

Avaliação do Potencial Tecnológico Alimentício do *Cocos nucifera* L. como Adjunto na Produção de Cerveja Artesanal

Assessment of the Food Technological Potential of Cocos nucifera L. as an Adjunct in Craft Beer Production

Nícolas José Piler dos Santos¹, Wagna Piler Carvalho dos Santos²,
Luis Filipe Freitas da Silva de Jesus², Fábio Santos de Oliveira¹

¹Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Santo Antônio de Jesus, BA, Brasil

²Instituto Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil

Resumo

O setor cervejeiro é um dos mais tradicionais e importantes do país, representando 1,6% do PIB. Nos últimos anos, observa-se um crescimento do número de cervejarias. O Brasil ocupa a terceira posição mundial na produção de cerveja. O objetivo deste artigo foi avaliar o potencial tecnológico alimentício do uso da espécie *C. nucifera* L. como adjunto na produção de cerveja artesanal. Na pesquisa de informação tecnológica (2003 e 2023), foi utilizado o Orbit Intelligence como base de dados. Foram produzidos mostos cervejeiros de 9,25 °P (10PC) e 11,25 °P (13PC), contendo o adjunto especial; e 9,75 °P (10P) e 13,5 °P (13P), contendo apenas malte de cevada. A utilização do adjunto especial atribuiu características singulares na incorporação de minerais às cervejas produzidas, sendo os macronutrientes (K, Na e Mg) os de maior contribuição da polpa de coco verde ($p < 0,05$). Empregando Análise de Componentes Principais e Análise Hierárquica de Dados, foi possível identificar a formação de grupos por similaridade da composição mineral das formulações 10P e 10PC, assim como 13P e 13PC.

Palavras-chave: Coco-da-baía; Bebida Fermentada; Alimentos; Desenvolvimento Tecnológico.

Áreas Tecnológicas: Ciência e Tecnologia de Alimentos. Química. Química de Alimentos.

Abstract

The beer sector is one of the most traditional and important in the country, accounting for 1.6% of the GDP. In recent years, there has been an increase in the number of breweries. Brazil ranks third in the world in beer production. The general objective was to evaluate the food technology potential of using the species *C. nucifera* L. as an adjunct in the production of craft beer. In the technological information research (2003 and 2023), Orbit Intelligence was used. Beer worts of 9.25 °P (10PC) and 11.25 °P (13PC) containing the special adjunct, and 9.75 °P (10P) and 13.5 °P (13P) containing only barley malt were produced. The use of the special adjunct attributed unique characteristics regarding the incorporation of minerals to the beers produced, with macronutrients (K, Na and Mg) being the ones with the greatest contribution from green coconut pulp ($p < 0.05$). Using Principal Component Analysis and Hierarchical Data Analysis, it was possible to identify the formation of groups by similarity of the mineral composition of the formulations 10P and 10PC, as well as 13P and 13PC.

Keywords: Coconut; Fermented Beverage; Food; Technological Development.



1 Introdução

Há aproximadamente 30 mil anos, o homem começou a produzir bebidas fermentadas, contudo estima-se que a produção de cerveja tenha iniciado por volta de 8.000 a.C. (Venturini; Filho; Cereda, 2001; Sindicerv, 2024). A cerveja é uma solução aquosa que contém 800 compostos orgânicos, CO₂, etanol, sais inorgânicos, e é preparada a partir de malte, água potável, lúpulo, leveduras, entre outras matérias-primas amiláceas ou açucaradas como adjunto do malte (Melo, 2016; Carvalho; Bento; Silva, 2006).

O setor cervejeiro é um dos mais tradicionais do Brasil, criado oficialmente em 1853, está presente em todas as cidades do país. A cadeia produtiva envolve o agronegócio, o setor de máquinas, a construção civil, o pequeno comerciante do varejo, bem como os mercados de embalagens e logística. O Brasil ocupa a terceira posição (14 bilhões de litros por ano) enquanto produção mundial, atrás apenas dos Estados Unidos e da China. O setor cervejeiro representa 1,6% do PIB, contribuindo com R\$ 23 bilhões de impostos por ano, além de empregar 2,2 milhões de pessoas (MAPA, 2022a).

A cerveja destaca-se no Brasil, pois é responsável por fatia majoritária (91,9%, em volume, em 2022) do consumo de bebidas alcoólicas (Viana, 2023). A produção de cerveja no Brasil vem crescendo ao longo dos últimos anos, na década passada, aumentou 64%. Esse crescimento é verificado também na produção de cervejarias de menor escala, como as micro e nanocervejarias e os *brewpubs* (Sebrae, 2015; Sebrae, 2021).

As cervejeiras artesanais, microcervejarias, nanocervejaria, *craft brewery* e *brewpub*, entre outros, que atendem às mesmas exigências legais das demais cervejarias, contam com um cenário promissor devido à perspectiva de crescimento anual do setor. Em 2016, foi observado o maior crescimento (48,5%) no número de cervejarias registradas, em parte, decorrente do aumento do consumo de cervejas especiais (MAPA, 2024). Em 2021, o número de estabelecimentos produtores alcançou 1.549, aumento de 12,0% e crescimento líquido de 166 cervejarias em relação ao ano anterior. A maioria das cervejarias concentra-se nas Regiões Sul e Sudeste (85,8%) (MAPA, 2022). Em 2024, o Nordeste contribui com apenas 1,7% do crescimento das cervejarias registradas, 7,9% na Região Centro-Oeste e 16,7% na Região Norte (MAPA, 2024).

O coqueiro de nome científico *Cocos nucifera* Linn (ou *C. nucifera* L.) é uma planta pertencente à família da Palmae (*Arecaceae*), sendo de grande cultivo nacional (Rocha; Ferreira; Garcia, 2022). O Brasil ocupa a 5ª posição mundial em termos de volume de produção (Samarajeewa, 2024). O valor da produção brasileira do coco-da-baía foi de 1,61 trilhão de reais, um crescimento de 172% em relação a 2019, a quantidade produzida de 1,93 trilhão de

frutos e área colhida de 186.712 hectares. O Nordeste é a maior região produtora do fruto, e a Bahia destaca-se como o terceiro maior valor de produção, contribuindo com 2,33 milhões de reais (IBGE, 2023).

O coco (fruto) é a parte do coqueiro que possui maior aplicação comercial, e os principais produtos são a copra, o óleo, o ácido láurico, o leite de coco, a farinha e a água de coco (Samarajeewa, 2024; Rocha; Ferreira; Garcia, 2022). O mercado da água de coco tem tendência de crescimento desde 2018, ocupando 8%, em 2020, do setor de bebidas não alcóolicas (ABIR, 2024). A polpa do coco em estádios iniciais de maturação (verde) possui características nutricionais relevantes (Padres *et al.* (2012), especialmente quanto à fração lipídica (e aos teores de vitamina B1 e B2 e minerais, com destaque para o potássio (Samarajeewa, 2024; Santoso *et al.*, 1996). Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial tecnológico alimentício da espécie *C. nucifera* L. como adjunto especial na produção de cerveja artesanal.

2 Metodologia

Nesta seção serão abordados os aspectos metodológicos da pesquisa de informação tecnológica em bases patentárias e os aspectos tecnológicos da produção da cerveja artesanal, com foco nos procedimentos e nos métodos de preparação e caracterização utilizados durante a execução dos experimentos, visando à obtenção de cerveja do tipo American Blond Ale, com substituição parcial do malte de cevada por polpa de coco verde *in natura*.

A American Blond Ale foi escolhida para a realização deste trabalho devido às suas características aromáticas, aroma leve a moderado, com notas de pão ou caramelo, de baixo a médio aroma de lúpulo, de sabor maltado inicial suave e de baixo a médio amargor (BJCP, 2015). A American Blond Ale é uma cerveja com características organolépticas que qualquer variação na sua composição alteraria essas propriedades, como o acréscimo da polpa de coco verde *in natura*.

2.1 Pesquisa Tecnológica em Bases Patentárias

Foi realizada pesquisa exploratória em bases patentárias para avaliar o potencial de proteção e as lacunas tecnológicas, empregando a base do Orbit Intelligence (Questel Co.). As palavras-chave selecionadas foram as sinônimas mais comuns e o nome científico da planta *Cocos nucifera* L., com foco na sua aplicação no setor alimentício nutricional, em especial na produção de cerveja.

Foram utilizadas palavras-chave conectadas por operadores booleanos e de proximidade nos campos título, resumo, objeto da invenção, vantagens da invenção e

reivindicações independentes. A sintaxe empregada foi: (((("COCO-VERDE" OR "COQUEIRO" OR ("COCO-DA BAHIA") OR "COCO-DA-BAIA" OR "COQUEIRO-DA-PRAIA" OR (COCONUT) OR (COCOS 1W NUCIFERA)))) AND BEER AND ((FOOD OR NUTRI+) NOT ("ANIMAL FEED" OR "ANIMAL FOOD")) AND (EPD=2003-01-01:2023-12-31)/TI/AB/OBJ/ADB/ICLM. A pesquisa considerou o período de 1º de janeiro de 2003 a 31 de dezembro de 2023. Como resultado da busca, foram encontradas 152 famílias de patentes, cuja análise está apresentada na seção Resultados e Discussão.

2.2 Processo de Produção da Cerveja Artesanal

A água utilizada nos experimentos foi água mineral natural fluoretada, que possui as seguintes características físico-químicas: pH 5,42 a 25 °C; condutividade elétrica 77,2 µS/cm a 25 °C; resíduo de evaporação 52,44 mg/L a 180 °C. Os maltes de cevadas utilizados foram: *pale ale* da Agrária, fabricação nacional, *vienna* da Best Vienna Malt, *carapils* da Weyermann. As quantidades variaram em faixas a depender da formulação testada.

O inóculo foi preparado a partir de células da levedura cervejeira *Saccharomyces cerevisiae* US-05 de alta fermentação (tipo ale), da marca Fermentis de origem Norte-Americana. Foi utilizado o *software* BeerSmith2® para cálculo do percentual de células viáveis no dia do inóculo (89,80%) e escolhida a taxa de inoculação (L °P)⁻¹. Considerando esses fatores para cada uma das formulações, as massas de levedura foram pesadas e o procedimento de reidratação realizado.

A elaboração dos mostos se deu com o auxílio do *software* BeerSmith2®. As concentrações definidas foram 10 °P, com e sem polpa de coco, e 13,5 °P com e sem polpa de coco. Para os mostos com polpa de coco, foi estabelecida a quantidade de malte de forma que inicialmente (com ausência da polpa do coco verde) se tivesse 9 °P de concentração. A partir desse mosto-base, foi adicionada polpa de coco verde até que se obtivessem as concentrações desejadas 10 °P e 13,5 °P.

Foram extraídas as polpas de cocos verdes *in natura* em condições higiênicas. Inicialmente, os cocos foram lavados (detergente neutro a 5%), submersos em banho de solução clorada (hipoclorito de sódio 200 mg/L) por 15 minutos e enxaguados com água desmineralizada. As polpas extraídas foram armazenadas em embalagens plásticas de primeiro uso e congeladas até a utilização.

Os grãos adquiridos em comércio local foram moídos e ensacados no ato da compra. A quantidade específica de cada um dos grãos para composição do mosto foi dimensionada previamente e separada em quatro porções distintas. O malte moído foi misturado com a polpa triturada a temperatura de 60 °C e aquecido até 66,7 °C

por 60 minutos sob agitação. A temperatura foi aumentada gradativamente (rampa de 10 minutos) até atingir 75,6 °C. Nessa condição, o mosto foi agitado por 15 minutos. A mosturação ocorreu em caldeirão de alumínio de volume de aproximadamente 15 L, de adaptação própria, com auxílio de *grain bag*, uma espécie de bolsa de grãos utilizada para fabricação caseira de cerveja.

Após o término da mosturação, o *grain bag* foi retirado e deu-se início à fervura por 60 minutos. No começo da fervura, foi adicionada a primeira porção de lúpulo em pellets em concentração que variou de 0,15 g/L a 0,23 g/L, dependendo da gravidade final objetivada do mosto. Então, 15 minutos após o início da fervura, foi adicionada a segunda porção de lúpulo na faixa de 0,09 g/L a 0,14 g/L, em relação ao volume inicial da fervura. No final da fervura, foi adicionada a última porção de lúpulo, variando de 0,15 g/L a 0,24 g/L, em relação ao volume inicial da fervura.

2.3 Controle de Parâmetros Físico-Químicos de Processo

Durante todo o processo foram retiradas periodicamente alíquotas das amostras na etapa de fermentação por meio das válvulas adaptadas nos vasos fermentadores. As primeiras alíquotas foram retiradas com 12 horas de intervalo e, posteriormente, a cada 24 horas. As alíquotas de 20 mL das amostras foram coletadas em béqueres de material polimérico. Foi realizado monitoramento diário do pH e do % Brix nos mostos preparados e determinação de minerais. Na polpa do coco verde, foram analisados sólidos solúveis totais, açúcares redutores e totais e a determinação preliminar da extração dos sólidos solúveis na polpa (IAL, 2008).

2.4 Planejamento Fatorial

A fim de verificar a influência dos fatores na extração aquosa a quente dos sólidos solúveis presentes na polpa de coco verde e determinar as condições que permitam obter um preparado de polpa que possa ser utilizado na elaboração da cerveja com melhor aproveitamento quanto ao fornecimento de açúcares, foi realizado um planejamento fatorial completo (Pereira Filho, 2017). As variáveis de processo escolhidas para avaliação foram a temperatura e o tempo de extração. A resposta analítica foi obtida em termos de % Brix obtido em refratômetro de Abbé, analógico (Digit). Na Tabela 1 estão apresentados a matriz do planejamento fatorial e os níveis das variáveis estudadas. Foram mantidas constantes as seguintes condições experimentais: razão massa/volume (7,0 g de polpa/25,0 mL de água destilada); frequência de agitação orbital realizada manualmente (3 rotações a cada 10 minutos).

Tabela 1 – Matriz do planejamento fatorial completo 2² com três ensaios de ponto central

	NÍVEIS REAIS		NÍVEIS CODIFICADOS	
	TEMPERATURA (°C)	TEMPO (MIN)	TEMPERATURA	TEMPO
1	30	30	-1	-1
2	30	90	-1	+1
3	100	30	+1	-1
4	100	90	+1	+1
5	65	60	0	0
6	65	60	0	0
7	65	60	0	0
8	65	18	0	-1,4142
9	16	60	-1,4142	0
10	65	103	0	+1,4142
11	115	60	+1,4142	0

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

2.5 Determinação da Composição Mineral

Para a avaliação da composição mineral das amostras de cervejas produzidas, foram realizadas medidas das concentrações de espécies químicas minoritárias (presentes na faixa de faixa de 0,01% a 1%), aqui identificados como microelementos, enquanto aquelas presentes em quantidades entre 100 mg/L (0,01%) e 1 µg/L são chamadas constituintes-traço (Skoog *et al.*, 2006). Neste estudo, foram considerados elementos minoritários: arsênio (As), alumínio (Al), bário (Ba), cádmio (Cd), cromo (Cr), cobalto (Co), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni), chumbo (Pb), selênio (Se), vanádio (V) e zinco (Zn); e elementos majoritários: potássio (K), magnésio (Mg), sódio (Na), cálcio (Ca) e fósforo (P). A determinação foi realizada empregando o espectrômetro de emissão óptica com plasma de argônio indutivamente acoplado (ICP OES) simultâneo, com visões axial e radial (OPTIMA 7300 DV – Perkin Elmer, EUA).

Todas as soluções foram preparadas com reagentes de grau analítico e água ultrapura, com resistividade específica de 18,2 MΩ cm a 25 °C, de um sistema de purificação Milli-Q® (Millipore, Bedford, MA, USA). Foram avaliados a precisão, a exatidão e os limites de detecção e de quantificação do método de determinação elementar (IUPAC, 2002). Em seguida, foram calculados os desvios-padrões relativos, expressos em percentual, das réplicas reais (n=3) dos ensaios das amostras.

2.6 Análise e Tratamento dos Dados

O tratamento e a análise dos dados contaram com o uso de testes estatísticos. O teste t de Student foi aplicado para cada tipo de amostra, a fim de avaliar as diferenças das concentrações dos minerais entre as formulações de cervejas. Também foram empregados métodos quimiométricos de análise exploratória dos dados (Beebe; Pell; Seasholtz, 1998). Para análise multivariada dos dados, foi utilizado o *software* Statistica® 7.1 (Statistica for Windows, 2006).

Neste estudo, a aplicação dessas técnicas foi motivada pela avaliação do comportamento de amostras de cerveja (quatro diferentes formulações, produzidas em triplicada, resultando em 12 amostras) em termos de sua composição mineral representada por 16 elementos. Em estudos de reconhecimento de padrões, os números de variáveis ou fatores é elevado, dessa forma, a representação gráfica do conjunto de dados analíticos facilita a interpretação dos resultados. Para tanto, foram utilizadas a análise por agrupamento hierárquico (HCA, do inglês *Hierarchical Cluster Analysis*) e a análise de componentes principais (PCA, do inglês *Principal Component Analysis*), as quais são ferramentas que possibilitam a visualização gráfica de todo o conjunto de dados (Correia; Ferreira, 2007).

3 Resultados e Discussão

Nesta seção serão apresentados os resultados relacionados à pesquisa em bases de patentes e os resultados referentes às características tecnológicas e nutricionais das quatro formulações testadas, com foco na análise dos aspectos relacionados ao *C. nucifera* L. como adjunto na produção da cerveja artesanal e no perfil mineral das amostras de cervejas artesanais.

3.1 Análise da Produção Tecnológica em Bases de Patentes

Entre as 152 famílias de patentes recuperadas, os dez principais requerentes representam 17% do total dos países depositantes, sendo a China (19) o principal, seguido da República da Coreia (12), Estados Unidos da América do Norte (11) e Japão (8). Quanto à situação jurídica, 46,1% revogadas/abandonadas, 27,0% caducadas, 19,7% concedidas e 7,2% pendentes. Apenas 41 famílias de patentes estão ativas, ou seja, (73%) em situação de abandono e/ou caducidade, o que pode indicar que os requerentes já se retiraram do setor produtivo relacionado.

O tamanho médio da família igual a 5,9 indica o interesse dos depositantes em proteger as tecnologias em diferentes países ou regiões. A Figura 1 apresenta o número de famílias de patentes por depositantes e a evolução anual

das famílias de tecnologias que envolvem o vegetal *C. nucifera* e cerveja, excluindo-se tecnologias alimentares voltadas para alimentação animal. O principal depositante é o grupo chinês Maanshan Huangchi Food (Figura 1a), com 12 famílias de patentes, todas em situação de abandono ou caducidade. Dessas, muitas são preparações alimentícias à base de leguminosa que são adicionadas de cerveja e vegetais, frutas e ervas medicinais. Os dados resultantes da pesquisa mostram que, ao longo de 20 anos (Figura 1b), houve um incremento considerável do interesse em tecnologias que envolvessem a produção de cerveja com o uso da espécie vegetal *C. nucifera*, no período de 2013 a 2018 (75,6%), com destaque para o ano de 2014 (47 famílias de patentes). Isso pode indicar que a cadeia produtiva de cervejarias artesanais esteja alcançando uma tendência de estabilidade quanto ao desenvolvimento tecnológico.

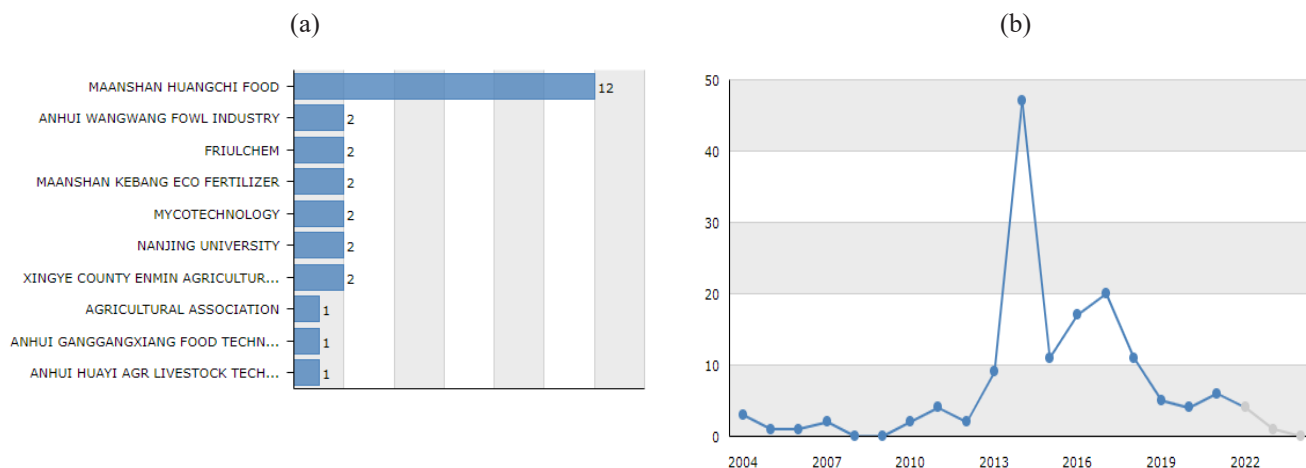
Os domínios tecnológicos prevalentes, baseados em agrupamentos dos códigos da Classificação Internacional de Patentes (IPC, do inglês *International Patent Classification*), são Química de Alimentos, seguida de Química de Materiais Básico. Quanto ao enfoque desses documentos, foram gerados agrupamentos pela frequência dos termos, o que permitiu identificar os principais conceitos, destacando-se: alimentar, fermento em pó para cerveja e aminoácido. Algumas tecnologias desenvolvidas, por exemplo,

“Métodos para produção e utilização de cultura de tecidos líquidos miceliais”, destinam-se à produção de realçador de sabor (WO2016/033241 A1). Outras se relacionam a tecnologias de reciclagem de resíduos na indústria cervejeira, especialmente no que se refere às águas residuais (CN107382613 A). Foi encontrada uma tecnologia “Cerveja com água de coco” (BR1020130210234 A2) de inventor independente, arquivado em 2016 por falta de pagamento de anuidade, cujo relatório descritivo é pouco elucidativo e o quadro reivindicatório, amplo.

3.2 Análise dos Aspectos Relacionados ao *C. nucifera* L. como Adjunto na Produção da Cerveja

Os adjuntos na produção de cerveja podem ser definidos como qualquer fonte de carboidrato diferente do malte de cevada que contribui com açúcares para o mosto, desde que permitidos em lei, e cuja substituição do malte pode alcançar 45% (MAPA, 2019). O percentual de substituição é definido para cada tipo de cerveja produzido (Muniz *et al.*, 2014). As concentrações iniciais e pretendidas foram expressas em graus Plato (°P) para cada formulação das amostras de mosto, conforme planejamento realizado com auxílio do *software* BeerSmith2® (Tabela 2).

Figura 1 – Número de famílias de patentes por depositantes (a) e evolução do número de famílias de patentes, no período de 2003 a 2023 (b)



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo com base em dados do Orbit Intelligence

Tabela 2 – Concentrações de sólidos dissolvidos expressos em graus Plato para as formulações de mosto cervejeiro (T=24,5 °C) e gravidades específicas finais previstas e obtidas

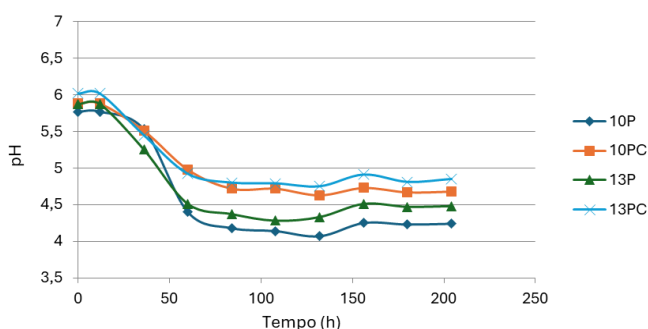
FORMULAÇÕES	°P PRETENDIDO	°P OBTIDO NA TEM- PERATURA T	GRAVIDADE FINAL (FG) PREVISTA	GRAVIDADE FINAL (BASEADA NAS MEDIDAS DE °P)
10P	10,00	9,75	1,008	1,006
10PC	10,00	9,25	1,008	1,006
13P	13,50	13,50	1,011	1,014
13PC	13,50	10,00	1,008	1,009

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

As amostras contendo polpa de coco verde não atingiram a concentração planejada, em termos de °P, diferentemente do que é verificado nas amostras contendo apenas malte de cevada como matéria-prima fonte de açúcares fermentescíveis. Os erros relativos encontrados na formulação variaram entre -25,93 a 0%. A amostra que apresentou maior desvio em relação à concentração pretendida foi 13PC. Algumas hipóteses podem ser levantadas para explicação desses resultados, sendo duas consideradas mais relevantes: a extração incompleta dos sólidos dissolvidos da polpa do coco verde; e uma consideração superestimada em relação à concentração de sólidos dissolvidos na polpa do coco verde.

A concentração de açúcares solúveis totais (açúcares redutores e não redutores) presentes nas amostras *in natura* de polpa de coco verde, em estádios iniciais de maturação, foi de $2,95 \pm 0,01$ %m/m, o que confirma os estudos de revisão de Padres *et al.* (2012) que investigaram variedades de água de coco ($2,7 \pm 0,8$ % m/v) ou 4,15% de carboidratos (Machado, 2015). As amostras contendo polpa de coco verde (10PC e 13PC) apresentaram maiores valores de pH quando comparadas às amostras sem adição do adjunto especial. Logo, a polpa do coco verde além de ser uma fonte de açúcares de fácil fermentação, atribui ao mosto menor acidez, dando indícios de uma maior capacidade de resistir a mudanças de pH. Os valores de pH mensurados durante o período de fermentação estão expressos no gráfico apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Curvas da evolução do pH das amostras de mosto cervejeiro no tempo em horas

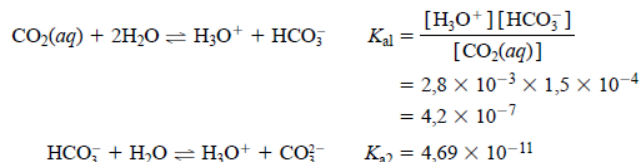


Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Uma possível explicação para essa diferença observada é a menor atenuação do mosto contendo polpa de coco (13PC), visto que há menor produção de gás carbônico e, por consequência, menor produção de ácido carbônico, que, ao sofrer hidrólise, fornece íons de hidrogênio ao meio, o que resulta na alteração do pH. O sistema gás carbônico/ácido carbônico é entendido como um sistema ácido

dibásico (Skoog *et al.*, 2006) e pode ser descrito pelas equações (Equação 1) do equilíbrio químico de ionização.

(Equação 1)



Quando comparadas as amostras de mesma concentração inicial de açúcares, nesse caso 10P e 13PC, essa tendência fica mais evidenciada. Enquanto 10P apresentou pH inicial no pré-processo fermentativo 5,77, em 13PC foi 6,02. Adicionalmente, 10P apresentou pH 4,24 durante o final da fermentação, 13PC apresenta 4,85, ou seja, 23,5% a menos em variação de pH de 13PC em relação a 10P. Contudo, no tempo $t = 60$ horas, no qual há o final da fermentação da amostra 13PC, o consumo de açúcar é ainda maior em termos absolutos, quando comparada a 10PC, essa tendência ainda prevalece.

Com o final do processo fermentativo, há um incremento dos valores de pH das amostras. Isso pode ser observado pela tendência de aumento do pH que surge a partir do tempo $t = 132$ horas. Quando o processo fermentativo diminui sua atividade, há menor produção de CO_2 , dessa forma, a quantidade do gás solúvel no mosto entra em equilíbrio com a atmosfera, fazendo com que as moléculas do gás deixem o mosto e, por consequência, uma menor quantidade de ácido carbônico, oriundo da hidrólise do gás, esteja contido no meio.

Além do ácido carbônico, durante o processo fermentativo, há formação de ácidos orgânicos como ácido láctico, acético e succínico, que também contribuem para a diminuição do pH. Para alguns estilos de cerveja, concentrações significativas desses ácidos orgânicos são indesejadas, sugerindo indícios de contaminação. Valores de pH entre 3,89 e 4,57 são importantes no sentido de inibir o crescimento de micro-organismos indesejáveis no meio e permitem uma rápida fermentação alcoólica (Aizemberg, 2015).

Verificou-se, dentro do limite experimental, que a concentração de sólidos solúveis ($1,76 \pm 0,01$ % Brix; $n=11$) não variou com a temperatura nem com o tempo de extração. Esses resultados diferem dos obtidos por Carvalho (2009), no qual o tempo de extração afetaram significativamente a extração dos sólidos solúveis na matriz banana como adjunto.

Pode-se inferir que a polpa de coco apresenta carboidratos disponíveis, demonstrando seu potencial como adjunto do malte no processo cervejeiro. A utilização da

polpa pode trazer uma inovação ao processo biotecnológico clássico na produção de cerveja.

A avaliação dos açúcares totais solúveis na polpa do coco verde *in natura* ($2,95 \pm 0,01\%$ m/m) indicou um desvio em relação ao valor estimado inicialmente (6,00%) que foi utilizado como parâmetro para a preparação dos mostos cervejeiros. Com auxílio do *software* BeerSmith2®, novas concentrações de açúcares dissolvidos foram estimadas para as amostras 10PC e 13PC. A concentração estimada da amostra 10PC passou de 10 °P para 9,5 °P, enquanto para a amostra 13PC, variou de 13,5 °P para 11,25 °P.

Com relação ao consumo do extrato aparente, no período inicial do processo fermentativo, verificou-se a manutenção das concentrações nas primeiras 12 horas (Figura 3). Esse comportamento é descrito como *lag-time*, sendo um período adaptativo da levedura ao meio no qual é inoculada. A inclinação máxima nas curvas (Figura 3) está compreendida entre o período de 12 a 60 horas, isso indica que há uma maior atividade metabólica no meio, ou seja, as células das leveduras possuem melhores condições para se desenvolverem e multiplicarem. O período também coincide com o final da fermentação da amostra 13PC. Após as primeiras 60 horas, as demais amostras ainda apresentam atividade fermentativa com atenuação do mosto que praticamente cessa após 108 horas.

Verificou-se um comportamento anômalo para a amostra 13PC com relação à concentração do extrato aparente. Para todas as amostras, há atenuação com o passar do tempo, enquanto para essa amostra, há aumento da concentração. Além disso, foi observado que, para a amostra 13P, o extrato aparente é maior que o esperado para o fim da fermentação, conforme indicam as gravidades específicas finais previstas e obtidas (Tabela 2).

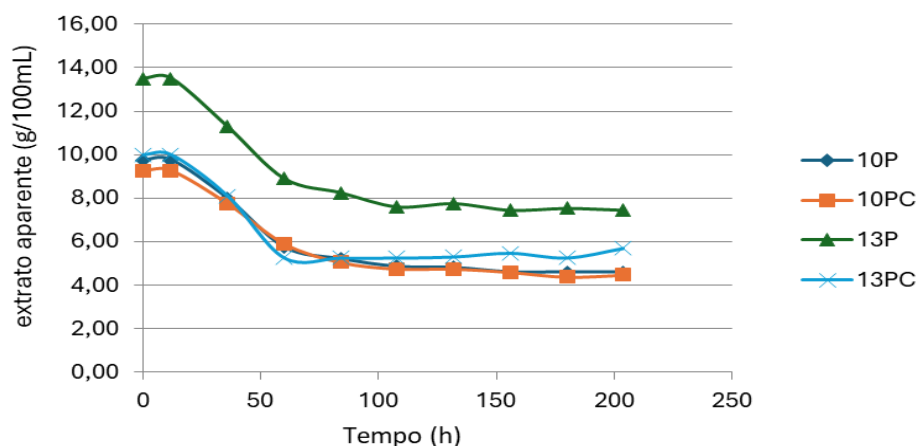
De maneira a corrigir essa baixa atenuação, um novo inóculo foi realizado com o intuito de dar continuidade

à atividade fermentativa, contudo não houve alteração significativa. Dessa forma, algumas hipóteses para esse comportamento podem ser levantadas, como uma falha no controle de temperatura do mosto durante a brassagem, temperaturas próximas a 70 °C favorecem a ação da enzima alfa-amilase que convertem amido em dextrinas (açúcares não fermentáveis) ou condições do meio adversas para crescimento e reprodução das células do fermento, o pH ideal para o desenvolvimento da levedura inoculada é em torno de 5,0, enquanto que o meio, no momento do inóculo, possuía pH menor que 4,5.

3.3 Perfil Mineral das Amostras de Cervejas Artesanais

As concentrações de Cd, Co, Cr e As ficaram abaixo do limite de detecção do método (LOD) em todas as amostras de cerveja das quatro formulações que foram coletadas em triplicata na etapa inicial da fermentação. As concentrações de Al, Fe e Mo ficaram entre o LOD e o limite de quantificação (LOQ) do método (Skoog *et al.*, 2006). As concentrações dos contaminantes inorgânicos As ($0,088 \text{ mg L}^{-1}$), Cd ($0,005 \text{ mg L}^{-1}$) e Pb ($0,010 \text{ mg L}^{-1}$) ficaram abaixo do LOD ou entre os valores de LOD e LOQ. O elemento Ba foi determinado nas amostras 13P e 13PC, já o Ni só foi determinado na amostra 13PC. Nas demais amostras as concentrações de Ba e Ni estão entre o LOD e o LOQ. Esses resultados indicam que as amostras estão atendendo à legislação brasileira quanto aos contaminantes inorgânicos, visto que os limites estabelecidos para os elementos Cd, Pb e As são, respectivamente, $0,02 \text{ mg kg}^{-1}$, $0,20 \text{ mg kg}^{-1}$ e $0,10 \text{ mg kg}^{-1}$ (Brasil, 2022). Comparando a composição mineral das amostras com base nos resultados obtidos por ICP OES e nos valores de p-valor, foi observada uma diferença na composição mineral ($p < 0,05$), com exceção de Cu e Al, para todos os demais elementos.

Figura 3 – Comparação do consumo do extrato aparente nas diferentes amostras



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

A análise multivariada partiu do pré-processamento de normalização do conjunto de dados (autoescala), convertendo todos os dados para uma mesma escala comum. Portanto, os diferentes elementos químicos passam a ter os mesmos pesos nas análises, independentemente das suas escalas de concentrações nos dados originais (Amorim Filho *et al.*, 2007; Rodriguez-Solana *et al.*, 2014). A Figura 4 apresenta os resultados de análise multivariada dos dados obtidos por PCA, em que apenas os dois primeiros componentes principais (fatores) descrevem 75,4% da variabilidade total do conjunto de dados. Rodríguez-Solana *et al.* (2014) analisaram a composição mineral de bebidas destiladas à base de bagaço de uva, empregando PCA. A análise de componentes principais mostrou uma boa separação de amostras em termos de constituintes minerais.

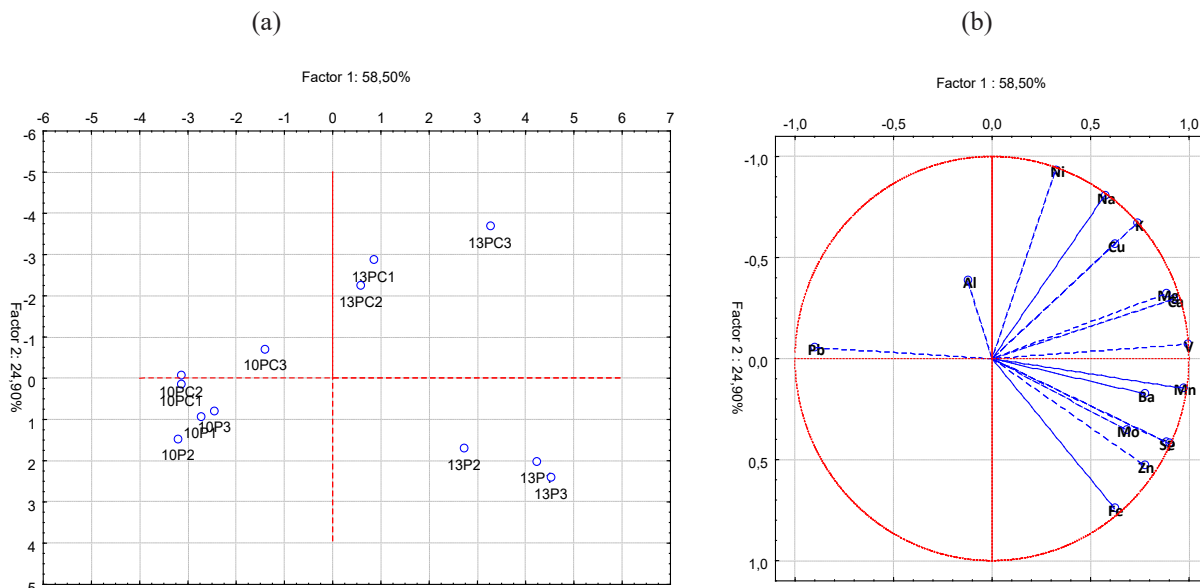
No gráfico dos *scores* ilustrado na Figura 4a, cada ponto representa uma amostra, sendo possível que os pontos referentes às amostras 10P e 10 PC encontram-se bastante próximos entre si, e, conseqüentemente a composição desses dois grupos de amostras apresentam maiores semelhanças quando comparados aos demais. É possível inferir que as amostras 10P e 10PC encontram-se em valores negativos no Fator 1 (componente principal 1 – PC1), enquanto as demais apresentam valores positivos no Fator 1 (PC1). A primeira PC (PC1) descreve a máxima variância dos dados originais, enquanto a segunda PC (PC2) tem a direção de máxima variância dos dados no subespaço ortogonal à PC1, e as PCs subsequentes são ortogonais às anteriores e orientadas de tal maneira a descreverem a máxima variância restante (Correia; Ferreira, 2007). Isso aponta que as amostras 10P e 10PC apresentam composições bem distintas das amostras 13P e 13PC, em termos dos minerais analisados, visto que o Fator 1 (PC1) explica 58,5% da variabilidade do conjunto de

dados. No gráfico dos *scores* apresentado na Figura 4b, cada ponto representa um dos elementos químicos analisados, sendo que pontos próximos entre si representam elementos com comportamentos similares, enquanto o oposto ocorre para pontos distantes entre si. O chumbo e o alumínio foram os únicos elementos que estão nos quadrantes esquerdos do gráfico dos *loadings*, o que sinaliza que eles apresentam comportamento distinto quando comparados aos demais.

Ao avaliar conjuntamente os gráficos de *scores* e *loadings*, quando os pontos que representam um grupo de amostras no gráfico dos *scores* encontram-se no mesmo quadrante que os pontos associados a um grupo de variáveis (elementos químicos), há uma forte tendência de os valores dessas variáveis (concentrações dos elementos químicos) serem mais elevadas para esse grupo de amostras. O chumbo e alumínio estão nos mesmos quadrantes (Figura 4) em que estão distribuídas as amostras 10P e 10 PC, ou seja, essas amostras tendem a apresentar concentrações desses elementos mais elevadas que as demais amostras, sendo o efeito mais pronunciado para o chumbo.

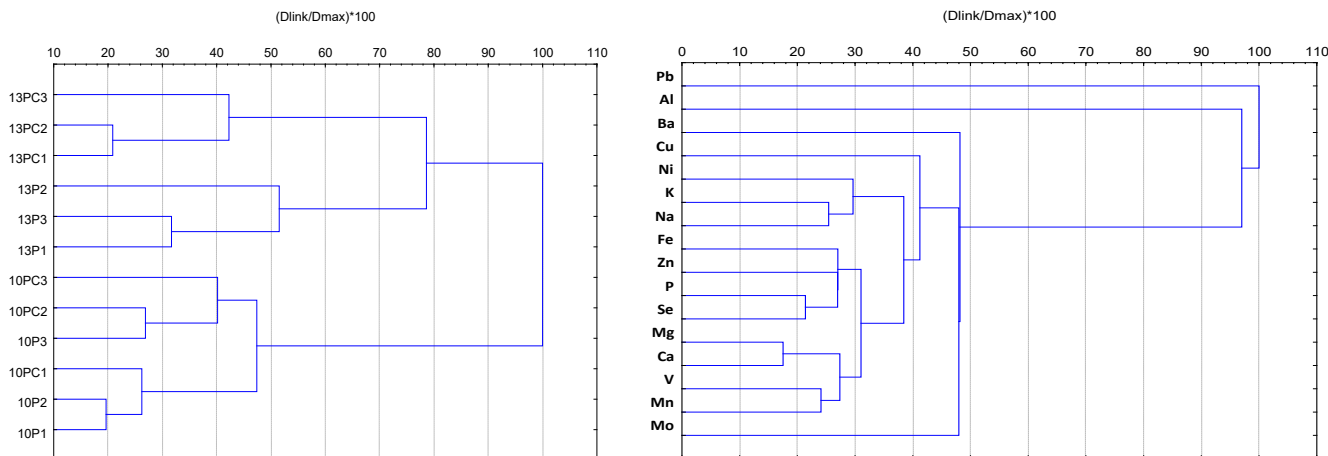
De forma semelhante ao que foi obtido por PCA, as amostras 10P e 10PC apresentaram maior semelhança entre si, enquanto as amostras 13P e 13PC formaram outro grupamento (Figura 5a). Constata-se a similaridade, quanto ao teor dos elementos analisados, das amostras cujas formulações são identificadas como 10P e 10PC, constituindo um agrupamento distinto do outro grupo formado pelas amostras de formulação identificada como 13P e 13PC. Nas análises por HCA, os dados obtidos por PCA também corroboram o comportamento distinto do chumbo e do alumínio quando comparados aos demais elementos (Figura 5b).

Figura 4 – Gráfico dos *scores* (a) e dos *loadings* (b) obtidos por Análise de Componentes Principais (PCA)



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Figura 5 – Dendogramas obtidos por Análise Hierárquica de Agrupamentos (HCA): (a) em termos das formulações; (b) em termos dos elementos.



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Ressalta-se que as quatro formulações diferem nos percentuais de componentes do mosto. As amostras 10P e 10PC possuem diferentes % de malte, sendo que a 10 PC tem 16,2% do malte substituído por polpa de coco verde *in natura*. Os resultados indicam que a fonte de minerais polpa de coco na proporção utilizada supre de forma equivalente as quantidades de minerais, ou seja, não há variação significativa no teor de minerais pela substituição do malte pelo adjunto proposto. Esse comportamento também é observado para as amostras 13P e 13PC, na qual a substituição do mosto pelo adjunto na formulação 13PC foi de 44,6%.

Dessa forma, é possível inferir que a polpa de coco verde *in natura* é uma alternativa viável para a fabricação de cerveja no que tange ao fornecimento dos minerais essenciais à levedura e ao processo fermentativo. A contribuição em minerais essenciais majoritários, especialmente o K, quando se substitui malte por polpa de coco verde, se torna ainda mais significativa ao se considerar a quantidade de umidade presente nas matérias-primas citadas. Na polpa de coco verde, de acordo do Santana (2012), o percentual de umidade presente é em torno de 93%, enquanto no grão de cevada, esse teor pode variar de 8 a 20% (Dudarev *et al.*, 2025). Dessa forma, a utilização da polpa de coco verde processada com redução da umidade tornaria ainda mais significativa a incorporação de minerais essenciais à cerveja. Por outro lado, a baixa concentração de metais, como Fe e Cu, indica um bom processo de fabricação e garantem a segurança alimentar quanto aos contaminantes inorgânicos (Rodríguez-Solana *et al.*, 2014).

4 Considerações Finais

Os resultados da pesquisa por informação tecnológica demonstram um interesse discretamente crescente por tecnologias que relacionam o uso da produção da cerveja com a espécie *C. nucifera* para nutrição e alimentos, ou seja, verificou-se uma tendência de crescimento, embora com muitas oscilações no número de publicações por ano sobre a temática, com um aumento maior no período de 2013 a 2018, o que representou aproximadamente 76% do total de tecnologias produzidas ao longo de 20 anos.

Com o estudo de extração dos sólidos solúveis, foi possível verificar que temperatura e o tempo de extração não influenciaram no %Brix dos ensaios. Com a determinação dos açúcares presentes na polpa de coco verde *in natura*, observou-se que a quantidade de açúcares solúveis considerada inicialmente (6,0%) foi superestimada, visto a concentração média obtida na amostra ($2,95 \pm 0,01\%$ m/m). As análises de pH e a concentração de extrato aparente (g/mL) durante a fermentação possibilitaram verificar que o processo fermentativo para as condições de fermentação preestabelecidas, $T=18^\circ\text{C}$, teve seu máximo durante o período compreendido entre 12-60 horas. Durante a fermentação, notou-se que a amostra de 13PC apresentou comportamento anômalo quanto à variação do extrato aparente, visto que após a atenuação máxima dessa amostra a quantidade de extrato aparente aumentou no decorrer do processo. Além disso, a concentração de sólidos totais dissolvidos (STD) para a amostra 13P apresentou valores finais maiores que o esperado.

Com relação à produtividade volumétrica estimada e ao rendimento em etanol, foi verificada uma tendência de aumento com uma maior concentração do mosto, além da presença de açúcares de menor complexidade. Esse comportamento está relacionado aos açúcares que a polpa de coco verde contribui para o mosto, já que a sacarose, a glicose e a frutose são considerados açúcares de fermentação mais simples quando comparados a maltose.

A substituição do malte por polpa de coco verde atribuiu características singulares às amostras contendo o adjunto especial. Além disso, diante dos resultados encontrados, nota-se que a principal contribuição do adjunto está relacionada aos macronutrientes K, Mg e Na, em especial potássio, ou seja, as formulações propostas com polpa de coco verde agregaram valor nutricional para dieta humana, além de serem importantes para o processo de sacarificação e fermentação.

Com o auxílio dos métodos multivariados não supervisionados, PCA e HCA, foi possível identificar a formação dos grupos por similaridade da composição mineral das formulações 10P e 10PC, assim como 13P e 13PC. Isso indica que a substituição do adjunto especial foi equivalente, de maneira geral, à formulação convencional (puro malte) quanto ao teor de minerais. Por fim, os resultados atestam que a polpa de coco verde *in natura* contribui favoravelmente para a fermentação alcoólica, podendo ser um potencial adjunto especial, pois atribui características únicas à cerveja produzida, no que tange à composição mineral, e possui quantidades de açúcares fermentáveis suficientes para substituir o malte de cevada como matéria-prima fornecedora de açúcares.

5 Perspectivas Futuras

Os resultados deste trabalho de pesquisa sugerem a possibilidade de substituição parcial do malte de cevada, frente às vantagens da incorporação da polpa de coco verde como adjunto especial na fabricação da cerveja artesanal. Por outro lado, aponta-se a necessidade de estudos adicionais com variáveis de processo e qualitativas empregando ferramentas estatísticas multivariadas como planejamento fatorial e metodologia de superfície de resposta. Alguns possíveis estudos sugeridos são: relação entre solução extratora (água) e massa de polpa de coco, com agitação constante; condição ótima do fruto para produção de cerveja, melhor relação entre percentual de açúcares solúveis e massa de polpa; produtividade volumétrica real em etanol (Qp) e do rendimento real em etanol (yp/s); variedade do coco para a produção de cerveja; utilização de polpa de coco maduro e polpa de coco verde liofilizada.

Para um melhor aproveitamento da matéria-prima coco verde *in natura*, sugere-se a realização de estudos visando obter o estágio ótimo de maturação do fruto, de forma que sejam utilizados na produção de cerveja frutos com a melhor correlação entre percentual de açúcares solúveis totais e massa de polpa. Além disso, outros estudos relacionados podem ser realizados visando a continuidade deste trabalho: ampliação da escala de produção e estudo da viabilidade econômica (microcervejaria); avaliação sensorial da cerveja produzida; caracterização físico-química do produto (teor alcoólico real, pH, amargor, acidez total e gás carbônico, densidade de espuma, cor, extrato real e etc.).

Do ponto de vista global, verifica-se na cadeia produtiva das cervejarias artesanais, em especial, espaço para a absorção da tecnologia relacionada ao uso da espécie *C. nucifera* no processo de produção para a obtenção de um produto com melhorias tecnológicas e nutricionais, contribuindo também para a cadeia produtiva do fruto.

Agradecimentos

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação (Profnit) e à Axonal Consultoria Tecnológica Ltda. por permitirem o acesso gratuito à plataforma Orbit Intelligence.

Referências

ABIR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE REFRIGERANTES E DE BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS. **Água de coco**. 2024. Disponível em: <https://abir.org.br/o-setor/dados/agua-de-coco/>. Acesso em: 14 jul. 2024

AIZEMBERG, R. **Emprego do caldo de cana e do melado como adjunto de malte de cevada na produção de cervejas**. Lorena, SP: USP, 2015. 272p.

AMORIM FILHO, V. R.; POLITOA, W. L.; GOMES NETO, J. A. Comparative studies of the sample decomposition of green and roasted coffee for determination of nutrients and data exploratory analysis. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 47-53, 2007.

BRASIL. Ministério da saúde. Agência nacional de vigilância sanitária. **Resolução – RDC n. 722, de 1º de julho de 2022**. Disponível em: https://anvisa.gov.br/datalegis.net/action/ActionDatalegis.A/MS&codTipo=&desItem=&desItemFim=&cod_modulo=134&cod_menu=1696. Acesso em: 20 set. 2024.

BEEBE, R. K.; PELL, R. J.; SEASHOLTZ, M. B. **Chemometrics: a practical guide**. USA: Wiley – Interscience

Publication, 1998. 348p.

BJCP – BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM. **Guia de Estilos de Cervejas**. 2015. Disponível em: <http://www.brauakademie.com.br/assets/bjcp-2015-beer-pt-br.pdf>. Acesso em: 28 out. 2022.

CARVALHO, G. B. M.; BENTO, C. V.; SILVA, J. B. A. Elementos Biotecnológicos Fundamentais no Processo Cervejeiro: 1ª parte – as leveduras. **Revista Analytica**, n. 25, 2006.

CARVALHO, G. B. M de. **Obtenção de Cerveja usando banana como adjuvante e aromatizante**. 2009. 163p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/97/97131/tde-27092012-121849/publico/BIT09001.pdf>. Acesso em: 2 out. 2023.

CORREIA, P. R. M.; FERREIRA, M. M. C. Non-supervised pattern recognition methods: exploring chemometrical procedures for evaluating analytical data. **Quim. Nova**, v. 30, n. 2, p. 481-487, 2007. Disponível em: <http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2007/vol30n2/41-ED05469.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2023.

DUDAREV, I. *et al.* Processing and disinfection of barley feed grain. **Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral**. Issue 114, p. 155-165, 2025. DOI: 10.37000/abbsl.2025.114.14.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Organizado por Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 1.020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção de Coco-da-baía**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/coco-da-baia/br>. Acesso em: 5 out. 2024.

IUPAC – INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. Harmonized guidelines for single-laboratory validation of methods of analysis Pure & Appl. **Chem.**, v. 74, n. 5, p. 835-855, 2002.

MACHADO, L. J. **Caracterização da biomassa do coco verde (Cocos nucifera L.)**. 2015. 89f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Curso em Ciências e Inovação Tecnológica para a Amazônia, Rio Branco, 2015. Disponível em: <http://www2.ufac.br/cita/dissertacoes/2015/leandro-junior-machado.pdf>. Acesso em: 10 out. 2024.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Anuário da cerveja**. 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 out. 2023.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,

PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Notícias**. 2022a. Disponível <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2021/08/mercado-cervejeiro-cresce-no-brasil-e-aumenta-interesse-pela-producao-nacional-de-lupulo-e-cevada>. Acesso em: 10 jul. 2024.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Anuário da cerveja**. 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/publicacoes/anuario-da-cerveja-2021.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2024.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Anuário da cerveja**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/anuarios-de-produtos-de-origem-vegetal-pasta/anuario-da-cerveja-2024-ano-referencia-2023/view>. Acesso em: 20 set. 2024.

MELO, V. F. D. **Maracujá do mato como adjuvante do malte na produção de cerveja Ale**. 2016. 103p. Dissertação (Mestrado) – Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, 2016. Disponível em: https://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/BRCRIS_aacdc64a7a0b6418cf4bed70fc0bcbe/Details. Acessado em: 10 out. 2024.

MUNIZ, L. D. *et al.* Suco de cajá (spondias mombin L.) como adjuvante na produção de cerveja: análises físico-químicas, sensorial e estudo cinético. *In: XX COBEQ*. 2014. **Anais [...]**. [S.l.], 2014. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobeq2014/1784-17564-175667.pdf>. Acesso em: 9 out. 2024.

PRADES, A. *et al.* Coconut water uses, composition and properties: a review. **Fruits**, 2012, v. 67, p. 87-107, 2012. DOI: 10.1051/fruits/2012002.

PEREIRA FILHO, E. R. **Planejamento Fatorial em química**: maximando a obtenção de resultados. São Carlos, SP: UFScar, 2017.

ROCHA, K. D. C.; FERREIRA, M. S.; GARCIA, C. E. R. Produção e produtos à base de coco (*Cocos nucifera* L.): uma revisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 5, p. 41476-41491, 2022. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n5-573>.

RODRÍGUEZ-SOLANA, R. *et al.* First Approach to the Analytical Characterization of ¹SEP Barrel-Aged Grape Marc Distillates Using Phenolic Compounds and Colour Parameters. **Food Technol Biotechnol.**, v. 52, n.4, p. 391-402, Dec. 2014. DOI: 10.17113/ftb.52.04.14.3627.

SAMARAJEWA, U. **Nut Consumption and Usefulness in the Modern World. Coconut**: Nutritional and Industrial Significance. 08 April 2024. DOI: 10.5772/intechopen.1004173. Disponível em: <https://www.intechopen.com/online-first/1179190>. Acesso em: 24 nov. 2024.

SANTANA, I. A. **Avaliação Química e Funcional de Polpa de Coco Verde e Aplicação em Gelado Comestível**. 2012. 107f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, 2012.

SANTOSO, U. *et al.* Nutrient composition of kopyor coconuts (*Cocos nucifera* L.). **Food Chemistry**, London, v. 57, n. 2, p. 299-304, 1996.

SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Microcervejarias ganham espaço no mercado nacional**. 2015. Disponível em: <https://respostas.sebrae.com.br/microcervejarias-ganham-espaço-no-mercado-nacional/>. Acesso em: 8 maio 2024.

SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Tudo que você precisa saber sobre o mercado cervejeiro no Brasil**. 2021. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-o-mercado-cervejeiro-no-brasil,a7dc01dda12df610VgnVCM1000004c00210aRCRD>. Acesso em: 6 jul. 2024.

SINDICERV – SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CERVEJA. **Origem da cerveja – História**. [2024]. Disponível em: <http://www.sindicerv.com.br/acerveja.php>. Acesso em: 12 jul. 2024.

SKOOG, D. A. *et al.* **Fundamentos de Química Analítica**. 8. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning. Tradução de: Marco Tadeu Grassi, 2006. 999p.

STATISTICA FOR WINDOWS. **StatSoft Inc., 2300 East 14th Street**, Tulsa, OK 741014, USA, 2006.

VENTURINI FILHO, W. G.; CEREDA, M. P. Cerveja. *In: ALMEIDA LIMA, U. et al.* **Biotecnologia Industrial: Biotecnologia na Produção de Alimentos**. São Paulo: Edgar Blucher, 2001. v. 4. p. 91-144.

VIANA, F. L. E Indústria de Bebidas Alcoólicas. **Caderno setorial do Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE**, Banco do Nordeste, Ano 8, n. 273, março, 2023.

Sobre os Autores

Nícolás José Piler dos Santos

E-mail: nicolaspiler@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7029-3211>

Graduado em Engenharia Química pelo IFBA, Bacharel Interdisciplinar em Saúde e graduando em Medicina pela UFRB.

Endereço profissional: Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Santo Antônio de Jesus, BA. CEP: 44.574-490.

Wagna Piler Carvalho dos Santos

E-mail: wagna.ifba@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7494-5179>

Doutora em Química - Área de concentração: Química Analítica. Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual, Transferência de Tecnologia para Inovação, Ponto Focal IFBA.

Endereço profissional: Instituto Federal da Bahia, Departamento de Química, Câmpus Salvador, Rua Emídio dos Santos, s/n, Barbalho, Salvador, BA. CEP: 40301-015.

Luís Filipe Freitas da Silva de Jesus

E-mail: luisfilipe@ifba.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4523-2309>

Mestre em Engenharia Industrial.

Endereço profissional: Instituto Federal da Bahia, Departamento de Engenharia Química, Rua Emídio dos Santos, s/n, Barbalho, Salvador, BA. CEP: 40301-015.

Fábio Santos de Oliveira

E-mail: fabiojackslater@yahoo.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0737-2144>

Doutor em Química – Área de concentração: Química Analítica.

Endereço profissional: Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Santo Antônio de Jesus, BA. CEP: 44.574-490.