



## Evaluation of the sulfate/chloride ratio in craft beer production and its sensory impacts

## Avaliação da relação sulfato/cloreto na produção de cerveja artesanal e seus impactos sensoriais

FERREIRA JÚNIOR, José Milton <sup>(1)</sup>; PINTO, Cleonilda Claita Carneiro <sup>(2)</sup>; MAIA, Izabely Cristina Teixeira <sup>(3)</sup>; FERREIRA, Bruna Machado <sup>(4)</sup>

(1) <https://orcid.org/0000-0002-3449-4040>; doutor em Biotecnologia, Instituto Centro de Ensino Tecnológico - CENTEC. Itapipoca, Ceará (CE), Brasil. [jmiltonferreiraj@gmail.com](mailto:jmiltonferreiraj@gmail.com)

(2) <https://orcid.org/0000-0001-6560-2289>; doutora em Biotecnologia, Universidade Estadual do Ceará. Itapipoca, Ceará (CE), Brasil. [claitaquimica@gmail.com](mailto:claitaquimica@gmail.com)

(3) <https://orcid.org/0009-0004-8733-3381>; graduada em Engenharia Química, Centro Universitário UniFANOR. Fortaleza, Ceará (CE), Brasil. [izabely\\_cristina@outlook.com](mailto:izabely_cristina@outlook.com)

(4) <https://orcid.org/0009-0005-2859-612X>; graduada em Engenharia Química, Centro Universitário UniFANOR. Fortaleza, Ceará (CE), Brasil. [bmcoutinho18@gmail.com](mailto:bmcoutinho18@gmail.com)

O conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos/as seus/as autores/as.

### ABSTRACT

The craft beer market has stands out in the national and international economic scenario. In this way, the search for news and innovation has increased exponentially, arousing the curiosity of many connoisseurs and specialists in the area. In this context, the present work aims to analyze the sensory influence related to changes in the proportion between sulfate and chloride ions present in the water used to produce artisanal beer. For this purpose, three samples of a German Kölsch style beer were produced, with a neutral profile, with different relationships between these ions. Thus, through sensory analysis tests, the influence of these ions on the final product was verified, in addition to its acceptability index. The result of this analysis showed that there was a considerable difference between the sensory perceptions of malt bitterness and sweetness related to the concentration of the highlighted ionic species, demonstrating that such modifications can contribute satisfactorily to the quality and acceptance rate of the product. However, these correlations must be planned according to the style of beer to be produced.

### RESUMO

O mercado das cervejas artesanais tem se destacado no cenário econômico nacional e internacional. Desse modo, tem-se aumentado exponencialmente a busca por novidades e inovação, despertando a curiosidade de muitos apreciadores e especialistas da área. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a influência sensorial relacionada às alterações na proporção entre os íons sulfato e cloreto presentes na água de produção da cerveja artesanal. Para tanto, produziu-se três amostras de uma cerveja do estilo alemão Kölsch, de perfil neutro, com relações distintas entre esses íons. Assim, por meio de testes de análise sensorial, verificou-se a influência dos referidos íons no produto final, além seu índice de aceitabilidade. O resultado dessa investigação mostrou que houve uma diferença considerável entre as percepções sensoriais de amargor e dulçor do malte relacionados à concentração das espécies iônicas em destaque, demonstrando que tais modificações podem contribuir satisfatoriamente na qualidade e no índice de aceitação do produto. Entretanto, essas correlações devem ser planejadas de acordo com o estilo de cerveja a ser produzido.

### INFORMAÇÕES DO ARTIGO

#### Histórico do Artigo:

Submetido: 23/07/2023

Aprovado: 03/12/2023

Publicação: 30/12/2023



#### Keywords:

Sensory analysis,  
chemical processes,  
biotechnology, acceptability  
index

#### Palavras-Chave:

Análise sensorial,  
processos químicos,  
biotecnologia, índice de  
aceitabilidade

## Introdução

A cerveja é uma das bebidas mais antigas e consumidas do mundo, tendo a sua produção uma participação relevante na economia mundial. No Brasil, o número de estabelecimentos produtores de cerveja registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) atingiu em 2021 a marca de 1.549 cervejarias, o que representa um aumento de 12,0% em relação ao ano anterior, quando haviam 1.383 cervejarias registradas, demonstrando assim uma plena ascensão desse segmento industrial (Brasil, 2021, p. 23).

Em termos de produto, de acordo com a Lei nº 8.918 (Brasil, 2019), que dispõe sobre a padronização, classificação, registro, inspeção e produção de bebidas, a cerveja é caracterizada como uma bebida obtida a partir da fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo. Nesse sentido, para uma boa qualidade no processo de fabricação, todas as etapas devem ser rigorosamente monitoradas, desde o processo da malteação até o produto final.

Quanto a sua variedade, as cervejas se distinguem por diversos aspectos, tais como: cor, teor alcoólico, tipo de fermentação e índice de amargor. Acredita-se, portanto, que na época atual existem mais de 20 mil tipos de cervejas em todo mundo (Venturini, 2005). Desse modo, o que diferencia tais variações são, na maioria das vezes, sutilezas no processo fabril, como diferentes tempos e temperaturas de cozimento dos grãos (mostura), fermentação/maturação e o emprego de alguns ingredientes além dos insumos básicos (Brasil, 2019).

Dentre os ingredientes fundamentais, a água de produção destaca-se por exercer influência direta no sabor, espuma, estabilidade sensorial e na cor da cerveja. Os principais minerais presentes na água que atuam efetivamente nas características sensoriais são: cálcio, cloreto, sulfato, carbonatos e bicarbonatos, sódio, magnésio e zinco (Souto, Pagorari & Solgon, 2021).

Durante séculos, as cervejarias que extraíam sua água de produção a partir de poços ou nascentes consolidaram regiões inteiras como grandes produtoras de cerveja, atribuindo-lhes características relacionadas à qualidade e composição dessa fonte hídrica. Assim, tem-se como exemplo a cidade de Burton, na Inglaterra, cuja água utilizada nos processos fabris possuíam elevada dureza devido ao alto teor de sulfato de cálcio, resultando em um polo produtor de cervejas amargas, fortes e claras. No caso de Londres e Munique, por possuírem uma água mais alcalina, eram obtidas cervejas mais escuras e com um sabor mais suave e leve, como uma brown ale, ou levemente lupuladas como uma lager (Priest & Stewart, 2006, p. 10).

Com o desenvolvimento tecnológico, atualmente é possível se modificar o perfil de sais presentes na água de acordo com cada estilo de cerveja. Contudo, é fundamental que se tenha um profundo conhecimento de como cada sal contribui sensorialmente na cerveja a ser produzida, visto que a forma de atuar de cada um desses varia sensivelmente para cada receita.

Diante o contexto, o  $\text{CaSO}_4$ , conhecido como gipsita ou *gypsum*, é utilizado na água cervejeira com a finalidade de aumentar a dureza da água (consequência do cálcio), além de

proporciona uma melhor sensação do amargor do lúpulo (consequência do sulfato). Assim, altas concentrações de sulfato favorecem a produção de cervejas com altos índices de amargor, como as Indian Pale Ale (IPA) ou Bitteres inglesas. Entretanto, em condições de alta concentração, esses íons podem trazer adstringência e notas sulfurosas em excesso (Hornink & Galembeck, 2019, p. 175).

O cálcio, disponível no sal supracitado, é fundamental para regulação da enzima  $\alpha$ -amilase, cuja função é hidrolisar as ligações glicosídicas presentes na estrutura de substratos como glicogênio e amido. No processo de produção de cerveja, dependendo do estilo que se pretenda obter, sugere-se uma concentração de cálcio de até 200 ppm. (Siqueira, Bolini & Macedo, 2008, p. 497).

No caso do  $\text{CaCl}_2$ , este contribui para evidenciar o sabor do malte (dulçor), além de colaborar com o aumento da dureza da água e do pH. Normalmente, é recomendado que se utilize entre 50 a 200 ppm de cálcio e cerca de 0 a 200 ppm de cloreto. Diferentemente dos sulfatos, uma alta carga de cloretos não é adequada para a produção de cervejas amargas, sendo mais indicado para estilos que possuem uma elevada quantidade de maltes ricos em açúcares não fermentáveis, como as Porters e Stouts (Hornink & Galembeck, 2019, p. 59).

Há ainda uma gama de sais com forte influência sensorial sobre a cerveja, a exemplo do cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ), Carbonato de Cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), Sulfato de magnésio ( $\text{MgSO}_4$ ), Bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) e Sulfato de zinco ( $\text{ZnSO}_4$ ), entretanto, será dada ênfase apenas ao  $\text{CaCl}_2$  e  $\text{CaSO}_4$ , objetos dessa discussão.

Destarte, o presente trabalho tem como objetivo central analisar a influência sensorial relacionada às alterações na proporção entre os íons sulfato e cloreto presentes na água de produção da cerveja artesanal.

## Material e métodos

Para a obtenção do produto em destaque, desenvolveu-se uma receita com base no estilo alemão *Kölsch*, originário da cidade de Colônia. De acordo com as definições do *Beer Judge Certification Program* (BJCP) (Strong, 2021, p. 9), o estilo traz como características uma cerveja de cor pálida, de alta fermentação, sendo obtida a partir de leveduras alemãs de alta fermentação (ALE), amargor médio derivado de lúpulo nobres de origem alemã ou tcheco, sabor neutro, similar a uma lager alemã ou tcheca. O guia *Brewers Association Beer Styles Guidelines* (Papazian, 2022, p. 20) também foi consultado como referência complementar, buscando-se compreender na sua íntegra o estilo produzido. Os parâmetros técnicos para a elaboração da receita foram obtidos pelo Software *BeerSmith*<sup>®</sup> (Smith, 2023). A Tabela 1 dispõe sobre a relação entre os parâmetros descritos no BJCP e a receita desenvolvida.

**Tabela 1.**

Relação entre a receita desenvolvida e a referência técnica BJCP.

<b>Atributos técnicos</b>	<b>Parâmetros BJCP Kölsch (5B)</b>	<b>Parâmetros da receita Produzida</b>
Amargor (IBU)	18 - 30	20
Cor (SRM)	3,5 - 5	4,5
Densidade Inicial(g/mL)	1,044 - 1,050	1,047
Densidade Final (g/mL)	1,011 - 1,017	1,011
Teor Alcoólico (ABV %)	4,4 - 5,2	4,8

\*IBU: International Bitterness Unit

\* SRM: Standard Reference Method – Parâmetro americano

Fonte: Autoria própria

Em termos de equipamento, os valores de densidade foram estabelecidos a partir de um densímetro de vidro com escala de 0,980/1,100, fabricante INCOTERM. Os parâmetros de cor e amargor foram simulados pelo software *BeerSmith*<sup>®</sup>, tomando-se como referência as características e quantidades dos maltes e lúpulos selecionados. A execução da receita foi realizada em uma cervejaria artesanal situada na região metropolitana de Fortaleza (CE), com utilização de equipamento mensurado para uma produção máxima de 50 litros.

A água, elemento essencial na produção da cerveja, é o ingrediente de maior composição, portanto, é fundamental que não se utilize qualquer tipo de água. A mesma deve se apresentar livre de microrganismos, inodora, e sem sabor residual de tratamentos químicos. O equilíbrio dos sais minerais presentes nesse ingrediente também pode influenciar profundamente na experiência sensorial, ressaltando aromas e sabores. Do contrário, o desequilíbrio dos mesmos pode desestabilizar e trazer sabores desagradáveis como salgado, amargor residual, adstringência, dentre outros (Palmer, 2013).

Assim, para a execução da receita, utilizou-se quatro galões de água mineral comercial de marca não informada, contendo cinco litros cada. Assim, de acordo com as informações fornecidas pelo fabricante, tem-se a sua composição representada pela Tabela 2.

**Tabela 2.**

Composição da água mineral utilizada

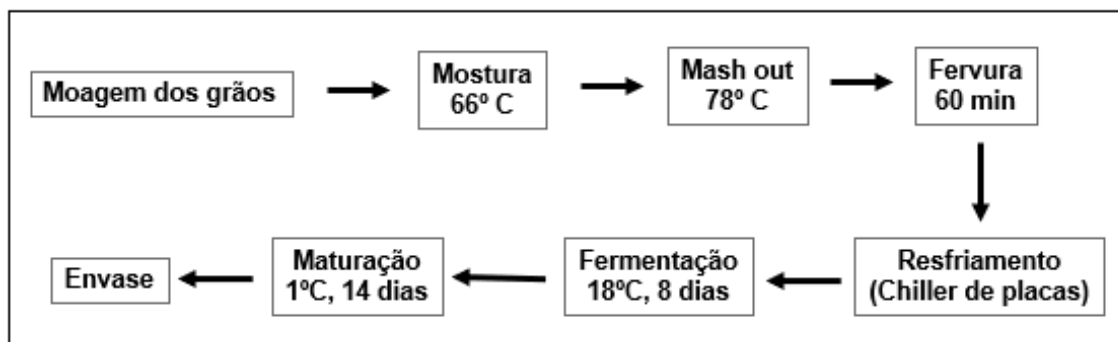
<b>COMPONENTE</b>	<b>QUANTIDADE (mg/L)*</b>
Calcio	9,3
Magnésio	13,8
Potássio	0,53
Sulfato	4,5
Cloreto	109,0
Bicarbonato	153,4
Sódio	82,1
pH	7,1

Fonte: Fabricante da marca de água mineral utilizada

Ao final do processo, obteve-se 13 litros de cerveja produzida.

Dado o exposto, o processo de fabricação seguiu as etapas descritas no fluxograma de produção abaixo:

**Figura 1.**  
Fluxograma de produção



Fonte: Autoria própria

Para a obtenção das amostras avaliadas, o volume total foi inicialmente dividido em três lotes de 4,3 litros, considerando-se 0,7 L para o *head space* a ser utilizado na fermentação. Desse modo, as amostras foram fermentadas nos próprios galões que continham a água total, de modo que cada um desses recebeu uma correção de sais específica.

Todas as adições foram calculadas com auxílio do software *BeerSmith®* (Smith, 2023). As medições de pH foram obtidas a partir de um pHmetro de bancada MY140 MYLABOR, com sensibilidade de medição de 0,01 e temperatura de trabalho de 0° a 100°C. Os valores referentes as adições efetuadas, as concentrações final e o pH da solução após a modificação de sais é descrito na Tabela 3:

**Tabela 3.**  
Adições de íons Cl<sup>-</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> em cada amostra produzida.

	<b>Lote 01</b> <b>Cl<sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (1:2,3)</b>	<b>Lote 02</b> <b>Cl<sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (1:1)</b>	<b>Lote 03</b> <b>Cl<sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (3:1)</b>
<b>Adição de sais</b>	1,9 g de CaSO <sub>4</sub>	0,8 de CaSO <sub>4</sub>	0,6 de CaCl <sub>2</sub>
<b>Concentração após adição</b>	251 mg/L (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	109 mg/L (Cl <sup>-</sup> e SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	254,8 mg/L (Cl <sup>-</sup> )
<b>pH do produto final</b>	4,5	4,65	4,4

Fonte: Autoria própria

Desse modo, para o primeiro lote adicionou-se 1,9 g de CaSO<sub>4</sub> em 4,3 litros. Nessas condições obtém-se o teor de sulfato de 251 mg/mL (relação sulfato/cloreto: 2,3 : 1). Segundo Tozetto (2017), o limite aceitável de sulfato encontra-se entre 50 ppm e 250 mg/L, favorecendo cervejas de perfil amargo em seu limite superior. Nesse caso, optou-se por não ultrapassar esse limite, visto que o excesso de íons sulfato pode trazer uma adstringência e amargor desagradável à cerveja. Segundo Palmer (2013), a relação sulfato/cloreto na produção de

cerveja só apresenta relevância quando esses íons se encontram em quantidades entre 50 e 250 mg/L, tornando-se insignificantes em concentrações inferiores.

No segundo lote, adicionou-se 0,8 g de  $\text{CaSO}_4$  em 4,3 litros. Nessas condições, a relação sulfatos/cloreto mantém-se equilibrada (1:1). Como a água utilizada já possuía naturalmente um alto teor de cloreto, adicionou-se apenas uma pequena adição de  $\text{CaCl}_2$ , obtendo-se assim o equilíbrio quantitativo entre esses dois íons.

No terceiro lote, adicionou-se 0,6 g de  $\text{CaSO}_4$  e 1,3 g de  $\text{CaCl}_2$ , a fim de se obter uma concentração de 254,8 mg/L de íons cloreto (relação sulfato/cloreto: 1 : 3). Segundo Tozetto (2017), para se favorecer um perfil extremamente maltado, a quantidade de cloretos deve chegar ao limite de 250 ppm, o que requer uma base de malte bem robusta para suportar essa adição sem trazer notas salgadas. Acima disso a sensação sensorial pode ser comprometida. Ao término do processo, obteve-se três amostras distintas, com diferentes relações cloreto/sulfato.

Na sequência dos eventos, aplicou-se um teste sensorial a 40 voluntários, de ambos os sexos, com idade mínima de 18 anos e que não fossem conduzir veículos automotivos nas próximas quatro horas.

O método utilizado para a avaliação sensorial foi do tipo “teste de comparação pareada”. Segundo Meilgaard (1987), o objetivo do teste é saber se uma amostra apresenta um certo atributo sensorial em maior intensidade que a outra amostra. Vale-se ressaltar que este tipo de teste apresenta uma característica direcional, pois o mesmo chama a atenção do provador para um determinado perfil sensorial (doçura, acidez, etc.).

Nessa etapa, o grupo participante foi dividido em dois subgrupos: os participantes de paladar não treinados (60% - 24 pessoas) e o participantes com experiência sensorial em cervejas artesanais (40% - 16 pessoas). O grupo daqueles não treinados compôs-se basicamente por universitários do curso de Engenharia Química de uma Instituição de Ensino Superior (IES), localizada na cidade de Fortaleza – CE. Para o segundo grupo fizeram parte: profissionais do ramo de produção de cerveja, sommeliers e membros da Associação dos Cervejeiros Artesanais do Ceará – ACERVA.

O método utilizado para coleta e avaliação dos dados foi a análise descritiva quantitativa. Segundo Stone e Sidel (2004), esta é a técnica de descrição sensorial mais utilizada na área de alimentos, pois permite o levantamento, a descrição e a quantificação dos atributos sensoriais detectáveis no produto, utilizando-se de avaliadores com variados perfis de treinamento.

Esta metodologia envolve três etapas fundamentais: 1. o levantamento de atributos e a familiarização dos avaliadores com os produtos; 2. a definição, em consenso com a equipe de avaliadores, dos termos descritores e a fixação das referências que servirão como padrões de intensidade (mínima e máxima) para cada atributo; 3. a avaliação das amostras utilizando,

normalmente, uma escala não estruturada de 9 pontos para quantificação da intensidade dos atributos sensoriais (Alcantara & Freitas-Sá, 2018).

Na aplicação dos testes, cada voluntário recebeu três amostras contendo 100 mL cada, em copos de plástico transparente identificados por códigos. Para evitar que os participantes se comunicassem de modo a provocar qualquer tipo de influência sensorial durante o teste, as avaliações foram feitas individualmente.

Para a captação das respostas, utilizou-se um formulário eletrônico elaborado a partir do google formulários<sup>®</sup> contendo questões objetivas apresentadas em escala hedônica de 9 pontos, sendo 1 para desgostei extremamente e 9 para gostei extremamente. Dessa forma, avaliou-se os parâmetros de cor, sabor, aroma, aparência, aceitação global, índice de aceitabilidade % e presença de *off flavors* (Minin, 2009).

Para a obtenção dos índices de aceitabilidade (IA%), adotou-se a equação proposta por Dutcosky (1996):

$$\text{Índice de Aceitabilidade do Produto (IA\%)} = A \times \frac{100}{B} \quad \text{Equação 01}$$

Em que A representa o valor numérico da nota média obtida pelo atributo avaliado e B a nota máxima dada a esse atributo. De acordo com Dutcosky (1996), para que um produto seja considerado como aceito, é necessário que este obtenha um Índice de Aceitabilidade de, no mínimo, 70%.

As questões aplicadas na pesquisa podem ser acessadas pelo QRCode apresentado na Figura 2.

Figura 02: QRcode com o caminho (link) para as perguntas do questionário.



Fonte: Autoria própria

Conforme descrito por Creswel (2007), o processo de tratamento de dados quantitativos ocorreu a partir de análises estatísticas descritivas, objetivando-se a organização lógica-racional da distribuição dos dados. Assim, os dados coletados foram cuidadosamente tabulados e analisados conforme os objetivos pré-estabelecidos da investigação.

Vale-se salientar que os participantes desta pesquisa concordaram com os termos de consentimento livre e esclarecido, que também consta no QRcode representado na Figura 02. Assim, detalhou-se no documento todas as etapas inerentes à pesquisa, além de se enfatizar a importância de suas participações.

## Resultados e discussão

A partir dos dados coletados, avaliou-se as amostras de acordo com suas características sensoriais adquiridas com as modificações na composição de sais da água de produção. Desse modo, tais parâmetros podem ser analisados a partir da Tabela 4:

**Tabela 4.**

Dados coletados a partir da avaliação sensorial

<b>Parâmetros analisados</b>	<b>Amostra 01</b> <b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/Cl<sup>-</sup> (2,3:1)</b>	<b>Amostra 02</b> <b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/Cl<sup>-</sup> (1:1)</b>	<b>Amostra 03</b> <b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/Cl<sup>-</sup> (1:3)</b>
Percepção de amargor	47,5% (19)	37,5% (15)	15,0% (6)
Percepção de dulçor	37,5% (15)	30,0% (12)	32,5% (13)
Preferência sensorial	55,0% (22)	17,5% (7)	27,5% (11)

Fonte: Autoria própria

Por meio de questões objetivas perguntou-se aos participantes quais amostras apresentaram melhor desempenho em termos de percepção de amargo, dulçor do malte e experiência/preferência sensorial geral. Desse modo, elegeu-se a amostra 01 como sendo aquela que lhes proporcionou a melhor experiência sensorial. A hipótese levantada é que o perfil de sais da amostra extrapola o limite recomendado de teor de sulfato, favorecendo o parâmetro de amargor.

Acredita-se, portanto, que no imaginário dos apreciadores de cervejas artesanais, uma característica bastante relacionada a esse produto é o amargor evidente, dessa forma, a influência do sulfato em alta quantidade pode ter influenciado diretamente no resultado. No caso da amostra 03, esta apresentou uma relevante desvantagem em relação a amostra 01, possivelmente devido às notas salgadas adicionadas pelo cloreto em altas concentrações.

Segundo Oliveira (2019), a elaboração de receitas com teores de cloretos muito elevados, para cervejas de perfil neutro e de baixa gravidade, acrescentam ao produto final notas salobras, resultando em um desequilíbrio sensorial.

Nesse sentido, conforme relatado por Tozetto (2017), seria necessária uma base de malte bastante densa para se realçar o dulçor sem apresentar desequilíbrios sensoriais relacionados aos os íons cloretos. Portanto, para o estilo Kölsch, o foco no dulçor do malte não se apresentou relevante, embora para estilos que se utilizem de maltes mais escuros, com alto teor de açúcares não fermentáveis, essa alteração faça mais sentido.

Segundo Salimbeni (2016), a adição de sulfato incrementa a sensação de "crispness" ou *secura* no amargor do lúpulo, deixando seu sabor menos adstringente, melhorando o sabor e a qualidade do caráter amargo.

Durante o processo de produção do objeto dessa investigação, a adição de CaSO<sub>4</sub> diminuiu o pH do mosto, conforme demonstrado na Tabela 03 supracitada, entretanto, tais adições não contribuiu para a formação de subprodutos indesejáveis, os *off flavors*. De acordo com Palmer (2013), o pH médio de uma cerveja finalizada varia entre 4,0 e 4,6 (lagers) e 4,0 e 4,4 (ales). O autor ressalta ainda que a modificação do pH do meio, quando feita de forma



correta, contribui para a quebra do amido em açúcares fermentáveis e no processo de degradação de proteínas, além de auxiliar na filtragem e na formação do corpo proteico que se precipita no centro da tina de mostura ao término do processo de fervura.

Segundo Barth (2013), ao se reduzir drasticamente o valor do pH inicial da água de produção, que se apresenta com um valor de pH médio entre 6,5 e 7,0, pode-se conferir ao produto final características como sabor metálico e/ou ácido (pH<3,7). Portanto, ao se extrapolar os limites recomendados de adição de sais, é preciso que se tenha uma atenção especial ao pH da água de produção.

Em relação as adições de CaSO<sub>4</sub>, quando este é adicionado em grandes quantidades, pode ainda promover um favorecimento na produção de compostos sulfurosos durante a fermentação, influenciando negativamente na qualidade sensorial do produto (Salimbeni, 2016).

Conforme afirma SENAI (2014), para se produzir cervejas de caráter amargo, tais como Índia Pale Ale ou American Pale Ale, sugere-se uma relação sulfato/cloretos de até 5:1. Dessa forma, realça-se o sabor, aroma e amargor do lúpulo. Caso a adição desse único sal (CaSO<sub>4</sub>) não seja suficiente para se atingir o perfil desejado em relação dos outros íons (Mg<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, Na<sup>+</sup>), faz-se necessário a combinação de outros sais. Assim, o carbonato de cálcio, por exemplo, pode ser utilizado para introduzir dureza temporária na água e elevar o pH da mostura em cervejas escuras. O cloreto de cálcio, para introduzir dureza permanente e enaltecer o dulçor da cerveja, o Bicarbonato de sódio (NaHCO<sub>3</sub>) para correção de pH, tornando o meio mais alcalino, dentre outros.

De acordo com Salimbeni (2016), para a produção de cervejas escuras, por exemplo, Stouts, Bocks e Porter, recomenda-se águas com dureza moderada. Dessa forma, os sais comumente utilizados para se aumentar a dureza da água de produção são o CaCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub> e o MgSO<sub>4</sub>. Dessa forma, o sabor que será incorporado a cerveja, é descrito pelo autor como “seco”, ligeiramente adstringente e espumante. Portanto, uma proporção ideal entre esses íons não pode extrapolar uma relação sulfato/cloreto de 1:2 (Salimbeni, 2016).

Como uma forma de avaliar o desempenho geral das amostras, mediu-se o índice de aceitabilidade do produto (IA%), descrito na Tabela 5.

**Tabela 5.**

Índice de aceitabilidade das amostras avaliadas.

<b>Parâmetros avaliados</b>	<b>Notas médias</b>	<b>Índice de aceitabilidade (%)</b>
Aparência	8,2 ± 0,11	91,1
Cor	8,5 ± 0,23	95,5
Aroma	7,6 ± 0,29	87,3
Sabor	7,5 ± 0,33	85,2
Textura	7,2 ± 0,12	83,7
Avaliação Global	7,7 ± 0,38	86,5

Fonte: Autoria própria

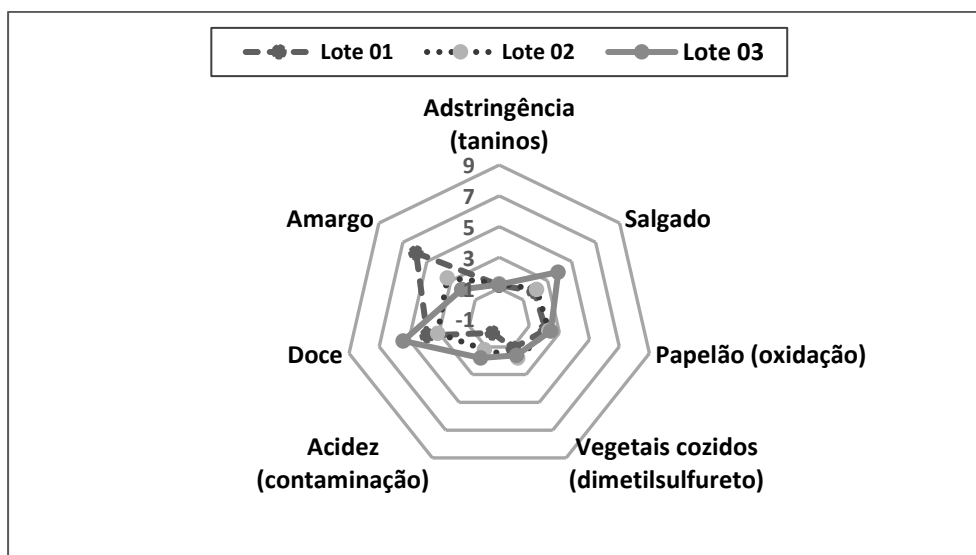
De acordo com os dados tabulados, as amostras avaliadas apresentaram-se boa aceitação média, visto que os valores de IA% situaram-se acima de 80%. Dessa forma, percebe-se que a receita foi bem executada, mesmo o lote 03 apresentando um residual sabor salgado. Observa-se ainda que fatores relacionados ao sabor e a textura, conforma já tratado anteriormente, foram os mais afetados na avaliação sensorial, refletindo-se, possivelmente em uma pequena diminuição do IA%. Contudo, o produto, ao ser analisado o seu conjunto, obteve uma boa aceitação por parte dos avaliadores, mesmo por aqueles mais experientes.

De acordo com Axcell & Torline (1998), no teste de IA% observa-se que os consumidores não experientes não possuem conhecimento ou atenção especial para detectar diferenças em atributos específicos, os quais são detectados com facilidade por uma equipe treinada. Assim, segundo Araújo, Silva & Minin (2003), as amostras podem estar mais ou menos amargas ou adocicadas em relação a outras, no entanto os avaliadores podem não os considerar como atributos negativos o suficiente para interferir no grau de aceitação. De todo modo, as avaliações realizadas pelos avaliadores experientes foram consonantes com aquelas definidas pelo avaliador não experiente.

Objetivando-se avaliar a qualidade do produto obtido, analisou-se a percepção sensorial de alguns parâmetros indicadores de erros ou defeitos de produção, também conhecidos por *off flavors*. Assim, a partir do gráfico descrito na Figura 2, percebe-se que o produto avaliado não apresentou características além daquelas esperadas para o estilo produzido.

**Figura 2**

Dulçor, amargor e indicativos de *off flavor*.



Fonte: Autoria própria

Conforme destacado na Figura 2, para as características de dulçor do malte e amargor, os valores obtidos nos testes corroboram com as modificações realizadas na composição dos

íons sulfato e cloreto. Assim, observa-se que o lote 01, cujas concentrações de íons sulfato foram extrapoladas para se ressaltar o sabor amargo, destacou-se nesse parâmetro.

Segundo Brunelli (2014), a percepção de amargor em uma cerveja está relacionada principalmente ao uso do lúpulo. A utilização desse ingrediente como agente de amargor é bem consolidada e amplamente difundida no meio cervejeiro. Tal característica está relacionada com a presença de substâncias chamadas alfa-ácidos, presentes nas flores de lúpulo e que se isomerizam durante a etapa de fervura, dando origem a o sabor amargo desejável na cerveja. Ao mesmo tempo que o lúpulo é responsável pelo amargor, este pode também conferir aromas e outros sabores a partir de substâncias popularmente conhecidas como óleos essenciais, pertencentes a classe dos terpenos. (Felipe & Bicas, 2017).

Todavia, não é comum, tampouco desejável, utilizar-se de maltes fortemente tostados para se alcançar um determinado nível de amargor. De fato, na maioria das vezes esse tipo de amargor proveniente do malte nunca é bem recebido em uma cerveja (Smith, 2023).

No caso da cerveja avaliada, o lote cuja adição de  $\text{CaSO}_4$  foi enfatizada (lote 01), demonstrou que a característica de amargor pode ser destacada sem se alterar o tipo ou a quantidade de malte ou de lúpulo. Entretanto, é necessário que se tenha cautela e conhecimento técnico do que se deseja obter, caso contrário, o amargor obtido pode se apresentar de forma desequilibrada.

Para o lote 03, que teve sua concentração de  $\text{CaCl}_2$  extrapolada, percebe-se que as características de dulçor do malte foram enfatizadas. Entretanto, no critério “salgado”, o referido lote apresentou uma nota média igual a 3,9, o que denota que houve uma presença dessa característica. Isso demonstra que uma base de maltes ricos em açúcares não fermentáveis é essencial para que altas concentrações de cloreto atuem em equilíbrio com a receita.

De acordo com Salimbeni (2016), uma adição acentuada de íons  $\text{Cl}^-$  contribuem positivamente o equilíbrio entre dulçor e amargor em cervejas com alta carga de açúcares não fermentáveis, entretanto, tal concentração não deve exceder uma relação sulfato/cloreto 1:2, caso contrário, notas salgadas podem desequilibrar as características sensoriais desejadas. Essa concentração não deve ultrapassa, portanto, a marca de 100 ppm ( $\text{mg.L}^{-1}$ ).

Por fim, destaca-se a execução da receita, sobretudo na amostra 01, que se apresentou equilibrada, mesmo diante modificações extremas, representando assim um produto com boa estabilidade sensorial e potencial comercial. No caso da amostra 03, é necessário que se repense a receita em termos de carga de maltes especiais ou adequação da relação sulfato/cloreto.

### **Considerações finais**

Dado o exposto, a presente investigação demonstra que a manipulação de sais no processo de fabricação de cerveja artesanal contribuiu para que as duas amostras que tiveram

seus teores de sulfato e cloreto desbalanceado (amostras 1 e 3) obtivessem uma boa taxa de aceitabilidade nas avaliações sensoriais. Dessa forma, os resultados apresentados demonstraram que a manipulação correta da água cervejeira, de acordo com as características da receita, é amplamente favorável para a melhoria da qualidade do produto final, visto que, desta forma, características desejáveis podem ser ressaltadas.

Nesse sentido, cervejas que naturalmente apresentam o dulçor de malte como destaque, por exemplo, porters e stouts, ao serem produzidas com vistas ao desequilíbrio que favoreça a concentração de íons cloreto, possivelmente apresentarão maior complexidade e equilíbrio no produto final. Da mesma forma, cervejas naturalmente amargas como a Índia Pale Ale ou Bitter inglesa, terão suas características de amargor favorecidas a partir da elaboração de receitas que privilegiem a concentração de íons sulfato em relação aos cloretos.

Dada a avaliação final do produto frente às modificações realizadas, a receita proposta, sobretudo do lote 01, apresentou-se com relevante potencial de comercialização.

## REFERÊNCIAS

- Alcantara, M., Freitas-Sá, D. G. C. (2018) Metodologias sensoriais descritivas mais rápidas e versáteis – uma atualidade na ciência sensorial. *Brazilian Journal of Food Technology*, v (21), p. 1-12.  
<http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.17916>
- Araújo, F. B., Silva, P. H. A. & Minim, V. P. R. (2003). Perfil sensorial e composição físico-química de cervejas provenientes de dois segmentos do mercado brasileiro. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v(23), p.121-128.  
<https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000200004>
- Axcell, B. & Torline, P. (1998) Some alternative views on beer flavor. *Technical Quarterly*, v.35, n.2, p.91-94.
- Brasil. (2019). Decreto nº 9902, de 08 de julho de 2019. Padronização, classificação, registro, inspeção, produção e fiscalização de bebidas. Diário oficial [da] República Federativa do Brasil: seção 1, Brasília, DF.  
[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9902.htm#art2](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9902.htm#art2)
- Brasil. (2021). Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Anuário da cerveja: 2021. Biblioteca Nacional da Agricultura – BINAGRI.  
[http://www.cervbrasil.org.br/novo\\_site/wp-content/uploads/2022/09/anuario-da-cerveja-2021.pdf](http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/wp-content/uploads/2022/09/anuario-da-cerveja-2021.pdf)>. Acesso em: 29 abr 2023.
- Barth, R. (2013). *The chemistry of beer: the science in the suds*. Hoboken. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Brunelli, L. T., Mansano, A. R. & Venturini-Filho, W. G. (2014). Caracterização físico-química de cervejas elaboradas com mel. *Brazilian Journal of Food Technology*, v(17), p.19-27.

- <http://dx.doi.org/10.1590/bjft.2014.004>.
- Creswel, J. W. (2007) *Projeto de pesquisa: método qualitativo, quantitativo e misto*. Artmed.
- Dutcosky, S. D. (1996), *Análise sensorial de alimentos*. DA Champagnat.
- Felipe, L. O. & Bicas, J. L. (2017) Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais. *Química Nova na Escola*. v (39). p.120-130.  
<http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160068>
- Hornink, G. G. & Galembeck, G. (2019). *Glossário Cervejeiro: da cultura à ciência*. Alfenas. Universidade Federal de Alfenas.  
[https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/432604/2/glossario\\_cervejeiro\\_2019\\_tela.pdf](https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/432604/2/glossario_cervejeiro_2019_tela.pdf).
- Meilgaard, M., Civille, G. V. & Carr, B. T. (1987). *Sensory evaluation techniques*. Florida: CRC.
- Minim, V. P. R. (2010). *Análise Sensorial: estudo com consumidores*. (2ª ed.). UFV.
- Oliveira, D. V. & Quaresimin, S. (2021). Análise das características físico-químicas de águas subterrâneas e de abastecimento público de Brusque/SC e entorno: traçando uma relação com as características da água cervejeira como protagonista no processo cervejeiro. *Revista Gestão, Sustentabilidade e Negócios*, v(9). p. 45-62.
- Palmer, J. (2006). *How to Brew: Everything You Need To Know To Brew Beer Right The First Time*. (1ª ed.). Natl Book Network.
- Palmer, J. (2013). *Water: a comprehensive guide for brewers*. Brewers Publications.
- Papazian, C. (2022). *Brewers Association Beer Styles Guidelines*. Brewers Association.  
<https://www.brewersassociation.org/resources/brewers-association-beer-style-guidelines>.
- Priest, F. G. & Stewart, G. G. (2006). *Handbook of Brewing*. (2ª ed.). Crc Press.  
<https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/9781420015171/handbook-brewing-graham-stewart-fergus-priest>.
- Salimbeni, J. F., Menegueti, M. P. D. & Rolim, T. F. (2016). Caracterização da água e sua influência sensorial para produção de cerveja artesanal. 60 p. Trabalho de conclusão de curso. Universidade São Francisco. Campinas.  
<https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2862.pdf>.
- Senai. (2014) Tecnologia cervejeira. Centro de Tecnologia SENAI de alimentos e bebidas.  
<https://pt.scribd.com/document/402539292/Tecnologia-Cervejeira-pdf>.
- Siqueira, P. B., Bolini, H. M. A. & Macedo, G. A. (2008). O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis. *Brazilian Journal of Food and Nutrition*, v (19), p. 491-498.  
[https://www.researchgate.net/profile/Helena-Bolini/publication/49599952\\_O\\_PROCESSO\\_DE\\_FABRICACAO\\_DA\\_CERVEJA\\_E\\_SEUS\\_EFEITOS\\_NA\\_PRESENCA\\_DE\\_POLIFENOIS/links/55a3c99608aef8052353f090/O-PROCESSO-](https://www.researchgate.net/profile/Helena-Bolini/publication/49599952_O_PROCESSO_DE_FABRICACAO_DA_CERVEJA_E_SEUS_EFEITOS_NA_PRESENCA_DE_POLIFENOIS/links/55a3c99608aef8052353f090/O-PROCESSO-)

## DE-FABRICACAO-DA-CERVEJA-E-SEUS-EFEITOS-NA-PRESENCA-DE-POLIFENOIS.pdf

- Souto, M. S. R., Pagorari, L. S. & Solgon, R. D. (2021). Produção artesanal da cerveja Blond Ale com hibisco (*Hibiscus Sabdariffa L.*), fécula de mandioca e jerivá (*Syagrus romanzoffiana*). *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. v (2), p.48-65.  
<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-quimica/producao-artesanal>.
- Stone, H. & Sidel, J. L. (2004). *Sensory evaluation practices*. (2<sup>a</sup> ed) Academic Press.
- Smith, B. (2023). *BeerSmith™*: Home Brewing Software, Recipes, Forum, Blog, Podcast and More. <https://beersmith.com/>.
- Strong, G. & Mitchell, D. (2021). BJCP Beer Style Guidelines. *BJCP Annual Report*.  
<https://www.bjcp.org/bjcp-style-guidelines/>.
- Tozetto, L. M. (2017). Produção e caracterização de cerveja artesanal adicionada de gengibre (*Zingiber officinale*). 80 p. Dissertação de mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.  
<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2451>.
- Venturini, G. (2005). *Tecnologia de bebidas: matéria prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado*. Ed. Edgard Blücher.