



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

MAIRLANE SILVA DE ALENCAR

ESTUDO COMPARATIVO DO TEOR DE CONTAMINANTES
EM CACHAÇAS ARTESANAIS E INDUSTRIAIS PRODUZIDAS NO CEARÁ

FORTALEZA
2021

MAIRLANE SILVA DE ALENCAR

ESTUDO COMPARATIVO DO TEOR DE CONTAMINANTES EM CACHAÇAS
ARTESANAIS E INDUSTRIAIS PRODUZIDAS NO CEARÁ

Trabalho final de curso apresentado ao Curso de Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. João José Hiluy Filho

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A354e Alencar, Mairlane Silva de.

Estudo comparativo do teor de contaminantes em cachaças artesanais e industriais produzidas no Ceará / Mairlane Silva de Alencar. – 2021.

48 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Química, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. João José Hiluy Filho.

1. Cachaça. 2. Contaminantes. 3. Metais pesados. I. Título.

CDD 660

MAIRLANE SILVA DE ALENCAR

ESTUDO COMPARATIVO DO TEOR DE CONTAMINANTES
EM CACHAÇAS ARTESANAIS E INDUSTRIAIS PRODUZIDAS NO CEARÁ

Trabalho final do curso de Engenharia
Química do Centro de Tecnologia da
Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial à obtenção do Grau de
Bacharel em Engenharia Química

Aprovada em: ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João José Hiluy Filho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Rílvia Santiago Aguiar
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Paula Luciana Rodrigues de Sousa
Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará (Nutec)

Dedico este trabalho a Deus, por ser meu guia e aos meus pais, Rivalda e Claudio, por não terem medido esforços para que eu chegasse até aqui. Minha eterna gratidão!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por guiar meus caminhos.

Aos meus pais, Rivalda Maria e Luiz Claudio, os responsáveis pela minha educação, por depositarem confiança e acreditarem em mim.

As minhas irmãs, Mariana, Mayrla e Nazaré, por todo apoio e incentivo. Aos meus afilhados, João Gabriel e Laís e minhas sobrinhas, Ana Luiza e Maria Fernanda, pelos momentos felizes e que me encantam cada dia mais.

Ao meu noivo, Icaro Iann, que esteve ao meu lado durante toda essa jornada, me apoiando e ajudando.

Aos meus amigos que estão comigo desde muito tempo, Renato, Késsia e Eduardo e a minha prima Thayná, pela amizade e companheirismo.

Aos meus amigos que ganhei na Engenharia Química, Bárbara Amon, Bárbara Viana, Alan, Brenda Novais e Yárina, por todo apoio e pelos momentos de descontração. Saibam que levarei cada um no meu coração.

Ao professor Hiluy, pela confiança e orientação durante toda a realização desse trabalho e por todo ensinamento durante o curso.

A banca examinadora, prof. Rílvia e Paula Luciana, por estarem dispostas a contribuírem com meu trabalho.

Ao Laboratório de Química Instrumental e Laboratório de Físico-Química de Alimentos do Nutec, pelas análises que pude realizar.

Aos meus amigos e colegas do estágio, Renata, Cleidiane, Vitor, Denilson, Crisiana, Alzira, Rubens, Luciana e Isabel por me ajudarem a crescer profissionalmente e por todo o conhecimento que foi me repassado.

Aos professores do Departamento de Engenharia Química, pelos ensinamentos.

“Lembre-se que as pessoas podem tirar tudo de você, menos o seu conhecimento.”

Albert Einstein

RESUMO

A cachaça, bebida genuinamente brasileira, é o terceiro destilado mais consumido do mundo. Pode ser produzida em larga escala em colunas de aço inox ou em menor escala em alambiques de cobre, onde esta última é normalmente feita de forma artesanal. Este estudo teve como objetivo comparar o teor de contaminantes (cobre e chumbo) em cachaças artesanais e industriais produzidas no estado de Ceará de acordo com os limites exigidos pela Instrução Normativa nº 13 de 29 de junho de 2005. Foram analisados os contaminantes inorgânicos cobre e chumbo, os quais foram quantificados por Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP – OES), o teor alcoólico e acidez volátil em dez amostras de cachaças, sendo cinco dessas artesanais e cinco produzidas em escala industrial. Das dez amostras analisadas, sete apresentaram teor de cobre, chumbo, teor alcoólico e acidez volátil dentro dos limites exigidos pela legislação brasileira. Entretanto, uma cachaça artesanal apresentou teor de cobre 6,184 mg/L, sendo que o limite máximo estabelecido pela legislação vigente é 5 mg/L. Duas cachaças industriais A1 e A2 apresentaram 31,8% e 30,8%, respectivamente, de teor alcoólico, sendo que o limite mínimo exigido é 38% para ser considerado cachaça. Como a presença do cobre está ligada diretamente com o material dos alambiques utilizados no processo produtivo, provavelmente essa amostra que apresentou inconformidade, pode ter ocorrido devido a uma falta de higienização do alambique ou o tamanho do alambique era muito grande, o que acarreta numa maior superfície de contato. Altos teores de cobre no organismo humano acarreta numa série de distúrbios e doenças, então é preciso que se faça um controle rigoroso e a correta limpeza dos alambiques.

Palavras-chave: cachaça, contaminantes, metais pesados.

ABSTRACT

Cachaça, a genuinely Brazilian drink, is the third most consumed distillate in the world. It can be produced on a large scale in stainless steel columns or on a smaller scale in copper stills, where the latter is usually made by hand. This study aimed to compare the content of contaminants (copper and lead) in artisanal and industrial cachaças produced in the state of Ceará according to the limits required by Normative Instruction No. 13 of June 29, 2005. The inorganic contaminants copper and lead were analyzed, which were quantified by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP - OES), the alcohol content and volatile acidity in ten cachaça samples, five of which are artisanal and five produced on an industrial scale. Of the ten samples analyzed, seven had copper, lead, alcohol content and volatile acidity within the limits required by Brazilian legislation. However, artisanal cachaça had a copper content of 6.184 mg / L, with the maximum limit established by current legislation being 5 mg / L. Two industrial cachaças A1 and A2 presented 31.8% and 30.8%, respectively, of alcohol content, with the minimum required limit being 38% to be considered cachaça. As the presence of copper is directly linked with the material from the stills used in the production process, probably this sample that presented non-conformity, may have occurred due to a lack of hygiene in the still or the size of the still was very large, which leads to a greater contact surface. High levels of copper in the human body cause a series of disorders and diseases, so it is necessary to carry out a strict control and the correct cleaning of the stills.

Keywords: cachaça, contaminants, heavy metals.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Colunas de destilação de aço inox..... | 18 |
| Figura 2 - Alambiques de cobre para a produção de cachaça artesanal | 18 |
| Figura 3 - Tabela periódica com elementos químicos analisados por ICP-OES | 21 |
| Figura 4 - Representação de uma tocha de plasma indutivamente acoplada | 22 |
| Figura 5 - Principais países de destino da cachaça em valor em 2020..... | 25 |
| Figura 6 - Principais países de destino da cachaça em volume em 2020 | 25 |
| Figura 7 - Tubos devidamente fechados com as amostras para serem levados a digestão no forno micro-ondas | 30 |
| Figura 8 - Forno micro-ondas utilizado para digestão das amostras..... | 30 |
| Figura 9 - Equipamento ICP - OES | 31 |
| Figura 10 - Resultado do teor de cobre nas dez amostras de cachaça | 33 |
| Figura 11 - Resultado do teor de chumbo nas dez amostras de cachaça..... | 35 |
| Figura 12 - Resultado do teor alcoólico das dez amostras de cachaça | 36 |
| Figura 13 - Resultado da acidez volátil das dez amostras de cachaça | 37 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Limites máximos permitidos pela Instrução Normativa nº 13 de 29 de junho de 2005. | 19 |
| Tabela 2 - Nomenclatura das dez amostras analisadas..... | 27 |
| Tabela 3 - Paramentos e condições do ICP-OES | 31 |
| Tabela 4 - Resultados obtidos do teor de cobre e chumbo, teor alcoólico e acidez volátil das cachaças analisadas | 32 |
| Tabela 5 - Média dos teores de cobre, chumbo, teor alcoólico e acidez volátil das cachaças industriais e artesanais..... | 38 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 13 |
| 2. OBJETIVOS | 15 |
| 2.1 Objetivo Geral..... | 15 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 15 |
| 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 16 |
| 3.1 Cachaça | 16 |
| 3.2 Diferenças da cachaça industrial e cachaça artesanal..... | 17 |
| 3.3 Contaminantes inorgânicos (cobre, chumbo e arsênio) | 19 |
| 3.4 Determinação de metais por ICP-OES..... | 21 |
| 3.5 Acidez volátil | 23 |
| 3.6 Mercado da cachaça | 24 |
| 4. MATERIAIS E MÉTODOS | 27 |
| 4.1 Amostras..... | 27 |
| 4.2 Teor alcoólico | 28 |
| 4.3 Acidez volátil | 28 |
| 4.4 Determinação de metais (cobre e chumbo) | 29 |
| 4.4.1 Preparo da amostra..... | 30 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 32 |
| 5.1 Teor de cobre | 32 |
| 5.2 Teor de chumbo | 34 |
| 5.3 Teor alcoólico | 35 |
| 5.4 Acidez volátil | 37 |
| 5.5 Comparação do processo produtivo | 38 |
| 6. CONCLUSÃO | 40 |
| 7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 41 |

1. INTRODUÇÃO

A cachaça é a segunda bebida alcoólica mais consumida em nosso país, perdendo apenas para a cerveja, e o terceiro destilado mais consumido do mundo. Em 2018 o faturamento do setor da cachaça foi superior a 10 bilhões de reais. Além de se destacar por ser uma bebida originalmente brasileira, a cachaça tem contribuído para o desenvolvimento do país tanto para sua relevância econômica, como também cultural e social (SOUZA, 2019).

Diante de sua relevância, é importante conhecer a composição química da cachaça, tanto a parte orgânica quanto inorgânica, para que possa ter o controle de ingestão de compostos nocivos à saúde humana. A Instrução Normativa nº 13 de 29 de junho de 2005 (apêndice A) determina limites máximos para três contaminantes inorgânicos presentes na cachaça, são eles: arsênio (0,1 mg/L), cobre (5 mg/L) e chumbo (0,2 mg/L). Segundo Miranda (2005), esses limites têm como objetivo garantir a proteção a saúde pública e também a qualidade da bebida.

A contaminação desses metais na cachaça pode ocorrer desde o plantio da matéria-prima, seja por meio da contaminação do solo com agrotóxicos ou pelas rochas e sedimentos presentes na região. Outra forma de contaminação é a falta ou má higienização dos equipamentos do processo produtivo. Quando a cachaça é destilada em alambiques de cobre, fator característico da cachaça artesanal, pode ocorrer também a contaminação do cobre na cachaça (MIRANDA *et al.*, 2010, apud FERREIRA, 2015).

Para ser considerado cachaça, o teor alcoólico mínimo exigido é 38% em volume e o máximo permitido é 48%, valores inferiores ou superiores a esses valores, a bebida não poderá ser comercializada como sendo cachaça. Outro limite máximo descrito na legislação brasileira vigente é o da acidez volátil, que limita em 150 mg de ácido acético por 100 ml de álcool anidro (BRASIL, 2005).

Foi observada uma crescente demanda de análises de cachaça no Laboratório de Química Instrumental do Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará (Nutec), principalmente pelas cachaças artesanais. Os produtores estão cada vez mais preocupados com a padronização de seus produtos e também com a adequação às Normas Técnicas de Controle de Qualidade. O Nutec realiza as análises

necessárias para que os produtores possam comercializar seus produtos obedecendo os parâmetros da Instrução Normativa nº 13 de 29 de junho de 2005. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo investigar os teores de cobre, chumbo, teor alcoólico e acidez em cachaça.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar dez amostras de cachaça produzidas no Ceará, sendo cinco produzidas industrialmente e cinco artesanais, avaliando se estão em conformidade com os critérios estabelecidos na legislação vigente e comparar se o processo produtivo interfere no resultado final.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar os contaminantes inorgânicos cobre e chumbo utilizando a espectrometria de emissão óptica de plasma indutivamente acoplado (ICP-OES);
- Determinar o teor alcoólico;
- Determinar a acidez volátil;
- Verificar se os resultados obtidos estão em conformidade com a Instrução Normativa nº 13 de 29 de junho de 2005;
- Verificar se os resultados do teor de cobre estão em conformidade com a legislação europeia;
- Comparar o processo produtivo (industrial x artesanal) com o resultado final.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Cachaça

A cachaça é uma bebida genuinamente brasileira e segundo a Instrução Normativa nº 13 de 29 de junho de 2005 é definida como sendo uma bebida com graduação alcoólica de 38% a 48% em volume a 20 °C, que é produzida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana de açúcar e pode ser adicionado até 6 g/L de açúcares expressos em sacarose (BRASIL, 2005).

Segundo o Instituto Brasileiro da Cachaça (IBRAC) estima-se que a primeira destilação da cachaça tenha ocorrido entre os anos de 1516 e 1532 em algum engenho de açúcar no litoral brasileiro e foi, portanto, o primeiro destilado da América Latina. A cachaça foi se destacando no final do século XVI e começo do século XVII chegando a ser um dos produtos mais exportados do país e foi também moeda para compra de escravos na África (SEBRAE, 2019).

Cascudo (2004 apud SCOLARI e VENQUIARUTO, 2018) relatou que o bagaço da uva, a “bagaceira”, produzida pelos portugueses pode ter sido a precursora da aguardente do Brasil. Portugal trazia a cana-de-açúcar com o objetivo de explorar os recursos disponíveis no Brasil e para conseguir que os imigrantes ficassem por mais tempo.

No início da colonização portuguesa e durante um certo tempo, a cachaça era associada a pessoas de baixa renda e escravos. Posteriormente, com o aprimoramento das técnicas de produção, a cachaça foi ganhando espaço em todas as classes sociais e reconhecimento internacional (SEBRAE, 2019).

O processo produtivo da cachaça se resume em quatro etapas: preparo da matéria-prima, moagem e tratamento do caldo, fermentação e destilação. A cana-de-açúcar, matéria-prima utilizada para a fabricação da cachaça, precisa passar por um processo de limpeza para que não ocorra contaminação. Na sequência, a cana é então levada para a etapa de moagem, onde será obtido o caldo da cana. Em seguida esse caldo é decantado e filtrado, a fim de obter a limpeza da garapa. A próxima etapa é a fermentação, processo no qual as leveduras transformam os açúcares do mosto em etanol e gás carbônico (VOLPE, 2013).

Em processos fermentativos artesanais é utilizado fubá ou farelo de arroz, enquanto em processos industriais utilizam as leveduras *Saccharomyces cerevisiae* ou *Kluyveromyces marcianus*, é também nessa etapa que ocorre a formação de produtos secundários. Com a obtenção do vinho no processo fermentativo, o vinho da cana seguirá para a etapa de destilação para elevar o teor alcoólico, podem ser produzidos em alambiques de cobre, característicos do processo artesanal ou produzidos em colunas de aço inox, por fim é obtido a cachaça. A cachaça pode ir para tonéis de madeira para envelhecimento ou já pode ser engarrafada (SCOLARI e VENQUIARUTO, 2018; VOLPE, 2013).

3.2 Diferenças da cachaça industrial e cachaça artesanal

A cachaça pode ser produzida de duas diferentes formas, o que as definem como, cachaça industrial ou cachaça artesanal. Ambas possuem diversas diferenças quanto a produção, escala, preço, dentre outras características. Porém, para a legislação brasileira ambas são produtos idênticos, ou seja, as duas devem seguir o mesmo padrão e respeitar todos os limites impostos pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento).

Com relação a quantidade de produção, a cachaça industrial é produzida em larga escala por empresas de grande porte, enquanto a cachaça artesanal é produzida em menor escala e por pequenos produtores, onde em muitos casos é utilizada a mão-de-obra familiar (ARAÚJO, 2017).

Na cana-de-açúcar da cachaça industrial é utilizado fertilizantes, adubos e inseticidas e sua colheita é feita de forma mecanizada e com uso esporádico de queimadas, a fim de facilitar as operações de colheita. Na etapa da fermentação podem ser utilizados alguns aditivos químicos para reduzir os custos e também para aumentar o rendimento na produção (ARAÚJO, 2017). Nesse processo de fabricação são utilizadas colunas de destilação de aço inox (Figura 1). Segundo Jannuzzi (2016) as cachaças industriais perdem em complexidade sensorial, porém possuem maior padronização e controle.

Figura 1 - Colunas de destilação de aço inox



Fonte: Jannuzzi (2016)

Geralmente os produtores de cachaças artesanais possuem seu próprio plantio de cana-de-açúcar, não são utilizados agrotóxicos, a colheita é feita manualmente sem a queima do canavial e na etapa da fermentação não são utilizados aditivos químicos (SEBRAE, 2012). A principal diferença desse tipo de cachaça para a industrial é com relação a destilação, que é feita em batelada em alambiques de cobre (Figura 2). É durante esse processo que ocorre a separação das partes (cabeça, coração e cauda), descartando a cabeça e a cauda e ficando apenas a parte nobre da cachaça artesanal que é o coração. É também durante esse processo que é agregado aromas e sabores à bebida, pois favorece a formação de congêneres importantes (JANNUZZI, 2016).

Figura 2 - Alambiques de cobre para a produção de cachaça artesanal



Fonte: Jannuzzi (2016)

Essas diferenças no processo produtivo impactam diretamente o preço de venda das cachaças, pois as cachaças artesanais são mais caras do que aquelas produzidas industrialmente.

3.3 Contaminantes inorgânicos (cobre, chumbo e arsênio)

A Instrução Normativa nº 13 de 29 de junho de 2005 estabelece os limites máximos para cobre, chumbo e arsênio na cachaça. Na Tabela 1 observa-se que o limite máximo para o cobre é 5 mg/L, enquanto que a legislação europeia estabelece 2 mg/L, ou seja, é fator importante que se deve levar em consideração quanto a exportação de cachaça (BRASIL, 2005).

Tabela 1 – Limites máximos permitidos pela Instrução Normativa nº 13 de 29 de junho de 2005.

| Contaminante Inorgânico | Limites máximos (mg/L) |
|-------------------------|------------------------|
| Arsênio (As) | 0,1 |
| Cobre (Cu) | 5 |
| Chumbo (Pb) | 0,2 |

Fonte: (Brasil, 2005)

O arsênio (As) é um elemento tóxico e é encontrado em quantidades traço no ar, água, solo e organismos. No Brasil, o arsênio é encontrado na forma de sulfetos e associado ao mineral arsenopirita (FeAsS). A presença desse elemento tanto pode ocorrer de forma natural, devido à erosão de solos e rochas, erupções vulcânicas e ao intemperismo, como também por contaminação, devido ao uso de pesticidas e herbicidas e por rejeitos de mineradoras (SAMUKA *et al.*, 2010).

A ingestão de arsênio pode causar lesões de pele, câncer, distúrbio do sistema nervoso central, dentre outras doenças. Teixeira (2013) relata que a contaminação de arsênio na cachaça pode ser devido ao seu acúmulo no solo, que conseqüentemente deve-se à falta de controle da qualidade da matéria-prima, ou seja, a cana-de-açúcar já pode ir para o processo produtivo contaminado com esse metal.

O chumbo é um elemento químico tóxico e caracterizado como metal pesado, é prejudicial para a saúde humana e animal. O contato com esse metal pode ser via oral, inalatória ou através da pele. Possui capacidade de se acumular no organismo e

pode causar danos nos rins, fígado, cérebro, além de convulsões, paralisias e encefalopatia (MAGALHÃES, 2021).

O cobre é importante para saúde humana, pois ajuda no funcionamento adequado de vários sistemas enzimáticos. Todavia, o excesso desse metal no organismo pode causar diversas doenças, como a doença de Wilson, Alzheimer, esclerose, dentre outras (CARDOSO, 2001).

Estudos relatam que o cobre confere uma melhor qualidade a cachaça, entretanto é preciso ter cuidado, pois se o metal estiver presente em altas concentrações pode contaminar o produto, além de se tornar prejudicial à saúde. É na etapa de destilação que o metal entra na cachaça, caso o equipamento seja constituído com cobre. Quando o cobre é exposto ao ar úmido contendo gás carbônico, o metal vai se oxidando lentamente, com isso vai ficando coberto por uma camada esverdeada chamada de “azinhavre”, essa mistura é dissolvida pelos vapores alcoólicos ácidos e assim resulta na contaminação do produto (CARDOSO, 2001; RODRIGUES, MARINHO E SIQUEIRA, 2009).

A contaminação por metais nas cachaças e aguardentes ocorre principalmente devido ao acúmulo do azinhavre nas paredes dos destiladores. Outros fatores que podem ser levados em consideração também é o preparo e o plantio da cana-de-açúcar que pode influenciar nos teores desses metais (CONCEIÇÃO *et al.*, 2011).

A composição química da cachaça pode ser dividida em: substâncias orgânicas e inorgânicas. A fração orgânica é constituída por álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres, carbamato de etila, ácidos carboxílicos e compostos sulfurados. A fração inorgânica é constituída por íons metálicos, como alumínio, arsênio, cádmio, chumbo, cobre, ferro e outros (SIEBALD *et al.*, 2002).

A determinação de metais é muito importante tanto para as características organolépticas da cachaça como também para a saúde humana, pois muitos desses metais são prejudiciais à saúde quando em altas concentrações no organismo humano (FERREIRA, 2015).

3.4 Determinação de metais por ICP-OES

A determinação de metais identifica e quantifica quantidades muito pequenas de metais e metais pesados nas amostras e as técnicas analíticas mais utilizadas são espectroscopia de absorção atômica (AAS), a espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES) e a espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS) (TOLEDO, 2021).

O ICP-OES é uma técnica de quantificação muito utilizada para a determinação de metais em uma grande variedade de amostras, quantifica elementos químicos onde o limite de detecção é muito baixo, em nível traço (FERREIRA, 2015). É capaz de determinar mais de 70 elementos (Figura 3) e tem como principal característica a leitura multielementar, ou seja, quantifica muitos elementos ao mesmo tempo (COLZATO, 2021).

Figura 3 - Tabela periódica com elementos químicos analisados por ICP-OES

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | Comprimento de onda (nm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----|---------|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|----|----|---------|----|----|----|--|--|----|----|---------|----|----|----|---------|----|----|----|---------|----|----|----|---------|----|----|----|---------|----|----|----|---------|----|----|----|---------|----|----|----|---------|----|----|----|---------|----|----|----|---------|----|----|----|---------|----|----|----|---------|----|----|---|---------|----|----|----|--|--|----|----|--|--|----|----|--|--|----|----|--|--|----|----|--|--|----|----|--|--|----|----|--|--|-----|----|--|--|-----|----|--|--|-----|----|--|--|-----|----|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | B | C | N | O | F | Ne | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 249.772 | 193.030 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | I | I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | Al | Si | P | S | Cl | Ar | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 396.153 | 251.611 | 213.617 | 180.669 | 725.670 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | I | I | I | I | I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 39 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | K | Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 766.490 | 393.366 | 361.383 | 334.940 | 290.880 | 267.716 | 257.610 | 238.204 | 228.616 | 231.604 | 327.393 | 206.200 | 417.206 | 265.118 | 188.979 | 196.026 | 863.866 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | I | II | II | II | I | II | II | II | II | II | I | II | I | I | I | I | I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I | Xe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 780.023 | 407.771 | 371.029 | 343.823 | 309.418 | 202.031 | 249.677 | 240.272 | 343.489 | 340.458 | 328.068 | 228.804 | 230.606 | 189.927 | 206.836 | 214.281 | 178.215 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | I | II | I | II | II | II | II | II | I | I | I | II | I | II | I | I | I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 55 | 56 | 57 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | Cs | Ba | La | Hf | Ta | W | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 455.531 | 455.403 | 408.672 | 264.141 | 226.230 | 207.912 | 197.248 | 228.226 | 224.268 | 214.423 | 267.595 | 194.168 | 190.801 | 220.353 | 223.06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | I | II | II | II | II | II | I | II | II | I | I | II | I | II | I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | 87 | 88 | 89 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | Fr | Ra | Ac | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | Estado de ionização I=átomo neutro II=ion 1+ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | número atômico, elemento comprimento de onda estado de ionização | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | <table border="1"> <tr> <td>51</td><td>Sb</td><td>206.836</td><td>I</td> </tr> </table> | | | | | | | | | | 51 | Sb | 206.836 | I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 51 | Sb | 206.836 | I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | <table border="1"> <tr> <td>58</td><td>Ce</td><td>413.764</td><td>II</td> </tr> <tr> <td>59</td><td>Pr</td><td>414.311</td><td>II</td> </tr> <tr> <td>60</td><td>Nd</td><td>406.109</td><td>II</td> </tr> <tr> <td>61</td><td>Pm</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>62</td><td>Sm</td><td>442.434</td><td>II</td> </tr> <tr> <td>63</td><td>Eu</td><td>381.967</td><td>II</td> </tr> <tr> <td>64</td><td>Gd</td><td>342.247</td><td>II</td> </tr> <tr> <td>65</td><td>Tb</td><td>350.917</td><td>II</td> </tr> <tr> <td>66</td><td>Dy</td><td>353.170</td><td>II</td> </tr> <tr> <td>67</td><td>Ho</td><td>345.600</td><td>II</td> </tr> <tr> <td>68</td><td>Er</td><td>337.271</td><td>II</td> </tr> <tr> <td>69</td><td>Tm</td><td>313.126</td><td>II</td> </tr> <tr> <td>70</td><td>Yb</td><td>328.937</td><td>II</td> </tr> <tr> <td>71</td><td>Lu</td><td>261.542</td><td>II</td> </tr> <tr> <td>90</td><td>Th</td><td>283.730</td><td>II</td> </tr> <tr> <td>91</td><td>Pa</td><td>385.958</td><td>II</td> </tr> <tr> <td>92</td><td>U</td><td>385.958</td><td>II</td> </tr> <tr> <td>93</td><td>Np</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>94</td><td>Pu</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>95</td><td>Am</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>96</td><td>Cm</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>97</td><td>Bk</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>98</td><td>Cf</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>99</td><td>Es</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>100</td><td>Fm</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>101</td><td>Md</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>102</td><td>No</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>103</td><td>Lr</td><td></td><td></td> </tr> </table> | | | | | | | | | | 58 | Ce | 413.764 | II | 59 | Pr | 414.311 | II | 60 | Nd | 406.109 | II | 61 | Pm | | | 62 | Sm | 442.434 | II | 63 | Eu | 381.967 | II | 64 | Gd | 342.247 | II | 65 | Tb | 350.917 | II | 66 | Dy | 353.170 | II | 67 | Ho | 345.600 | II | 68 | Er | 337.271 | II | 69 | Tm | 313.126 | II | 70 | Yb | 328.937 | II | 71 | Lu | 261.542 | II | 90 | Th | 283.730 | II | 91 | Pa | 385.958 | II | 92 | U | 385.958 | II | 93 | Np | | | 94 | Pu | | | 95 | Am | | | 96 | Cm | | | 97 | Bk | | | 98 | Cf | | | 99 | Es | | | 100 | Fm | | | 101 | Md | | | 102 | No | | | 103 | Lr | | |
| 58 | Ce | 413.764 | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 59 | Pr | 414.311 | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | Nd | 406.109 | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 61 | Pm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 62 | Sm | 442.434 | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 63 | Eu | 381.967 | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 64 | Gd | 342.247 | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 65 | Tb | 350.917 | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 66 | Dy | 353.170 | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 67 | Ho | 345.600 | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 68 | Er | 337.271 | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 69 | Tm | 313.126 | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 70 | Yb | 328.937 | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 71 | Lu | 261.542 | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 90 | Th | 283.730 | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 91 | Pa | 385.958 | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 92 | U | 385.958 | II | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 93 | Np | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 94 | Pu | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95 | Am | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 96 | Cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 97 | Bk | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 98 | Cf | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 99 | Es | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | Fm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 101 | Md | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 102 | No | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 103 | Lr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | <p>Limites de detecção</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ <0.1ppb ■ 0.1-1.0ppb ■ 1.0-10.0ppb ■ >10.0ppb | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Ferreira (2015)

Normalmente é realizado um processo de digestão na amostra a fim de promover a extração do analito da matriz a ser analisado. Dentre os processos de digestão que existem, os mais utilizados são: digestão em microondas com ácido nítrico e peróxido de hidrogênio e a mistura de água régia com hidróxido de amônio submetidos ao aquecimento em placa (FERREIRA, 2015).

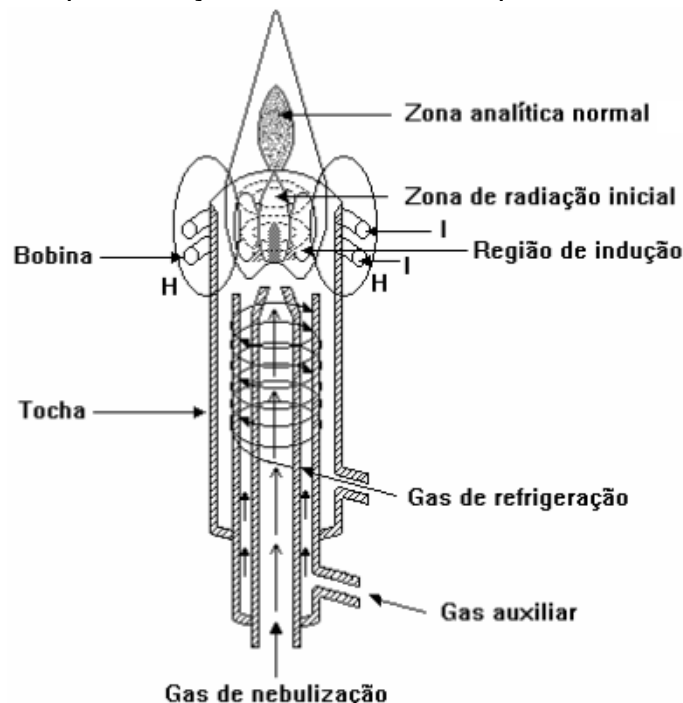
A técnica ICP-OES se baseia na propriedade dos átomos emitirem radiações eletromagnéticas quando submetidos a determinadas condições. Na maioria dos

casos a ionização dos elementos é feita utilizando como fonte o plasma de argônio que tem como vantagem possuir energia suficiente para promover a excitação de muitos elementos químicos, e assim possibilita uma ampla faixa de analitos (ANALÍTICA, 2021).

Após ter sido digerida, a amostra é encaminhada para o equipamento, onde por meio de uma mangueira com ajuda de uma bomba peristáltica é feita a sucção da amostra. Na sequência, por meio de nebulizador, a amostra é transformada em uma névoa onde por fim, será inserida no plasma (FERREIRA, 2015).

O plasma é formado na tocha, que é uma fonte indutivamente acoplada que possui três tubos de quartzo concêntricos com entradas independentes para cada seção anular (interna, intermediária e externa). Na seção anular interna é onde entra o aerossol da amostra, já na seção anular intermediária é onde entra o gás auxiliar, que é responsável por resfriar a tocha e estabilizar o plasma, e na seção anular externa é onde entra o gás argônio para formação e manutenção do plasma (GUINÉ-ROSAS, 1998). A figura 4 mostra uma representação da tocha.

Figura 4 - Representação de uma tocha de plasma indutivamente acoplada



Fonte: Jarvis e Gray (1992)

O tipo de gás, nitrogênio ou argônio, interfere na formação do plasma. O nitrogênio primeiramente se dissocia e depois é ionizado, isso requer uma energia bem maior quando comparado ao argônio e o plasma é menor e com margens bem

definidas, enquanto utilizando argônio é obtido um plasma comprido e semidifuso (GUINÉ-ROSIAS, 1998).

O primeiro processo que ocorre no plasma é a dessolvatação, que consiste na redução da quantidade de solvente e assim contribui para que uma menor carga de solvente chegue até a fonte de excitação. Depois, a energia recebida permite a dissociação das moléculas e em seguida ocorre os processos de atomização e excitação dos átomos (COLZATO, 2021).

A luz que passa do plasma para a ótica pode ser na visão radial, que é perpendicular ao eixo do plasma e na visão axial, que é no mesmo sentido do plasma. No eixo radial, a amostra sofre menos influência de interferentes, passa por uma menor região do plasma, o que ocasiona um limite de detecção maior. No eixo axial, a amostra sofre mais influência de interferentes, porém passa por uma maior área do plasma, onde ocorre uma maior radiação e assim melhora a sensibilidade do sistema (FERREIRA, 2015).

Por fim, todo fóton da amostra irá para o sistema óptico e depois será enviada para o detector, onde irá identificar e quantificar os elementos desejados de acordo com o método escolhido (FERREIRA, 2015).

3.5 Acidez volátil

A acidez volátil é expressa em ácido acético na cachaça, que é um dos produtos secundários formados durante o processo produtivo. É um parâmetro importante da cachaça, pois reflete diretamente nas características sensoriais. Se estiver em excesso possui um sabor indesejado para o paladar do consumidor (RODRIGUES, MARINHO E SIQUEIRA, 2009).

Segundo a Instrução Normativa nº 13 de 29 de junho de 2005, a acidez volátil na cachaça não pode ultrapassar 150 mg de ácido acético por 100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005).

A acidez depende de fatores que vai desde o controle da matéria-prima, quando esta não é armazenada da forma correta, e principalmente ao controle na etapa da fermentação: a levedura utilizada, o tempo e a temperatura, o manejo do mosto. Todo esse controle precisa ser realizado para evitar a proliferação de bactérias acéticas,

que além de aumentar a acidez da bebida, também é responsável por diminuir o rendimento da produção. A destilação deve ser feita logo após finalizar o processo de fermentação para também evitar a proliferação das bactérias acéticas (VOLPE, 2013; RODRIGUES, MARINHO E SIQUEIRA, 2009).

3.6 Mercado da cachaça

Segundo estimativas do IBRAC, a cachaça é a segunda bebida alcoólica mais consumida pelos brasileiros, é um dos quatro destilados mais consumidos do mundo e representa cerca de 72% do mercado de destilados no nosso país. Estima-se que a capacidade de produção no Brasil é cerca de 1,2 bilhões de litros anuais, porém a estimativa de produção é entre 700 e 800 milhões de litros anuais (IBRAC, 2021).

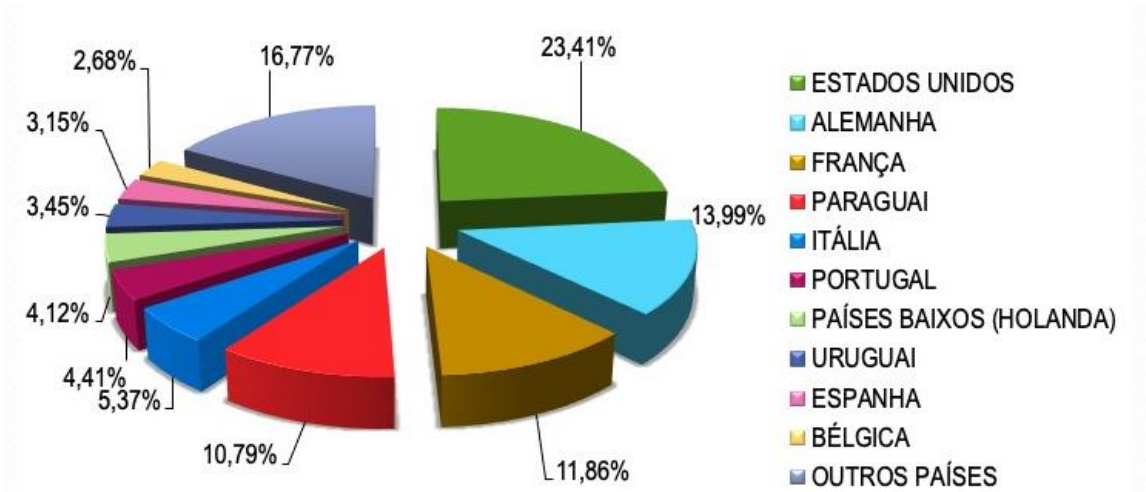
De acordo com um estudo realizado pelo MAPA, mesmo havendo uma redução do número de produtores registrados, houve um aumento de 9,73% em 2019 com relação a 2018 no número de marcas e produtos classificados como cachaça. Em 2018 foram registrados 1397 produtores e em 2019 foram 1086 produtores (IBRAC, 2021).

De acordo com o IBRAC (2021) no que diz respeito a produção de cachaça no Brasil, os estados mais produtores são: São Paulo, Pernambuco, Ceará, Minas Gerais e Paraíba. Com relação ao consumo, os estados que mais se destacam são: São Paulo, Pernambuco, Rio de Janeiro, Ceará, Bahia e Minas Gerais.

Em 2019, a cachaça foi exportada para 67 países e gerou uma receita de mais de US\$ 14 milhões, o que representou um decréscimo de 7,41% comparado com 2018. Os principais países de destino em valor foram Estados Unidos, Paraguai, Portugal e Alemanha (CACHAÇA, 2020).

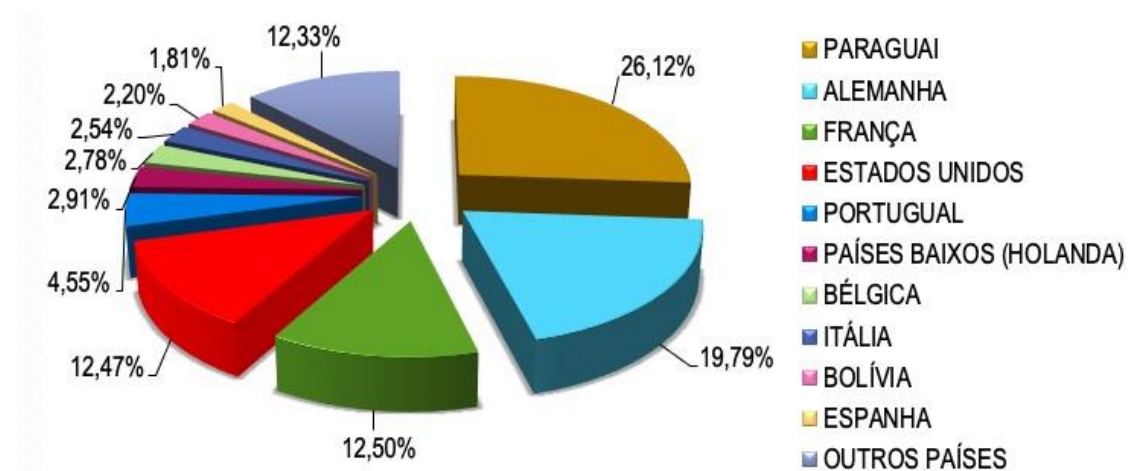
Em 2020, a cachaça foi exportada para 70 países, número maior comparando com 2019. Porém, a receita diminuiu consideravelmente. Houve um decréscimo de 34,79%, o que resultou numa receita de US\$ 9,52 milhões. Na figura 5 possui os principais países de destino em valor e na figura 6 os principais países de destino em volume (IBRAC, 2021).

Figura 5 - Principais países de destino da cachaça em valor em 2020



Fonte: IBRAC (2021)

Figura 6 - Principais países de destino da cachaça em volume em 2020



Fonte: IBRAC (2021)

Desde 2018 vem ocorrendo decréscimo nas exportações tanto em valor quanto em volume. Observou-se que em 2020 houve uma redução bem significativa, o que pode ter sido ocasionada pela pandemia do coronavírus que impactou diversas áreas e com a cachaça não foi diferente (RURAL, 2020).

Desde 2015 o número de estabelecimentos produtores também vem apresentando queda e isso pode ser devido ao aumento do IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) que gerou diversos impactos para a cadeia produtiva. Isso também pode indicar um aumento no que diz respeito a informalidade e ilegalidade desse setor (CACHAÇA, 2020).

Segundo o IBRAC, em 2019 a cachaça foi o setor mais impactado pela produção ilegal de bebidas no país, é necessário rever os impostos sobre a cachaça, uma vez que no Brasil ela é o produto mais tributado (RURAL, 2020).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

As dez amostras de cachaças foram obtidas de diferentes localidades do Estado do Ceará, sendo cinco produzidas em escala industrial e cinco produzidas de forma artesanal. Foi determinado os teores de cobre e chumbo por ICP-OES, e o teor alcoólico e acidez volátil seguindo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Química Instrumental (LQI) e no Laboratório de Físico-Química de Alimentos (LFQA) do Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará (Nuteq). O LQI realiza análises de multiresíduos de agrotóxicos em frutas, hortaliças e água utilizando a cromatografia líquida e gasosa, também trabalha com a determinação de metais em alimentos e água utilizando o ICP-OES. Já o LFQA realiza ensaios físico-químicos de matérias-primas e alimentos para a determinação de parâmetros de qualidade, bem como o valor nutricional.

4.1 Amostras

As amostras foram obtidas de diferentes localidades do Estado do Ceará. Foram analisados dez tipos de cachaça, sendo cinco produzidas em escala industrial e cinco produzidas de forma artesanal.

Na Tabela 2 é apresentada a nomenclatura das dez amostras analisadas. As cachaças produzidas em escala industrial foram oriundas de três marcas distintas e denominadas como, A1, A2, B, C1 e C2, onde as de 1 e 2 são de uma mesma marca, porém de categorias diferentes. As amostras do tipo artesanal foram de cinco produtores diferentes e denominadas como, D, E, F, G e H.

| Cachaças Industriais | Cachaças Artesanais |
|----------------------|---------------------|
| A1 | D |
| A2 | E |
| B | F |
| C1 | G |
| C2 | H |

As amostras ao chegarem no laboratório foram devidamente identificadas, armazenadas e posteriormente submetidas a análise de determinação de metais (cobre e chumbo), teor alcoólico e acidez volátil.

4.2 Teor alcoólico

Para a determinação do teor alcoólico em todas as amostras foi utilizado a metodologia descrita nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008), onde foi obtido a partir da conversão da densidade relativa a 20 °C/20 °C que foi determinada no destilado alcoólico da amostra.

Mediu-se 250 mL da amostra em um balão volumétrico de 250 mL e transferiu-se para um balão de 800 mL de fundo redondo utilizado no destilador Kjeldahl e conectou o frasco de destilação ao condensador. O destilado é recolhido no próprio balão volumétrico utilizado anteriormente contendo um pouco de água e imerso em um banho de água e gelo. É destilado cerca de $\frac{3}{4}$ do volume inicial da amostra, finalizado essa etapa, completa o balão volumétrico até o menisco com água e ajusta a temperatura para 20 °C. Por fim, é obtida a densidade utilizando um picnômetro. Foi pesado o picnômetro vazio, depois com água destilada e depois com a amostra e por diferença foi obtida a densidade da amostra a 20 °C. Em uma tabela descrita na metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008) foi obtido o teor alcoólico através do resultado da densidade.

4.3 Acidez volátil

A acidez volátil foi determinada pela diferença entre a acidez total e acidez fixa, utilizando a metodologia descrita nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Para a determinação da acidez total foi medido com uma proveta 100 mL da amostra e transferido para um Erlenmeyer de 500 mL e adicionou-se 0,5 mL do indicador fenolftaleína. A amostra com o indicador foi titulada com uma solução de hidróxido de sódio 0,1 M até a coloração ficar rósea. Para o cálculo foi utilizado a Equação 1 e o valor é expresso em g de ácido acético por 100 mL de amostra.

$$acidez\ total = \frac{n \times M \times f \times PM}{10 \times V} \quad (1)$$

Onde,

n = volume gasto na titulação da solução de hidróxido de sódio, em mL;

M = molaridade da solução de hidróxido de sódio;

f = fator de correção da solução de hidróxido de sódio;

PM = peso molecular de ácido acético (60 g);

V = volume da amostra, em mL.

Para a determinação da acidez fixa foi medido com uma proveta 50 mL da amostra e transferido para uma cápsula de porcelana, levou-se para o banho-maria e foi adicionando água aos poucos nas paredes da cápsula e esperou-se até a evaporação quase total. Em seguida, o resíduo obtido foi transferido para um Erlenmeyer de 250 mL com 100 mL de água e 0,5 mL de fenolftaleína e titulou-se com hidróxido de sódio 0,1 M até coloração rósea. Para o cálculo também foi utilizado a equação 1 e o valor é expresso em g de ácido acético por 100 mL de amostra.

A acidez volátil foi determinada pela diferença entre a acidez total e a fixa e o resultado é dado em g de ácido acético por 100 mL de amostra. Porém, como o resultado deve ser expresso em g de ácido acético por 100 mL de álcool anidro, utiliza-se a Equação 2.

$$\text{Ácidos voláteis} = \frac{A_v \times 100}{G} \quad (2)$$

Onde A_v = acidez total – acidez fixa (g de ácido acético por 100 ml de amostra);

G = graduação alcoólica.

4.4 Determinação de metais (cobre e chumbo)

Para a determinação dos metais cobre e chumbo nas amostras de cachaça foi utilizado um processo de digestão com ácido nítrico e peróxido de hidrogênio e levados a um forno micro-ondas, a fim de decompor totalmente a amostra e permitir a determinação do teor total dos metais. Com a amostra devidamente preparada faz-se a leitura no ICP-OES (POT76-FQA/LEA, 2019).

Todas as vidrarias utilizadas foram descontaminadas por 48 horas utilizando uma solução de ácido nítrico 10%.

4.4.1 Preparo da amostra

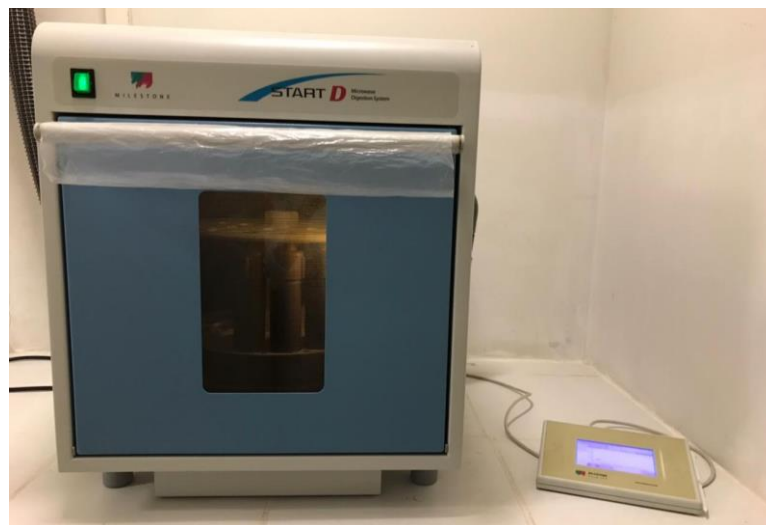
Com o auxílio de uma micropipeta pesou-se 0,4 g da amostra em um tubo TFM vessel, levou-se para a capela e adicionou-se 9 mL de ácido nítrico P.A. e 1 mL de peróxido de hidrogênio P.A. Depois, os tubos foram totalmente fechados (Figura 7) e levados ao forno micro-ondas (Figura 8), onde permaneceram por 30 minutos a 190 °C.

Figura 7 - Tubos devidamente fechados com as amostras para serem levados a digestão no forno micro-ondas



Fonte: autora (2021)

Figura 8 - Forno micro-ondas utilizado para digestão das amostras



Fonte: autora (2021)

Passado esse tempo, esperou-se resfriar por 15 minutos para depois realizar a abertura dos tubos. A amostra digerida foi transferida para um tubo de Falcon e completou com água deionizada até 50 ml. As amostras ficam sob refrigeração até a leitura no ICP-OES (Figura 9).

Figura 9 - Equipamento ICP - OES



Fonte: McSheehy, Seby e Nash (2021)

No equipamento ICP-OES foi realizada a leitura das amostras, onde foi identificado e quantificado os elementos desejados (cobre e chumbo). Na tabela 3 são apresentadas as condições experimentais do ICP-OES para leitura das amostras.

Tabela 3 - Parâmetros e condições do ICP-OES

| Parâmetros | Condições |
|----------------------------------|------------|
| Visão do plasma | Axial |
| Potência de radiofrequência (RF) | 1150 W |
| Vazão do gás de nebulização | 0,45 L/min |
| Vazão de argônio principal | 12 L/min |
| Vazão de argônio auxiliar | 0,5 L/min |

Fonte: POT76-FQA/LEA (2019)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos contaminantes inorgânicos cobre e chumbo para as dez amostras de cachaças industriais e artesanais estão apresentados na Tabela 4, bem como o teor alcoólico e a acidez volátil.

Tabela 4 - Resultados obtidos do teor de cobre e chumbo, teor alcoólico e acidez volátil das cachaças analisadas

| Amostras | Teor de Cobre (mg/L) | Teor de Chumbo (mg/L) | Teor Alcoólico (%) | Acidez Volátil (mg/100 mL de álcool anidro) |
|--------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|---|
| Industriais | | | | |
| A1 | 3,590 ± 0,166 | 0,003 ± 0,001 | 31,8 ± 1,5 | 40 |
| A2 | 4,340 ± 0,212 | 0,004 ± 0,001 | 30,8 ± 1,3 | 50 |
| B | 2,443 ± 0,012 | 0,022 ± 0,007 | 38,8 ± 0,9 | 100 |
| C1 | 0,160 ± 0,005 | 0,004 ± 0,001 | 38,7 ± 1,6 | 40 |
| C2 | 0,154 ± 0,028 | 0,015 ± 0,001 | 38,1 ± 2,0 | 30 |
| Artesanais | | | | |
| D | 1,350 ± 0,156 | 0,018 ± 0,003 | 39,8 ± 1,3 | 50 |
| E | 4,809 ± 0,023 | 0,003 ± 0,001 | 42,8 ± 0,8 | 70 |
| F | 6,184 ± 0,114 | 0,019 ± 0,001 | 46,9 ± 1,8 | 80 |
| G | 2,295 ± 0,036 | 0,060 ± 0,011 | 39,3 ± 1,9 | 100 |
| H | 3,853 ± 0,090 | 0,004 ± 0,004 | 48,0 ± 1,6 | 30 |

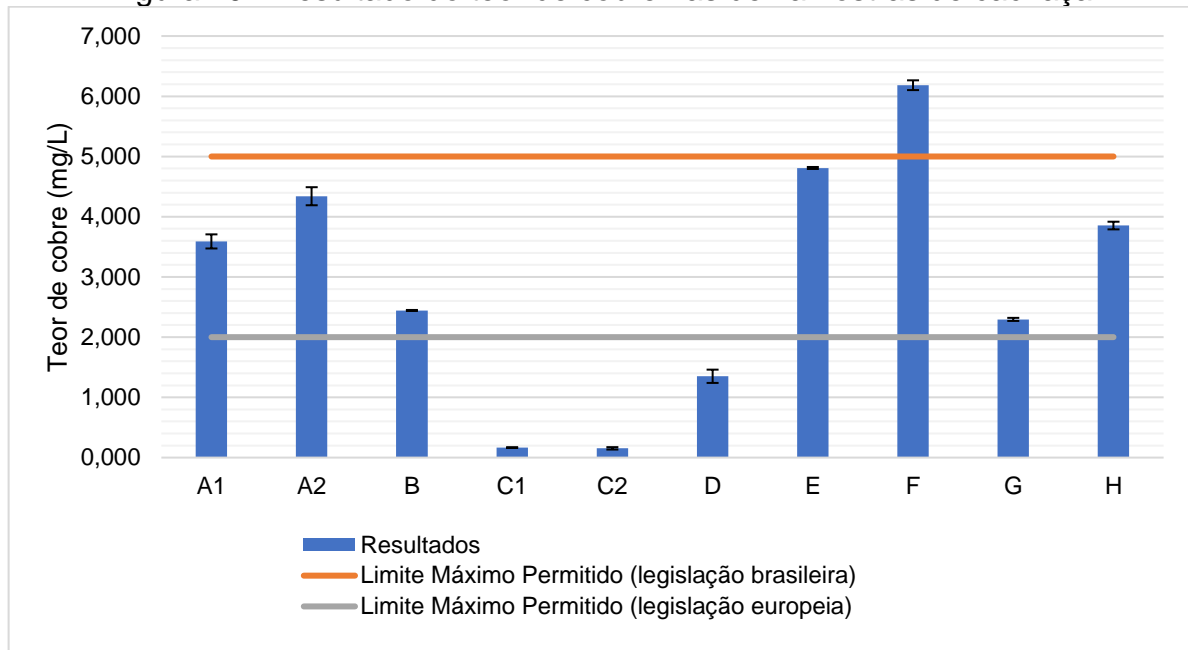
Resultado (média ± desvio padrão), exceto para a acidez volátil.

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

5.1 Teor de cobre

Na figura 10 estão apresentados os resultados do teor de cobre das dez amostras analisadas e o limite máximo permitido pela legislação brasileira. Os resultados das amostras variaram de 0,154 a 6,184 mg/L.

Figura 10 - Resultado do teor de cobre nas dez amostras de cachaça



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Apenas a cachaça artesanal F ficou acima do limite permitido, um aumento equivalente a 23,2%. Resultado parecido com Rodrigues, Marinho e Siqueira (2009) que avaliaram o teor de cobre em seis amostras de cachaças artesanais, onde duas amostras apresentaram valores acima do permitido pela legislação brasileira.

Levando em consideração a legislação da união europeia onde o limite máximo permitido é 2 mg/L, apenas duas amostras industriais (C1 e C2) e uma amostra artesanal (D) ficaram dentro do limite estabelecido, podendo assim ser exportado. As demais amostras A1, A2, B, E, F, G e H superaram o limite legal em 79,5; 117; 22,2; 140,5; 209,2; 14,7 e 92,7%, respectivamente.

A média obtida do teor de cobre das cachaças industriais foi 2,1 mg/L e das cachaças artesanais foi 3,7 mg/L. Este resultado é esperado, uma vez que a cachaça artesanal é produzida em alambique de cobre e a contaminação pode ser dada nesta etapa. Outra possível resposta para a amostra F ter apresentado valor maior pode ser devido à má higienização dos alambiques utilizados no processo produtivo.

Apesar das amostras de cachaça industrial A1, A2 e B não terem apresentado valores acima do limite permitido é preciso investigar sobre o processo produtivo, pois mostraram valores significativos para cachaças produzidas industrialmente.

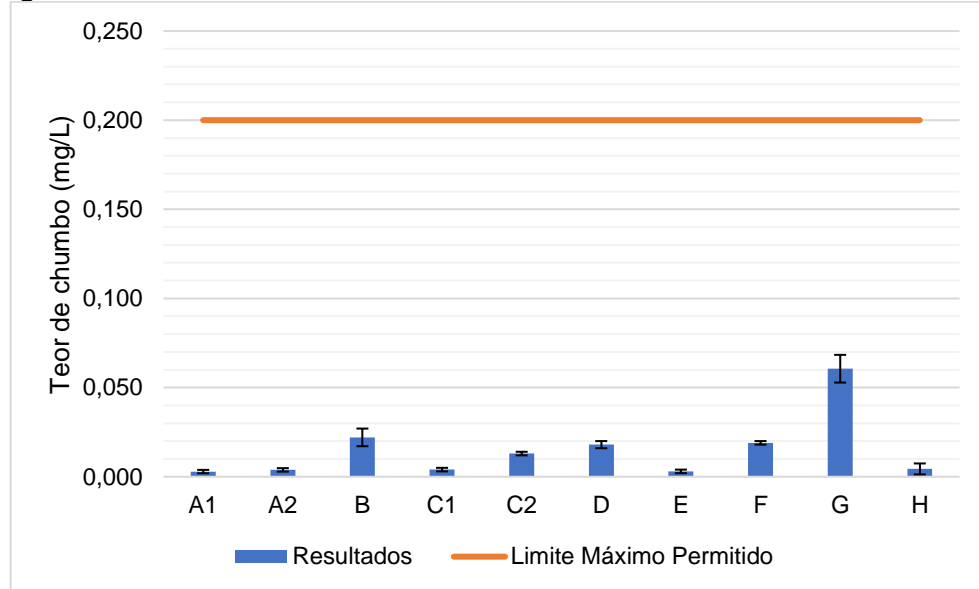
Volpe (2013) obteve em seu estudo o teor médio de cobre de 1,3 mg/L para as cachaças industriais e 5,1 mg/L para cachaças artesanais e concluiu que essa divergência é em virtude da influência do material utilizado na etapa de destilação. Entretanto, Volpe (2013) disse que isso não configura uma bebida ser melhor que a outra, seria necessário realizar uma análise sensorial para poder classificar qual bebida será melhor que a outra.

Buscando alternativas para reduzir o teor cobre das cachaças, Silva (2015) avaliou oito cachaças produzidas em Minas Gerais e obteve resultados do teor de cobre inferiores ao máximo estipulado pela legislação brasileira. Avaliou-se o efeito do contato da pedra-sabão (esteatito) nessas amostras e obteve redução de 50,4% no teor de cobre, mostrando assim como sendo uma alternativa para a redução do cobre. Entretanto, esse contato elevou muito a concentração de níquel chegando em até 622,2%, de forma a não ser recomendado. Souza (2012) avaliou a redução de cobre utilizando bagaço de cana-de-açúcar tratado com HCl e obteve resultados positivos, pois conseguiu diminuir significativamente o teor de cobre presente nas amostras para valores menores que 2 mg/L.

5.2 Teor de chumbo

Na figura 11 estão apresentados os resultados do teor de chumbo das dez amostras analisadas e o limite máximo permitido pela legislação brasileira. Os resultados das amostras variaram de 0,003 a 0,060 mg/L.

Figura 11 - Resultado do teor de chumbo nas dez amostras de cachaça



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

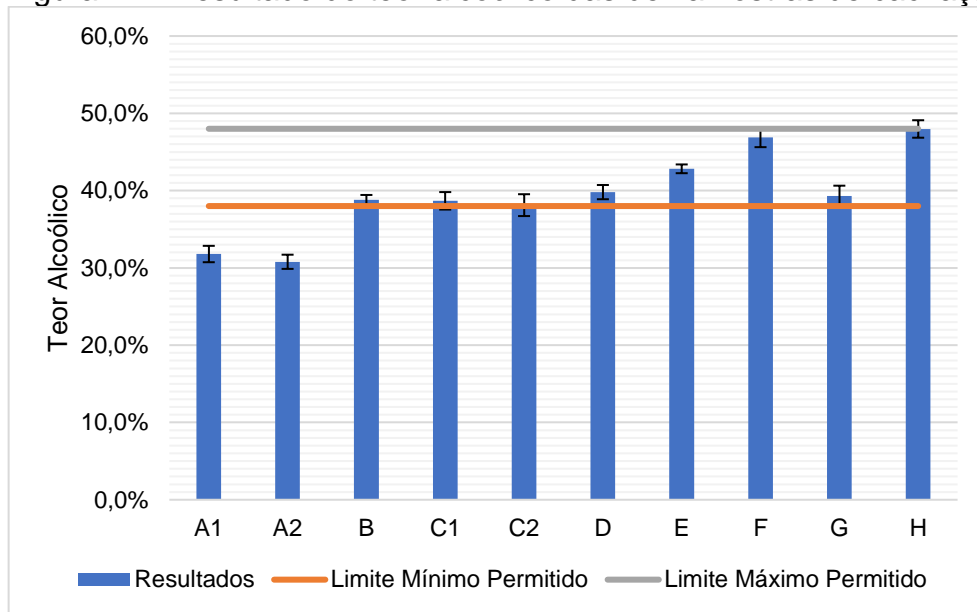
Todas as amostras apresentaram resultados bem inferiores aos limites máximos estipulados pela legislação brasileira vigente. A média das cachaças industriais foi 0,009 mg/L, enquanto as cachaças artesanais tiveram média de 0,021 mg/L, resultado semelhante encontrado por Silva (2015) o qual obteve média de 0,022 mg/L.

Todavia, os resultados deste trabalho se contrapõem com os resultados encontrados por Schoeninger e Campos (2011) que analisaram dezenove aguardentes de cana e constataram que quinze dessas amostras apresentaram inconformidade com a Instrução Normativa nº 13. Concluíram que o alto teor de chumbo encontrado foi associado a uma possível contaminação durante o processo produtivo ou através do material utilizado para embalagem.

5.3 Teor alcoólico

O teor alcoólico das dez cachaças analisadas está apresentado na Figura 12, os resultados variaram de 30,8 a 48% em volume. O limite mínimo exigido pela legislação brasileira para ser considerado cachaça é 38% e o máximo exigido é 48%.

Figura 12 - Resultado do teor alcoólico das dez amostras de cachaça



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

As cachaças industriais A1 e A2 ficaram abaixo do limite mínimo exigido, sendo que no rótulo das cachaças industriais A1, A2 e B apresentavam 39% de graduação alcoólica, enquanto que as amostras C1 e C2 apresentavam 38% de graduação alcoólica. Diante disso, verificou-se que as amostras A1 e A2 não podem ser vendidas como sendo cachaça ou aguardente de cana e não tiveram concordância com o rótulo dos seus respectivos produtos. As amostras B e C2 mostraram concordância da análise realizada com o rótulo. Todas as amostras de cachaças artesanais ficaram dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente.

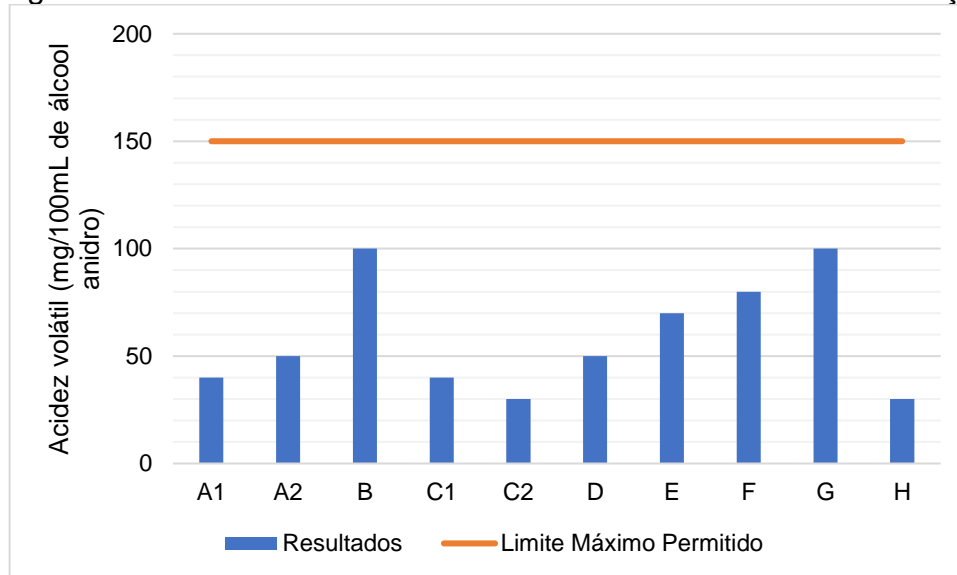
A média do teor alcoólico das amostras de cachaças industriais e artesanais foram 35,6% e 43,4%, respectivamente. No trabalho feito por Volpe (2013) com três amostras de cachaça industrial e três artesanais, o teor médio foi 44,3% para as cachaças industriais e 47,2% para as artesanais. No estudo realizado por Martins (2015) com treze amostras de aguardentes artesanais no Maranhão foi obtido 43,84% o teor médio alcoólico.

Volpe (2013) retrata em seu trabalho que o teor alcoólico está ligado diretamente à quantidade de água arrastada pelo processo de destilação e pode ser facilmente corrigido para a correta padronização, seja adicionando água potável para diminuir a porcentagem de teor alcoólico ou álcool neutro para aumentar, essa correção é feita de acordo com a necessidade.

5.4 Acidez volátil

Segundo a Instrução Normativa nº 13 de 29 de junho de 2005 o limite máximo da acidez volátil é 150 mg/100 mL de álcool anidro (BRASIL, 2005). Na figura 13 observa-se os resultados da acidez volátil que é expressa em mg de ácido acético por 100 mL de álcool anidro e o limite máximo permitido nas dez amostras de cachaça.

Figura 13 - Resultado da acidez volátil das dez amostras de cachaça



Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Todas as amostras apresentaram conformidade com a legislação brasileira e variaram de 30 a 100 mg/100ml de álcool anidro. A média das amostras de cachaças industriais e artesanais foram 52 e 66 mg/100 mL de álcool anidro, respectivamente. As amostras industriais e artesanais não tiveram uma diferença significativa levando em consideração a média calculada, ou seja, não foi observado diferença quanto ao processo produtivo desse parâmetro analisado. Estes resultados mostraram-se diferentes em relação ao estudo realizado por Volpe (2013) que encontrou média de 58,6 mg/100 mL para as cachaças industriais e 118,7 mg/100 mL para as artesanais e concluiu que devido a essa diferença significativa, o processo produtivo (industrial x artesanal) influenciou na quantidade de ácido acético.

Rota (2012) e Miranda *et al.* (2008) relatam em seus trabalhos que a redução da acidez melhora as características sensoriais da cachaça e com isso aumenta a aceitação dos consumidores. Portanto, levando em conta o parâmetro de acidez, as cachaças industriais analisadas no presente trabalho podem ser sensorialmente mais agradáveis que as cachaças artesanais.

Apesar de todas as amostras apresentarem resultados analíticos dentro dos parâmetros exigidos, é importante atentar-se a este parâmetro, pois vários fatores podem causar aumento. Destacam-se, por exemplo, controle inadequado na etapa da fermentação, má higienização dos equipamentos, tipo de levedura utilizada, dentre outros. Caso precise reduzir a acidez volátil, uma alternativa é através de um processo de bidestilação, que consistem em uma nova operação de destilação para que sejam reduzidos compostos secundários (MARTINS, 2015; VOLPE, 2013; RODRIGUES, MARINHO E SIQUEIRA, 2009).

5.5 Comparação do processo produtivo

Na tabela 5 tem-se as médias das amostras de cachaças industriais e artesanais quanto do teor de cobre, teor de chumbo, teor alcoólico e acidez volátil para que possa observar melhor a comparação no que diz respeito ao processo produtivo.

Tabela 5 - Média dos teores de cobre, chumbo, teor alcoólico e acidez volátil das cachaças industriais e artesanais

| | Industriais | Artesanais |
|--|-------------|------------|
| Teor de cobre (mg/L) | 2,137 | 3,698 |
| Teor de chumbo (mg/L) | 0,009 | 0,021 |
| Teor alcoólico (%) | 35,6 | 43,4 |
| Acidez volátil (mg/100ml de álcool anidro) | 52 | 66 |

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

Levando-se em consideração a média calculada do teor de cobre, teor de chumbo, teor alcoólico e acidez volátil pôde-se observar que há algumas diferenças quanto ao processo produtivo comparando as cachaças produzidas industrial e artesanalmente, pois a média de todas as amostras artesanais apresentou-se maior que as produzidas industrialmente.

Com relação ao teor de cobre, houve um aumento de 73% das amostras artesanais comparando com as amostras industriais, o que pode ser evidenciado pela principal diferença entre a cachaça artesanal e industrial que é na etapa de destilação, enquanto a cachaça industrial é produzida em destiladores de aço inox, a artesanal é em alambiques de cobre.

No que diz respeito ao teor de chumbo, houve um aumento de 127% das cachaças artesanais em relação as cachaças industriais, valor bastante significativo e isso pode ter ocorrido devido o controle de todo processo produtivo nas indústrias ser superior aos encontrados nas cachaças artesanais, porém isso não foi um problema visto que todas as cachaças apresentaram valores menores que o limite máximo permitido.

Quanto a acidez volátil, as cachaças artesanais apresentaram um aumento de 27% comparando com as cachaças industriais e novamente o controle do processo produtivo pode ter sido a causa disso, porém foi uma diferença pouco significativa que também não foi problema, pois todas as amostras ficaram dentro do limite permitido.

6. CONCLUSÃO

Das dez amostras analisadas, três cachaças industriais e quatro cachaças artesanais estiveram em conformidade com a Instrução Normativa nº 13 de 29 de junho de 2005 para todos os parâmetros estudados. Apenas uma amostra artesanal ficou em inconformidade com a legislação vigente quanto ao teor de cobre e duas amostras industriais ficaram em inconformidade quanto ao teor alcoólico.

A extrapolação do teor de cobre ocorrida na cachaça artesanal F pode ter sido ocasionada pela falta de higienização do alambique utilizado no processo de destilação. As amostras industriais A1 e A2 que apresentaram teor alcoólico inferior ao limite mínimo exigido pode ter ocorrido durante o processo de destilação, talvez não foram destilados o suficiente para obter a devida graduação alcoólica. Essas amostras também tiveram em discordância com o rótulo dos seus produtos que apresentavam 39% de teor alcoólico e o valor analisado foi 31,8% e 30,8%, respectivamente.

Comparando os resultados do teor de cobre com a legislação europeia, apenas duas amostras industriais e uma amostra artesanal ficaram com limites inferiores, podendo assim serem exportadas. As demais cachaças ficaram acima de 2 mg/L, sendo assim, não podem ser exportadas.

Notou-se diferença comparando os dois processos produtivos (industrial x artesanal), pois as médias obtidas de todos os parâmetros analisados foi superior para processo artesanal, sendo que os mais relevantes foram com relação ao teor de cobre e chumbo. A média maior do teor de cobre para o processo produtivo artesanal já era esperada, pois a cachaça é destilada em alambiques de cobre que é onde ocorre a principal contaminação por esse metal.

É importante que tenha controle durante todo o processo produtivo, seja industrial ou artesanal e que mantenha a higienização correta dos equipamentos para que possa evitar problemas com o produto final para que fique dentro de todos os limites exigidos pela legislação.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Determinação de todos os parâmetros (coeficiente de congêneres, contaminantes orgânicos e inorgânicos) descritos na Instrução Normativa nº 13 de 29 de junho de 2005 em amostras de cachaça.
- Incluir no método utilizado do ICP-OES o elemento arsênio, visto que está presente na legislação atual.

REFERÊNCIAS

- ANALÍTICA, Central. **Espectrometria de emissão óptica com plasma - ICP OES**. Disponível em: http://ca.iq.usp.br/novo/paginas_view.php?idPagina=13. Acesso em: 21 jan. 2021.
- ARAÚJO, Rafael. **Diferença entre Cachaça Industrial x Cachaça Artesanal**. 2017. Blog Cachaçaria Nacional. Disponível em: <https://blog.cachacarianacional.com.br/diferenca-entre-cachaca-industrial-x-cachaca-artesanal/>. Acesso em: 26 jan. 2021.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 13, de 29/06/2005**. Padrões de identidade e qualidade para aguardente de cana e para cachaça. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 30 jun. 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/instrucao-normativa-no-13-de-29-de-junho-de-2005.pdf/view>. Acesso em: 14 dez. 2020.
- CACHAÇA, Aprendendo A Exportar. **Dados de exportação de cachaça**. 2020. Disponível em: <http://www.aprendendoaexportar.gov.br/index.php/caracteristicas-basicas-do-setor/estatisticas-do-setor/dados-de-exportacao-de-cachaca#:~:text=No%20ano%20de%202019%2C%20a,volume%2C%20em%20compara%C3%A7%C3%A3o%20a%202018>. Acesso em: 02 fev. 2021.
- CARDOSO, M. G. **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. Lavras: Ed.da UFLA, 2001. 264p.
- COLZATO, Marina. **Fundamentos de espectrometria de emissão óptica com plasmas indutivamente acoplado (ICP OES)**. 2021. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://sites.usp.br/cmaa/fundamentos-icp-oes/>. Acesso em: 30 jan. 2021.
- CONCEIÇÃO, Milena Barbosa da; LIMA, Ana Carolina Zanotti de; CARDOSO, Natália Rosalina Delalibera; MODESTO, Terezinha Fiala. **DISCUSSÃO DA INFLUÊNCIA DOS TEORES DE COBRE NAS CACHAÇAS ARTESANAIS PARA A SAÚDE HUMANA E PARA A CACHAÇA PROPRIAMENTE DITA**. 2011. III ENCONTRO CIENTÍFICO E SIMPÓSIO DE EDUCAÇÃO UNISALESIANO. Disponível em: <http://www.unisalesiano.edu.br/simposio2011/publicado/artigo0145.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- FERREIRA, Romário Junior. **Determinação simultânea de metais em cachaças utilizando voltametria de redissolução com eletrodos de nanotubo de carbono e calibração multivariada**. 2015. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Química, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br/handle/10/1608>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- Giné-Rosias, Maria Fernanda. **Espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente. (ICP-AES)**. Piracicaba: CENA, 1998.
- IBRAC – Instituto Brasileiro da Cachaça. **Mercado Interno**. 2021. Disponível em: <https://ibrac.net/servicos/mercado-interno>. Acesso em: 02 fev. 2021.
- IBRAC. **Mercado Externo**. 2021. Disponível em: <https://ibrac.net/servicos/mercado-externo>. Acesso em: 02 fev. 2021.
- Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008**. Disponível em:

<https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2021.

JANNUZZI, Felipe. **As muitas formas de obter cachaça**. 2016. Disponível em: <https://outraspalavras.net/sem-categoria/as-muitas-formas-de-obter-cachaca/>. Acesso em: 22 fev. 2021.

JARVIS, K. E.; GRAY, A. L. **Handbook of inductively coupled plasma mass spectrometry**. Black & Son Ltd., New York, 1992.

MAGALHÃES, Lana. **Chumbo**. 2021. Toda Matéria. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/chumbo/#:~:text=O%20chumbo%20%C3%A9%20um%20elemento%20prejudicial%20para%20a%20sa%C3%BAde%20humana,inalat%C3%B3ria%20ou%20atrav%C3%A9s%20da%20pele.&text=O%20chumbo%20pode%20causar%20v%C3%B4mitos,aos%20rins%20e%20f%C3%ADgado%20e%20c%C3%A9rebro..> Acesso em: 24 jan. 2021.

MARTINS, Vânia Magda Câmara. **CARACTERIZAÇÃO DE AGUARDENTES ARTESANAIS DE CANA-DE-AÇÚCAR PRODUZIDAS NAS REGIÕES DE ALPERCATAS E SERTÃO MARANHENSE QUANTO AS COMPONENTES SECUNDÁRIOS, CONTAMINANTES ORGÂNICOS E INORGÂNICOS**. 2015. 29 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Universidade Federal do Maranhão, São Luis, 2015. Disponível em: <https://rosario.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/1435/1/VaniaMartins.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2021.

MCSHEEHY, Shona; SEBY, Fabienne; NASH, Martin. **The Determination of Trivalent and Hexavalent Chromium in Mineral and Spring Water using HPLC-ICP-MS**. Disponível em: <https://static.thermoscientific.com/images/D02228~.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2021.

MIRANDA, Mariana Branco de. **Avaliação Físico-Química de cachaças comerciais e estudo da influência da irradiação sobre a qualidade da bebida em tonéis de carvalho**. 2005. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-18112005-144555/publico/MarianaMiranda.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2021.

MIRANDA, Mariana Branco de; MARTINS, Nilo Gustavo Souza; BELLUCO, André Eduardo de Souza; HORII, Jorge; ALCARDE, André Ricardo. **Perfil físico-químico de aguardente durante envelhecimento em tonéis de carvalho**. Campinas: [s. n.], 2008. p. 84-89. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v28s0/14.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2021.

POT76-FQA/LEA: **Determinação de Metais por ICP-OES**. Rubens Carius. 2019

RODRIGUES, Janaína Pereira de Macedo; MARINHO, Aline Viana; SIQUEIRA, Maria Isabel Dantas de. **AVALIAÇÃO DA ACIDEZ VOLÁTIL, TEOR ALCOÓLICO E DE COBRE EM CACHAÇAS ARTESANAIS**. 2009. Goiânia. Disponível em: <http://seer.pucgoias.edu.br/index.php/estudos/article/view/1129/788>. Acesso em: 22 fev. 2021.

ROTA, MICHELLE BOESSO. **Caracterização sensorial e química de cachaça mono e bidestilada, envelhecidas em tonéis de carvalho**. 2012. 106 p. Tese (Doutor em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2012. Disponível em: <https://www2.fcfar.unesp.br/Home/Pos-graduacao/AlimentoseNutricao/michele-boesso-rotado.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2021.

RURAL, Canal. **Da proibição ao domínio do mercado: o caminho da cachaça no Brasil**. 2020. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/noticias/dia-nacional-cachaca-brasil/>. Acesso em: 02 fev. 2021.

SAKUMA, Alice Momoyo; CAPITANI, Eduardo Mello de; FIGUEIREDO, Bernardino Ribeiro; MAIO, Franca Durante de; PAOLIELLO, Monica Maria Bastos; CUNHA, Fernanda Gonçalves da; DURAN, Maria Cristina. **Arsenic exposure assessment of children living in a lead mining area in Southeastern Brazil. Cadernos de Saúde Pública**, [S.L.], v. 26, n. 2, p. 391-398, fev. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-311x2010000200018>. Disponível em:

https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2010000200018&lng=en&tlng=en. Acesso em: 28 jan. 2021.

SCOLARI, Hortência Adelina; VENQUIARUTO, Luciana Dornelles. **Química das Bebidas**. Erechim: Edifapes, 2018. 66 p. Química da Cachaça. Disponível em:

https://www.uricer.edu.br/site/publicacoes/Ebook_Qu%C3%admica_das_Bebidas_publica%C3%A7%C3%A3o_final_2018.pdf. Acesso em: 22 fev. 2021.

SCHOENINGER, Franciane; CAMPOS, Vanderléia de. TEORES DE COBRE E CHUMBO E GRAU ALCOOLICO DE AGUARDENTES COLONIAIS COMERCIALIZADAS NA REGIÃO DO ALTO VALE DO ITAJAÍ. **Revista Caminhos**, Rio do Sul, p. 27-37, 5 out. 2011. Disponível em: <https://docplayer.com.br/5312607-Teores-de-cobre-e-chumbo-e-grau-alcoolico-de-aguardentes-coloniais-comercializadas-na-regiao-do-alto-vale-do-itajai-1.html>. Acesso em: 16 fev. 2021.

SEBRAE. **A CACHAÇA DE ALAMBIQUE: um estudo sobre hábitos de consumo em Goiânia**. 2019. Disponível em:

<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/GO/Sebrae%20de%20A%20a%20Z/A%20Cacha%C3%A7a%20de%20Alambique%20-%20Um%20estudo%20sobre%20o%20h%C3%A1bito%20de%20Consumo%20em%20Goi%C3%A2nia.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2021.

SEBRAE. **Cachaça artesanal: relatório completo**. Relatório Completo. 2012. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/444c2683e8debad2d7f38f49e848f449/\\$File/4248.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/444c2683e8debad2d7f38f49e848f449/$File/4248.pdf). Acesso em: 26 jan. 2021.

SIEBALD, H. G. L.; CANUTO, M. H.; LIMA, G. M. de; SILVA, J. B. B. da. **Alguns aspectos toxicológicos da cachaça**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, MG, v. 23, n. 217, p. 59-62, 2002.

SILVA, Karine Aparecida Louvera. **TEOR DE CONTAMINANTES INORGÂNICOS EM CACHAÇAS DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO (MG, BRASIL) ARMazenadas em COPOS DE PEDRA-SABÃO (ESTEATITO)**. 2015. 64 p. Dissertação (Mestrado em Saúde e Nutrição) - Universidade Federal De Ouro Preto, Ouro Preto, 2015. Disponível em: https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/5762/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_TeorContaminantesInorg%C3%A2nicos.pdf. Acesso em: 12 fev. 2021.

SOUZA, André Moreira de. **DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UM MÉTODO ANALÍTICO PARA DETERMINAÇÃO DE COBRE EM CACHAÇA USANDO FAAS E APLICAÇÃO NO ESTUDO DE REMOÇÃO DE COBRE EM AMOSTRAS DA BEBIDA UTILIZANDO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR**. 2012. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química – Química Analítica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em:

https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/SFSA-92AUPU/1/disserta_o_de_mestrado_com_revis_o_da_banca_e_ficha_catalogr_fica.pdf. Acesso em: 28 fev. 2021.

SOUZA, Daniel. **Gestão: Os números da cachaça**. 2019. Food Service News. Disponível em: <https://www.foodservicenews.com.br/gestao-os-numeros-da-cachaca/>. Acesso em: 02 fev. 2021.

TEIXEIRA, Meryene de Carvalho. **Desenvolvimento de um método analítico utilizando eletrodo de pasta de carbono modificado com nanotubos de carbono para quantificação de arsênio em cachaças**. 2013. 73 f. Dissertação

(Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Agroquímica, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/handle/1/771>. Acesso em: 28 jan. 2021.

TOLEDO, Mettler. **Análise de Traços de Metais: Preparação de Padrões e Amostras**. Disponível em:

https://www.mt.com/br/pt/home/applications/Laboratory_weighing/trace_metal_analysis.html. Acesso em: 21 jan. 2021.

VOLPE, Thaisa Carvalho. **AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA CACHAÇA INDUSTRIAL E ARTESANAL COMERCIALIZADAS NO CENTRO NORTE PARANAENSE**. 2013. 94 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013. Disponível em:

http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6778/2/CM_COEAL_2012_2_09.pdf. Acesso em: 27 fev. 2021.

APÊNDICE A

INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 13, DE 29 DE JUNHO DE 2005

Aprova o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Aguardente de Cana e para Cachaça.

O MINISTRO DE ESTADO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, no uso da atribuição que lhe confere o art. 87, parágrafo único, inciso II, da Constituição, tendo em vista o disposto no art. 159, incisos I, II, IV e V, do Decreto nº 2.314, de 4 de setembro de 1997, e o que consta do Processo nº 21000.006604/2004-71, resolve:

Art. 1º Aprovar o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Aguardente de Cana e para Cachaça, em observância ao Anexo à presente Instrução Normativa.

Art. 2º Esta Instrução Normativa entra em vigor na data de sua publicação.

ROBERTO RODRIGUES

ANEXO

REGULAMENTO TÉCNICO PARA FIXAÇÃO DOS PADRÕES DE IDENTIDADE E QUALIDADE PARA AGUARDENTE DE CANA E PARA CACHAÇA

1. ALCANCE

1.1. Objetivo

Fixar a identidade e as características de qualidade a que devem obedecer a Aguardente de Cana e a Cachaça.

1.2. Âmbito de aplicação

O presente Regulamento Técnico aplica-se à Aguardente de Cana e à Cachaça que se comercializam em todo o território nacional e as destinadas à exportação.

2. DESCRIÇÃO

2.1. Definição

2.1.1. Aguardente de Cana é a bebida com graduação alcoólica de 38% vol (trinta e oito por cento em volume) a 54% vol (cinquenta e quatro por cento em volume) a 20°C (vinte graus Celsius), obtida do destilado alcoólico simples de cana-de-açúcar ou pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar, podendo ser adicionada de açúcares até 6g/l (seis gramas por litro), expressos em sacarose.

2.1.2. Cachaça é a denominação típica e exclusiva da Aguardente de Cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38 % vol (trinta e oito por cento em volume) a 48% vol (quarenta e oito por cento em volume) a 20°C (vinte graus Celsius), obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionada de açúcares até 6g/l (seis gramas por litro), expressos em sacarose.

2.1.3. Destilado Alcoólico Simples de Cana-de-Açúcar, destinado à produção da Aguardente de Cana, é o produto obtido pelo processo de destilação simples ou por destilação-retificação parcial seletiva do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar, com graduação alcoólica superior a 54% vol (cinquenta e quatro por cento em volume) e inferior a 70% vol (setenta por cento em volume) a 20°C (vinte graus Celsius).

2.2. Denominação

2.2.1. Aguardente de Cana:

É a bebida definida no item 2.1.1.

2.2.2. Cachaça:

É a bebida definida no item 2.1.2.

2.2.3 Aguardente de Cana Adoçada:

É a bebida definida no item 2.1.1. e que contém açúcares em quantidade superior a 6g/l (seis gramas por litro) e inferior a 30g/l (trinta gramas por litro), expressos em sacarose.

2.2.4. Cachaça Adoçada:

É a bebida definida no item 2.1.2. e que contém açúcares em quantidade superior a 6g/l (seis gramas por litro) e inferior a 30g/l (trinta gramas por litro), expressos em sacarose.

2.2.5. Destilado Alcoólico Simples de Cana-de-Açúcar Envelhecido:

É o produto definido no item 2.1.3. armazenado em recipiente de madeira apropriado, com capacidade máxima de 700 (setecentos) litros, por um período não inferior a 1 (um) ano.

2.2.6. Aguardente de Cana Envelhecida:

É a bebida definida no item 2.1.1 e que contém, no mínimo, 50% (cinquenta por cento) da Aguardente de Cana ou do Destilado Alcoólico Simples de Cana-de-Açúcar envelhecidos em recipiente de madeira apropriado, com capacidade máxima de 700 (setecentos) litros, por um período não inferior a 1 (um) ano.

2.2.7. Cachaça Envelhecida:

É a bebida definida no item 2.1.2 e que contém, no mínimo, 50% (cinquenta por cento) de Cachaça ou Aguardente de Cana envelhecidas em recipiente de madeira apropriado, com capacidade máxima de 700 (setecentos) litros, por um período não inferior a 1 (um)ano.

2.2.8. Aguardente de Cana Premium:

É a bebida definida no item 2.1.1 que contém 100% (cem por cento) de Aguardente de Cana ou Destilado Alcoólico Simples de Cana-de-Açúcar envelhecidos em recipiente de madeira apropriado, com capacidade máxima de 700 (setecentos) litros, por um período não inferior a 1 (um) ano.

2.2.9. Cachaça Premium:

É a bebida definida no item 2.1.2 que contém 100% (cem por cento) de Cachaça ou Aguardente de Cana envelhecidas em recipiente de madeira apropriado, com capacidade máxima de 700 (setecentos) litros, por um período não inferior a 1 (um) ano.

2.2.10. Aguardente de Cana Extra Premium:

É a bebida definida no item 2.2.8 envelhecida por um período não inferior a 3 (três) anos.

2.2.11. Cachaça Extra Premium:

É a bebida definida no item 2.2.9. envelhecida por um período não inferior a 3 (três) anos.

2.3. Do Controle

2.3.1. A correção, tendo em vista a padronização da graduação alcoólica das bebidas envelhecidas previstas nos itens 2.2.8, 2.2.9, 2.2.10 e 2.2.11, constantes do presente Regulamento Técnico, só poderá ser realizada mediante adição de Destilado Alcoólico Simples de Cana-de-Açúcar ou de Aguardente de Cana ou de Cachaça envelhecidos pelo mesmo período da categoria ou de água potável.

3. COMPOSIÇÃO QUÍMICA E REQUISITOS DE QUALIDADE

3.1. O Coeficiente de Congêneres.

3.1.1. O Coeficiente de Congêneres (componentes voláteis "não álcool", ou substâncias voláteis "não álcool", ou componentes secundários "não álcool", ou impurezas voláteis "não álcool") é a soma de:

- acidez volátil (expressa em ácido acético);
- aldeídos (expressos em acetaldeído);
- ésteres totais (expressos em acetato de etila);
- álcoois superiores (expressos pela soma do álcool n-propílico, álcool isobutílico e álcoois isoamílicos);
- furfural + hidroximetilfurfural.

3.1.2. O Coeficiente de Congêneres para os produtos previstos no subitem 2.2 do presente Regulamento Técnico não poderá ser inferior a 200mg (duzentos miligramas) por 100ml e não poderá ser superior a 650mg (seiscentos e cinquenta miligramas) por 100ml de álcool anidro.

3.1.3. Os componentes do Coeficiente de Congêneres para os produtos previstos no subitem 2.2 do presente Regulamento Técnico devem observar os seguintes limites:

| | Máximo | Mínimo |
|--|--------|--------|
| Acidez volátil, expressa em ácido acético em mg/100 ml de álcool anidro | 150 | - |
| Ésteres totais, expressos em acetato de etila, em mg/100 ml de álcool anidro | 200 | - |
| Aldeídos totais, em acetaldeído, em mg/100 ml de álcool anidro | 30 | - |
| Soma de Furfural e Hidroximetilfurfural, em mg/100 ml de álcool anidro | 5 | - |
| Soma dos álcoois isobutílico (2-metil-propanol), isoamílicos (2-metil -1-360-butanol +3 metil-1-butanol) e n-propílico (1- propanol), em mg /100 ml de álcool anidro | 360 | - |

3.1.4. Deverão ser detectadas as presenças de compostos fenólicos totais nas Aguardentes de Cana e nas Cachaças envelhecidas.

3.2. Ingredientes Básicos

3.2.1. Para a Aguardente de Cana-de-Açúcar:

Mosto fermentado obtido do caldo de cana-de-açúcar;
Destilado Alcoólico Simples de Cana-de-Açúcar.

3.2.2. Para a cachaça:

Mosto fermentado obtido do caldo de cana-de-açúcar.

3.2.3. Para o Destilado Alcoólico Simples de Cana-de-Açúcar:

Mosto fermentado obtido do caldo de cana-de-açúcar.

3.2.4. Açúcar na Aguardente de Cana Adoçada e na Cachaça Adoçada.

3.3. Ingredientes Opcionais:

3.3.1. Água

Deve obedecer às normas e padrões aprovados em legislação específica para água potável, e utilizada exclusivamente para padronização da graduação alcoólica do produto final.

3.3.2. Açúcar/Sacarose, que pode ser substituída total ou parcialmente por açúcar invertido, glicose ou seus derivados reduzidos ou oxidados, até o máximo de 6g/l (seis gramas por litro) para a Aguardente de Cana e para a Cachaça e inferior a 30g/l (trinta gramas por litro) na Aguardente de Cana Adoçada e na Cachaça Adoçada, expressos em Sacarose.

4. ADITIVOS, COADJUVANTES DE FABRICAÇÃO, OUTRAS SUBSTÂNCIAS E RECIPIENTES (NR).

4.1. Aditivos:

4.1.1. De acordo com a legislação específica.

4.1.2. Caramelo somente para correção e/ou padronização da cor da Aguardente de Cana e da Cachaça envelhecidas, previstas nos seguintes itens: 2.2.6, 2.2.7, 2.2.8, 2.2.9, 2.2.10 e 2.2.11.

4.2. Coadjuvantes de Fabricação.

4.2.1. De acordo com a legislação específica.

4.3. Outras substâncias

4.3.1. É vedado o uso de corantes de qualquer tipo, extrato, lascas de madeira ou maravalhas ou outras substâncias para correção ou modificação da coloração original do produto armazenado ou envelhecido ou do submetido a estes processos, excetuado o disposto no subitem 4.1.2, deste Regulamento Técnico.

4.3.2. É vedada a adição de qualquer substância ou ingrediente que altere as características sensoriais naturais do produto final, excetuado os casos previstos no presente Regulamento Técnico.

4.4. Recipientes

4.4.1. Poderá ser utilizado recipiente que tenha sido anteriormente destinado ao armazenamento ou envelhecimento de outras bebidas, sendo vedado o uso de recipientes que tenham sido utilizados para outros fins.

4.4.2. No intervalo de utilização do recipiente destinado ao armazenamento ou envelhecimento de cachaça ou aguardente de cana, água potável poderá ser utilizada para a sua conservação." (NR) (Alterada pela Instrução Normativa nº 58, de 19/12/2007)

5. CONTAMINANTES

5.1. Contaminantes Orgânicos:

5.1.1. Álcool metílico em quantidade não superior a 20,0 mg/100 ml (vinte mg por 100ml) de álcool anidro.

5.1.2. Carbamato de etila em quantidade não superior a 210 µg/l (duzentos e dez microgramas por litro). (NR) (Alterada pela Instrução Normativa nº 28, de 08/08/2014)

5.1.3. Acroleína (2-propenal) em quantidade não superior a 5mg/100ml (cinco miligramas por 100 ml) de álcool anidro.

5.1.4. Álcool sec-butílico (2-butanol) em quantidade não superior a 10mg/100ml (dez miligramas por 100 ml) de álcool anidro.

5.1.5. Álcool n-butílico (1-butanol) em quantidade não superior a 3mg/100ml (três miligramas por 100 ml) de álcool anidro.

5.2. Contaminantes Inorgânicos:

5.2.1. Cobre (Cu) em quantidade não superior a 5mg/l (cinco miligramas por litro)

5.2.2. Chumbo (Pb) em quantidade não superior a 200µg/l (duzentos microgramas por litro).

5.2.3. Arsênio (As) em quantidade não superior a 100µg/l (cem microgramas por litro).

6. DESTILAÇÃO

A destilação deve ser efetuada de forma que o produto obtido preserve o aroma e o sabor dos principais componentes contidos na matéria-prima e daqueles formados durante a fermentação.

6.1. É vedada a adição de qualquer substância ou ingrediente após a fermentação ou introduzido no equipamento de destilação que altere as características sensoriais naturais do produto.

7. HIGIENE

Os estabelecimentos que produzem ou elaborem as bebidas previstas no presente Regulamento Técnico devem atender as normas higiênicas e sanitárias aprovadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

8. PESOS E MEDIDAS

De acordo com a legislação específica.

9. ROTULAGEM

9.1. Devem ser obedecidas as normas estabelecidas pelo Regulamento da Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, aprovado pelo Decreto nº 2.314, de 4 de setembro de 1997, e atos administrativos complementares.

9.2. Somente poderá constar do rótulo dos produtos previstos nos itens 2.2.8, 2.2.9, 2.2.10 e 2.2.11, a idade ou o tempo de envelhecimento da Aguardente de Cana e da Cachaça que forem elaboradas com 100% de Aguardente de Cana ou Cachaça envelhecidas por um período não inferior a 1 (um) ano.

9.3. No caso de misturas entre os produtos previstos nos itens 2.2.8, 2.2.9, 2.2.10 e 2.2.11 do presente Regulamento Técnico, a declaração da idade no rótulo será efetuada em função do produto presente com menor tempo de envelhecimento.

No caso de misturas de produtos com mais de 3 anos de envelhecimento, produtos previstos nos itens 2.2.10 e 2.2.11, a declaração da idade no rótulo poderá ser aplicada a partir da média ponderada das idades dos produtos da mistura, relativos aos volumes individuais em porcentagem de álcool anidro. Os resultados cujas frações forem superiores a 0,5 (cinco décimos) e os iguais ou inferiores a 0,5 (cinco décimos) serão arredondados para o número inteiro imediatamente superior ou inferior, respectivamente.

9.4. Poderá ser mencionado o nome da Unidade da Federação ou da região em que a bebida foi elaborada, quando consistir em indicação geográfica registrada no Instituto Nacional da Propriedade Intelectual - INPI.

9.4.1. A inserção prevista no item 9.4 deverá constar em posição inferior à denominação da bebida e em caracteres gráficos com dimensão correspondente à metade da dimensão utilizada para a denominação da bebida. (NR) (Alterada pela Instrução Normativa nº 27, de 15/05/2008)

9.5. Fica vedado o uso da expressão "Artesanal" como designação, tipificação ou qualificação dos produtos previstos no presente Regulamento Técnico, até que se estabeleça, por ato administrativo do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o Regulamento Técnico que fixe os critérios e procedimentos para produção e comercialização de Aguardente de Cana e Cachaça artesanais.

9.6. Poderá ser declarada no rótulo a expressão "Reserva Especial" para a Cachaça e a Aguardente de Cana que possuírem características sensoriais, dentre outras, diferenciadas do padrão usual e normal dos produtos elaborados pelo estabelecimento, desde que devidamente comprovada pela requerente. Os laudos técnicos deverão ser emitidos por laboratórios públicos ou privados reconhecidos pelo MAPA.

9.7. O controle dos produtos citados no item 9.6 será efetuado pelo órgão fiscalizador com base na certificação das características sensoriais diferenciadas, dentre outras, e no volume em estoque, sendo os lotes devidamente identificados por meio de numeração seqüencial em cada unidade do lote.

9.8. Será obrigatório declarar no rótulo a expressão: Armazenada em(seguida do nome do recipiente) de....(seguida do nome da madeira em que o produto foi armazenado), para os produtos definidos nos subitens 2.1.1 e 2.1.2, armazenados em recipiente de madeira e que não se enquadrarem nos critérios definidos para o envelhecimento previstos no presente Regulamento Técnico e outros atos administrativos próprios.(NR) (Alterada pela Instrução Normativa nº 58, de 19/12/2007)

9.8.1. Poderá ser associada à marca a expressão prata, ou clássica ou tradicional para os produtos definidos nos itens 2.1.1 e 2.1.2 e que forem ou não armazenados em recipientes de madeira e que não agreguem cor a bebida.

9.8.2. Poderá ser associada à marca a expressão ouro para os produtos definidos nos itens 2.1.1 e 2.1.2 que foram armazenados em recipientes de madeira e que tiveram alteração substancial da sua coloração.

"9.9. Para as bebidas previstas nos subitens: 2.2.2, 2.2.4, 2.2.7, 2.2.9 e 2.2.11, poderão ser utilizadas expressões relativas ao seu processo de destilação, observado o seguinte:

9.9.1. Ser inserida no rótulo de forma a não caracterizar vinculação à denominação da bebida.

9.9.2. Constituir expressão separada das demais do rótulo, inclusive marca comercial e a denominação ou classificação da bebida.

9.9.3. Apresentar padrão de caracteres gráficos com dimensão máxima correspondente à metade da dimensão utilizada para a denominação do produto."(NR) (Alterada pela Instrução Normativa nº 58, de 19/12/2007)

10. MÉTODOS DE ANÁLISES

São os estabelecidos em atos administrativos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

11. AMOSTRAGEM

Os procedimentos para a amostragem são os definidos no art. 117 e seus parágrafos, do Regulamento da Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, aprovado pelo Decreto nº 2.314, de 4 de setembro de 1997, e por atos administrativos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

12. DISPOSIÇÕES GERAIS

Os casos omissos serão resolvidos pelo Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Vegetal da Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

13. DISPOSIÇÕES TRANSITÓRIAS

13.1. Fica estabelecido o prazo máximo de 01 (um) ano para adequação da rotulagem e da embalagem.

13.2. Fica estabelecido o prazo de 03 (três) anos para adequação e controle dos contaminantes citados nos itens 5.1.3, 5.1.4, 5.1.5, 5.2.2 e 5.2.3.

13.3. Fica estabelecido o prazo de 9 (nove) anos para adequação e controle do contaminante previsto no item 5.1.2." (NR) (Alterada pela Instrução Normativa nº 27 de 13/09/2012)