

DETERMINAÇÃO DE COBRE EM AMOSTRAS DE CACHAÇA ARTESANAL PRODUZIDAS NA REGIÃO DE ITAPIRA-SP

Data de aceite: 03/04/2023

Stephanie Aparecida Corassa

Fundação Hermínio Ometto

Araras-SP

<http://lattes.cnpq.br/8738700541620362>

Mariza Campagnolli Chiaradia Nardi

Fundação Hermínio Ometto

Araras-SP

<http://lattes.cnpq.br/5457333111077975>

RESUMO: A cachaça é uma bebida típica e exclusivamente brasileira que, de acordo com o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), também é denominada aguardente de cana de açúcar, e apresenta graduação alcoólica entre 38% e 48% em volume à 20°C. A produção artesanal de cachaça é comumente realizada em alambiques de cobre, o que confere melhores características sensoriais à bebida. Porém, durante a destilação, pode ocorrer a formação do azinhavre [CuCO₃Cu(OH)₂], que se mistura ao produto final, gerando contaminação. A ingestão de grandes quantidades de cobre pode ocasionar problemas à saúde dos consumidores, afetar diversos órgãos e até levar à morte. Neste contexto, este trabalho teve por objetivo determinar o

teor de cobre em amostras de cachaça comercializadas na cidade de Itapira-SP para verificar se atendem ao limite de 5 mg/L estabelecido pelo MAPA. Para isso, foi avaliada a metodologia analítica baseada na volumetria. Com o método foram encontradas concentrações de cobre nas amostras entre 0,3 mg/L e 9,5 mg/L, indicando que algumas amostras estão acima dos limites estabelecidos pela legislação brasileira.

PALAVRAS-CHAVE: Cachaça, cobre, quantificação.

DETERMINATION OF COPPER IN ARTISANAL CACHAÇA SAMPLES PRODUCED IN THE REGION OF ITAPIRA-SP

ABSTRACT: Cachaça is a typical and exclusively Brazilian beverage which, according to MAPA (Ministry of Agriculture, Pecuária e Abastecimento), is also called sugar cane brandy, and presents alcoholic strength between 38% and 48% in volume at 20°C. The artisanal production of cachaça is commonly performed in copper stills, which gives better sensory characteristics to the beverage. However, during distillation, the formation of azinhavre [CuCO₃Cu(OH)₂] may occur, which mixes

with the final product, generating contamination. The ingestion of large amounts of copper can cause health problems to the consumers, affecting several organs and even leading to death. In this context, this work aimed to determine the copper content in samples of cachaça sold in the city of Itapira-SP to verify if they meet the limit of 5 mg/L established by MAPA. For this, the analytical methodology was evaluated employing volumetry. With the method, copper concentrations were found in the samples between 0.3 mg/L and 9.5 mg/L, indicating that some samples are above the limits established by Brazilian legislation.

KEYWORDS: Cachaça, copper, quantification.

1 | INTRODUÇÃO

1.1 A Cachaça

De acordo com o Decreto nº 6.871 de 4 de junho de 2009 que regulamenta a Lei nº 8.918 de 1994, a cachaça é definida como aguardente de cana típica e exclusivamente brasileira, com graduação alcoólica entre trinta e oito a quarenta e oito por cento em volume, tendo por limite a adição de até seis gramas de açúcar por litro (MAPA, 2019). Fora essas especificações, a bebida é definida apenas como aguardente de cana, de acordo com a classificação apresentada na Figura 1 (MAPA, 2019).

PARÂMETRO DENOMINAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO	
	AGUARDENTE DE CANA	CACHAÇA
GRADUAÇÃO ALCOÓLICA	38 a 54% em vol	38 a 48% em vol
INGREDIENTE BÁSICO	<ul style="list-style-type: none"> • destilado alcoólico simples de cana-de-açúcar • mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar 	<ul style="list-style-type: none"> • mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar
ADIÇÃO DE AÇÚCARES	≤ 6g/L de açúcar	≤ 6g/L de açúcar

Figura 1 - Parâmetros para a classificação da aguardente de cana e da cachaça

Fonte: MAPA (2019)

Além de ser uma paixão nacional, muito apreciada e reconhecida no Brasil, a cachaça também obteve, nos últimos anos, um aumento em sua popularidade no mercado internacional, onde vem ganhando força e espaço com grandes exportadores brasileiros, estando presente em países como Paraguai, Alemanha, Estados Unidos, França, Portugal, entre outros. Em 2020, devido à pandemia causada pela Covid-19, o total de receita gerada com a venda da bebida no exterior girou entorno de US\$ 9,5 bilhões, conforme apresentado na Figura 2. Já em 2021, houve um crescimento de aproximadamente 38%, sendo que o total de receita gerada foi de US\$ 13,17 milhões, como mostra a Figura 3 (IBRAC, 2021).

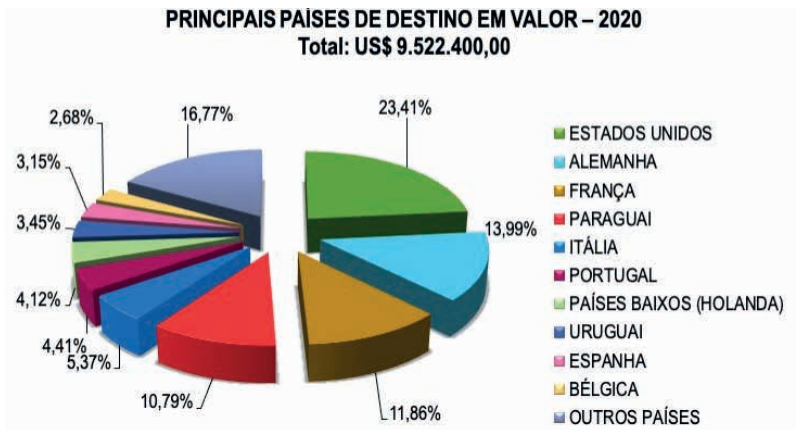


Figura 2 - Valor total obtido com a exportação da cachaça brasileira no ano de 2020 e a distribuição percentual em valor entre os principais países de destino

Fonte: IBRAC (2021)

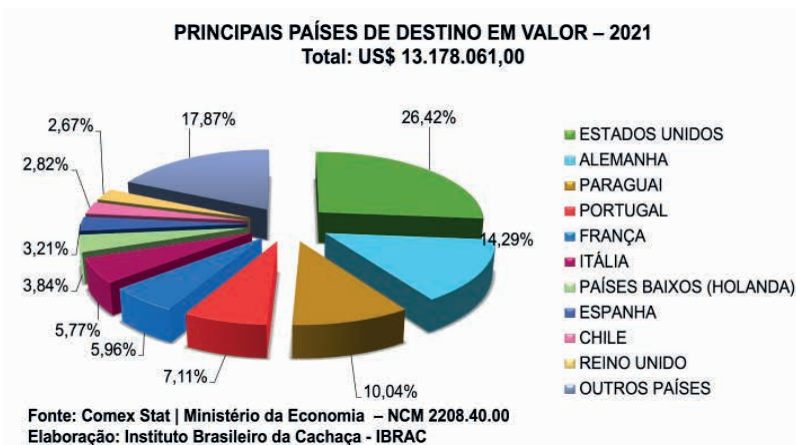


Figura 3 - Valor total obtido com a exportação da cachaça brasileira no ano de 2021 e a distribuição percentual em valor entre os principais países de destino

Fonte: IBRAC (2021)

O consumo médio de cachaça por brasileiro é em torno de 6 litros por ano, e a produção da bebida alcança 1,6 bilhões de litros anualmente, dos quais 90% é produzido industrialmente e 10% artesanalmente (LIMA, 2006).

Segundo o Instituto Brasileiro de Cachaça – IBRAC (2021), a produção de cachaça compreende 87,0% da produção brasileira de bebidas alcoólicas destiladas. Há cerca de 40 mil produtores da bebida no Brasil, sendo que apenas 955 estão registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), como mostrado na Figura 4. Existem quase 5 mil marcas de cachaça registradas no Brasil, como mostra a Figura 5, e têm sido investidos mais de 16 milhões de reais anualmente na produção de cachaça,

o que corresponde a um percentual anual de crescimento de 4,0% a 5,0% no Brasil e de 8,0% no exterior (MAPA, 2021).

Mas, apenas 1,0% do total da cachaça produzida no Brasil, aproximadamente 9,8 milhões de litros por ano, é exportado (SOUZA, 2015). Isso pode estar diretamente ligado à contaminação da cachaça por cobre, já que a legislação brasileira tolera até 5 mg/L de cobre em aguardente de cana, indo na contramão das normas estrangeiras que têm uma tolerância menor, em torno de apenas 2 mg/L de cobre (SILVA; PORTELA; ARAÚJO, 2007).

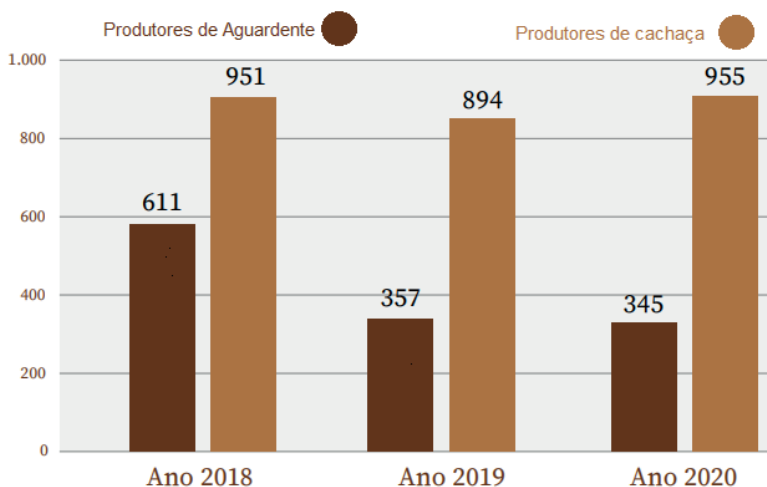


Figura 4 - Produtores de Aguardente e Cachaça registrados no MAPA

Fonte: Adaptado de MAPA (2021)

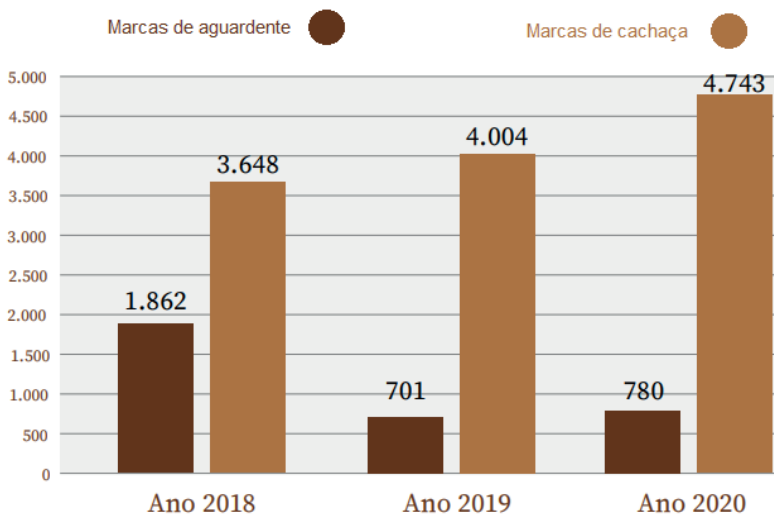


Figura 5 - Marcas de Aguardente e Cachaça registradas no MAPA

Fonte: Adaptado de MAPA (2021)

1.2 Produção de cachaça

Após séculos de aperfeiçoamento, o processo de produção de cachaça pode ser dividido em cinco etapas: colheita, moagem, fermentação, destilação e envelhecimento, que estão representadas no fluxograma apresentado na Figura 6.

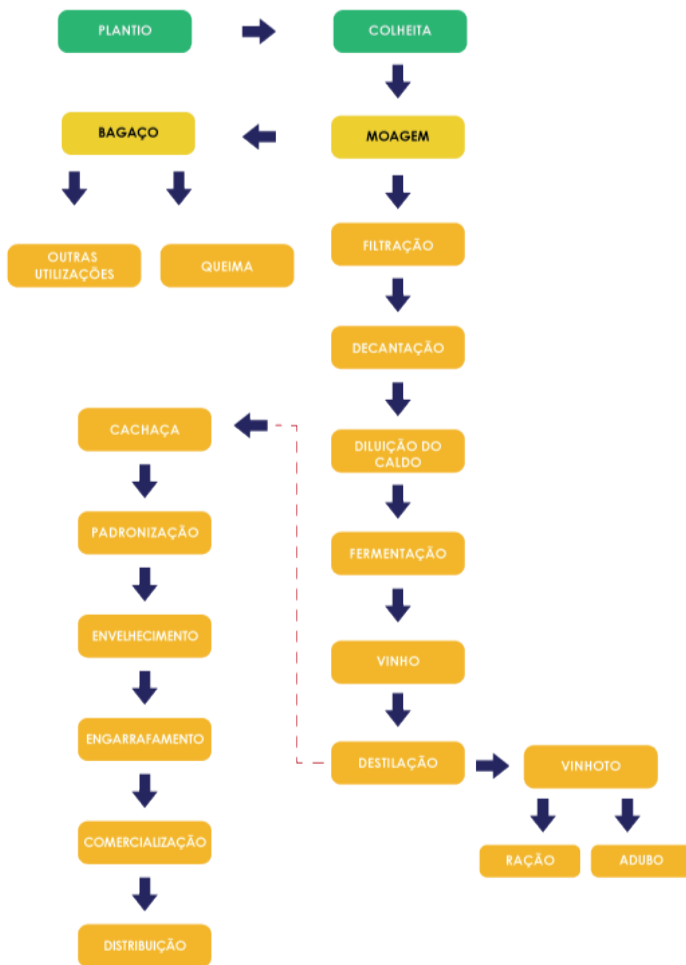


Figura 6 - Fluxograma da produção da cachaça

Fonte: Adaptado de AGEITEC (2016)

A colheita da cana é a primeira etapa da fabricação da cachaça, sendo feita no período correto, com o manuseio adequado, no intuito de que chegue fresca, madura e limpa para ser esmagada. Contudo, a moagem da cana precisa ser realizada dentro de 24 horas após sua colheita, para que não ocorra o aparecimento de microrganismos e o teor

de açúcar não seja reduzido (FEITOSA, 2005).

Para extrair o caldo da cana, conhecido como garapa, é necessário passar a cana pela moenda, que se trata de uma máquina composta por cilindros giratórios que servem para espremer a cana, extraindo seu caldo. O bagaço é espremido várias vezes para extrair o máximo de garapa possível. Visando uma melhor qualidade do caldo é recomendada a lavagem e assepsia da cana e dos equipamentos a fim de diminuir os riscos de contaminações por microrganismos que aumentam a acidez no produto final (OLIVEIRA, 2010).

O caldo que é extraído na moenda carrega várias impurezas que são retiradas na filtração, como grandes partículas de bagaço. Também é realizada a decantação, que é responsável por remover partículas mais densas. Desta forma, este processo auxilia na melhora da qualidade do caldo para a próxima etapa, a fermentação (OLIVEIRA, 2010).

A fermentação do caldo ocorre em dornas, onde se adicionam leveduras selecionadas que transformam o açúcar presente no caldo em álcool. O produto resultante deste processo é nomeado de vinho e possui até 12% de álcool (LACERDA, 2003). Para que ocorra uma fermentação ideal, o caldo precisa apresentar concentração de açúcares que devem estar em torno de 15 °Brix. Concentrações maiores, resultam em fermentações incompletas e lentas, diminuindo a multiplicação do fermento. Já concentrações menores de açúcar auxiliam na fermentação tornando-a mais rápida (OLIVEIRA, 2010).

O vinho é composto por água, etanol e diversos compostos secundários. Tais compostos são responsáveis pelas características e pela qualidade da bebida. Como o teor alcoólico da cachaça, de acordo com o Decreto nº 6.871/2009, deve estar entre 38% e 48%, e a fermentação não permite atingir níveis altos de teor alcoólico, é realizada uma etapa de destilação (OLIVEIRA, 2010). A destilação consiste em ferver o vinho até atingir uma temperatura em torno de 78,3 °C, evaporando o álcool que, posteriormente, é resfriado e condensado, aumentando o teor alcoólico da bebida (LACERDA, 2003).

Durante o processo de destilação, há a separação da cachaça em três partes nomeadas de cabeça, coração e cauda, conforme mostrado na figura 7. A cabeça e a cauda, que representam juntas 20% do destilado, não possuem níveis de qualidade adequados para o consumo sofrendo, então, uma nova destilação e sendo transformadas em etanol. Já o coração, que corresponde a 80% do destilado, possui o melhor nível de qualidade e continua no processo passando por envelhecimento em barris de madeiras selecionadas com a intensão de melhorar o sabor e odor da bebida. Passado o tempo de envelhecimento, a bebida é engarrafada e comercializada (FREIRE *et al.*, 2016).

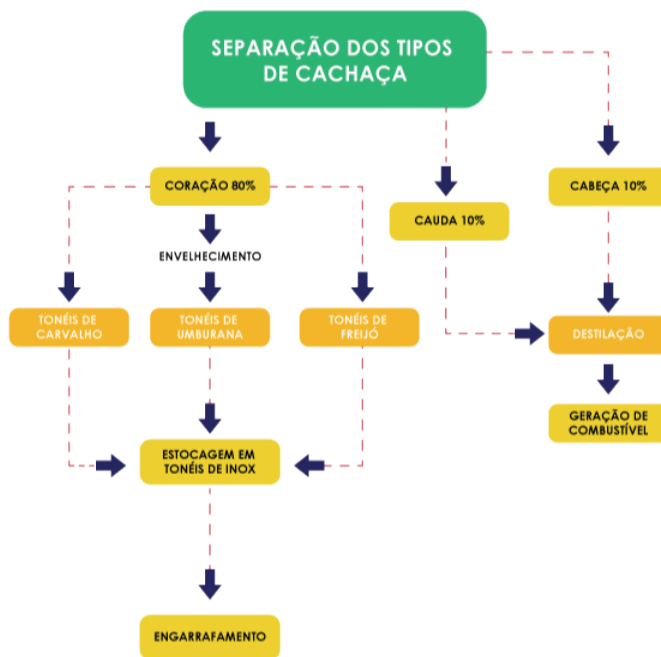


Figura 7 - Tipos de cachaça (frações do destilado), envelhecimento e envase.

Fonte: Adaptado de SANTOS *et al.* (2016)

1.3 Produção industrial x produção artesanal

O processo de produção de cachaça pode ser industrial ou artesanal compreendendo, em ambos os casos, as mesmas etapas de produção, que se diferenciam apenas pela forma como ocorre a destilação do vinho. No caso da produção industrial, utilizam-se colunas de destilação de aço inoxidável também conhecidas como destiladores contínuos. Como a produção industrial ocorre em grande escala, havendo maior padronização e controle, as características sensoriais da cachaça industrializada são inferiores as da cachaça artesanal (SEBRAE, 2019).

Já a produção artesanal da cachaça é realizada em alambiques de cobre, em uma escala reduzida, raramente ultrapassando 100.000 litros por ano. E diferentemente da produção industrial, que ocorre de forma contínua, a artesanal é realizada por bateladas (SEBRAE, 2019). O cobre, material de que é feito o alambique usado na produção artesanal da cachaça, contribui para a redução da acidez e dos níveis de aldeídos e compostos sulfurosos que conferem à cachaça sabores e odores marcantes que prejudicam o produto final (SILVA; PORTELA; ARAÚJO, 2007). No entanto, durante o processo de destilação da bebida, pode ocorrer a formação de carbonato de cobre $[CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2]$ na superfície do metal, conhecido como azinhavre. Esta substância é solubilizada pelos vapores ácidos

produzidos durante a destilação e, por arraste, acaba por contaminar a cachaça com íons de cobre (NASCIMENTO, 1998).

1.4 Efeitos da ingestão de cobre na saúde

Assim como outros metais, o cobre é fundamental para o bom funcionamento do corpo humano, sendo empregado pelo organismo na produção dos glóbulos vermelhos do sangue e de colágeno na pele. Ele também contribui para a saúde dos ossos, além de auxiliar na ativação do sistema imunológico. Este metal faz o papel tanto de cofator como de componente de uma série de importantes enzimas (cuproenzimas) que são fundamentais para as células. Ele também desempenha o papel de intermediador nas reações de oxirredução, onde ocorre a transferência de elétrons entre átomos. O cobre, compõe as enzimas que fazem parte do metabolismo aeróbio, responsável pela utilização do oxigênio como combustível para o fornecimento de energia às células. Neste contexto, duas cuproenzimas (das quais o cobre faz parte) tem papel fundamental: citocromo-c-oxidase e superóxido-dismutase (CATARINENSE PHARMA, 2019).

Recomenda-se uma alimentação que seja baseada no consumo de 2 a 5 mg de cobre por dia (SARGENTELLI; MAURO; MASSABNI, 1995). Porém, o excesso deste mineral no organismo pode ocasionar problemas de saúde. O consumo excessivo desse metal é raro, podendo ser feito através de alimentos ácidos ou bebidas acondicionadas em recipientes, canos ou válvulas de cobre por muito tempo (JOHNSON, 2021). Devido a sua afinidade com grupos S-H de muitas proteínas e enzimas, o cobre acaba por ser tóxico, estando relacionado com diversas doenças como epilepsia, melanomas, artrite reumatoide e doenças neurodegenerativas, como a doenças de Menkes, de Wilson, aceruloplasminemia, esclerose e Alzheimer.

O grande consumo deste metal ocasiona diversos problemas no organismo, como danificar os rins, diminuindo a produção de urina, e pode até causar anemia, já que provoca a ruptura dos glóbulos vermelhos (anemia hemolítica), o que pode levar à morte (JOHNSON, 2021).

1.5 Volumetria

A volumetria é uma técnica analítica quantitativa clássica largamente utilizada para a determinação da concentração de soluções de ácidos, bases, íons metálicos, oxidantes, redutores, entre outros. A análise volumétrica é efetuada pela determinação do volume de uma solução, cuja concentração é exatamente conhecida, que reage quantitativamente com um volume conhecido da solução que contém a substância a ser determina (BACCAN *et al.*, 1979).

É denominada solução padrão aquela cuja sua concentração é conhecida de forma exata, também chamada de titulante. O analito, substância cuja concentração será determinada, é denominada titulado. O objetivo da volumetria é atingir o ponto

estequiométrico, também conhecido como ponto de equivalência, pois é neste ponto que as quantidades de solução padrão e analito são estequiometricamente equivalentes (VASCONCELOS, 2019).

A análise volumétrica é classificada de acordo com a reação que ocorre entre o titulante e o titulado, como volumetria de neutralização ou volumetria ácido-base, volumetria de oxidação-redução, volumetria de complexação e volumetria de precipitação. O método utilizado neste trabalho para quantificar cobre nas amostras de cachaça artesanal foi a volumetria de oxidação-redução, no qual o processo de oxidação envolve uma substância perdendo elétrons (agente redutor) para outra (agente oxidante) ou um processo de redução onde uma substância ganha elétrons (agente oxidante) de outra (agente redutor). Em qualquer um dos casos o número de elétrons perdidos pela substância que sofre oxidação é sempre igual ao número de elétrons ganhos pela substância que sofre a redução, de modo a manter o equilíbrio isoeletrônico do meio reacional (BACCAN *et al.*, 1979).

2 | OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo determinar o teor de cobre em amostras de cachaça produzidas artesanalmente na região de Itapira-SP. Para isso, foi usado um método volumétrico de oxidação-redução, baseado na metodologia de determinação de teor de cobre por volumetria de Silva, Bastos e Costa (2021), para verificar se o teor de cobre nas amostras de cachaça artesanal se encontra dentro do limite de 5 mg/L estabelecido pelo MAPA.

3 | MATERIAL E MÉTODO

O método utilizado na análise das amostras de cachaça, foi baseado na metodologia de determinação de teor de cobre por volumetria de Silva, Bastos e Costa (2021).

3.1 Amostragem

Foram coletadas amostras de cachaça comercializadas na cidade de Itapira-SP e região. De acordo com o Instituto Adolfo Lutz (2008), para análises de metais não é recomendável utilizar vidro para armazenar as amostras, pois este adsorve os metais em suas paredes, sendo mais adequado se utilizar recipientes de polietileno. Portanto, foram coletadas amostras de cachaça produzidas artesanalmente por 3 produtores diferentes e que foram acondicionadas em frascos de polipropileno. Uma amostra da cachaça produzida pelo produtor 1 foi acondicionada em um frasco de vidro, para permitir avaliar a interferência deste material no teor de cobre da amostra. Para fins comparativos, foi coletada uma amostra de cachaça produzida industrialmente. Na Tabela 1 é apresentada a relação de amostras de cachaça que foram coletadas para serem submetidas às análises

de determinação do teor de cobre.

Amostras	Características
A	Cachaça do produtor 1 armazenada em polietileno
B	Cachaça do produtor 2 armazenada em polietileno
C	Cachaça do produtor 3 armazenada em polietileno
D	Cachaça do produtor 1 armazenada em garrafa de vidro
E	Cachaça industrial

Tabela 1 - Amostras de cachaça

Fonte: Autoria própria (2022)

3.2 Materiais e reagentes

Para a realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais, reagentes e equipamentos: ácido clorídrico concentrado, álcool etílico 40,0% (v/v), indicador amido em suspensão de 1,0% (m/v), iodeto de potássio, solução de sulfato de cobre penta-hidratado 19,6 g/L, solução de tiosulfato de sódio 0,01 mol/L, vidrarias e materiais volumétricos.

3.3 Método

As amostras de cachaça foram fortificadas com uma solução padrão de cobre antes de serem submetidas à análise volumétrica.

Para determinar o teor de cobre no padrão utilizado para a fortificação das amostras de cachaça, pesou-se, em um Erlenmeyer de 250 mL, 1,0 g de iodeto de potássio e adicionou-se, sequencialmente, 0,5 mL de ácido clorídrico concentrado, 1,0 mL da solução de sulfato de cobre penta-hidratado 19,6 g/L e 100 mL de álcool etílico 40%. Foi realizada a titulação desta mistura com uma solução de tiosulfato de sódio 0,01 mol/L, previamente padronizada, até que a mistura adquirisse uma coloração amarelo-pálido. Em seguida, adicionou-se 3,0 mL da solução indicadora de amido em suspensão de 1,0% e a titulação foi continuada até a viragem da cor para incolor. O teor de cobre na solução padrão foi calculada pela equação I.

$$\text{Teor de cobre no padrão} \left(\frac{\text{mg Cu}^{2+}}{\text{L}} \right) = \frac{Vg \cdot M \cdot 63,5 \cdot 1000}{Va} \quad (\text{I})$$

Onde:

Vg = volume gasto na titulação (L);

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

1000 = fator de conversão mássico;

M = concentração real do tiosulfato de sódio (mol L⁻¹);

Va = volume de padrão (L).

Para a análise das amostras de aguardente, pesou-se em um erlenmeyer de 250 mL, 1,0 g de iodeto de potássio e adicionou-se, sequencialmente, 0,5 mL de ácido clorídrico concentrado, 1,0 mL da solução de sulfato de cobre penta-hidratado 19,6 g/L e 100 mL da amostra de cachaça. Realizou-se a titulação da mistura com a solução de tiosulfato de sódio 0,01 mol/L, previamente padronizada, até que a mistura adquirisse uma coloração amarelo-pálido. Em seguida, adicionou-se 3,0 mL da solução indicadora de amido em suspensão de 1,0% e a titulação foi continuada até a viragem da cor para incolor. O teor de cobre na amostra foi calculado pela equação II.

$$\text{Teor de cobre na amostra} \left(\frac{\text{mg Cu}^{2+}}{\text{L}} \right) = \frac{((Vg \cdot M \cdot 63,5 \cdot 1000) - T \cdot Vf)}{Va} \quad (\text{II})$$

Onde:

Vg = volume gasto na titulação (L);

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

M = concentração real do tiosulfato de sódio (mol L⁻¹);

1000 = fator de conversão de g para mg;

T = concentração média determinada para o padrão de cobre (mg L⁻¹);

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

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

Tanto a análise do padrão de cobre, quanto das amostras de cachaça foram realizadas em duplicata.

4 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com a análise volumétrica para as amostras de cachaça são apresentados na Tabela 2, assim como o limite para o teor de cobre estabelecido pelo MAPA, para fins comparativos.

Amostra	Teor médio de Cu ²⁺ (mg/L)	Desvio (mg/L)
A	3,7	0
B	1,1	± 0,4
C	9,5	± 0,7
D	0,7	0
E	0,4	± 0,1
Padrão	7931,0	± 220,3
Limite MAPA	5,0	---

Tabela 2 - Teor de cobre determinado nas amostras de cachaça por análise volumétrica

Fonte: Autoria própria (2022)

Os resultados mostrados na Tabela 2 permitem observar que nas amostras de

cachaça artesanal A e B foram encontrados teores de cobre que estão abaixo do limite determinado pela legislação brasileira. Já a amostra de cachaça C apresentou uma concentração de cobre 4,5 mg/L acima do limite estabelecido pelo MAPA. Mas ao comparar os teores de cobre determinados nas amostras A e D, que pertencem ao mesmo produtor, mas foram armazenadas em frascos de polietileno e vidro, respectivamente, é possível observar que realmente ocorre a adsorção de metais no vidro, como apontado pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Pois, apesar de se tratar da mesma cachaça, a amostra D, que foi armazenada no frasco de vidro, apresentou uma concentração de cobre 2,94 mg/L abaixo da concentração de cobre determinada para a amostra A.

A pequena quantidade de cobre encontrada na amostra de cachaça produzida industrialmente (E) pode estar relacionada ao cobre presente na água destilada usada no preparo das amostras para a análise, sendo que esta não foi quantificada e, portanto, seu valor não foi subtraído da concentração final encontrada.

Os resultados obtidos para o teor de cobre nas amostras de cachaça artesanais, apontam para a falta da aplicação das boas práticas de fabricação, pois com uma higienização adequada é possível reduzir a formação do azinhavre. Para isso, é recomendado que a primeira destilação seja efetuada com água e suco de limão para que se remova o carbonato básico de cobre formado nas paredes do alambique e, a fim de evitar oxidação do material, o alambique e as serpentinas devem ser preenchidos com água durante as paradas de produção (FRANÇA; SÁ; FIORINI, 2011).

5 | CONCLUSÃO

Através do método volumétrico utilizado foi possível determinar teores de cobre nas amostras de cachaça em um intervalo de 0,4 mg/L a 9,5 mg/L. Apenas uma das amostras analisadas apresentou quase o dobro de teor de cobre permitido pelo MAPA, o que demonstra a falta de higienização dos alambiques e a aplicação de boas práticas de fabricação. As demais amostras de cachaça analisadas apresentaram teores de cobre abaixo do limite estabelecido pelo MAPA. Notou-se que o uso de vidro para armazenamento de cachaças pode ser apropriado em função da ocorrência de adsorção do cobre pelo material da embalagem, como observado nos resultados obtidos, já que uma mesma amostra armazenada em polietileno apresentou um teor de cobre de 3,7 mg/L, enquanto que quando armazenada em vidro, o teor determinado foi de 0,7 mg/L.

REFERÊNCIAS

BACCAN, N. *et al.* **Química analítica quantitativa elementar**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1979. 245 p.

CATARINENSE PHARMA. **Mineral cobre**. Vitaminas e minerais, 2019. Disponível em: <https://catarinensepharma.com.br/blog/mineral-cobre/>. Acesso em: 10 set. 2022.

- FEITOSA, Patrícia Cristina Leite. **A cachaça como identidade cultural**. 2005. 70 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialista em Turismo, Cultura e Lazer, Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2005 p. 7-12; 15-23
- FRANÇA, N.; SÁ, O. R. de; FIORINI, J. E. **Avaliação da qualidade da cachaça artesanal produzidas no município de Passos (MG)**. 2011. Disponível em: <https://revista.uemg.br/index.php/praxys/article/view/2206/1190>. Acesso em: 15 out. 2022.
- FREIRE, T. S. S. *et al.* **PROCESSO PRODUTIVO EM UMA CACHAÇARIA ORGÂNICA**. In: 5º FÓRUM INTERNACIONAL ECOINOVAR 1ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE SUSTENTABILIDADE E INOVAÇÃO, 5., 2016, Santa Maria, Rs. Disponível em: <http://ecoinovar.com.br/cd2016/arquivos/artigos/ECO1370.pdf>. Acesso em: 5 out. 2022
- IBRAC, Instituto Brasileiro da Cachaça. **Mercado Externo**. IBRAC, 2021. Disponível em: <https://ibrac.net/servicos/mercado-externo>. Acesso em: 10 out. 2022.
- JOHNSON, L. E. **Excesso de cobre**. 2021. Disponível em: <https://www.msmanuals.com/pt-br/casa/dist%C3%BArbios-nutricionais/minerais/excesso-de-cobre>. Acesso em: 08 out. 2022.
- LACERDA, M. **Como é feita a cachaça?** 2003. Disponível em: <https://super.abril.com.br/historia/como-e-feita-a-cachaca/>. Acesso em: 12 set. 2022.
- LIMA, A. J. B. *et al.* **Emprego do carvão ativado para remoção de cobre em cachaça**. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/SrcFR7jNxnQpxLtqD7LMssp/?lang=pt>. Acesso em: 16 out. 2022.
- MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **A cachaça no Brasil: dados de registro de cachaças e aguardentes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/AECE, 2019. p. 7;14.
- MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **A cachaça no Brasil: dados de registro de cachaças e aguardentes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/AECE, 2021. p. 11-12
- NASCIMENTO, R. F. *et al.* **Influência do material do alambique na composição química das aguardentes de cana-de-açúcar**. 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/8Zgcc6dq9QS9bKJpb9PXMmn/?lang=pt>. Acesso em: 5 out. 2022.
- OLIVEIRA, Ana Márcia Lara de. **O PROCESSO DE PRODUÇÃO DA CACHAÇA ARTESANAL E SUA IMPORTÂNCIA COMERCIAL**. 2010. 55 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-Graduação em Microbiologia do Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. p. 5-6;10-20.
- SARGENTELLI, V.; MAURO, A. E.; MASSABNI, A. C. **ASPECTOS DO METABOLISMO DO COBRE NO HOMEM**. Araraquara: Química Nova, 12 dez. 1995. Disponível em: http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/Vol19No3_290_v19_n3_11.pdf. Acesso em: 22 out. 2022.
- SANTOS, T. *et al.* **Processo produtivo em uma cachaçaria orgânica**. 2016. Disponível em: <http://ecoinovar.com.br/cd2016/arquivos/artigos/ECO1370.pdf>. Acesso em: 05 set. 2022.
- SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Goiás, **A cachaça de alambique: um estudo sobre hábitos de consumo em Goiânia**. Goiânia, 2019. p. 8-9

SILVA, F. Z.; BASTOS, I. C.; COSTA, P. R. **Aplicação de metodologia clássica para determinação de cobre em cachaça artesanal**. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/XqtYPg9fBgrNSKTpFS3QZhy/?lang=pt>. Acesso em: 20 set. 2022.

SILVA, L.M.F.; PORTELA, A.L.O.; ARAÚJO, A.D.A. **DETERMINAÇÃO DO TEOR DE COBRE EM AMOSTRAS DE CACHAÇAS COMERCIALIZADAS NA REGIÃO NORTE DO CEARÁ**. 2007. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/4/4-627-696.htm>. Acesso em: 27 out. 2022.

SOUZA, João Carlos de. **Determinação íons cobre(II) em aguardente de cana-de-açúcar utilizando a combinação spot test - espectroscopia de reflectância difusa**. 2015. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Química, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/142988/000849809.pdf?sequence=1>. Acesso em: 27 out. 2022.

VASCONCELOS, N. M. S. **Fundamentos de Química Analítica Quantitativa**. 2. ed. Fortaleza: Editora da Universidade Estadual do Ceará – Eduece, 2019. 194 p.