

ORIGINAL ARTICLE

Aplicação de metodologia clássica para determinação de cobre em cachaça artesanal

Classical methodology application for copper determination in artisanal cachaça

Felipe Zauli da Silva^{1*} , Izabella Carneiro Bastos¹, Patrícia Restani da Costa¹

¹Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), Instituto de Ciência e Tecnologia, Poços de Caldas/MG - Brasil

*Corresponding Author: Felipe Zauli da Silva, Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), Instituto de Ciência e Tecnologia, Rodovia José Aurélio Vilela, 11999, BR 267, km 533, Cidade Universitária, CEP: 37715-400, Poços de Caldas/MG - Brasil, e-mail: fzaulisilva@gmail.com

Cite as: Silva, F. Z., Bastos, I. C., & Costa, P. R. (2021). Classical methodology application for copper determination in artisanal cachaça. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24, e2020228. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.22820>

Resumo

A indústria alimentícia busca cada vez mais a segurança dos alimentos e a melhoria da qualidade dos produtos de interesse, como a produção da cachaça artesanal. Pela definição, cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana-de-açúcar produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38% a 48% em volume, a 20 °C. Diante da importância desse produto para o mercado interno, um estudo referente a padronização e qualidade da bebida foi realizado. Foram coletadas seis amostras aleatórias de cachaças artesanais na região Sul de Minas Gerais para determinação da concentração de cobre por titulometria, nas quais os resultados variaram na faixa de 1,0 a 1,8 mg L⁻¹ e uma amostra com 404,8 mg L⁻¹, o que corresponde a 80 vezes acima do permitido pela legislação brasileira. Como garantia da qualidade, o método executado atendeu aos critérios de recuperação, coeficiente de variação e padrão de concentração conhecida, e caracterizou-se por uma técnica simples e de baixo custo, que pode ser realizada em alambiques. Adicionalmente aos ensaios de laboratório, apresenta-se brevemente as corretas técnicas de processo para os produtores e a necessidade crescente das instituições fiscalizadoras em criarem medidas para proteção ao consumidor.

Palavras-chave: Alambique; Cachaça; Cobre; Legislação; Qualidade; Titulação.

Abstract

The food industry is increasingly looking for food safety and improving the quality of products of interest, such as the production of artisanal cachaça. By definition, cachaça is the typical and exclusive name for sugarcane brandy produced in Brazil, with alcoholic strength from 38% to 48% per volume at 20 °C. Given the importance of this product for the domestic market, a study on the standardization and quality of the beverage was conducted. Six random samples of artisanal cachaças were collected in the southern region of Minas Gerais to determine the copper concentration by titrimetry, in which the results varied in the range of 1.0 to 1.8 mg L⁻¹ and one sample with 404.8 mg L⁻¹, corresponding to a number 80 times higher than allowed by Brazilian legislation. As quality assurance, the method performed met the criteria of recovery, coefficient of variation, standard of known concentration and was characterized by a simple and low cost technique that can be performed on alembics. Additionally to laboratory



Este é um artigo publicado em acesso aberto (*Open Access*) sob a licença *Creative Commons Attribution*, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

tests, it briefly presents the correct process techniques for producers and the growing need for supervisory institutions to create measures for consumer protection.

Keywords: Alembic; Cachaça; Copper; Legislation; Quality; Titration.

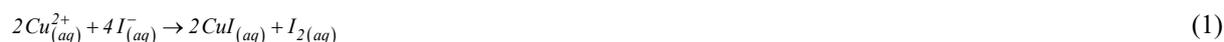
1 Introdução

A indústria alimentícia vem buscando cada vez mais a melhoria da qualidade nos processos existentes e o desenvolvimento de novos produtos. No setor de produção de cachaça, muitos produtores ainda trabalham de maneira empírica (Attia & Essam Eldin, 2018; Coutinho et al., 2012), o que pode ser evidenciado pela falta de mecanismos técnicos ou de padronização envolvidos desde a captação da matéria-prima até a comercialização da mercadoria (Barbosa et al., 2016). Nas últimas décadas, a agricultura brasileira sofreu profundas modificações relacionadas ao ambiente competitivo, o que pode ser refletido pelo aumento da atratividade comercial e pela inserção de empresas no mercado interno para confecção de artigos derivados do campo. No caso da cachaça, a estruturação tornou-se mais consolidada com aspectos de institucionalização, tecnologias e sistema organizacional (Saes & Kolya, 2014).

Por definição, cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana-de-açúcar produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38% a 48% em volume, com medição em 20 °C, obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionados açúcares até 6 g L⁻¹ (Brasil, 2009). Como qualquer outro processo com o intuito de obter um produto e fornecer esse mesmo a um cliente, o preparo da cachaça envolve etapas as quais necessitam ser monitoradas continuamente, para garantia da qualidade e padronização das especificações estabelecidas, sejam estas para atender à legislação ou para a satisfação dos consumidores (Silva et al., 2020; Samed & Banks, 2017).

Em especial com a cachaça artesanal, as práticas de controle de qualidade devem ser verificadas e efetuadas para conferir confiabilidade ao processo, e, entre os requisitos a serem controlados, evidencia-se a determinação do cobre nas amostras, devido principalmente à necessidade de higienização dos alambiques confeccionados com esse metal, que pode ser arrastado durante a vaporização da destilação. A presença de íons de cobre em quantidades superiores a 5 mg L⁻¹ em cachaças torna o consumo da bebida prejudicial à saúde, conforme as definições do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio da Instrução Normativa 13, de 29 de junho de 2005 (Brasil, 2005), além de ser uma das principais barreiras técnicas para exportação do produto para centros comerciais, como os países pertencentes à União Europeia, em que a recomendação legal é inferior a 1 mg L⁻¹ desse componente (Souza, 2015).

Métodos analíticos que empregam técnicas clássicas de análise, como a volumetria, podem ser utilizados na determinação do teor de componentes nas amostras de alimentos, desde que sejam devidamente validados. Para o cobre em meio líquido, devido às suas características oxidantes, os íons Cu²⁺ oxidam os íons iodeto (I⁻) à iodo (I₂), que posteriormente pode ser titulado com tiosulfato de sódio (Na₂S₂O₃), de acordo com as relações das Equações 1 e 2 (Skoog et al., 2006). Indicadores à base de amido são utilizados para verificação do ponto de viragem, contudo, baixas concentrações de iodo (até 2×10⁻⁷ mol) podem apresentar limitações quanto à visualização da coloração (Silva et al., 2012; Vieira, 2007).



Assim, avaliando a importância da padronização e qualidade em processos, e as limitações técnicas e econômicas envolvidas no processo da cachaça artesanal, o presente trabalho buscou verificar uma metodologia clássica para determinação do teor de cobre em cachaças em campo, de maneira que pudesse ser realizada no próprio alambique, para garantir o parâmetro em conformidade com as especificações e uma

avaliação de amostras aleatórias sobre a qualidade de algumas cachaças artesanais do sul do estado de Minas Gerais.

2 Material e métodos

2.1 Amostragem

Os ensaios analíticos foram conduzidos pelos autores na Universidade Federal de Alfenas, em Poços de Caldas-MG. As amostras foram coletadas em alambiques artesanais da região sul de Minas Gerais, para comparação da reprodução dos resultados de cobre e atendimento às especificações do MAPA. As características das amostras estão indicadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características das amostras de cachaça analisadas.

Amostra	Característica
1	Cachaça artesanal com coloração azul
2	Cachaça artesanal branca armazenada em inox
3	Cachaça artesanal branca tradicional engarrafada - A
4	Cachaça armazenada em carvalho e tratada com carvão ativado
5	Cachaça armazenada em barril de carvalho
6	Cachaça artesanal branca tradicional engarrafada - B

2.2 Método clássico para determinação de cobre em cachaças

Para verificação de metodologias, podem ser consultados os critérios da DOQ-CGCRE-008 (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, 2020), que aborda os itens sobre validação de métodos analíticos, e o Guia de Validação e Controle de Qualidade Analítica do MAPA (Brasil, 2011). Para verificação da exatidão do método, foi utilizado o índice de recuperação (razão entre a quantidade de analito quantificado pela metodologia e a quantidade de analito adicionado ao meio de análise), e para analisar a variabilidade dos resultados dos padrões, utilizou-se o coeficiente de variação (CV). Nos guias de validação citados, são apresentados os limites toleráveis para ambos os indicadores em função da faixa de concentração das amostras.

Outra boa prática para verificação do método foi a observação da reprodutibilidade entre analistas diferentes, em que duas pessoas realizaram os testes por intermédio de 14 replicatas cada.

Análiticamente, foi pesado 1,0 g de iodeto de potássio com pureza 99,5% em Erlenmeyer e transferido 0,5 mL de ácido clorídrico 37,5% (m/m) de pureza. Sequencialmente, adicionou-se 1,0 mL de solução 19,6 g L⁻¹ de sulfato de cobre penta-hidratado (pureza do sal de 99,0%) ao meio reacional e 100 mL de álcool etílico 40,0% (v/v), permitindo assim o início da titulação com tiosulfato de sódio 0,01 mol L⁻¹ (padronizado contra uma solução padrão de dicromato de potássio) até coloração amarelo pálido. Em seguida, foi adicionado o indicador amido em suspensão de 1,0% e a titulação foi continuada até viragem para incolor. O teor de cobre foi calculado pela Equação 3.

$$\text{Teor de cobre no padrão} \left(\frac{\text{mg Cu}^{2+}}{\text{L}} \right) = \frac{V_g * M * 63,5 * 1000}{V_a} \quad (3)$$

Em que:

V_g = volume gasto na titulação (L);

63,5 = massa atômica do cobre (g.mol⁻¹);

1000 = fator de conversão mássico;

M = molaridade real do tiosulfato de sódio (mol L^{-1});

V_a = volume de padrão (L).

Pela Equação 4, a recuperação da relação do teor de cobre teórico e o quantificado pelo método foi calculada e verificou-se, de acordo com o nível de concentração, qual o intervalo aceitável para esse parâmetro, de acordo com os guias do INMETRO e do MAPA (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, 2020; Brasil, 2011).

$$\text{Recuperação}(\%) = \frac{C_m - C_b}{C_t} * 100 \quad (4)$$

Em que:

Recuperação = relação do teor de cobre medido e adicionado ao meio;

C_m = teor de cobre medido (mg L^{-1});

C_b = concentração de cobre na água destilada (mg L^{-1});

C_t = teor de cobre teórico adicionado ao meio (mg L^{-1}).

Em seguida, por meio da Equação 5, foi possível obter a verificação da precisão analítica por intermédio do coeficiente de variação da análise e, de maneira semelhante à recuperação, consultou-se o intervalo aceitável para esse indicador nos guias de validação (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, 2020; Brasil, 2011).

$$\text{Coeficiente de variação } CV(\%) = \frac{s}{\bar{X}} * 100 \quad (5)$$

Em que:

Coeficiente de variação = expressão padronizada da dispersão dos dados (%);

s = desvio padrão amostral (mg L^{-1});

\bar{X} = média das medições (mg L^{-1}).

Como a quantidade de cobre esperada nas cachaças era de baixa concentração, as amostras foram fortificadas com adição de quantidade conhecida de cobre, com posterior determinação do teor de cobre total. Para essa análise, foi mensurado 1,0 g de iodeto de potássio em Erlenmeyer e transferido 0,5 mL de ácido clorídrico 37,5% (m/m). Posteriormente, adicionou-se 1,0 mL de solução 19,6 g L^{-1} de sulfato de cobre pentahidratado ao meio reacional e 100 mL de amostra de cachaça. Titulou-se com tiosulfato de sódio 0,01 mol L^{-1} até amarelo pálido, sendo então colocados o indicador amido 1,0% e o titulante até a viragem para incolor. Para calcular o cobre nas amostras, a Equação 6 foi montada com base na estequiometria reacional das Equações 1 e 2.

$$\text{Teor de cobre na cachaça} \left(\frac{\text{mg Cu}^{2+}}{\text{L}} \right) = \frac{\left((V_g * M * 63,5 * 1000) - T * V_f \right)}{V_a} \quad (6)$$

Em que:

V_g = volume gasto na titulação (L);

63,5 = massa atômica do cobre (g.mol^{-1});

M = molaridade real do tiosulfato de sódio (mol L^{-1});

1000 = fator de conversão de g para mg;

T = resultado médio do padrão de cobre (mg L^{-1});

V_f = volume do padrão de cobre utilizado na fortificação (L);

V_a = volume de amostra de cachaça (em L).

A partir do teor de cobre especificado pelo MAPA como valor máximo permitido (5 mg L^{-1}), foi estabelecida a utilização de um padrão de concentração conhecida para ser analisado juntamente com a batelada de análises e verificar a capacidade de quantificação. Para isso, preparou-se uma amostra à base de álcool etílico 40% v/v, semelhante à matriz das cachaças, com concentração conhecida de $2,5 \text{ mg L}^{-1}$ de cobre (proveniente de sulfato de cobre penta-hidratado).

3 Resultados e discussão

Para verificação do método clássico para determinação de cobre na cachaça, foi utilizada a solução padrão com concentração inicial de $5.001,1 \text{ mg L}^{-1}$ desse metal. Por meio da avaliação de 28 replicatas, dividida entre dois analistas, foi testada a exatidão da metodologia proposta em quantificar esse analito considerando os conceitos de recuperação proveniente da fortificação de amostras em branco (à base de álcool etílico 40% v/v) com o padrão de sulfato de cobre e o coeficiente de variação dos resultados, considerando, para isso, a faixa de concentração utilizada, como indicado pela análise gráfica das Figuras 1 e 2 (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, 2020; Brasil, 2011).

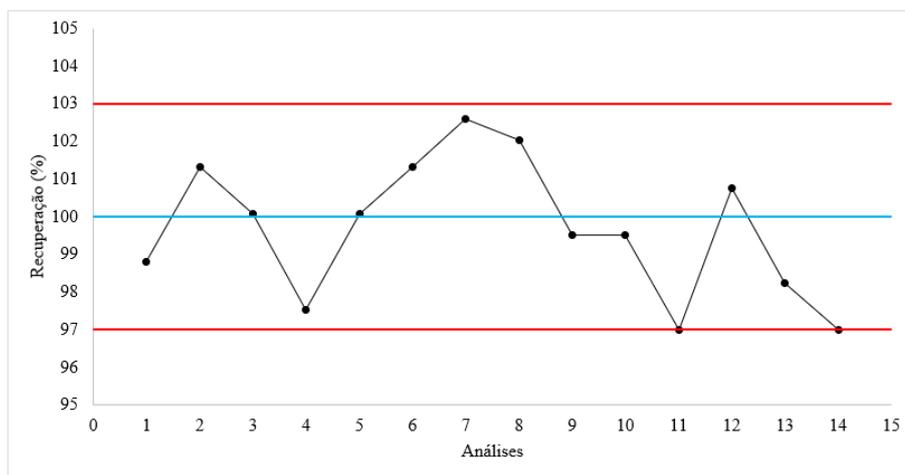


Figura 1. Resultados de recuperação do Analista 1.

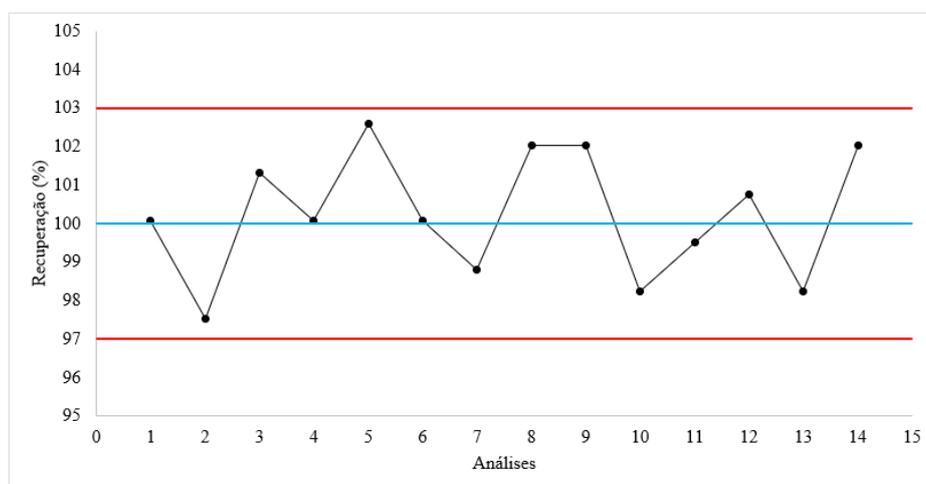


Figura 2. Resultados de recuperação do Analista 2.

Com os resultados apresentados, foi utilizada a Equação 5 para cálculo do coeficiente de variação, cujo resultado foi 1,70% para o Analista 1 e 1,63% para o Analista 2 (CV médio de 1,66%). A recuperação média do Analista 1 foi de 100,2% e do Analista 2, de 100,1% (recuperação média de 100,2% entre analistas). Como o padrão de cobre apresentava concentração teórica inicial de 5001,1 mg L⁻¹, ao consultar os guias do INMETRO e do MAPA (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, 2020; Brasil, 2011), verificou-se que essa faixa se enquadrava proporcionalmente entre 1.000 e 10.000 mg.kg⁻¹, e que o intervalo de recuperação deveria ser entre 97,0% e 103,0%, e o CV ≤ 3,7%. Os resultados atenderam aos limites estabelecidos, garantindo assim a funcionalidade do método clássico para quantificação do analito de interesse.

Adicionalmente, outro fator físico-químico foi utilizado como argumento da verificação. Assim como demonstrado nas Equações 1 e 2, a análise validada era do tipo de iodometria, ou seja, determinação do analito de interesse (cobre) a partir do iodo liberado na reação. A viragem do indicador amido utilizado pode ser visualizada para concentrações de iodo da ordem 2×10⁻⁷ mol, o que, estequiometricamente pela reação química envolvida, equivale a 4×10⁻⁷ mol de cobre. Consequentemente, pelas condições de análise (volume de 100 mL de amostra), a quantidade mínima que pode ser quantificada pela metodologia seria 0,2 mg L⁻¹, o que é um valor 20 vezes menor que o limite especificado pela IN 13 (5 mg L⁻¹) (Brasil, 2005; Baccan et al., 2004; Vogel et al., 2008).

De maneira geral, a importância da fortificação consistiu na facilidade de visualização dos pontos de viragem durante a titulação e, apesar de teoricamente o indicador amido permitir a visualização de concentrações de cobre em 0,2 mg L⁻¹, na prática, o cansaço visual a que o analista seria submetido poderia gerar erros analíticos (Silva et al., 2012). Além disso, definiu-se, também, inclusive para posteriores reproduções da metodologia, que o resultado do padrão para subtração no cálculo de determinação de cobre das amostras deveria ser obtido imediatamente antes da análise da respectiva amostra. Esse detalhe teve por finalidade minimizar erros associados com as vidrarias (especialmente a bureta), com as condições ambientais, e para padronização da percepção visual do analista.

Finalizada a verificação, partiu-se para as análises das amostras de cachaça e do padrão simulando uma amostra, as quais podem ser verificadas na Tabela 2 (cálculo pela Equação 6). Ressalta-se que outras técnicas avançadas, como instrumentação de absorção atômica com chama, poderiam ser utilizadas (Fernández-López et al., 2018), porém o intuito do trabalho foi demonstrar que técnicas simples e de baixo custo também podem entregar resultados confiáveis.

Tabela 2. Resultados das análises de cobre em cachaça.

Amostra	Teor de cobre nas amostras de cachaça (mg L ⁻¹)
1	404,8 ± 3,8
2	1,8 ± 1,3
3	1,8 ± 0,4
4	1,0 ± 0,6
5	1,2 ± 1,0
6	1,0 ± 0,7
Padrão de 2,5 mg L ⁻¹	2,4 ± 0,4

Como citado na metodologia, a análise das amostras foi realizada com 100 mL de cachaça e 1 mL de fortificação do padrão de cobre, uma vez que baixas concentrações de cobre eram esperadas. Entretanto, ressalta-se que, na amostra 1 (cachaça azul), o procedimento precisou ser alterado para não estourar o limite da escala devido ao teor elevado de cobre. Para isso, foram utilizados 25 mL de cachaça e não foi adicionado

o padrão de fortificação. A partir dos resultados de cobre, notou-se que a amostra 1 possuía a coloração azulada provavelmente por conter substância à base de cobre, como evidenciado pelo resultado da análise em laboratório. Para efeito de comparação visual, as amostras de cachaça analisadas e o padrão de cobre foram dispostos na bancada, e a foto da Figura 3 apresenta essa disposição.

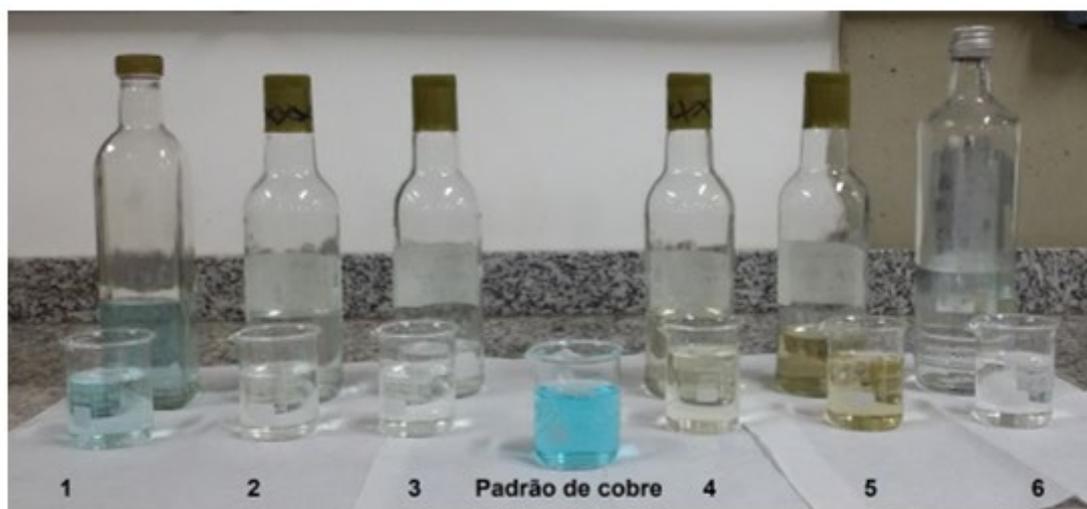


Figura 3. Amostras de cachaça (numeradas de 1 a 6) e o padrão de cobre 19,6 g L⁻¹.

Em relação ao cobre presente nas amostras, durante a destilação, a ausência de higiene em alambiques de cobre contribui para a formação do carbonato básico de cobre na superfície do material, conhecido como azinhavre [CuCO₃Cu(OH)₂], que apresenta tendência de coloração azulada (Machado et al., 2015). Em contato com os vapores ácidos durante a destilação, o azinhavre é solubilizado e arrastado, contaminando o produto final com íons de cobre (Del Pino et al., 2014).

Operacionalmente, para alambiques de cobre, recomenda-se efetuar a primeira destilação com água para remover o carbonato básico de cobre, além de deixar preenchido o alambique e as serpentinas com água durante as paradas para se evitar a oxidação do cobre (França et al., 2011). A amostra 1 apresentou teores de cobre acima de 5 mg L⁻¹, ultrapassando esse limite em cerca de 80 vezes e caracterizando a ausência de boas práticas de fabricação em sua obtenção, partindo do princípio de que nenhuma contaminação proposital foi cometida antes da comercialização. A alta concentração de cobre no organismo humano pode ser tóxico devido à sua afinidade com o grupo sulfidril de muitas proteínas e enzimas, e doenças, como epilepsia, artrite reumatoide e melanoma, estão associadas com o excesso desse metal no sangue (Garbin et al., 2005; Taylor et al., 2020).

Para o atendimento dos critérios de qualidade, deve ser utilizada, como requisito obrigatório da produção, a gestão das boas práticas de fabricação, que é um conjunto de medidas que devem ser praticadas pelas indústrias alimentícias, como garantia de qualidade técnica e sanitária, promovendo a conformidade dos produtos. A centralização de medidas, práticas e procedimentos deve ser disposta em um manual operacional (Attia & Essam Eldin, 2018).

A RDC 275 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) descreve o manual de boas práticas de fabricação como um documento que contenha informações do estabelecimento, requisitos sanitários, manutenção e higienização das instalações, equipamentos e controle da água de abastecimento, além de demais fatores que caracterizam o processo, como procedência da matéria-prima e demais insumos que sejam necessários para as operações (Brasil, 2002).

Em termos práticos, quando as boas práticas de fabricação são adotadas, criam-se normas que devem ser efetivamente executadas pela implementação de procedimentos de rotina, requerendo programas de monitoramento, registros, ações corretivas e verificação, utilizando listas de verificação (Machado et al., 2015), permitindo o atendimento de necessidades técnicas, qualitativas, de segurança e confiabilidade do produto. Consequentemente, o resultado das boas práticas de fabricação permite que apenas produtos conformes sejam ofertados no mercado, prezando assim pela defesa do consumidor e por todos os desdobramentos relacionados.

4 Conclusão

Verificou-se a eficácia da metodologia clássica para a determinação do teor de cobre em cachaça, o que, em termos práticos, pode ser aplicado em alambiques para garantia da qualidade desse produto. O método clássico demonstrou ser eficiente para a quantificação do analito de interesse, indicando resultados de recuperação e coeficiente de variação em conformidade com as faixas definidas pelos guias de validação. Adicionalmente, em relação ao cobre, em uma análise aprofundada, recomenda-se que o teor desse componente em produtos de consumo alimentício seja inferior a 1 mg L^{-1} , como definido pela União Europeia, visando maior segurança alimentar aos consumidores.

Finalmente, entendeu-se que o trabalho proposto possui potencial de aplicação em alambiques para monitoramento de qualidade em relação ao contaminante cobre, permitindo uma rápida atuação dos produtores, operadores e pessoal envolvido com o processo, a fim de corrigir desvios detectados.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pelo apoio para a realização deste trabalho.

Referências

- Attia, A., & Essam Eldin, I. (2018). Organizational learning, knowledge management capability and supply chain management practices in the Saudi food industry. *Journal of Knowledge Management*, 22(6), 1217. <http://dx.doi.org/10.1108/JKM-09-2017-0409>
- Baccan, N., Andrade, J., Godinho, O., & Barone, J. (2004). *Química analítica quantitativa elementar* (3. ed.) São Paulo: Edgard Blucher.
- Barbosa, E. A., Souza, M. T., Diniz, R. H. S., Godoy-Santos, F., Faria-Oliveira, F., Correa, L. F. M., Alvarez, F., Coutrim, M. X., Afonso, R. J. C. F., Castro, I. M., & Brandão, R. L. (2016). Quality improvement and geographical indication of cachaça (Brazilian spirit) by using locally selected yeast strains. *Journal of Applied Microbiology*, 121(4), 1217. <http://dx.doi.org/10.1111/jam.13216>
- Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. (2002, outubro 21). Regulamenta a Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 275, dispõe sobre o Regulamento Técnico de Procedimentos Operacionais Padronizados aplicados aos Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2005, junho 30). Regulamenta a Instrução Normativa nº 13, que aprova o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para aguardente de cana e para cachaça. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009, junho 21). Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas (Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009). *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2011). *Guia de validação e controle de qualidade analítica*. Brasília.
- Coutinho, E. P., Ramos, Z. N. S., Alves, A. S., & Oliveira, R. E. S. (2012). Boas práticas de fabricação de cachaça de alambique: Visão técnica versus empresarial. *Journal of Health Sciences*, 14(3), 165-170. Recuperado em 13 de setembro de 2020, de <https://revista.pgsskroton.com/index.php/JHealthSci/article/view/930/894>
- Del Pino, J. C., Venquiaruto, L. D., Dallago, R. M., Carmargo, S., & Santos, D. (2014). Saberes populares fazendo-se saberes escolares: Limpando alambiques de cobre. *Vivências*, 10(19), 138-145. Recuperado em 13 de setembro de 2020, de http://www2.reitoria.uri.br/~vivencias/Numero_019/artigos/pdf/Artigo_15.pdf

- Fernández-López, L., Gómez-Nieto, B., Jesús Gismera, M., Sevilla, M. T., & Procopio, J. R. (2018). Direct determination of copper and zinc in alcoholic and non-alcoholic drinks using high-resolution continuum source flame atomic absorption spectrometry and internal standardization. *Spectrochimica Acta. Part B, Atomic Spectroscopy*, 147, 21-27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sab.2018.05.016>
- França, N., Sá, O. R., & Fiorini, J. E. (2011). Avaliação da qualidade da cachaça artesanal produzidas no município de Passos (MG). *Ciência et Praxis*, 4(7), 47-50. Recuperado em 13 de setembro de 2020, de <http://revista.uemg.br/index.php/praxys/article/view/2206/1190>
- Garbin, R., Bogusz Junior, S., & Montano, M. A. (2005). Níveis de cobre em amostras de cachaça produzidas na região noroeste do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, 35(6), 1436-1440. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000600033>
- Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO. (2020). *DOQ-CGCRE-008: Orientação sobre validação de métodos analíticos*. Duque de Caxias.
- Machado, R. L. P., Dutra, A. S., & Pinto, M. S. V. (2015). *Boas Práticas de Fabricação (BPF)*. Rio de Janeiro, Embrapa Agroindústria de Alimentos.
- Saes, M. S. M., & Kolya, F. C. (2014). *Planejamento estratégico para a cadeia produtiva da cachaça*. São Paulo: Universidade de São Paulo. Recuperado em 13 de setembro de 2020, de http://cors.usp.br/wp-content/uploads/2015/10/CORS_IBRAC_Rel_PEC-Cacha%C3%A7a_VFinal.pdf
- Samed, M. M. A., & Banks, I. S. (2017). Análise dos requisitos da norma ABNT ISO 9001:2015 em relação à norma ABNT ISO 9001:2008. In *Anais do XXXVII Enegep*, Joinville. Recuperado em 13 de setembro de 2020, de http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_239_386_34446.pdf
- Silva, A. C. F. C., Araújo, E. S., Almeida, E. E. F., Sousa, G. F., & Silva, E. S. (2012). Determinação iodométrica de cloro-ativo em alvejante comercial. In *Anais do VII CONNEPI*. Palmas, TO. Recuperado em 13 de setembro de 2020, de <http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/5361/1410>
- Silva, A. P., Silvello, G. C., Bortoletto, A. M., & Alcarde, A. R. (2020). Chemical composition of sugar cane spirit produced from different distillation methods. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, e2018308. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.30818>
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2006). *Fundamentos de química analítica* (Tradução da 8ª edição norte-americana). São Paulo: Thomson.
- Souza, J. C. (2015). *Determinação íons cobre(II) em aguardente de cana-de-açúcar utilizando a combinação spot test - espectroscopia de reflectância difusa* (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araraquara.
- Taylor, A. A., Tsuji, J. S., Garry, M. R., McArdle, M. E., Goodfellow Junior, W. L., Adams, W. J., & Menzie, C. A. (2020). Critical review of exposure and effects: Implications for setting regulatory health criteria for ingested copper. *Environmental Management*, 65(1), 131-159. <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-019-01234-y>
- Vieira, F. I. (2007). *Aplicação dos métodos volumétricos de precipitação e de óxido-redução na quantificação de iodo, iodeto de potássio e cloreto de potássio em medicamentos* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Vogel, A. I., Mendham, J., Denney, R. C., & Barnes, J. D., & Thomas, M. (2008). *Análise química quantitativa* (6. ed.) Rio de Janeiro: LTC.

Funding: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código de Financiamento "001".

Received: Sept. 13, 2020; Accepted: Oct. 17, 2020