

# Incorporação de polpa de frutas na produção de cerveja artesanal do tipo Blonde Ale

*Incorporation of fruit pulp in the production of craft beer of the Blonde Ale type*

CAROLINE DA SILVA OLIVEIRA

Discente do curso de Engenharia Química (UNIPAM)  
E-mail: carolineso@unipam.edu.br

ARLEY DE BRITO MAGALHÃES SOUSA

Discente do curso de Engenharia Química (UNIPAM)  
E-mail: arleybms@unipam.edu.br

RENATA NEPOMUCENO DA CUNHA

Professora Orientadora (UNIPAM)  
E-mail: renatanepc@unipam.edu.br

---

**Resumo:** O crescente aumento no número de microcervejarias atuantes no Brasil vem atraindo uma clientela com gostos mais sofisticados no que diz respeito às cervejas artesanais, com destaque para os adjuntos incorporados ao processo cervejeiro. Visto que o país se constitui como um dos maiores produtores de cerveja e de frutas no mundo, este estudo teve por objetivo o desenvolvimento de cervejas no estilo Blonde Ale, com a adição de diferentes frutas, a fim de se confrontarem as amostras entre si e com uma cerveja controle, avaliando-as quanto a ensaios físico-químicos, bromatológicos, microbiológicos e de análise de espuma, para identificação de possíveis distinções entre os produtos. Os parâmetros físico-químicos e bromatológicos foram analisados quanto às diferenças significativas entre seus resultados. Através da análise do decaimento de espuma, averiguou-se a hipótese de comportamento de curva exponencial; para as considerações microbiológicas, observou-se a magnitude do avanço na formação de colônias de microrganismos entre intervalos de tempo. Assim, identificaram-se as principais diferenças e similaridades presentes nas amostras produzidas.

**Palavras-chave:** Cerveja artesanal. Blonde Ale. Polpa de frutas. Controle de qualidade.

**Abstract:** The growing increase in the number of microbreweries operating in Brazil has been attracting a clientele with more sophisticated tastes in terms of craft beers, with emphasis on the adjuncts incorporated into the brewing process. Since this country is one of the largest beer and fruit producers in the world, this study aimed to develop Blonde Ale style beers, with the addition of different fruits, in order to compare the samples with each other and with a control beer, evaluating them for physical-chemical, bromatological, microbiological and foam analysis tests, to identify possible distinctions between the products. The physicochemical and bromatological parameters were analyzed for significant differences between their results. Through the analysis of foam decay, the hypothesis of exponential curve behavior was investigated; for microbiological considerations, the magnitude of the advance in the formation of colonies of microorganisms between time intervals was observed. Thus, the main differences and similarities present in the produced samples were identified.

**Keywords:** Craft beer. Blonde Ale. Fruit pulp. Quality control.

---

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira da Indústria da Cerveja, o Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo, ficando atrás apenas da China e dos EUA. A produção nacional de cerveja totalizou, no primeiro semestre de 2016, uma produção de 6,34 bilhões de litros, o equivalente a um consumo *per capita* de 62 litros de cerveja por ano. O Sudeste é a região com maior produção de cerveja, correspondendo a 53,8% da produção nacional, seguido pelo Nordeste (23,2%) e Sul (12,3%) (CERVBRASIL, 2017).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a produção de cerveja artesanal vem crescendo. Em 2019, surgiram 320 novas cervejarias no Brasil, representando uma taxa média de 19,6% de crescimento por ano nos últimos vinte anos, 26,6% nos últimos 10 anos e 36,4% no período de 5 anos. Essas cervejas diversificadas buscam trazer inovações para sensações de aroma, textura e sabor. As regiões Sudeste e Sul concentram cerca de 90% das cervejarias artesanais do país, mas todos os estados possuem produção constatada. Contudo, mesmo com o setor em alta, as cervejarias artesanais ainda não alcançaram 1% do mercado brasileiro de cerveja (BRESSIANI, 2017; BRASIL, 2020).

Algumas microcervejarias na Região Metropolitana de Belo Horizonte (MG), possuem cervejas especiais apreciadas fora e dentro do país. Microcervejarias e inúmeros homebrewers, que detêm cervejas premiadas em concursos nacionais e internacionais, obtiveram seu reconhecimento, por receberem visitas dos chamados “mestres cervejeiros” de outros países, como Charlie Papazian, validando o trabalho dos cervejeiros (FERREIRA, 2010).

Segundo Ferreira (2010), novas ideias criam novos negócios pela obtenção de vantagem competitiva. Sendo assim, o escopo desse estudo partiu de fatos como o de que há muitas espécies fruteiras nativas e exóticas ainda pouco exploradas e que, de acordo com a Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados – ABRAFRUTAS, o Brasil exportou mais de 1 milhão de toneladas de frutas em 2020, efetivando a importância das fruticulturas para a economia (CÁCERES, 2003; ABRAFRUTAS, 2021).

Dentro desse contexto, pretendeu-se, por meio deste estudo, avaliar a possibilidade da incorporação de polpas de frutas na produção de cerveja artesanal, visando à obtenção de cervejas com aromas e sabores diferenciados, que também atendam às especificações das legislações vigentes, através da avaliação de metodologias de parâmetros físico-químicos, bromatológicos e microbiológicos.

## 2 REVISÃO TEÓRICA

### 2.1 SOBRE A CERVEJA

Estima-se que povos antigos já produziam bebidas alcoólicas semelhantes à cerveja desde meados de 8.000 a.C., as quais eram produzidas através da fermentação

de cereais como milho, cevada e centeio. Entre estes povos, destacaram-se na produção de bebidas fermentadas os gregos e os romanos. Durante o período de domínio do império romano, os germânicos inovaram, sendo os primeiros a adicionarem o lúpulo ao preparo da cerveja (BORGES, 2015).

A cerveja surgiu no Brasil com a chegada da família real, em meados de 1808. A primeira indústria cervejeira do país foi instituída por imigrantes europeus, que criaram uma pequena produção de mercadorias, subsequentemente criando a base da indústria brasileira (BORGES, 2015). De acordo com o Decreto nº 9.909, de 8 de julho de 2019,

cerveja é a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro (BRASIL, 2019).

O método de produção de cerveja pode ser considerado simples. Entretanto, a qualidade da cerveja está diretamente ligada ao domínio do processo, ou seja, ao controle das variáveis, como temperatura, tempo e tipos de matérias-primas. Isso se justifica pelo fato de esses parâmetros serem responsáveis pela influência na geração de cervejas diversificadas e com características específicas quando comparadas às encontradas normalmente no mercado. A fabricação de cerveja está condicionada ao preparo do mosto, à fermentação e à carbonatação. Desse modo, cada etapa detém parâmetros variáveis de acordo com o tipo de cerveja que se almeja produzir (KWAKITA; QUEIROZ, 2017).

## 2.2 CERVEJAS ARTESANAIS

Na última década do século XX, constatou-se a migração de interesses de uma pequena parcela de consumidores de cerveja, os quais caracterizam-se por uma busca maior por sofisticação e exigência de gostos, através da procura por produtos de maior qualidade, sem o empecilho de valores superiores aos cobrados pelo mercado convencional. Assim, atualmente, um dos produtos que mais se sobressaem são as cervejas artesanais. Contudo, diferentemente das cervejas Pilsen tradicionais, as cervejas artesanais têm como principal característica de fabricação a busca por qualidade e sabor no produto final, sendo operadas num processo fermentativo mais lento, em batelada, contendo apenas cereais maltados, não contendo corantes, aromatizantes, aditivos químicos e adjuntos, seguindo métodos antigos e obedecendo a Lei da Pureza da Cerveja, ou *Reinheitsgebot*, de 1516 (CARVALHO, 2015).

A cerveja do tipo Blonde Ale (BJCP 18A) pertence à categoria de Pale American Ale, comparável a cervejas do tipo Pilsen e Lager. Como impressões gerais, destaca-se como estilo introdutório de cerveja artesanal, orientada para o malte, muitas vezes com interesses em notas frutadas, lupadas, ou de caráter maltado. É uma cerveja bem equilibrada, refrescante e levemente ácida, apresentando aparência clara, espuma branca

persistente e amargor discreto. Com relação a estatísticas vitais, geralmente possui gravidade original entre 1,038 e 1,054, gravidade final entre 1,008 e 1,013 e teor alcoólico de 3,8 a 5,5% (BJCP, 2015; LIMA, 2019).

### 2.2.1 Matérias-primas

A água é um componente indispensável na produção de cerveja, e suas propriedades têm grande impacto na qualidade do produto final. Portanto, deve ser potável, inodora, incolor, transparente e despreendida de sabor. Já com relação à acidez, o pH perfeito para as enzimas do malte se encontra entre 5 e 8, quando ocorre a mistura entre malte e água (SCHORK, 2015).

O malte, por sua vez, é obtido através da germinação do grão de cevada, através de um processo de germinação controlada com o intuito de desenvolver as suas enzimas e converter o amido, aumentando sua solubilidade e maciez. Entretanto, a cevada não é o único cereal maltado, sendo o trigo e o centeio também considerados como grãos maltados, apesar do maior emprego da cevada no processo de produção da cerveja, o que proporciona um sabor adocicado característico. Esse produto, então, oriundo da cevada germinada, é rico em nutrientes como proteínas, sais minerais e amido (FIGUEIREDO; CARVALHO, 2014).

O lúpulo, uma das principais matérias-primas no processo cervejeiro da cerveja, é o encarregado por ceder o sabor amargo/refrescante e o aroma acre. É uma espécie dioica, produzindo flores femininas e masculinas, pertencente à família Cannabaceae. Na fabricação de cerveja, são empregadas suas flores femininas, que possuem a substância denominada lupulina quando fecundadas, conferindo o amargor e o aroma. Contribui ainda para o controle da espuma durante a fervura, além de ser um agente bacteriostático e cooperar para a estabilidade do sabor e da espuma da cerveja (MATOS, 2011).

Utilizadas no processo de fermentação, as leveduras são seres unicelulares e pertencentes ao reino Fungi. São organismos que se alimentam de carboidratos e que são classificados como anaeróbios facultativos. Na ausência de oxigênio, as células das leveduras incorporam açúcares simples, como maltose e glicose, produzindo álcool e dióxido de carbono como produtos residuais (MATOS, 2011; FIGUEIREDO; CARVALHO, 2014).

### 2.2.2 Processo produtivo

Após os grãos de cevada serem maltados e triturados, ocorre a brassagem, etapa correspondente à transformação do amido do malte em outros carboidratos, por meio do processo enzimático de sacarificação. A brassagem tem como resultado a formação do mosto, solução açucarada que é encaminhada à fervura (mosturação). Uma vez que as enzimas sejam ativadas, eleva-se a temperatura do mosto até 75°C para desativá-las (SCHORK, 2015).

Com o processo de mosturação concluído, passa-se para a filtração do mosto, que tem por objetivo a separação do líquido sacarificado dos sólidos indesejáveis, cujas substâncias podem interferir na cerveja quanto a parâmetros físicos, como viscosidade e

visual, e sensoriais, como sabor e odor. Todavia, a torta do filtrado é rica em proteínas, enzimas coaguladas, resquídeos de amido não modificados, material graxo, silicatos e polifenóis (MATOS, 2011).

A fervura visa a esterilizar a polpa maltada, extrair o aroma e o sabor amargos do lúpulo, solubilizar as leveduras, concentrar a solução, desenvolver cor e desnaturar as proteínas ainda presentes após a filtração. Após a fervura, é imprescindível resfriar o mosto rapidamente para se evitem a contaminação por microrganismos, a oxidação e a formação de DMS (dimetil sulfeto), que pode ser provocada por bactérias ou calor quando estes reduzem a SMM (S-metil-metionina), deixando a cerveja com sabor rançoso (MATOS, 2011).

Após o resfriamento, a solução é levada ao fermentador onde ocorre a bio-reação, que transforma a sacarose em etanol e dióxido de carbono, sob condições anaeróbicas. Também são sintetizados compostos de sabor e aroma, criando-se as características da cerveja. A maturação, que tem como objetivo refinar esses caracteres, pode ocorrer no fermentador, por método, ou ainda juntamente com a gaseificação na garrafa, com adição de açúcar inverso, chamado de *priming*. A gaseificação ou carbonatação consiste na injeção de *priming* na cerveja, e é seguida pelo envasamento da cerveja, com propósito de gerar o dióxido de carbono, que é o responsável pela formação do colarinho (espuma) da mesma (MATOS, 2011; SCHORK, 2015).

### 2.3 CERVEJAS COM ADIÇÃO DE FRUTAS

A fruticultura do Brasil está entre um dos principais geradores de renda, emprego e desenvolvimento rural do agronegócio, sendo o país o terceiro maior produtor de frutas do mundo, atrás apenas da China e da Índia. As frutas desempenham um papel importante, tanto pelo desejo de consumi-las quanto pela saúde que proporcionam, devido à presença de uma vasta gama de vitaminas, minerais e fibras (RUFINO, 2008).

Interessadas na diversidade da fruticultura brasileira, as indústrias alimentícias têm buscado frutas como uma fonte de inovação e alternativa na obtenção de novos sabores aos produtos, como no caso de cervejarias. Dentro desse contexto, frutas como cajá-manga (*Spondias dulcis*, Anacardiaceae), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*, Sterculiaceae), graviola (*Annona muricata*, Annonaceae) e tamarindo (*Tamarindus indica* L., Leguminosae) poderiam fornecer novos sabores à cerveja, diante de uma prospecção acerca das características gerais do seu cultivo e desenvolvimento como planta, bem como de seus teores nutricionais.

Nesse sentido, a sistematização da composição dos alimentos por meio de registros analíticos mostra-se de extrema importância para o Brasil, para lidar com pautas como segurança alimentar e nutricional ou controle de qualidade dos alimentos, além de ser um alicerce na orientação da produção da indústria de alimentos, no desenvolvimento de novos produtos e no apoio à preservação da biodiversidade nacional (Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO, 2011). A Tabela 1 traz uma revisão de alguns parâmetros de valores nutricionais para as frutas descritas, objetivando melhor visualização e avaliação para escolha, ao contrapor os potenciais oferecidos por cada espécie.

**Tabela 1:** Valores nutricionais para as frutas apresentadas, em base úmida

Fruta	Componentes nutricionais*					
	Umidade	Fibra	Cinzas	Proteína	Lipídio	Carboidratos
Cajá-manga <sup>1,2</sup>	86,90	2,60	0,40	1,30	0,05	11,40
Cupuaçu <sup>2,3</sup>	89,20	3,10	0,65	1,20	0,30	5,21
Graviola <sup>2</sup>	82,20	1,90	1,00	0,80	0,20	15,80
Tamarindo <sup>4</sup>	31,22	5,19	2,96	4,16	0,99	5,90

\* Valores expressos em composição centesimal [g/100 g de fruta], sem disposição dos desvios.

Fonte: NEPA; UNICAMP (2011); Ferreira e Pinto (2017); Franklin e Nascimento (2020); Ferreira (2018).

A Tabela 2 visa a expor, em um apanhado geral, os principais dados obtidos por outras autorias cujas pesquisas permearam os mesmos eixos temáticos deste estudo, além de explicitar as diferentes abordagens metodológicas aplicadas.

INCORPORAÇÃO DE POLPA DE FRUTAS NA PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL  
DO TIPO BLONDE ALE

**Tabela 2:** Amostragem de estudos que abordam adição de frutas à formulação de cerveja artesanal

Fruta adicionada	Tipo de cerveja	Quantidade de polpa*	Formato de polpa	Etapa de adição	Conclusões obtidas pelos autores
Acerola ( <i>Malpighia emarginata</i> DC)	Blonde Ale	1000,0 g 1200,0 g (12 L)	Frutas trituradas inteiros e adicionados por meio de voal (sem pasteurização)	Fervura	O aumento na umidade provocou uma redução no teor alcoólico, ao passo que as cervejas escureceram de forma sutil devido à coloração da casca e da polpa de fruta.
Atemoia ( <i>Annona cherimoia</i> Mill.; <i>Annona squamosa</i> L.)	Pilsen	8,5% (p/v)	Frutas sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio, lavados e despolpados (sem pasteurização)	Fermentação	A adição das polpas não aumentou a acidez das cervejas em relação à cerveja sem frutas, por serem frutas pouco ácidas. Porém, a adição de frutas com altos teores de açúcares contribuiu para o aumento dos teores alcoólicos das cervejas.
Sapoti ( <i>Manilkara sapota</i> L.)		17% (p/v)		Fervura	A cerveja com adição da manga na fervura apresentou maior aceitação em relação ao método com adição na fermentação. O mesmo método apresentou valores maiores para a graduação alcoólica e acidez total.
Manga ( <i>Mangifera indica</i> L.)	American Pale Ale	200,0 g (10 L)	Fruta descascada e despolpada (polpa pasteurizada)	Fermentação	
Maracujá ( <i>Passiflora edulis</i> )	Pilsen	120,0 mL 60,0 mL 30,0 mL (5 L)	Filtrada e congelada, adição <i>in natura</i> (sem pasteurização)	Priming	O teor alcoólico e o pH se mantiveram pouco abaixo da amostra controle. Os tratamentos com maior percentual de polpa apresentaram menores teores de açúcares e maior capacidade antioxidante.
Tamarindo ( <i>Tamarindus indica</i> L.)	Saison Ale	1,5 g/L	Filtrada e pasteurizado	Fervura e maturação	As análises físico-químicas demonstraram-se aceitáveis ao processo, porém houve elevação do teor alcoólico.

\* Valores relativos aos dados de produção total utilizados pela metodologia de cada autor em questão.

Fonte: Adaptação de Fernandes (2017), Freire (2018), Souza e Freitas (2016), Sorbo (2017), Carneiro (2016), respectivamente.

### 3 METODOLOGIA

A produção da cerveja foi realizada no Laboratório de Engenharia Química (LEQ) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), na microcervejeira da Instituição (MecBier – MEC50C 002). Com relação às matérias-primas, o malte de cevada foi adquirido através de fornecedor próprio, enquanto o lúpulo e as leveduras foram adquiridos diretamente no mercado local. Quanto aos adjuntos, as polpas de frutas foram obtidas já processadas no varejo local, sendo mantidas sob refrigeração em freezer, à temperatura aproximada de  $-18^{\circ}\text{C}$  até o momento de sua utilização, de acordo com a metodologia adotada. Durante o processo, os equipamentos e demais utensílios foram previamente higienizados com soluções de ácido peracético e de etanol, contribuindo para a esterilização dos meios utilizados e fornecendo condições favoráveis para um bom controle da qualidade do produto final.

As posteriores análises das amostras foram realizadas nos seguintes laboratórios do UNIPAM: Laboratório de Engenharia Química (LEQ), Laboratório de Química Analítica, Laboratório de Nutrição Animal e Bromatologia, Laboratório e Central de Análises de Fertilidade do Solo, e Laboratório de Microbiologia.

#### 3.1 AS POLPAS DE FRUTA

Para sua inclusão no processo de produção da cerveja, as polpas foram conduzidas a um novo processo de pasteurização, a fim de se reafirmar a eficácia do processo industrial já indicado pelo fabricante. Assim, esse tratamento térmico ocorreu com as polpas ainda lacradas (em sua forma comercial), utilizado uma temperatura de  $80\pm 3^{\circ}\text{C}$  por 15 minutos, sendo, em seguida, resfriadas em freezer e reservadas até inclusão na formulação da cerveja (SOUZA; FREITAS, 2016). Os extratos das frutas foram adicionados na segunda parte da etapa maturação, em relação estequiométrica, de modo a se evitar a supercarbonatação da cerveja, que pode ocasionar a explosão de garrafas por excesso de concentração de carboidratos.

#### 3.2 A CERVEJA ARTESANAL

As cervejas artesanais foram elaboradas com adição de diferentes percentuais de polpas de frutas, utilizando-se 200 g de cajá-manga, 200 g de cupuaçu, 400 g de graviola e 300 g de tamarindo. Para o confronto entre os resultados, foi ainda elaborada a cerveja denominada controle, a qual não foi acrescida de polpa de fruta. Para a produção da cerveja no estilo Blonde Ale, receita com rendimento previsto de 50 L, foram utilizados 3,5 kg de malte Vienna, 2,5 kg de malte Caramel Pils, e 5,0 kg de malte Pilsen. O lúpulo de aroma e amargor utilizado foi do tipo Cascade (100 g). Já para a fermentação, foi utilizado o fermento US-05 (3 unidades). A produção da cerveja foi realizada mediante o desenvolvimento das etapas descritas a seguir.

### 3.2.1 Preparo da água e moagem dos maltes

Para a produção da cerveja, foi utilizada água filtrada em carvão ativado. No Tanque 1, foram adicionados 24 L de água, à temperatura de 80°C, sendo mantidos em reserva para posterior lavagem do malte preparado. A moagem dos maltes foi realizada em moinho de roscas, levando-se em consideração a granulometria ótima.

### 3.2.2 Brassagem ou mostura

A brassagem foi efetuada no Tanque 1, adicionando-se 50 L de água, aquecendo-a até a temperatura de 66°C. Após a adição dos maltes, manteve-se o aquecimento por 60 minutos entre 65 e 69°C, com o tanque tampado e sob agitação. Ao final do tempo, o teor de sólidos solúveis se encontrava em 16,25°Brix. Em seguida, o mosto foi submetido à etapa de Mash Out, operando à temperatura de 75 a 78°C por período de 10 minutos, para inativar as enzimas.

### 3.2.3 Filtragem, lavagem e clarificação do mosto

A filtração foi realizada pela passagem da mistura mosto-bagaço pelo filtro, a fim de se obter o mosto primário, livre ao máximo de partículas sólidas. A clarificação do mosto ocorreu pela reciclo entre os tanques e pela adição da água de lavagem sobre a torta formada pelo próprio bagaço de malte. Após a obtenção do líquido límpido, fez-se a medição do °Brix da mistura, obtendo-se valor de 10,25°Brix. O mesmo foi então transferido para o Tanque 1 para a fervura.

### 3.2.4 Fervura e lupagem

Na temperatura de 100°C, o mosto foi mantido sob agitação por tempo de 60 minutos, sendo adicionados 100 g de lúpulo Cascade e pastilha de coagulante, distribuídos ao longo do período definido. Ao final da fervura, realizou-se a agitação rápida por 10 minutos, deixando-o em repouso por 20 minutos, conduzindo-o à decantação do lúpulo e à retirada da parte com maior concentração do resíduo. Foi então realizada nova aferição do teor de sólidos solúveis, alcançando-se valor de 12,50°Brix após o processo.

### 3.2.5 Ativação do fermento, fermentação e maturação

A ativação do fermento (*Saccharomyces cerevisiae*) se fez por meio de hidratação à 19°C. O mosto foi conduzido à passagem em trocador de calor e nova filtração, em filtro fino, sendo transferido para o fermentador refrigerado (MecBier 728), no qual foi adicionada a levedura. A fermentação ocorreu na temperatura de operação de 15 a 20°C por 7 dias. A primeira parte da maturação ocorreu no próprio fermentador, por 7 dias, sendo a temperatura reduzida a 4°C, para a decantação e a retirada do fermento. Na segunda fase, houve a realocação da cerveja para baldes hermeticamente esterilizados e vedados (com utilização de airlock do tipo S), utilizando-se um volume de 8 litros

(submetidos a nova filtração) por balde, e adicionando-se as quantidades definidas das polpas de fruta, por um período de 7 dias, sob temperatura de 0 a 4°C.

### **3.2.6 Carbonatação, envasamento**

A carbonatação das cervejas foi feita pela adição de 5 g de *primming* em cada garrafa. As amostras filtradas foram envazadas em garrafas de 600 mL e mantidas por 10 dias à temperatura ambiente, o que induz à refermentação dentro das garrafas, proporcionando a carbonatação da bebida. De acordo com a média de °Brix antes do envasamento, resultado de 6,00°Brix para todos os tipos de cerveja produzidos, foi possível prever teor alcoólico aproximado de 5,59% para as amostras.

## **3.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS**

As análises físico-químicas se basearam nas metodologias propostas pelo Instituto Adolf Lutz – IAL (2008), *European Brewery Convention* – EBC (2005), e Rosenthal (2018).

### **3.3.1 Teor de sólidos solúveis e pH**

Os valores de pH foram determinados utilizando-se pHmetro (Alfa Mare 22.906). Já as medições do teor de açúcares totais foram realizadas através da avaliação do grau Brix, utilizando-se de refratômetro de bancada (Biobrix 500.227).

### **3.3.2 Colorimetria**

A coloração das amostras foi medida pelo método de espectrofotometria, com leituras para o comprimento de onda de 430 nm. O equipamento (GENESYS 10UV) foi calibrado e zerado com água deionizada em cubeta de quartzo. Utilizando-se o mesmo recipiente, fez-se então a leitura das amostras, cuja absorbância foi utilizada para aferição da cor. Os resultados foram expressos em EBC, de modo que o fator multiplicativo de atenuação (para cubetas de 10 mm) corresponde a 12,7 e o fator de conversão SRM-EBC é de 1,97.

### **3.3.3 Densidade absoluta**

A densidade absoluta foi calculada com base no método do picnômetro, que consiste na medição da massa de um volume conhecido de líquido. Utilizou-se de balança analítica (SHIMADZU ATX224) para as aferições. Com as massas do recipiente vazio e de água à 26,6°C, calculou-se o volume real comportado pelo recipiente. Assim, mediram-se as massas de cerveja, em temperatura média de 24,0°C, e calcularam-se as densidades, as quais foram expressas em g/cm<sup>3</sup>.

### 3.3.4 Teor alcoólico

A graduação alcóolica das cervejas artesanais foi determinada com a utilização dos resultados de densidade absoluta encontrados (FG). Dessa forma, foi calculada aproximação da densidade antes da etapa de fermentação (OG), por meio do resultado de °Brix de 10,50°Bx aferido durante o processo produtivo, equivalente à densidade original de 1,049. Os resultados foram expressos em %ABV (v/v), utilizando-se fator de conversão igual a 131,25.

### 3.3.5 Acidez titulável

A análise de acidez titulável foi realizada pela transferência de 50 mL da amostra para um erlenmeyer de 500 mL. Após a adição de 0,5 mL do indicador ácido-base fenolftaleína, realizou-se titulação com solução padronizada de NaOH a 0,1 mol.L<sup>-1</sup>, até obtenção de coloração rósea. O teor de acidez titulável foi expresso em % (m/v), em relação à massa miliequivalente do ácido acético, correspondente a 0,06005.

## 3.4 ANÁLISES BROMATOLÓGICAS

As análises bromatológicas foram executadas de acordo com as metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002) e Detmann *et al.* (2012).

### 3.4.1 Matéria seca e matéria mineral

A matéria-seca (%ASE) foi determinada por método gravimétrico em estufa (NEVONI NV 1.3) a 105°C, por 12 horas, a partir da pesagem de 10 g de amostra (ASA). O teor de matéria mineral (cinzas) ocorreu por meio da condução das mesmas cápsulas de porcelana com amostra pré-seca para forno tipo mufla (FORNITEC), durante 4 horas, a 500 °C. Após seu resfriamento em dessecador, as amostras foram pesadas novamente, e foi realizado o cálculo dos resultados, indicados em porcentagem.

### 3.4.2 Proteína bruta

O teor de proteína bruta foi determinado pelo método de Kjeldahl, que quantifica o nitrogênio orgânico total. A análise se baseou na pesagem de 0,15 a 0,30 g de cerveja e no aquecimento contínuo das amostras com ácido sulfúrico para digestão, de 50 em 50°C até 400°C, até a oxidação do carbono e do hidrogênio. Assim, todo o nitrogênio presente na amostra transforma-se em sulfato de amônio. Em seguida, destilaram-se as amostras digeridas, em destilador de hidrogênio (TECNAL TE-0364), fazendo-se a adição de hidróxido de sódio, liberando amônia dentro de volume conhecido de solução de ácido bórico, formando borato de amônio. O composto formado foi então titulado com solução padronizada de ácido clorídrico a 0,05 mol.L<sup>-1</sup>. Os teores foram expressos em porcentagem, partindo do fator de conversão nitrogênio-proteína (6,25) e do miliequivalente-grama do nitrogênio (0,014).

### 3.5 ANÁLISES DE ESPUMA

As análises de espuma das cervejas foram realizadas com adaptações das metodologias propostas por Leike (2002) e Sahara ([201-?]). Para a avaliação do decaimento exponencial da espuma nas amostras, utilizou-se de proveta de 5 cm de diâmetro (500 mL) e cervejas ainda lacradas e refrigeradas. As bebidas foram abertas e, em seguida, derramou-se o fluido a uma altura de 40 cm da base da bancada, até que a espuma atingisse a marca de 500 mL. Assim que a espuma se ajustasse acima do nível, eram iniciadas as marcações (em cm) e a contagem, com intervalos de 15 segundos para os primeiros 2 minutos, 30 segundos até os 5 minutos de análise, e 60 segundos até que a espuma esmaecesse. O volume final aproximado das amostras, sem espuma, foi de  $213 \pm 30$  mL. A partir da coleta dos dados, estes foram plotados para considerações quanto ao comportamento dos pontos e da curva formada, bem como para a determinação de equações exponenciais do tipo  $y = A \cdot e^{B \cdot x}$  e verificação da validade da hipótese para o presente estudo. A lei de decaimento exponencial parte do princípio de que o volume de espuma  $dV$  que desaparece no tempo  $t + dt$  é proporcional ao volume  $V$  presente no momento  $t$ , de modo que  $dV = -(V/\tau)dt$ . Num recipiente de área  $A$ , esse volume é também proporcional à altura  $h$ , tal que  $dV = Adh$ . Desse modo, essa teoria fenomenológica propõe a altura como sendo uma função do tempo, conforme a Equação 1.

$$h^{th}(t) = h(0) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1)$$

Em que:  $h^{th}(t)$  = altura da espuma no tempo  $t$  [cm];  $h(0)$  = altura da espuma para  $t = 0$  [cm];  $t$  = tempo de decaimento [s];  $\tau$  = parâmetro livre da teoria, define o quão rápido a espuma decai.

A partir do modelo de decaimento, é possível estimar se há diferença entre o tipo das cervejas do experimento, por meio do cálculo da constante  $\tau$ , visto que diferentes tipos de cerveja geralmente apresentam valores distintos para o parâmetro livre em questão. A equação foi então linearizada, para melhor visualização e cálculo das variáveis, como indicada a Equação 2. Como a plotagem de dados pode gerar linhas de tendência do tipo  $y = B \cdot x + A$ , realizou-se tratamento das variáveis por meio do método dos Mínimos Quadrados (MQ), para a obtenção de equações com comportamento  $y = B \cdot x$ , proporcionando uma melhor correlação entre os pontos da reta e melhor adequação ao modelo analisado.

$$\ln\left(\frac{h^{th}(t)}{h(0)}\right) = -\frac{t}{\tau} \quad (2)$$

### 3.6 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As análises foram realizadas tendo por base as metodologias propostas por Silva *et al.* (2007), Tófoli (2014), Ribeiro e Soares (1993), e Pelczar, Chan e Krieg (1996). Realizou-se a contagem padrão de bactérias aeróbicas mesófilas, sem duplicata, sendo

as placas de Petri incubadas à temperatura de 37°C, nos períodos de 24 e 48 horas em estufa bacteriológica (Nova Ética INCUBADORA B.O.D. 411 D), utilizando-se PCA (Ágar Plate Coute) como meio de cultura. Também foi conduzida a investigação da presença de coliformes totais e termotolerantes através da técnica de Número Mais Provável (NMP), utilizando-se de 3 séries de 3 tubos ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ) com CLST (Caldo Lauril Sulfato Triptose), alocados também em estufa bacteriológica. Já na análise para bolores, utilizou-se PDA (Ágar Batata Dextrose) como meio de cultura, sem duplicata, sendo as placas incubadas à temperatura de 25°C de 3 a 5 dias, em estufa fúngica (OLIDEF CZ). Para fins de visualização em microscópio de luz (KEN-A-VISION TT120), submeteram-se as placas de PCA ao método de coloração de Gram, enquanto as placas de PDA foram analisadas segundo a técnica de *imprinting* com azul de algodão.

### 3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística dos resultados físico-químicos e bromatológicos foi realizada por meio de análise de variância (ANOVA), sendo as médias dos resultados comparadas pelo teste de Tukey, considerando nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ). Para tanto, foi utilizado o software livre R (versão 4.0.4), além de Microsoft Excel 2019 e PAST (versão 4.05).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o objetivo de produzir cervejas com aromas diferenciados, as polpas de frutas vêm sendo adicionadas como adjunto na produção de cerveja artesanal, pois, além do sabor frutado característico, as frutas são também fontes de açúcares para que as leveduras realizem a fermentação alcoólica e podem agregar mais ao processo por possuírem elevados teores nutricionais. Sendo assim, avaliou-se a adição de polpa das frutas cajá-manga, cupuaçu, graviola e tamarindo na formulação cervejeira, em comparação com uma amostra controle.

### 4.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E BROMATOLÓGICAS

Os resultados explicitados na Tabela 3 apresentam as análises físico-químicas e bromatológicas para a cerveja, provenientes da incorporação das polpas das frutas e da amostra padrão, sem a adição de adjunto. Os valores são apresentados em médias e desvios padrão, em triplicata, para cada uma das cinco amostras de cerveja desenvolvidas.

**Tabela 3:** Propriedades físico-químicas e bromatológicas das cervejas artesanais produzidas

Parâmetros	Cerveja*				
	Controle	Cajá-manga	Cupuaçu	Graviola	Tamarindo
Teor alcoólico [%ABV]	5,74 ± 0,06 <sup>a</sup>	5,83 ± 0,11 <sup>a</sup>	5,76 ± 0,08 <sup>a</sup>	5,80 ± 0,06 <sup>a</sup>	5,73 ± 0,04 <sup>a</sup>
Densidade [g/cm <sup>3</sup> ]	1,01 ± 5E <sup>-4</sup> <sup>a</sup>	1,00 ± 9E <sup>-4</sup> <sup>a</sup>	1,01 ± 6E <sup>-4</sup> <sup>a</sup>	1,00 ± 4E <sup>-4</sup> <sup>a</sup>	1,01 ± 3E <sup>-4</sup> <sup>a</sup>
pH	4,45 ± 0,01 <sup>a</sup>	4,22 ± 0,01 <sup>b</sup>	4,33 ± 0,01 <sup>c</sup>	4,31 ± 0,01 <sup>c</sup>	3,85 ± 0,03 <sup>d</sup>
Sólidos solúveis [°Brix]	6,08 ± 0,14 <sup>a</sup>	6,08 ± 0,38 <sup>b</sup>	5,92 ± 0,14 <sup>c</sup>	5,83 ± 0,14 <sup>c</sup>	5,42 ± 0,14 <sup>d</sup>
Proteína bruta [%]	14,03 ± 3,26 <sup>a</sup>	17,96 ± 7,35 <sup>a</sup>	19,53 ± 8,77 <sup>a</sup>	13,05 ± 1,32 <sup>a</sup>	15,70 ± 0,61 <sup>a</sup>
Acidez titulável [%]	0,32 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,24 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,26 ± 0,01 <sup>bc</sup>	0,28 ± 0,01 <sup>cd</sup>	0,29 ± 0,01 <sup>ad</sup>
Cinzas [%]	4,81 ± 0,11 <sup>a</sup>	3,56 ± 0,36 <sup>a</sup>	4,17 ± 0,28 <sup>a</sup>	4,17 ± 1,76 <sup>a</sup>	4,12 ± 0,68 <sup>a</sup>
Cor [EBC]	12,93 ± 0,22 <sup>a</sup>	12,65 ± 0,10 <sup>a</sup>	15,24 ± 0,22 <sup>b</sup>	18,51 ± 0,19 <sup>c</sup>	12,76 ± 0,14 <sup>a</sup>

\* Médias seguidas por índices diferentes nas linhas indicam  $p < 0,05$  (Teste de Tukey).

Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Os resultados apresentados para teores alcoólicos foram avaliados a partir da massa específica, segundo IAL (2008). De acordo com Brasil (2009), as cervejas devem apresentar teores alcoólicos superiores a 4,5% v/v. Ressalta-se que todas as cervejas possuem teores alcóolicos superiores ao estabelecido por Brasil (2009), sendo que a adição de polpa de frutas não promoveu alterações desse parâmetro. Valores superiores a 4,5% v/v eram esperados, por se tratar de uma cerveja com adjunto rico em açúcares fermentescíveis (BRUNELLI, 2012). Resultados similares foram obtidos por Carneiro (2016) em cervejas acrescidas de tamarindo. Entretanto, nem todos os autores obtiveram valores elevados, sendo que Maia e Belo (2017) obtiveram teor de 3,35% v/v ao adicionar graviola à cerveja, considerada como de médio teor alcoólico.

Segundo Araújo (2018), a cerveja do tipo Pale Ale possui pH ácido, correspondido na faixa de 4 a 5. Os resultados encontram-se dentro dos limites estabelecidos, exceto para a cerveja acrescida de polpa de tamarindo. Carneiro (2016) constatou que o acréscimo de polpa de tamarindo contribui para o decréscimo do pH, fato esse que se deve ao baixo pH da referida polpa. A redução do pH também se mostrou presente em cervejas constituídas pelos adjuntos mirtilo e morango. Vogel (2017) afirma que a adição de frutas colabora para a redução do pH. Manter-se abaixo do valor de referência indica contribuição para a redução de riscos quanto à contaminação de microrganismos patogênicos (ARAÚJO, 2018).

Quanto aos valores de sólidos solúveis totais, nota-se que valores similares ao controle foram obtidos para a cerveja acrescida de cajá-manga. Entretanto, valores ligeiramente inferiores foram obtidos para as cervejas constituídas pelos demais adjuntos. Vogel (2017) encontrou valor inferior ao da cerveja controle. Segundo discussão do mesmo autor, os sólidos solúveis totais em cervejas artesanais frutadas representam os açúcares fermentescíveis e colaboram no processo fermentativo, podendo interferir no pH e na cor.

Valores distintos ao da cerveja controle foram obtidos para os teores de proteína, sendo que o acréscimo de cupuaçu, tamarindo e cajá-manga contribuíram para o aumento desse parâmetro, fator que não foi evidenciado na cerveja com polpa de graviola. Sorbo (2017) obteve valores inferiores, devido ao baixo teor proteico da polpa do maracujá. Ressalta-se que a determinação do teor de proteína baseia-se na determinação de nitrogênio, feita pelo processo de digestão Kjeldahl, em que a matéria orgânica é decomposta e o nitrogênio existente é finalmente transformado em amônia. A presença de substâncias nitrogenadas colabora para o processo de fermentação, pois estas são fontes de nutrientes para a reprodução das leveduras.

As cervejas apresentaram valores de acidez em torno de 0,3, dentro da faixa estabelecida por Venturini (2005), de 0,1 a 0,3%. Nota-se que a adição de polpa de frutas contribuiu para o ligeiro decréscimo dos teores de acidez total. Contudo, pesquisas realizadas por Carneiro (2016) com cervejas acrescidas de tamarindo indicam que a adição de fruta contribuiu para elevação da acidez em seus diferentes tratamentos, chegando a 0,59%. Maia e Belo (2017) obtiveram acidez de 0,26% m/v com a incorporação de graviola, resultado esse similar ao encontrado no trabalho em questão.

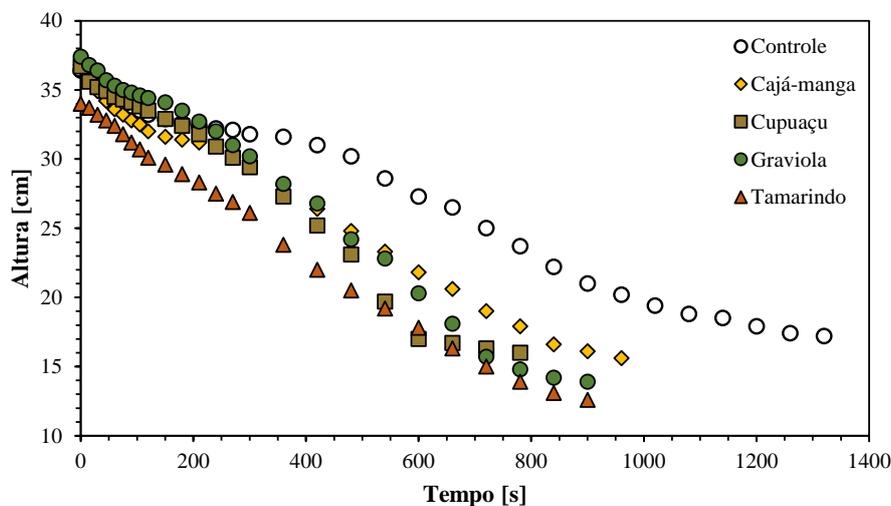
Quanto aos resultados obtidos para cinzas, verifica-se que estes se encontraram próximos aos da cerveja controle, exceto para o tamarindo, ligeiramente inferior.

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (2010), todas as amostras de cerveja podem ser classificadas como claras, por possuírem resultados de cor menor que 20 EBC. A cerveja com graviola, mesmo apresentando o valor inferior a 20, apresentou uma coloração mais escura que as demais, pois revelou 18,51 EBC. Maia (2017) obteve valor superior, da ordem de 25,5 EBC, em cervejas com frutas, tal fato sendo justificado pelo tipo de malte adotado na composição do produto.

#### 4.2 ANÁLISES DE ESPUMA

A estabilidade de espuma em uma cerveja é uma das características principais para sua aceitação no mercado. A espuma constitui-se essencialmente de proteínas de alto peso molecular, advindas do malte e de isomulonas, resinas provenientes do lúpulo (ROSA; AFONSO, 2015). Para a análise e avaliação da hipótese do decaimento exponencial de espuma nas amostras de cerveja, a Figura 1 representa a comparação entre os pares definidos.

**Figura 1:** Plotagem de dados de análise do decaimento de espuma nas amostras de cerveja



Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Por meio da verificação do gráfico, observa-se que, nos primeiros 120 segundos, todas as curvas tendem a se comportar de forma retilínea, evidenciando um decaimento inicial mais contínuo. A partir desse ponto até cerca de 300 segundos, a curva adquire comportamento mais desacelerado e com menor variação na altura, podendo tratar de fatores do ambiente ou como uma consequência energética do movimento linear no primeiro estágio da curva. Em seguida, os pontos tomam forma que mais se assemelha com uma curva do tipo exponencial, até o final do nível de espuma de cada amostra de cerveja.

É possível notar que cada tipo de bebida demonstrou duração de espuma diferente, o que remete à influência da adição de adjuntos na formulação da cerveja, visto que o tipo controle foi o que indicou melhor estabilidade, e que os tipos frutados se apresentam com distribuição semelhante entre si. A Tabela 4 demonstra as equações de decaimento exponencial obtidas.

**Tabela 4:** Determinação de linhas de tendência exponencial para o decaimento de espuma

Cerveja	Equação	B	A	R <sup>2</sup>
Controle	$h(t) = 36,699 \cdot e^{-6 \cdot 10^{-4} \cdot t}$	-0,0006	36,699	0,9768
Cajá-manga	$h(t) = 36,631 \cdot e^{-9 \cdot 10^{-4} \cdot t}$	-0,0009	36,631	0,9858
Cupuaçu	$h(t) = 38,325 \cdot e^{-0,001 \cdot t}$	-0,001	38,325	0,9630
Graviola	$h(t) = 39,7 \cdot e^{-0,001 \cdot t}$	-0,001	39,700	0,9708
Tamarindo	$h(t) = 35,044 \cdot e^{-0,001 \cdot t}$	-0,001	35,044	0,9950

Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Analisando-se os coeficientes das equações dadas, infere-se que as amostras apresentam comportamento bastante correlato ao exponencial e que há semelhança entre todos os tipos de cerveja, especialmente para as bebidas com adição de cupuaçu, graviola e tamarindo. Nesse sentido da averiguação da real semelhança entre os tipos de

cerveja discutidos, aplicaram-se os mesmos dados ao modelo linearizado da lei exponencial de decaimento, a fim de se calcular a constante  $\tau$ , como descrito na Tabela 5.

**Tabela 5:** Determinação da constante de decaimento exponencial por meio do modelo linearizado

Cerveja	Regressão Linear			Aplicação do Método MQ ( $A' = 0$ )		
	B	A	R <sup>2</sup>	B'	R <sup>2</sup> '	$\tau$
Controle	-0,0006	0,0089	0,9758	-0,0006	0,9898	1750,1417
Cajá-manga	-0,0009	-0,0051	0,9850	-0,0009	0,9940	1122,8151
Cupuaçu	-0,0012	0,0483	0,9624	-0,0011	0,9764	942,7177
Graviola	-0,0012	0,0660	0,9711	-0,0011	0,9778	951,7476
Tamarindo	-0,0011	0,0334	0,9952	-0,0011	0,9960	918,3583

Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Diante da plotagem do modelo e dos coeficientes angular (B), linear (A) e de determinação (R<sup>2</sup>) dados pela linha de tendência inicial, foi aplicado o método dos Mínimos Quadrados (MQ), com o objetivo de se definir a interseção das retas de equação para coincidir com a origem do plano cartesiano ( $A = 0$ ), de modo a se adequar mais ao modelo de definição e a reduzir desvios relacionados a erros experimentais. Por meio disso, visto que foi encontrada uma melhor correlação gráfica entre os pontos, foi possível o cálculo da constante de decaimento exponencial ( $\tau$ ) para cada amostra do ensaio.

Como essa mesma constante também define diferentes valores paramétricos para tipos diferentes de cerveja, fez-se a contraposição dos resultados encontrados. As cervejas com adição de cupuaçu, graviola e tamarindo apresentaram-se praticamente idênticas, enquanto o tipo com cajá-manga distanciou-se um pouco das demais, apesar de ainda se encontrar próxima quando comparada com a cerveja controle. Em síntese, observou-se que as cervejas com adição de polpa de frutas são muito semelhantes entre si, mas constituem-se com certa diferença com relação ao tipo controle, tomando por base tanto a constante  $\tau$  quanto a distribuição exponencial dos pontos no decaimento da espuma das cervejas do estudo.

#### 4.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

O controle microbiológico na produção de cerveja tem grande importância na manutenção dos parâmetros do controle de qualidade do produto final, de modo que cada levedura ou microrganismos presentes garantem propriedades sensoriais e físico-químicas particulares a cada bebida produzida (BARRETO, 2019). A Tabela 6 apresenta os resultados para as análises microbiológicas do presente estudo.

**Tabela 6:** Resultados das análises microbiológicas para as cervejas produzidas

Parâmetros		Cerveja				
		Controle	Cajá-manga	Cupuaçu	Graviola	Tamarindo
Bactérias [UFC/mL]	D3*	1092	381	158	1131	229
	D4*	2379	5785	6058	> 5600	3757
Coliformes [NMP/100 mL]	10 <sup>-1</sup>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	10 <sup>-2</sup>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	10 <sup>-3</sup>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Bolores [UFC/mL]	D3*	1755	26	32	92	12
	D4*	2405	87	126	226	88
	D5*	3380	168	184	319	117

\* Relação de dias após inoculação, com contagem sequencial no intervalo de 24 horas.

Fonte: dados da pesquisa, 2021.

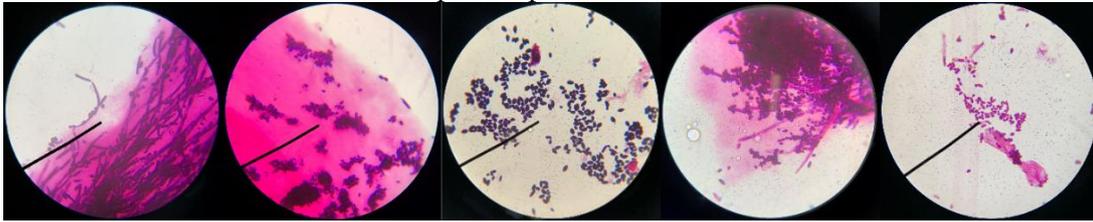
Na contagem de bactérias aeróbicas mesófilas, foi avaliado o crescimento das colônias num período de 24 horas após a primeira medição. Observou-se que todas as amostras apresentaram crescimento significativo, com exceção da cerveja controle, que se manteve mais estável em relação às cervejas frutadas. De acordo com a ANVISA (2010), o valor limite estipulado de mesófilos para cervejas é de até 3000 UFC/mL, de modo que, em D3, todas se adequaram ao padrão, mas, em D4, apenas a cerveja controle ainda se manteve dentro dos parâmetros legalmente permitidos.

Conforme os resultados indicam, não foi notada a produção de gás, nos tubos de análise, de coliformes totais e termotolerantes para nenhuma amostra nem concentração, o que se deduz como ausência para esse tipo de microrganismos. Tófoli (2014) infere que, para essa análise, os níveis de coliformes em cervejas devem ser indetectáveis tanto na água como em malte e adjuntos, em 100 mL de água, de modo que todos os tipos de cerveja da pesquisa se encontraram dentro do padrão estabelecido.

Para a contagem de colônias de bolores, foram feitas três aferições sucessivas em períodos de 24 horas. Desse modo, para todas as amostras, houve crescimento progressivo nos dias avaliados, destacando-se os valores consideravelmente mais significativos para a cerveja controle, em relação aos outros tipos. Segundo a ANVISA (2010), o limite aceitável tanto para bolores quanto para leveduras é de 100 UFC/mL, o que indica que, em D3, a cerveja controle já se encontrava fora de adequação; em D4, apenas cajá-manga e tamarindo ainda se encontravam condizentes com o parâmetro; em D5, todas as cervejas já se encontravam fora de padrão.

Já para as análises de confirmação de microrganismos, a Figura 2 apresenta os resultados da coloração de Gram para as amostras, nas placas de contagem de bactérias.

**Figura 2:** Visualização das placas de PCA por meio de coloração de Gram para as cervejas controle, cajá-manga, cupuaçu, graviola e tamarindo, respectivamente, da esquerda para a direita



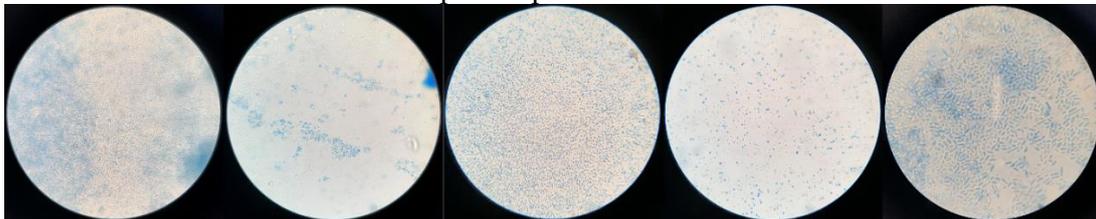
Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Ao se compararem as imagens entre si, verifica-se que, apesar do grande número de colônias aglomeradas devido a erros experimentais relacionados ao esfregaço e ao contato de alça, há bactérias tanto Gram-positivas (coloração roxa) quanto Gram-negativas (coloração rósea), com morfologia de cocos maiores e menores e de bastonetes, de forma bem separada e delimitada. De maneira geral, essas considerações foram perceptíveis para todas as amostras de cerveja, variando apenas com relação aos parâmetros de quantidade e distribuição espacial.

Por ser um meio de cultura muito abrangente, especialmente para bactérias heterotróficas, o PCA não foi muito adequado para fazer distinção dos tipos de microrganismos específicos identificáveis nas placas, seja para bactérias inofensivas presentes em alimentos, seja para bactérias contaminantes. Contudo, segundo Sakamoto e Konings (2003), a causa da deterioração por bactérias em bebidas como a cerveja pode se justificar, principalmente, pela presença de anaeróbicas facultativas Gram-positivas (pertencentes aos gêneros *Lactobacillus* e *Pediococcus*), que produzem ácido láctico. As bactérias anaeróbicas dos gêneros *Megasphaera* e *Pectinatus* (*Acidaminococcaceae*) são consideradas as mais importantes no âmbito industrial da cerveja.

A Figura 3 indica os resultados para o *imprinting* em placas de identificação de bolores, tendo como reagente o azul de algodão.

**Figura 3:** Visualização das placas de PDA por *imprinting* com azul de algodão para as cervejas controle, cajá-manga, cupuaçu, graviola e tamarindo, respectivamente, da esquerda para a direita



Fonte: dados da pesquisa, 2021.

O meio de cultura PDA é comumente utilizado para verificação e contagem de bolores e leveduras. Assim sendo, para todas as amostras, foi identificada a presença de leveduras, em diferentes estágios de vida e quantidades, o que pode estar relacionado com o teor de carboidratos disponível em cada tipo de cerveja. Para o controle e a cerveja com adição de cupuaçu, observou-se grande quantidade de proliferação. Para cajá-

manga e graviola, a identificação foi mais baixa. Para a cerveja com tamarindo, foi possível encontrar leveduras em processo de alongamento de citoplasma e posterior divisão/multiplicação.

Com relação à contaminação por bolores, destacam-se os gêneros *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium* e *Rhizopus*, que são transmitidos por meio de esporos carregados pelo ar. Quanto a leveduras, existe o grupo das *Saccharomyces* e o das não-*Saccharomyces*, podendo gerar resultados indesejáveis de turbidez, odores e sabores no produto final. Dentre as leveduras selvagens, que se desenvolvem em pH ácido, destaca-se a *Saccharomyces diastaticus*, que apresenta maiores riscos de contaminação devido à sua semelhança morfológica e fisiológica com o fermento à base de *S. cerevisiae* (LATORRE, 2016; SOUZA; FAVERO, 2017).

## 5 CONCLUSÃO

Confrontando-se a cerveja controle com as cervejas acrescidas de polpas de frutas, observou-se que os parâmetros teor de cinzas, pH, proteínas, sólidos solúveis não apresentaram diferenças significativas. As cervejas acrescidas de frutas e do tipo sem adjunto apresentaram teores alcoólicos superiores a 5,7% v/v e todas possuíam pH ácido e coloração clara. Com relação à análise de espuma, verificou-se que esta descreve comportamento de decaimento exponencial para todas as amostras e que as cervejas frutadas possuem mais similaridades entre si do que em relação à cerveja do tipo controle.

Pelas análises microbiológicas, identificou-se que a ausência de polpa na composição da cerveja controle contribuiu para atenuar a proliferação de bactérias mesófilas aeróbicas, mas não para inibir o crescimento de colônias de leveduras/bolores, como nas demais. Pelas análises de confirmação de microrganismos, verificou-se o desenvolvimento de leveduras e de bactérias heterotróficas, não sendo possível afirmar com exatidão se são originárias da microbiota das amostras ou por via de contaminação no processo produtivo.

Como perspectivas para trabalhos futuros com cerveja, é possível a abordagem analítica de parâmetros como atividade antioxidante, lipídios, carboidratos e turbidez, visto que, devido ao método de adição de polpa ter sido realizado em processo batelada, alguns dados podem ser comprometidos quanto à sua normalidade e à homocedasticidade.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES EXPORTADORES DE FRUTAS E DERIVADOS – ABRAFRUTAS. **Dados de exportação 2020**. Brasília, 8 fev. 2021.

Disponível em: <https://abrafrutas.org/2021/02/dados-de-exportacao-2020/>

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. **Consulta Pública (CP) nº 69, 13 junho de 2010**. 2010. Disponível em:

<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/8b9452004a51a4d385e8adaa19e2217>.

ARAÚJO, B. M. **Elaboração da cerveja artesanal Pale Ale e avaliação dos parâmetros físico-químicos de acordo com os padrões comerciais**. 2018. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – UNIFOR, Formiga, 2018.

BARRETO, H. B. B. **Implantação de um sistema da qualidade em uma microcervejaria com foco no controle microbiológico**. 2019. 39 f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia e Tecnologia, Centro de Engenharias, UFERSA, Mossoró, 2019.

BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM – BJCP. **Style Guidelines**. 2015. Disponível em: <https://dev.bjcp.org/style/2015/beer/?pg=16>.

BORGES, P. F. O. **Concentração do mercado de cerveja no Brasil e a participação das microcervejarias**. 2015. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química e de Petróleo, Escola de Engenharia, UFF, Niterói, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto N° 6.871, de 04 de junho de 2009. **Diário Oficial da União**, Brasília, 05 jun. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto N° 9.902, de 08 de julho de 2019. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2019. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9902.htm#art2](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9902.htm#art2).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Anuário da Cerveja 2019**. Brasília, 2020. Disponível em: [http://www.cervbrasil.org.br/novo\\_site/wp-content/uploads/2020/03/anuario-cerveja-WEB.pdf](http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/wp-content/uploads/2020/03/anuario-cerveja-WEB.pdf).

BRESSIANI, C. E. O crescimento de 39,6% no número de cervejarias em 2016 é espetacular. **O Globo**, maio 2017. Disponível em: <https://blogs.oglobo.globo.com/aqui-se-bebe/post/artigo-o-crescimento-de-396-no-numero-de-cervejarias-em-2016-e-espetacular.html>.

BRUNELLI, L. T. **Produção de cerveja com mel: características físico-químicas, energética e sensoriais**. 2012. 103 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu, 2012.

CÁCERES, M. C. **Estudo do processamento e avaliação da estabilidade do "blend" misto a base da polpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) e suco de beterraba (*Beta vulgaris*)**. 2003. 124 f. Tese (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, 2003.

CARNEIRO, R. S. **Elaboração de cerveja artesanal estilo Saison Ale contendo tamarindo**. 2016. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Departamento Acadêmico de Alimentos, UTFPR, Campo Mourão, 2016.

CARVALHO, N. B. **Cerveja artesanal: pesquisa mercadológica e aceitabilidade sensorial**. 2015. 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Departamento de Tecnologia de Alimentos, UFV, Viçosa, 2015.

CERVBRASIL. **Anuário 2016**. 2017. Disponível em:  
[http://www.cervbrasil.org.br/novo\\_site/anuarios/CervBrasil-Anuario2016\\_WEB.pdf](http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuarios/CervBrasil-Anuario2016_WEB.pdf).

DETMANN, E. *et al.* **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012.

EUROPEAN BREWERY CONVENTION – EBC. **Analytica**. 5. ed. Zurique: Brauerei und Getränke-Rundschau, 2005.

FERNANDES, L. M. **Viabilidade de produção e caracterização de cerveja artesanal com acerola (*Malpighia emarginata* DC)**. 2017. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Centro de Tecnologia, UFPB, João Pessoa, 2017.

FERREIRA, R. H. **Inovação em cervejas especiais na região metropolitana de Belo Horizonte**. 2010. 133 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Fundação Pedro Leopoldo, Faculdades Integradas de Pedro Leopoldo, Pedro Leopoldo, 2010.

FERREIRA, L.; PINTO, L. S. R. C. Estruturados de cajá-manga (*Spondias dulcis*) com diferentes hidrocoloides. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 14, n. 25, p. 32-41, 2017.

FERREIRA, K. C. **Caracterização integral de frutos tamarindo (*Tamarindus indica* L.) do cerrado de goiás, brasil e aplicação em produtos drageados**. 2018. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Escola de Agronomia, UFG, Goiânia, 2018.

FIGUEIREDO, A. M.; CARVALHO, L. L. **Produção e avaliação sensorial de cerveja utilizando farinha de banana verde como adjunto de malte**. 2014. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – UNIFAL, Poços de Caldas, 2014.

FRANKLIN, B.; NASCIMENTO, F. C. A. Plantas para o futuro: compilação de dados de composição nutricional do araçá-boi, buriti, cupuaçu, murici e pupunha. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 10174-10189, mar. 2020.

FREIRE, B. R. **Produção de cerveja artesanal com frutas exóticas e avaliação da imobilização de leveduras em micropartículas magnetopoliméricas no processo de fermentação alcoólica.** 2018. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias em Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias em Saúde, Faculdade de Ceilândia, UnB, Brasília, 2018.

IAL; PASCUET, N. S.; ZENEBO, O. (Coord.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

KWAKITA, L. H.; QUEIROZ, M. O. Produção de cerveja artesanal em uma cidade do interior de Mato Grosso do Sul: um estudo de caso para implementação em Paranaíba-MS. *In: SIMPÓSIO SUL-MATO-GROSSENSE DE ADMINISTRAÇÃO*, 1., 2017, Paranaíba. **Anais [...]**, Paranaíba: UFMS, 2017.

LATORRE, M. A. **Incidencia de contaminantes microbianos en cervezas artesanales embotelladas de la Patagonia Andina.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidad Nacional del Comahue, Centro Regional Universitario, Bariloche, 2016.

LEIKE, A. Demonstration of the exponential decay law using beer froth. **Eur. J. Phys.**, v. 23, p. 21-26, 2002.

LIMA, B. J. B. **Elaboração de cerveja artesanal tipo Blonde Ale.** 2019. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) – Curso de Química Industrial, Departamento de Química, Centro Ciências e Tecnologia, UEPB, Campina Grande, 2019.

MAIA, T. S.; BELO, R. F. C. Análises físico-químicas de cerveja artesanal elaborada com graviola e análise sensorial de cervejas com adição de frutas e frutadas comercializadas. **Revista Brasileira de Ciências da Vida**, [S. l.], v. 5, n. 5, 2017.

MATOS, R. A. G. **Produção de cervejas artesanais, avaliação de aceitação e preferência, e panorama do mercado.** 2011. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, UFSC, Florianópolis, 2011.

NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO – NEPA; UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos.** 4. ed. rev. e ampl. Campinas, 2011.

PELCZAR, M. J. Jr.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R. **Microbiologia: conceitos e aplicações.** 2. ed. São Paulo: Makron Books, 1996.

RIBEIRO, M. C.; SOARES, M. M. S. R. **Microbiologia prática: roteiro e manual.** São Paulo: Atheneu, 1993.

ROSA, N. A.; AFONSO, J. C. A química da cerveja. **Quím. Nova Esc.**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 98-105, maio 2015.

ROSENTHAL, R. **Quantidade de álcool na cerveja**: aprenda como calcular. 28 jul. 2018. Disponível em: <https://www.hominilupulo.com.br/universo-da-cerveja/calcular-alcool-cerveja/>.

RUFINO, M. S. M. **Propriedades funcionais de frutas tropicais brasileiras não tradicionais**. 2008. 263 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – UFERSA, Mossoró, 2008.

SAHARA, R. Y. **Decaimento exponencial da espuma da cerveja**. [201-?]. Prática de tratamento de dados em física experimental – Instituto de Física, USP, São Paulo, [201-?].

SAKAMOTO, K.; KONINGS, W. N. Beer spoilage bacteria and hop resistance. **International Journal of Food Microbiology**, v. 89, p. 105–124, 2003.

SCHORK, M. O. **Elaboração de cerveja artesanal tipo Ale com malte de milho e farinha de arroz**. 2015. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) – Coordenação de Tecnologia e Engenharia de Alimentos, UTFPR, Campo Mourão, 2015.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R.; OKAZAKI, M. M. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3 ed. São Paulo: Varela, 2007.

SORBO, A. C. A. C. **Avaliação das propriedades de uma cerveja artesanal tipo Pilsen suplementada com polpa de maracujá**. 2017. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu, 2017.

SOUZA, L. C.; FREITAS, J. M. **Desenvolvimento e caracterização de cerveja artesanal estilo American Pale Ale adicionado de manga da variedade Tommy Atkins**. 2016. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Rio Pomba, 2016.

SOUZA, R. S.; FAVERO, D. M. Correlação entre a redução da carga microbiológica e a inativação da enzima invertase na etapa de pasteurização da cerveja. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 15.1-17, jan./jun. 2017.

TÓFOLI, R. J. **Avaliação da qualidade microbiológica e físico-química de cervejas comerciais e artesanais**. 2014. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química), IMESA, FEMA, Assis, 2014.

VENTURINI, G. **Tecnologia de bebidas: matéria prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado**. São Paulo. Edgard Blücher, 2005.

VOGEL, C. **Avaliação da adição de pequenas frutas (*berries*) na produção de cerveja artesanal: análise físico-química, sensorial, compostos fenólicos e atividade antioxidante**. 2017. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – UFFS, Laranjeiras do Sul, 2017.