maior índice de cor (16,0 SRM), proporcionado pela maior concentração de polpa adicionada, o melhor resultado obtido foi para a amostra B5. Isto devido à perda significativa de cor durante a fermentação, comprovada quando comparada com a cerveja B3.

Não houve diferença significativa entre as amostras B1 e B2, pode-se inferir então que o Método 2 promoveu a redução em 10 % dos pigmentos em relação ao Método 1. Desse modo, a etapa de adição da polpa teve maior impacto no índice de cor frente as diferentes concentrações de polpa adicionada.

Ainda analisando as amostras B1 e B2 com os resultados reportados quanto a atividade antioxidante na seção adiante (Figura 16), apresentaram redução em 9,5 % entre os experimentos. O mesmo comportamento foi observado para as demais amostras, indicando uma relação de proporcionalidade, sendo a análise de cor da cerveja uma possível ferramenta para análise qualitativa indireta da atividade antioxidante das cervejas enriquecidas com o fruto da Juçara.

5.2 POLIFENÓIS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

A polpa do fruto da Juçara utilizada no experimento é de fato uma excelente fonte de polifenóis (366,18 mg GAE / 100 ml). Como esperado, sua adição ao processo enriqueceu todos os experimentos, independentemente do método de do teor utilizados. Os dados obtidos das análises dos fenólicos totais (FT) dos mostos estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Fenólicos totais dos mostos.

Amostra	Fenólicos totais* mg GAE/100 ml
WC	64,820 ^b ± 14,9
W1	89,235 ^a ± 11,0

*Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas entre as amostras pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). WC – mosto final controle; W1 – mosto final com adição de 20 % de polpa.

Fonte: Autor (2020).

As amostras da brassagem, elaboradas pelo Método 2 (W1), apresentaram aumento significativo do conteúdo de FT frente ao mosto controle (WC) elaborado pelo Método 1.

Portando, apesar da comprovada degradação dos compostos fenólicos pelas condições de impostas no processo produtivo (temperatura e pH), a adição de 20 % de polpa nesta etapa (M-2), enriqueceu em 37,56 % o mosto cervejeiro (MACIEL *et al.*, 2018).

Os resultados das análises de FT das cervejas estão reportados na Tabela 8. A cerveja B2, embora elaborada com apenas 10 % de polpa (Método 1), não apresentou variação estatística da cerveja B1 com 20 % de polpa (Método 2), pode-se afirmar com isso que o processo de brassagem reduziu em 50 % o total de polifenóis adicionados via polpa. Por isso, não é recomendado a adição da polpa pelo Método 2.

Tabela 8. Fenólicos totais das cervejas.

Amostra	Fenólicos totais* mg GAE/100 ml
BC	43,085 ^d ± 1,6
B1	49,575 ^c ± 0,0
B2	52,680 ^c ± 3,3
B3	69,265 ^b ± 3,1
B4	80,175 ^a ± 5,9
B5	74,055 ^{ab} ± 0,3

*Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas entre as amostras pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). BC – cerveja controle; B1 – cerveja com 20 % de polpa na mosturação, B2 – cerveja com 10 % de polpa na fermentação; B3 – cerveja com 20 % de polpa na fermentação; B4 – cerveja com 40 % de polpa na fermentação; B5 – cerveja com 20 % de polpa na maturação.

Fonte: Autor (2020).

A cerveja B4 apresentou maior concentração de FT, todavia não houve diferença significativa com a cerveja B5. Desse modo, a adição da polpa na concentração de 20 % apresentou o melhor rendimento, além de indicar o ponto de saturação do conteúdo total de fenólicos.

As cervejas B1, B3 e B5, embora com a mesma concentração de polpa, expressaram variação no teor dos FT. O tratamento térmico aplicado na etapa de brassagem da cerveja B1, embora tenha enriquecido mosto, comprometeu o conteúdo fenólico total, sendo significativamente menor que o das cervejas B3 e B5.

A cerveja B3, com adição da polpa no início da fermentação não promoveu redução significativa dos FT quando comparada a cerveja B5, com adição da polpa no processo de

maturação. Fator relevante, pois ocorre adsorção da antocianina à parede das células das leveduras (removidas do processo), o que poderia ter reduzido significativamente a concentração dos FT (MORATA *et al.*, 2003). Desse modo, os melhores resultados reportados para FT foram expressos para as cervejas B3 e B5. Resultado similar foi reportado por Kawa-rygielska *et al.* (2019) em avaliação de cervejas com adição de *Cornelian cherry*, os melhores resultados foram obtidos para as amostras com o fruto adicionado na fermentação e maturação.

A Tabela 9 aponta dados relativos ao conteúdo fenólico em 15 cervejas com adição de frutas em diversas concentrações. A formulação de cerveja com polpa do fruto da Juçara, experimento B4, apresentou maior teor de FT entre os demais (80,1 mg GAE/100 ml). Além disso, a cerveja B5 está entre os quatro melhores resultados, o que confirma o enorme potencial de incorporação do fruto da Juçara ao processo cervejeiro.

Tabela 9. Conteúdo fenólico total de cervejas elaboradas com frutas ou polpas.

Fruta	Fenólicos totais mg GAE/100 ml	(Autor, ano)
Juçara (B4)	80,1	(AUTOR, 2020)
Cereja 1	76,7	(NARDINI; GARAGUSO, 2020)
Cereja 2	74,7	(NARDINI; GARAGUSO, 2020)
Juçara (B5)	74,0	(AUTOR, 2020)
<i>Cornelian cherry</i>	69,0	(KAWA-RYGIELSKA <i>et al.</i> , 2019)
<i>Goji berries</i>	68,8	(DUCRUET <i>et al.</i> , 2017)
Laranja	63,9	(NARDINI; GARAGUSO, 2020)
Uva	63,1	(NARDINI; GARAGUSO, 2020)
Ameixa	59,8	(NARDINI; GARAGUSO, 2020)
Framboesa 2	53,6	(NARDINI; GARAGUSO, 2020)
Caqui	52,6	(MARTÍNEZ <i>et al.</i> , 2017)
Pêssego	51,0	(NARDINI; GARAGUSO, 2020)
Framboesa 1	46,5	(NARDINI; GARAGUSO, 2020)
Damasco	45,4	(NARDINI; GARAGUSO, 2020)
Maçã	39,9	(NARDINI; GARAGUSO, 2020)

Fonte: Autor (2020).

Os compostos fenólicos são importantes fontes de antioxidantes na cerveja, eles agem como receptores de radicais livres (MARTÍNEZ *et al.*, 2017; NARDINI; GARAGUSO, 2020). Desse modo, à medida que o mosto e a cerveja foram enriquecidos em polifenóis pela adição da polpa, a capacidade antioxidante foi aumentada.

Conforme apresentado na Tabela 10, a polpa do fruto da Juçara apresentou atividade antioxidante (AA) e aumentou consequentemente a capacidade antioxidante dos mostos e cervejas em que foi adicionada, independente do processo e/ou da concentração.

Tabela 10. Atividade antioxidante dos mostos.

Amostra	Atividade antioxidante mmol AAE/100 ml
WC	1,797 ^b ± 0,0
W1	3,321 ^a ± 0,2

*Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas entre as amostras pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). WC – mosto final controle; W1 – mosto final com adição de 20 % de polpa.

Fonte: Autor (2020).

O mosto W1 (M-2) apresentou atividade antioxidante aumentada em 54,1 % em relação ao mosto controle (M-1), entretanto a cerveja B1, gerada pela fermentação do mosto W1, foi significativamente menor que as cervejas B3 e B5 (todas com adição da mesma concentração de polpa) (Tabela 12). Esta redução é devida ao longo processo térmico aplicado durante a brassagem (MACIEL *et al.*, 2018). Além disso, as cervejas B1 (20 % de polpa) e B2 (10 % de polpa) não diferiram significamente em relação a AA. Isso comprova que o processo térmico aplicado na brassagem (M- 2) reduz a AA em 50 %.

A atividade antioxidante (AA) das cervejas apresentou comportamento condizente ao índice de cor e relacionados aos FT (Tabela 11). Embora as cervejas B3 e B5, ambas com 20 % de polpa, não tenham apresentado diferença estatística em relação aos FT, a cerveja B3 apresentou redução significativa quanto a AA. Isso ocorre porque a AA não pode ser baseada apenas no conteúdo fenólico total, pois existe sinergismo entre compostos polifenólicos e/ou outros componentes da cerveja (NACZK; SHAHIDI, 2006). Além disso, durante a fermentação os níveis de antocianinas podem reduzir em aproximadamente 50 %, logo o processo fermentativo afetou consideravelmente a AA das cervejas (REGUEIRO, 2011).

Tabela 11. Atividade antioxidante das cervejas.

Amostra	Atividade antioxidante* mmol AAE/100 ml
BC	1,198 ^e ± 0,1
B1	1,785 ^d ± 0,1
B2	1,958 ^d ± 0,2
B3	2,452 ^c ± 0,1
B4	3,971 ^a ± 0,0
B5	3,059 ^b ± 0,2

*Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas entre as amostras pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). BC – cerveja controle; B1 – cerveja com 20 % de polpa na mosturação, B2 – cerveja com 10 % de polpa na fermentação; B3 – cerveja com 20 % de polpa na fermentação; B4 – cerveja com 40 % de polpa na fermentação; B5 – cerveja com 20 % de polpa na maturação.

Fonte: Autor (2020).

A maior atividade antioxidante foi observada para a cerveja B4, com aumento em 331,5 % quando comparado com BC. Entretanto, o melhor resultado obtido foi para cerveja B5, a qual elevou a AA da cerveja em 255,3%. Isso porque comprovou-se pela análise das cervejas B1, B3 e B5, que há reduções significativas nas etapas de brasagem e fermentação.

6 CONCLUSÃO

O uso da polpa do fruto da Juçara permitiu o enriquecimento do teor de polifenóis totais em todas cervejas elaboradas, independente da concentração da polpa ou da etapa de adição. Portanto, é efetivo o seu potencial para utilização no processo cervejeiro para fins de aumento da atividade antioxidante.

As adições da polpa nas primeiras etapas, nomeadamente brasagem e fermentação, revelaram perdas significativas dos compostos bioativos. Assim, a incorporação do fruto nestas etapas representa menor eficiência e maior custo de produção.

A adição da polpa na etapa de maturação garante maior preservação dos compostos fenólicos e por consequência aumento do rendimento da atividade antioxidante. Desse modo, a tecnologia de processo tem grande fator de impacto no produto final.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

São necessários a determinação dos fenólicos individuais, bem como avaliação de sua estabilidade ao longo do tempo. Além disso, ensaios sensoriais são necessários para identificar a aceitabilidade e intenção de compra das cervejas.

REFERÊNCIAS

ALAM, Md Nur; BRISTI, Nusrat Jahan; RAFIQUZZAMAN, Md. Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. **Saudi Pharmaceutical Journal**, [S. l.], v. 21, n. 2, p. 143–152, 2013. DOI: 10.1016/j.jsps.2012.05.002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsps.2012.05.002>.

AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A. *Biotecnologia Industrial - Biotecnologia na Produção de Alimentos*. In: 4. ed. Blucher, 2001.

AQUILANI, Barbara; LAURETI, Tiziana; POPONI, Stefano; SECONDI, Luca. Beer choice and consumption determinants when craft beers are tasted: An exploratory study of consumer preferences. **Food Quality and Preference**, v. 41, p. 214 – 224, 2015. DOI: 10.1016/J.FOODQUAL.2014.12.005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329314002614>. Acesso em: 3 abr. 2019.

ASBC. pH. In: **ASBC Methods of Analysis**. American Society of Brewing Chemists, 2011. a. p. 1990. DOI: 10.1094/ASBCMOA-Beer-9. Disponível em: <http://www.asbcnet.org/moa/summaries/Beer-9.aspx>.

ASBC. Microscopic Yeast Cell Counting. In: **ASBC Methods of Analysis**. [s.l.] : American Society of Brewing Chemists, 2011. b. p. 4–5. DOI: 10.1094/ASBCMOA-Yeast-4. Disponível em: <http://www.asbcnet.org/moa/summaries/Yeast-4.aspx>.

ASBC. Color. In: **ASBC Methods of Analysis**. American Society of Brewing Chemists, 2011. c. p. 31–34. DOI: 10.1094/ASBCMOA-Beer-10. Disponível em: <http://www.asbcnet.org/moa/summaries/Beer-10.aspx>.

BAMFORTH, Charles W.; RUSSELL, Inge; STEWART, Graham. **Beer: A Quality Perspective**. Elsevier, 2009.

BARBOSA, THIAGO MURATORI. **Desenvolvimento de Cerveja Artesanal com Polpa de Maracujá Amarelo (Passiflora edulis f. flavicarpa Deg. Passifloraceae) e Avaliação da Imobilização de Células de Saccharomyces cerevisiae no Processo de Fermentação Alcoólica**. 2016. UNB, 2016. Disponível em: http://bdm.unb.br/bitstream/10483/13809/6/2016_ThiagoMuratoriBarbosa.pdf.

BJCP. **Style Guidelines (2015)**. 2015. Disponível em: https://www.bjcp.org/docs/2015_Guidelines_Beer.pdf. Acesso em: 2 fev. 2020.

BJCP. **X4. Catharina Sour**. 2018. Disponível em: <https://dev.bjcp.org/beer-styles/x4-catharina-sour/>. Acesso em: 2 fev. 2020.

BLEOANCA, Iulia; SILVA, Ana Rita Courelas; PIMENTEL, Catarina; RODRIGUES-POUSADA, Claudina; MENEZES, Regina de Andrade. Relationship between ethanol and oxidative stress in laboratory and brewing yeast strains. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 116, n. 6, p. 697–705, 2013. DOI: 10.1016/j.jbiosc.2013.05.037. Disponível em:

em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiosc.2013.05.037>.

BORGES, Graciele Da Silva Campelo; VIEIRA, Francilene Gracieli Kunradi; COPETTI, Cristiane; GONZAGA, Luciano Valdemiro; ZAMBIAZI, Rui Carlos; FILHO, Jorge Mancini; FETT, Roseane. Chemical characterization, bioactive compounds, and antioxidant capacity of jussara (*Euterpe edulis*) fruit from the Atlantic Forest in southern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2128–2133, 2011. DOI: 10.1016/j.foodres.2010.12.006.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. **Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity** *LWT - Food Science and Technology*, 1995. DOI: 10.1016/S0023-6438(95)80008-5.

BRANDAM, C. ...; MEYER, X. M. ...; PROTH, J. ...; STREHAIANO, P. ...; PINGAUD, H. An original kinetic model for the enzymatic hydrolysis of starch during mashing. **Biochemical Engineering Journal**, v. 13, p. 43–52, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369703X02001006>.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 6, IBAMA**. 2008. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/179_05122008033615.pdf. Acesso em: 2 fev. 2020.

BRASIL. **Consolidação da CP Nº 69/2010 - Dispõe sobre a aprovação de uso de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia para fabricação de cervejas, ANVISA**. 2010. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/392707/Relatorio_Contribuicoes_aditivos.pdf/5871a541-12f7-46da-9434-f70b11044147. Acesso em: 2 fev. 2020.

BRASIL. **Resolução RDC Nº 64, ANVISA**. 2011a. Disponível em: <https://afrebras.org.br/content/uploads/2017/08/2011-Resolucao-RDC-N-64-Coadjuvantes-de-tecnologia-para-fabricacao-de-erveja.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2020.

BRASIL. **Resolução RDC Nº 65, MAPA**. 2011b. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/rdc0065_29_11_2011.pdf/f1c1e0bc-8fb1-48a5-b0c7-8644eb6ba4c2. Acesso em: 2 fev. 2020.

BRASIL. **Portaria Nº 2914, ANVISA**. 2011c. Disponível em: http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/kit_arsesp_portaria2914.pdf. Acesso em: 2 fev. 2020.

BRASIL. **Bioprospeção Microbiana, EMBRAPA**. 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/137596/1/bioprospecao-microbiana-web.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2020.

BRASIL. **Comitê Gestor aprova a Resolução 135 e a Recomendação 7, Receita Federal**. 2017. Disponível em: <http://www8.receita.fazenda.gov.br/simplesnacional/Noticias/NoticiaCompleta.aspx?id=415ad600-7d43-4e55-971b-55df99e95ef3>. Acesso em: 2 fev. 2020.

BRASIL. **Produtos extrativos têm novos preços mínimos, CONAB**. 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/2213-produtos-extrativos-tem-novos-precos->

minimos-20180117. Acesso em: 2 fev. 2020.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 65, MAPA.** 2019. Disponível em: <http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-65-de-10-de-dezembro-de-2019-232666262>. Acesso em: 2 fev. 2020.

BRIGGS, Dennis E.; BOULTON, Chris A.; BROOKES, Peter A.; ROGER, Stevens. **Brewing: science and practice.** Woodhead Publishing Limited, 2004.

BRITO JÚNIOR, Marcello Rocha. **Desenvolvimento de cerveja tipo Blonde Ale Americana com a utilização da polpa de Buriti como adjunto.** 2015. UFT, 2015.

BRUNELLI, Luciana Trevisan; VENTURINI FILHO, Waldemar Gastoni. Análise energética de cerveja elaborada com mel. **Energia na Agricultura**, v. 28, n. 2, p. 122, 2013. DOI: 10.17224/EnergAgric.2013v28n2p122-128. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/599>.

CARDOSO, Alyne; DE LIZ, Sheyla; RIEGER, Débora; FARAH, Ana; KUNRADI VIEIRA, Francilene; ALTENBURG DE ASSIS, Maria; DI PIETRO, Patricia. An Update on the Biological Activities of *Euterpe edulis* (Juçara). **Planta Medica**, v. 84, n. 08, p. 487–499, 2018. DOI: 10.1055/s-0044-101624. Disponível em: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-0044-101624>.

CARNEIRO, Renan Simões. **Elaboração de cerveja artesanal estilo Saison Ale contendo tamarindo.** 2016. UTFPR, 2016. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6004/1/CM_COEAL_2016_2_13.pdf.

CARVALHO, Giovani B. M.; SILVA, Daniel P.; BENTO, Camila V.; VICENTE, António A.; TEIXEIRA, José A.; FELIPE, Maria Das Graças A.; ALMEIDA E SILVA, João B. Banana as adjunct in beer production: Applicability and performance of fermentative parameters. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 155, n. 1–3, p. 356–365, 2009. DOI: 10.1007/s12010-008-8458-y.

CASAN. **Relatório mensal da qualidade da água.** 2018a. Disponível em: <https://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/relatorio-mensal-da-qualidade-da-agua#167>. Acesso em: 2 fev. 2018.

CASAN. **Resultados semestrais de substâncias minerais e não-minerais na água distribuída na saída da estação de tratamento de água (ETA).** 2018b. Disponível em: https://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/images/Noticias_Conteudo/Metais_SRM_Fpolis_2018_1.pdf#0. Acesso em: 2 fev. 2018.

CASTRO, Rodrigo Weigand; BORGES, Graciele da Silva Campelo; GONZAGA, Luciano Valdemiro; RIBEIRO, Deise Helena Baggio. Qualidade do preparado para bebida obtido a partir de polpa de juçara submetida ao tratamento térmico. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, n. 0, 2016. DOI: 10.1590/1981-6723.0815.

CERVBRASIL. **Anuário 2016.** 2017. Disponível em: http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuarios/CervBrasil-Anuario2016_WEB.pdf.

CERVBRASIL. **Brasil atinge a marca de mil cervejarias registradas**. 2019a. Disponível em: http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/brasil-atinge-a-marca-de-mil-cervejarias-registradas/. Acesso em: 2 fev. 2020.

CERVBRASIL. **Instrução Normativa estabelece padrão de qualidade e identidade para a cerveja**. 2019b. Disponível em: http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/instrucao-normativa-estabelece-padrao-de-qualidade-e-identidade-para-a-cerveja/. Acesso em: 2 fev. 2020.

CHO, Ji Hyeong; KIM, Il Doo; DHUNGANA, Sanjeev Kumar; DO, Hyeon Min; SHIN, Dong Hyun. Persimmon fruit enhanced quality characteristics and antioxidant potential of beer. **Food Science and Biotechnology**, v. 27, n. 4, p. 1067–1073, 2018. DOI: 10.1007/s10068-018-0340-2.

CNCFLORA. **Euterpe edulis Mart., Informações da avaliação de risco de extinção**. 2012. Disponível em: [http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Euterpe edulis](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Euterpe%20edulis). Acesso em: 2 fev. 2020.

COCOLIN, Luca; CAMPOLONGO, Simona; GORRA, Roberta; ROLLE, Luca; RANTSIOU, Kalliopi. Saccharomyces cerevisiae biodiversity during the brewing process of an artisanal beer: A preliminary study. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 117, n. 3, p. 352–358, 2011. DOI: 10.1002/j.2050-0416.2011.tb00479.x.

COLEN, Liesbeth; SWINNEN, Johan. Economic Growth , Globalisation and Beer Consumption. v. 67, n. 1, p. 186–207, 2016. DOI: 10.1111/1477-9552.12128.

CURI, Roberto; VENTURINI, Waldemar; NOJIMOTO, Toshio. Produção de cerveja utilizando cevada como adjunto de malte: análises físico-química e sensorial. **BRAZILIAN JOURNAL OF FOOD TECHNOLOGY**, v. 12, n. 02, p. 106–112, 2009. DOI: 10.4260/BJFT2009800900004. Disponível em: <http://www.ital.sp.gov.br/bj/artigos/html/busca/PDF/v12n2377a.pdf>.

D'AVILA, Roseane; LUVIELMO, Márcia; MENDONÇA, Carla Rosane; JANTZEN, Márcia. Adjuntos utilizados para produção de cerveja: características e aplicações. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n. 2, p. 60–68, 2012. DOI: 10.4013/ete.2012.82.03.

DA SILVA, Paulo Henrique Alves; DE FARIA, Fernanda Carolina. Avaliação da intensidade de amargor e do seu princípio ativo em cervejas de diferentes características e marcas comerciais. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 902–906, 2008. DOI: 10.1590/s0101-20612008000400021.

DAENEN, Luk; STERCKX, Femke; DELVAUX, Freddy R.; VERACHTERT, Hubert; DERDELINCKX, Guy. Evaluation of the glycoside hydrolase activity of a Brettanomyces strain on glycosides from sour cherry (Prunus cerasus L.) used in the production of special fruit beers. **FEMS Yeast Research**, v. 8, n. 7, p. 1103–1114, 2008. DOI: 10.1111/j.1567-1364.2008.00421.x. Disponível em: <https://academic.oup.com/femsyr/article-lookup/doi/10.1111/j.1567-1364.2008.00421.x>.

DANIELS, Ray. **Designing Great Beers: The Ultimate Guide to Brewing Classic Beer Styles**. Brewers Publications, 2000.

DE ALMEIDA, Francylaine Silva; DE ANDRADE SILVA, Cinthia Aparecida; LIMA, Sandro Marcio; SUAREZ, Yzel Rondon; DA CUNHA ANDRADE, Luis Humberto. Use of Fourier transform infrared spectroscopy to monitor sugars in the beer mashing process. **Food Chemistry**, v. 263, p. 112–118, 2018. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.04.109.

DE KEUKELEIRE, Denis. *Química nova*, 23(1) (2000) 108. **Fundamentals of Beer and Hop Chemistry**, v. 23, n. 1, p. 108–112, 2000.

DOS REIS, Mauricio Sedrez; FANTINI, Alfredo Celso; NODARI, Rubens Onofre; GUERRA, Miguel Pedro; REIS, Ademir. Sustainable Yield Management of *Euterpe edulis* Martius (Palmae). **Journal of Sustainable Forestry**, v. 11, n. 3, p. 1–17, 2000. DOI: 10.1300/J091v11n03_01. Disponível em: http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1300/J091v11n03_01.

DUCRUET, Julien; RÉBÉNAQUE, Pierrick; DISERENS, Serge; KOSIŃSKA-CAGNAZZO, Agnieszka; HÉRITIER, Isabelle; ANDLAUER, Wilfried. Amber ale beer enriched with goji berries – The effect on bioactive compound content and sensorial properties. **Food Chemistry**, v. 226, p. 109–118, 2017. DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2017.01.047. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881461730047X#bb0205>. Acesso em: 28 abr. 2019.

FERMENTIS. **Make your choice**. 2018. Disponível em: https://fermentis.com/wp-content/uploads/2018/02/ENGLISH_NEW_Make-a-choice_4p_sanstraits_BD.pdf. Acesso em: 2 fev. 2020.

FERMENTIS. **The obvious choice for beverage fermentation**. 2019a. Disponível em: <https://fermentis.com/wp-content/uploads/2019/10/Beer-yeast-chart.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2020.

FERMENTIS. **Tips and tricks, active dry yeast and fermentation explained to brewers**. 2019b. Disponível em: https://fermentis.com/wp-content/uploads/2019/10/Brochure_Tips_and_Tricks_BAT_BD.pdf. Acesso em: 2 fev. 2020.

FHYS.ORG. **A protein that extends life of yeast cells**. 2017. Disponível em: <https://phys.org/news/2017-09-protein-life-yeast-cells.html>. Acesso em: 2 fev. 2020.

FREITAS, Rodrigo Barros et al. *Euterpe edulis* Extract but Not Oil Enhances Antioxidant Defenses and Protects against Nonalcoholic Fatty Liver Disease Induced by a High-Fat Diet in Rats . **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2016, p. 1–9, 2016. DOI: 10.1155/2016/8173876.

GAWEL, Richard; VAN SLUYTER, Steven; WATERS, Elizabeth J. The effects of ethanol and glycerol on the body and other sensory characteristics of Riesling wines. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 13, n. 1, p. 38–45, 2007. DOI: 10.1111/j.1755-0238.2007.tb00070.x.

GIACOSA, Attilio et al. Mediterranean Way of Drinking and Longevity. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 2016. DOI: 10.1080/10408398.2012.747484.

HIERONYMUS, Stan. **For the Love of Hops: The Practical Guide to Aroma, Bitterness**

and the Culture of Hops. Brewers Publications, 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos.** 2008. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf.

KATZ, Inbal Hanuka; NAGAR, Eden Eran; OKUN, Zoya; SHPIGELMAN, Avi. The Link between Polyphenol Structure, Antioxidant Capacity and Shelf-Life Stability in the Presence of Fructose and Ascorbic Acid. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 25, n. 1, 2020. DOI: 10.3390/molecules25010225.

KAWA-RYGIELSKA, Joanna; ADAMENKO, Kinga; KUCHARSKA, Alicja Z.; PROROK, Paula; PIÓRECKI, Narcyz. Physicochemical and antioxidative properties of Cornelian cherry beer. **Food Chemistry**, v. 281, p. 147–153, 2019. DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2018.12.093. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814619300020>. Acesso em: 28 abr. 2019.

KIM, Dae-Ok; LEE, Ki Won; LEE, Hyong Joo; LEE, Chang Yong. Vitamin C Equivalent Antioxidant Capacity (VCEAC) of Phenolic Phytochemicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 13, p. 3713–3717, 2002. DOI: 10.1021/jf020071c. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf020071c>.

LEITE, Sabrina Torres; ROBERTO, Consuelo Domenici; SILVA, Pollyanna Ibrahim; DE CARVALHO, Raquel Vieira. Polpa de juçara: Fonte de compostos fenólicos, aumento da atividade antioxidante e da viabilidade de bactérias probióticas de iogurte. **Revista Ceres**, v. 65, n. 1, p. 16–23, 2018. DOI: 10.1590/0034-737X201865010003.

LORENZI; H.; BACHER; L.; LACERDA; M.; SARTORI; S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura).** Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006.

LYRA COLOMBI, Bruna; SILVA ZANONI, Patrícia Raquel; BENATHAR BALLOD TAVARES, Lorena. Effect of phenolic compounds on bioconversion of glucose to ethanol by yeast *Saccharomyces cerevisiae* PE-2. **Canadian Journal of Chemical Engineering**, v. 96, n. 7, p. 1444–1450, 2018. DOI: 10.1002/cjce.23114.

MACIEL, Laércio Galvão; DO CARMO, Mariana Araújo Vieira; AZEVEDO, Luciana; DAGUER, Heitor; MOLOGNONI, Luciano; DE ALMEIDA, Mereci Mendes; GRANATO, Daniel; ROSSO, Neiva Deliberali. Hibiscus sabdariffa anthocyanins-rich extract: Chemical stability, in vitro antioxidant and antiproliferative activities. **Food and Chemical Toxicology**, v. 113, n. November 2017, p. 187–197, 2018. DOI: 10.1016/j.fct.2018.01.053. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.01.053>.

MALLETT, John. **Malt: A Practical Guide from Field to Brewhouse.** Brewers Publications, 2014.

MARTÍNEZ, Alejandro; VEGARA, Salud; MARTÍ, Nuria; VALERO, Manuel; SAURA, Domingo. Physicochemical characterization of special persimmon fruit beers using bohemian pilsner malt as a base. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 123, n. 3, p. 319–327, 2017. DOI: 10.1002/jib.434. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/jib.434>.

MASTANJEVIĆ, Kristina; ŠARKANJ, Bojan; KRŠKA, Rudolf; SULYOK, Michael; WARTH, Benedikt; MASTANJEVIĆ, Krešimir; ŠANTEK, Božidar; KRSTANOVIĆ, Vinko. From malt to wheat beer: A comprehensive multi-toxin screening, transfer assessment and its influence on basic fermentation parameters. **Food Chemistry**, v. 254, n. February, p. 115–121, 2018. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.02.005.

MORADO, Ronaldo. **Larousse da cerveja**. São Paulo-SC: Lafonte, 2013.

MORATA, A.; GÓMEZ-CORDOVÉS, M. C.; SUBERVIOLA, J.; BARTOLOMÉ, B.; COLOMO, B.; SUÁREZ, J. A. Adsorption of anthocyanins by yeast cell walls during the fermentation of red wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 14, p. 4084–4088, 2003. DOI: 10.1021/jf021134u.

MOUSIA, Z.; BALKIN, R. C.; PANDIELLA, S. S.; WEBB, C. The effect of milling parameters on starch hydrolysis of milled malt in the brewing process. **Process Biochemistry**, v. 39, n. 12, p. 2213–2219, 2004. DOI: 10.1016/j.procbio.2003.11.015.

NACZK, Marian; SHAHIDI, Fereidoon. Phenolics in cereals , fruits and vegetables : Occurrence , extraction and analysis. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 41, p. 1523–1542, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2006.04.002>.

NARDINI, Mirella; GARAGUSO, Ivana. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. **Food Chemistry**, v. 305, n. August 2019, p. 125437, 2020. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125437. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125437>.

NOGUEIRA, Luciana C.; SILVA, Filipe; FERREIRA, Isabel M. P. L. V. O.; TRUGO, L. C. Separation and quantification of beer carbohydrates by high-performance liquid chromatography with evaporative light scattering detection. **Journal of Chromatography**. v. 1065, n. 2, p. 207–210, 2005. DOI: 10.1016/j.chroma.2004.12.074.

NUNES, Da Silva Oliveira Cassiane; DE CARVALHO, Giovani Brandao Mafra; DA SILVA, Maroalia Lordelo Cardoso; DA SILVA, Gervasio Paulo; MACHADO, Bruna Aparecida Souza; UETANABARO, Ana Paula Trovatti. Cocoa pulp in beer production: Applicability and fermentative process performance. **PLoS ONE**, v. 12, n. 4, p. 1–21, 2017. DOI: 10.1371/journal.pone.0175677.

NUTTALL, David. **Beer Styles: Ingredients (Part One) – What Is Malt?** 2017. Disponível em: <https://justbeerapp.com/article/beer-styles-the-ingredients-part-one-malt>. Acesso em: 2 fev. 2020.

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de Ciências e Tecnologia de Alimentos**. Manole, 2006.

OYAMA, L. M.; SILVA, F. P.; CARNIER, J.; DE MIRANDA, D. A.; SANTAMARINA, A. B.; RIBEIRO, E. B.; OLLER DO NASCIMENTO, C. M.; DE ROSSO, V. V. Jucara pulp supplementation improves glucose tolerance in mice. **Diabetology and Metabolic Syndrome**. v. 8, n. 1, 2016. DOI: 10.1186/s13098-015-0122-4.

PALMER, J. John. **How To Brew: Everything You Need to Know to Brew Great Beer Every Time**. Brewers Publications, 2006.

PALMER, J. John; KAMINSKI, Colin. **Water: A Comprehensive Guide for Brewers**. Brewers Publications, 2013.

PATTERSON, M. W.; PULLEN, N. H. **The Geography of Beer**. Springer, 2014.

PEDUZZI, Pedro. **Ministério da Agricultura instala Câmara da Cerveja**. 2019. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2019-10/ministerio-da-agricultura-instala-camara-da-cerveja>. Acesso em: 2 fev. 2020.

PERON, D. V.; FRAGA, S.; ANTELO, F. Thermal degradation kinetics of anthocyanins extracted from juçara (*Euterpe edulis Martius*) and “Italia” grapes (*Vitis vinifera L.*), and the effect of heating on the antioxidant capacity. **Food Chemistry**, v. 232, p. 836–840, 2017. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.04.088.

PIDDOCKE, Maya P.; KREISZ, Stefan; HELDT-HANSEN, Hans Peter; NIELSEN, Kristian Fog; OLSSON, Lisbeth. Physiological characterization of brewer’s yeast in high-gravity beer fermentations with glucose or maltose syrups as adjuncts. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 84, n. 3, p. 453–464, 2009. DOI: 10.1007/s00253-009-1930-y.

PIETRZAK, Witold; KAWA-RYGIELSKA, Joanna; KRÓL, Barbara; LENNARTSSON, Patrik R.; TAHERZADEH, Mohammad J. Ethanol, feed components and fungal biomass production from field bean (*Vicia faba var. equina*) seeds in an integrated process. **Bioresource Technology**, v. 216, p. 69–76, 2016. DOI: 10.1016/j.biortech.2016.05.055. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2016.05.055>.

POREDA, Aleksander; CZARNIK, Agata; ZDANIEWICZ, Marek; JAKUBOWSKI, Marek; ANTKIEWICZ, Piotr. Corn grist adjunct - application and influence on the brewing process and beer quality. **Journal of the Institute of Brewing**. v. 120, n. 1, p. 77–81, 2014. DOI: 10.1002/jib.115.

REGUEIRO, J. LWT - Food Science and Technology Influence of alcoholic fermentation process on antioxidant activity and phenolic levels from mulberries (*Morus nigra L.*). **LWT - Food Science and Technology**. v. 44, n. 8, p. 1793–1801, 2011. DOI: 10.1016/j.lwt.2011.03.007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2011.03.007>.

RIBEIRO, Leilson De Oliveira; MENDES, Marisa Fernandes; PEREIRA, Cristiane De Souza Siqueira. Avaliação da Composição Centesimal, Mineral e Teor de Antocianinas da Polpa de Juçará (*Euterpe edulis Martius*). **Revista Eletrônica TECCEN**. v. 4, n. 3, p. 05, 2016. DOI: 10.21727/teccen.v4i3.276. Disponível em: <http://editorauss.uss.br/index.php/TECCEN/article/view/276>.

SANTAMARINA, Aline Boveto; JAMAR, Giovana; MENNITTI, Laís Vales; DE ROSSO, Veridiana Vera; CESAR, Helena Cassia; OYAMA, Lila Missae; PISANI, Luciana Pellegrini. The Use of Juçara (*Euterpe edulis Mart.*) Supplementation for Suppression of NF- κ B Pathway in the Hypothalamus after High-Fat Diet in Wistar Rats. **Molecules (Basel, Switzerland)**. v. 23, n. 7, 2018. DOI: 10.3390/molecules23071814.

SANTOS, Flávia Santana; CARVALHO, Giovani Brandão Mafra. **Elaboração de Uma Cerveja Tipo Ale Utilizando Melão Coroá (*Sicana odorífera* (VELL.). Naudin) como Adjunto do Malte.** 2016. UEFS, 2016. Disponível em: <http://periodicos.uefs.br/index.php/semic/article/view/3115/2505>.

SCHULZ, Mayara et al. Chemical composition, bioactive compounds and antioxidant capacity of juçara fruit (*Euterpe edulis Martius*) during ripening. **Food Research International**. v. 77, p. 125–131, 2015. DOI: 10.1016/j.foodres.2015.08.006.

SILVA, JACKSON DE CARVALHO. **Produção de Cerveja de Umbu Para o Estado do Rio Grande do Norte.** 2017. UFRN, 2017. Disponível em: https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/5252/1/Producaodecerveja_Monografia.

SLEIMAN, Muris; FILHO, Waldemar Gastoni Venturini; DUCATTI, Carlos; NOJIMOTO, Toshio. Determinação do percentual de malte e adjuntos em cervejas comerciais brasileiras através de análise isotópica. **Ciencia e Agrotecnologia**. v. 34, n. 1, p. 163–172, 2010. DOI: 10.1590/s1413-70542010000100021.

SPITAEELS, Freek; WIEME, Anneleen D.; JANSSENS, Maarten; AERTS, Maarten; DANIEL, Heide-marie; LANDSCHOOT, Anita Van; VUYST, Luc De; VANDAMME, Peter. The Microbial Diversity of Traditional Spontaneously Fermented Lambic Beer. **PLoS ONE**. v. 9, n. 4, 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0095384.

TAFULO, Paula Alexandra Ribeiro; QUEIRÓS, Raquel Barbosa; DELERUE-MATOS, Cristina Maria; SALES, Maria Goreti Ferreira. Control and comparison of the antioxidant capacity of beers. **Food Research International**. 2010. DOI: 10.1016/j.foodres.2010.05.014. TECHAKRIENGKRAI, Ittipon; PATERSON, Alistair; TAIDI, Behnam; PIGGOTT, John R. Relationships of sensory bitterness in lager beers to Iso- α -acid contents. **Journal of the Institute of Brewing**. v. 110, n. 1, p. 51–56, 2004. DOI: 10.1002/j.2050-0416.2004.tb00180.x.

THE DAILY BEER. **TOP 5: Tips for Growing Hops at Home.** 2016. Disponível em: <http://www.dailybeer.ca/growing-hops-at-home/>. Acesso em: 2 fev. 2020.

TRINDADE, Simone Cezar. **Incorporação de amora na elaboração de cerveja artesanal.** 2016. UFSM, 2016. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5804/TRINDADE%2C SIMONE CEZAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5804/TRINDADE%2C%20SIMONE%20CEZAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

TURKMEN, Nihal; SARI, Ferda; VELIOGLU, Y. Sedat. Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin–Ciocalteu methods. **Food Chemistry**. v. 99, n. 4, p. 835–841, 2006. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.08.034. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814605007296>.

VENTURINI FILHO, Waldemar Gastoni. **Bebidas Alcoólicas Ciência e Tecnologia.** Blucher, 2016.

WHITE, Chris; ZAINASHEFF, Jamil. **Yeast: The Practical Guide to Beer Fermentation.** Brewers Publications, 2010.

WILDE, P. J.; HUSBAND, F. A.; COOPER, D.; RIDOUT, M. J.; MULLER, R. E.; MILLS, E. N. C. Destabilization of Beer Foam by Lipids: Structural and Interfacial Effects. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**. v. 61, n. 4, p. 196–202, 2004. DOI: 10.1094/asbcj-61-0196.