



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE BIOTECNOLOGIA E BIOPROCESSOS
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOTECNOLOGIA E BIOPROCESSOS**

MAYSA BERNARDINO CABRAL

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE AGUARDENTES
DE CANA-DE-AÇÚCAR PRODUZIDAS NA
REGIÃO DO BREJO PARAIBANO.**

**SUMÉ - PB
2019**

MAYSA BERNARDINO CABRAL

**GERMINAÇÃO *IN VITRO*, DESENVOLVIMENTO INICIAL E
MICROPROPAGAÇÃO DE *CEREUS JAMACARU* EM MEIOS
DE CULTURA SIMPLIFICADOS.**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos.

Orientador: Professor Dr. Bruno Rafael Pereira Nunes.

**SUMÉ - PB
2019**

C117c Cabral, Maysa Bernardino.
Caracterização físico-química de aguardentes de cana-de-açúcar produzidas na Região do Brejo Paraibano. / Maysa Bernardino Cabral. - Sumé - PB: [s.n], 2019.

41 f.

Orientador: Prof. Dr. Franklin Ferreira de Farias Nóbrega;
Orientador^a: Prof^a. Dr^a. Marina Medeiros de Araújo Silva.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos.

1. Aguardente. 2. Cachaça. 3. Teor alcoólico. 5. Caracterização físico-química da cachaça. 6. Brejo Paraibano – Cachaça. I. Nunes, Bruno Rafael Pereira. II. Título

CDU: 663.543 (043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

MAYSA BERNARDINO CABRAL

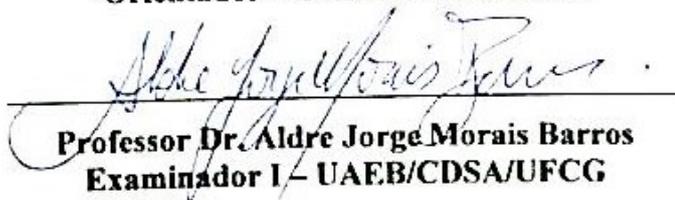
**GERMINAÇÃO *IN VITRO*, DESENVOLVIMENTO INICIAL E
MICROPROPAGAÇÃO DE *CEREUS JAMACARU* EM MEIOS
DE CULTURA SIMPLIFICADOS.**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos.

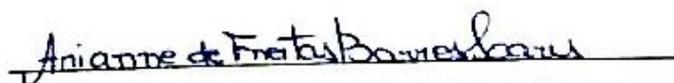
BANCA EXAMINADORA



**Professor Dr. Bruno Rafael Pereira Nunes
Orientador – UAEB/CDSA/UFCG**



**Professor Dr. Aldre Jorge Morais Barros
Examinador I – UAEB/CDSA/UFCG**



**Ma. Arianne de Freitas Barros Soares
Examinadora II – PPGEQ/UFCG**

Trabalho aprovado em: 10/07/2019

A minha mãe Ana Irece e meu pai José Fernandes por tudo que fazem por mim, a minha filha amada que foi meu combustível para que eu conseguisse terminar esse trabalho. DEDICO

AGRADECIMENTOS

Para realizarmos nossos sonhos e chegarmos à vitória às vezes precisamos enfrentar grandes obstáculos, pensamos em desistir, mas a vida é feita de superações e conquistas. No meio de cada conquista vêm as decepções, as brigas, os problemas, as dores e o sofrimento, mas é necessário passar por todos esses obstáculos e quando temos por perto pessoas que ajudaram para que as realizações dos nossos sonhos se concretizem, os desafios se tornam bem mais fáceis.

Meus sinceros agradecimentos;

Em primeiro lugar agradeço a Deus por nunca ter me abandonado em todos os momentos, me dando sabedoria e força nos momentos difíceis e nunca deixando que eu perdesse a minha fé.

A minha mãe Ana Irece Bernardino Cabral Fernandes que sempre esteve comigo em todos os momentos, sempre acreditou que eu tinha capacidade, mesmo às vezes eu sem acreditar, ela sempre fez de tudo que podia e até o que não podia para que eu realizasse esse sonho que não é só meu é dela também.

A meu pai José Fernandes Cabral que sempre me ajudou em tudo que eu precisasse, ele sempre sonhou comigo esse momento e hoje sou a primeira da família dele que irá concluir uma graduação.

A meu irmão Mauryllio Miguel Bernardino Cabral pelo apoio e companheirismo nosso laço será eterno. Também à Higo Lidemberge e a José Melk por toda amizade e irmandade.

A meu companheiro, noivo e futuro marido Marcus Vinicius Borges de Araújo, por todo companheirismo, paciência, por sempre me ajudar, acredita no meu potencial e por sempre me incentivar a ser melhor.

A minha amada filha Marina Cabral de Araújo que foi um verdadeiro presente na minha vida, ela é o motivo pelo qual estou aqui, ela é a razão de todo o meu esforço, o meu combustível diário.

Aos meus familiares, em especial a minha avó, Antônia do Nascimento (In memória) por todo ensinamento e amor. Também aos meus queridos tios maternos que estão sempre

presentes em minha vida em especial minha amada tia Ana Itacy Bernardino do Nascimento, por sempre me ajudar de todas as formas, és um ser humano incrível.

Aos meus familiares paternos presentes na minha vida, Tia Ana Maria e Tia Avanir por sempre me incentivarem a crescer.

Ao meu sogro e minha sogra Lucia de Fátima e José de Anchieta por sempre se fazerem presentes na minha vida, sempre me ajudando com Marina.

As minhas cunhadas e amigas, Maria Creuza que foi essencial nesse último ano em Sumé, me ajudou muito com Marina e sempre me incentivando a ser melhor em tudo que eu me propor fazer. A Karina que me ajuda sempre que pode.

Ao meu orientador professor Dr Bruno Rafael Pereira Nunes, obrigada pela paciência, sabedoria, apoio constante, ajuda e dedicação à esse trabalho.

A professora Dr Glauciane Danusa Coelho, pela oportunidade de trabalhar no laboratório de Microbiologia no início da minha vida acadêmica.

À técnica do laboratório de físico-química do departamento de Engenharia de Alimentos Leila de Sousa Nunes e a meu colega de curso José Davi dos Santos Neves pela ajuda nas análises desse trabalho.

Aos amigos que a universidade me presenteou, Darlyson Guimarães, André Junior, Rodolfo Inácio, Ana Carla Fonseca, Renato França, Aparecida Yasmim, Eder Nascimento, Jessica Moreira, Mayk Albuquerque, Neto Lino, Jaqueline Siqueira, Maria Barros, Maria José, Rainy Sousa, Yasmim Kettilly, Pedro Arthur. Pelas diversas contribuições, vocês fazem parte dessa história.

Às minhas irmãs do 202 Andréia Luiza e Lívia Malta que fazem parte dessa minha trajetória, onde passamos maus bocados morando juntas, obrigada pela amizade.

À Elielson Barros por todo o apoio e ajuda nesses últimos anos, sem você não tinha conseguido.

À Aisla Rayanne e a Jurema Suelen pelo laço de irmandade e por estarem sempre presentes em todos os momentos.

À Amélia Sandrele, que sempre acompanhou minha caminhada e sempre torceu por mim.

À Ivanice de Souza (Novinha) que além de desempenhar sua função com tanto zelo, se tornou uma grande amiga.

Aos professores da UFCG-CDSA pelo aprendizado, lições e conhecimento repassado que contribuíram na minha formação pessoal e profissional.

Enfim a todos que contribuíram e me ajudaram de forma direta ou indireta, na realização desse trabalho, meu muito obrigada.

"Sejam quais forem os resultados, com êxito ou não, o importante é que no final cada um possa dizer: fiz o que pude."

Louis Pasteur

RESUMO

Com o consumo de aguardente aumentando estão exigindo cada vez mais que os produtores busquem melhorar a qualidade da bebida. A cachaça é definida como um nome típico para a aguardente de cana-de-açúcar produzida no Brasil, com graduação alcoólica entre 38 a 48% para aguardente e 38 a 54% para cachaça de cana-de-açúcar. Uma boa aguardente deve ter em sua composição valores mínimos de contaminantes e congêneres, sendo estes valores estabelecidos pela legislação para garantir padrões de qualidade da bebida. O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo qualitativo de marcas comerciais de aguardentes de cana-de-açúcar produzidas no estado da Paraíba e estudar a sua conformidade com os padrões de identidade e qualidade previstos pela legislação vigente, mediante a caracterização das amostras. Foram coletadas cinco amostras de diferentes marcas comercializadas na região, sendo avaliados os parâmetros acidez total, acidez fixa e acidez volátil, pH, extrato seco, açúcares redutores, densidade e teor alcoólico de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz. Das amostras analisadas, 4 tiveram resultados dentro do padrão estabelecido pela legislação em relação ao teor alcoólico, apenas a amostra 5 apresentou teor alcoólico abaixo do limite mínimo, sendo observado um valor de 35% (v/v). Em relação a acidez volátil, apenas a amostra 5 apresentou resultado fora do padrão, sendo observado o valor de 241,98 mg.mL⁻¹. A amostra 2 apresentou quantidade de extrato seco de 6.16 g L⁻¹, superior ao permitido, entretanto todas as outras amostras apresentaram valores dentro do limite estabelecido pela legislação que é de 6 g.L⁻¹. Para os outros parâmetros, todas as amostras se encontraram de acordo com os padrões. Com isso, mesmo havendo pequenas alterações, é possível afirmar que as aguardentes de cana-de-açúcar produzidas no estado da Paraíba apresentaram padronização, sendo que apenas duas amostras se encontraram com um ou dois parâmetros com valores em não conformidade com o que é exigido.

PALAVRAS-CHAVE: Cachaça. Parâmetros físico-químicos. Teor alcoólico. Açúcares redutores. Acidez volátil

ABSTRACT

With the consumption of brandy increasing, they are increasingly demanding that producers seek to improve the quality of the drink. Cachaça is defined as a typical name for sugarcane brandy produced in Brazil, with an alcoholic strength ranging from 38 to 48%. For brandy the graduation can vary from 38 to 54%. A good cachaça should have in its composition minimum values of contaminants and the like, being these values established by the legislation to guarantee drinking quality standards. The objective of this work was to conduct a qualitative study of commercial brands of cachaças produced and marketed in the State of Paraíba and to study their compliance with the identity and quality standards established by current legislation, through the characterization of the samples. Five samples of cachaça were collected in the region, being evaluated total acidity, fixed acidity and volatile acidity, pH, dry extract, reducing sugars, density and alcohol content according to the norms of the Adolfo Lutz Institute. From the analyzed samples, 4 had results within the standard established by the legislation in relation to the alcohol content, only sample 5 had an alcohol content below the minimum limit, and a value of 35% (v / v) was observed. In relation to volatile acidity, only sample 5 presented non-standard results, with a value of 241.98 mg.mL⁻¹. Sample 2 presented a quantity of dry extract of 6.16 g L⁻¹, higher than allowed, however all other samples presented values within the limit established by the legislation that is 6 g.L⁻¹. For the other parameters, all samples met the standards. Thus, even with small changes, it is possible to state that sugarcane spirits produced in the state of Paraíba presented standardization, and only two samples met one or two parameters with values that did not comply with what was required.

KEYWORDS: Sugarcane liquor. Physico-chemical parameters. Alcohol content. Reducing sugars. Volatile acidity

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -Esquema tradicional de destilação de cachaça e limites legais de compostos voláteis.	17
Gráfico 1 – Principais países de destino em valor nos anos de 2018 (a) e 2017 (b)	19
Gráfico 2 - Principais países de destino em volumenos anos de 2018 (a) e 2017 (b)	19
Gráfico 3 – Exportação em valor no Brasil	20
Gráfico 4 – Exportação em volume no Brasil	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características físicas e químicas para aguardente de cana-de-açúcar e cachaça, estabelecida pela legislação brasileira.....	21
Tabela 2 -Valores médios e desvio padrão dos parâmetros físico-químicos e açúcares redutores presentes nas amostras	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1 CANA-DE AÇÚCAR	16
3.2 AGUARDENTE DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	16
3.3 MERCADO DE EXPORTAÇÃO	18
3.4 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE AGUARDENTE DE CANA-DE-AÇÚCAR.....	21
3.5 ESTUDOS DE CARACTERIZAÇÃO DE AGUARDENTE DE CANA-DE-AÇÚCAR	24
4 METODOLOGIA	26
4.1 DETERMINAÇÃO DO PH	26
4.2 DETERMINAÇÃO ACIDEZ TOTAL	26
4.3 DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ FIXA	27
4.4 DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ VOLÁTIL POR DIFERENÇA.....	27
4.5 DETERMINAÇÃO DE EXTRATO SECO	28
4.6 DENSIDADE.....	29
4.6.1 Calibração do picnômetro	29
4.6.2 Medida da densidade relativa da amostra líquida	29
4.7 GRAU ALCOÓLICO	30
4.7 AÇÚCARES REDUTORES (AR).....	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
6 CONCLUSÕES	35
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

A aguardente de cana-de-açúcar é uma bebida obtida a partir do mosto fermentado do suco da cana-de-açúcar. É uma bebida típica brasileira, cujo teor alcoólico varia entre 38 a 54% v/v. Se produzida exclusivamente no Brasil, e atender uma graduação alcoólica de 38 a 48% a 20 °C, esse produto pode ser denominado como cachaça. Estima-se que o Brasil possui capacidade instalada de produção de aguardente de cana-de-açúcar de aproximadamente 1,2 bilhão de litros anuais, porém se produz anualmente menos de 800 milhões de litros (BRASIL, 2005).

Segundo o censo do IBGE do ano de 2016, são 11.024 estabelecimentos produtores de cachaça no país, porém existem estimativas somadas de associações regionais que chegam a aproximadamente 15 mil estabelecimentos. No entanto, os que estão devidamente registrados no Ministério de Agricultura e Receita Federal são cerca de 1.500 estabelecimentos, com 4.000 marcas, demonstrando que embora 90% da produção seja legalizada, estima-se que 85% dos produtores, na maioria micro e pequenos, sejam informais. Os principais estados produtores são: São Paulo, Pernambuco, Ceará, Minas Gerais e Paraíba (IBRAC, 2019a).

Durante a fermentação do mosto de cana, ocorre a formação de vários compostos, sendo o etanol o principal produto. Outros compostos tais como aldeídos, álcoois superiores, ésteres e ácidos orgânicos, conhecidos como compostos secundários, também são formados (CARDEAL; MARRIOTT, 2009). Entre os compostos voláteis encontrados na bebida, álcoois e ésteres são os principais responsáveis pelo sabor da bebida (BORTOLETTO; ALCARDE, 2013).

O monitoramento desses compostos na bebida pode indicar diferentes práticas durante o processo de produção. A formação excessiva desses compostos voláteis pode estar relacionada a fatores como solo, clima e altitude, ou diferenças no método utilizado na preparação da bebida, como a matéria-prima, os microrganismos utilizados, as condições de fermentação (temperatura, pH, aeração, entre outros), o equipamento de destilação e o tempo, tipo de madeira e volume de contêiner empregado no processo de envelhecimento (SIEBALD; CANUTO; SILVA, 2009). No entanto, a detecção é difícil devido às baixas concentrações desses compostos e exige técnicas mais sensíveis.

A aguardente de cana-de-açúcar é regulamentada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2005). Vários requisitos são especificados para aguardente e cachaça, entre eles o teor alcoólico, acidez volátil, quantidade de extrato seco,

açúcares entre outros parâmetros de qualidade que devem estar de acordo com a legislação e atender os padrões de qualidade impostos por ela (LEITE et al., 2017). Os padrões estabelecidos com os seus respectivos limites têm a finalidade de moderar a influência de cada um desses componentes na proteção à saúde humana e no padrão de qualidade da bebida, não significando, portanto, que a aguardente que ali se enquadre possa ser considerada produto de qualidade sensorial superior (SERRÃO, 2014).

Assim, torna-se de fundamental importância pesquisas que façam a caracterização físico-química de aguardente e de cachaça, para que assim possam garantir a qualidade do produto e segurança do consumidor ao realizar a aquisição. Nesta perspectiva, justifica-se o desenvolvimento do presente estudo, reconhecendo-se a importância da determinação dos parâmetros físico-químicos, entre eles grau alcoólico, acidez volátil, extrato seco, pH, densidade e temperatura.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo qualitativo de marcas comerciais de cachaças produzidas no estado da Paraíba e estudar a sua conformidade com os padrões de identidade e qualidade previstos pela legislação vigente mediante a caracterização das amostras.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a determinação dos parâmetros grau alcoólico, acidez total, acidez volátil, acidez fixa, pH, densidade, extrato seco e açúcares redutores.
- Comparar os resultados obtidos com a norma vigente, buscando verificar se o produto disponibilizado aos consumidores se encontra de acordo com o que é exigido na legislação.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 CANA-DE AÇÚCAR

A cana-de-açúcar é cultivada em cerca de 24 milhões de hectares em 102 países em zonas tropicais e subtropicais de países do hemisfério Norte e do Sul (AFRIS, 2015), e tem sido um produto importante da economia brasileira. A mesma fornece açúcar e álcool, e seu cultivo é originário do sudeste da Ásia (FARAH, 2013). O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, e também, o maior exportador de açúcar, segundo o USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) (2017). A produção brasileira de cana-de-açúcar foi de 645 milhões de toneladas para o ano comercial de 2017/2018.

O caldo de cana é uma bebida indígena, econômica e amplamente consumida em países como a Índia e o Brasil, sendo obtido pressionando-se as hastes fibrosas da grama, que são ricas em açúcares e eletrólitos (JAMES; NGARMSAK; ROLLE, 2010). Este suco mostrou-se eficaz como bebida esportiva e reidratante durante o exercício, agradando a muitas pessoas, principalmente, devido ao seu sabor peculiar (KALPANA et al., 2013).

O principal componente do caldo de cana é a sacarose, que é uma fonte de carbono altamente adequada para o crescimento microbiano e, portanto, pode ser usada diretamente como meio de fermentação (NUALSRIA; REUNGSANG; PLANGKLANG, 2016) podendo ser aplicado no desenvolvimento de bebidas alcoólicas, especialmente licores destilados, como aguardente de cana e rum (KULKARNI et al., 2011).

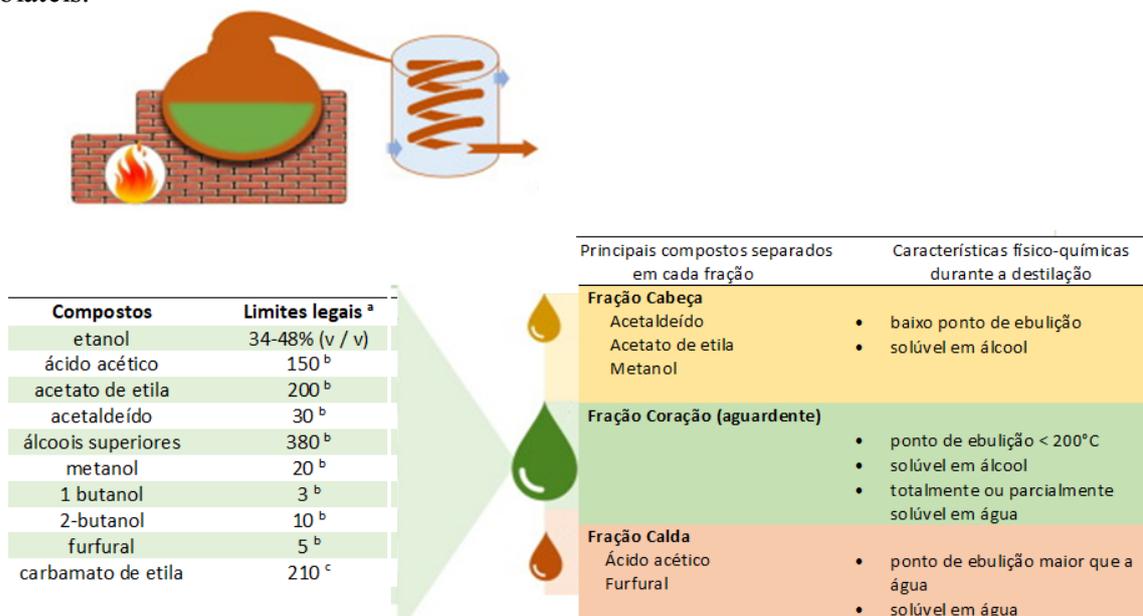
3.2 AGUARDENTE DE CANA-DE-AÇÚCAR

A aguardente de cana-de-açúcar é produzida em praticamente todas as regiões do Brasil, tanto em escala artesanal quanto industrial, em ciclos de fermentação sequencial de curta duração, com períodos de 18 a 30 horas, e com enchimento sucessivo de cana-de-açúcar fresca ao barril (MORAIS et al., 1997). Essas peculiares características de produção significam que insumos sucessivos de novos microrganismos nas cubas de fermentação a cada novo lote levam a complexas dinâmicas populacionais nesses sistemas. Por outro lado, fermentações espontâneas, realizadas com leveduras e adjuntos autóctones emergentes (farelo de arroz, farinha de milho, entre outros), ainda são empregadas por muitos produtores artesanais que destilam ainda mais o produto fermentado em alambiques de cobre simples.

Como está sendo apresentado na Figura 1, a destilação é tradicionalmente realizada com a separação das frações destiladas em: (a) primeiro 1-2% do volume útil da caldeira (conhecido como fração “cabeça”), que é descartado; (b) coleta de destilado com teor alcoólico de até 40-45% (v/v) (fração “coração” ou cachaça); (c) finalmente, a fração chamada “cauda” é coletada após este último ponto de corte, e até o final da destilação (ALCARDE, 2017).

Para eliminar a maioria dos contaminantes, a separação das frações denominadas “cabeça” e “cauda” constitui a etapa mais importante do processo. Esses compostos solúveis em álcool com baixos pontos de ebulição, incluindo acetaldeído, acetato de etila e metanol, são, principalmente, separados e concentrados no estágio inicial de destilação (fração “cabeça”). No caso da fração “cauda”, há uma maior concentração de compostos voláteis solúveis em água, apresentando um ponto de ebulição mais elevado em comparação com a água, a saber, ácido acético e furfural (ALCARDE; SOUZA; BELLUCO, 2010). A fração “coração” corresponde à essência destilada final, ou cachaça, e deve apresentar determinados requisitos químicos de acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 2005), que regula a saúde e a qualidade sensorial típica do produto, conforme resumido na tabela que se encontra na Figura. 1.

Figura 1 - Esquema tradicional de destilação de cachaça e limites legais de compostos voláteis.



Fonte: autoria própria (2019).

^a Limites legais de acordo com a legislação brasileira (Brasil, 2005); ^b Concentrações em mg / 100 ml de álcool anidro; ^c Concentração em µg / L.

A cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana-de-açúcar produzida no Brasil, com teor alcoólico entre 38 e 48% (v / v), a 20 ° C, obtido por destilação do mosto fermentado de caldo de cana (BRASIL, 2009).

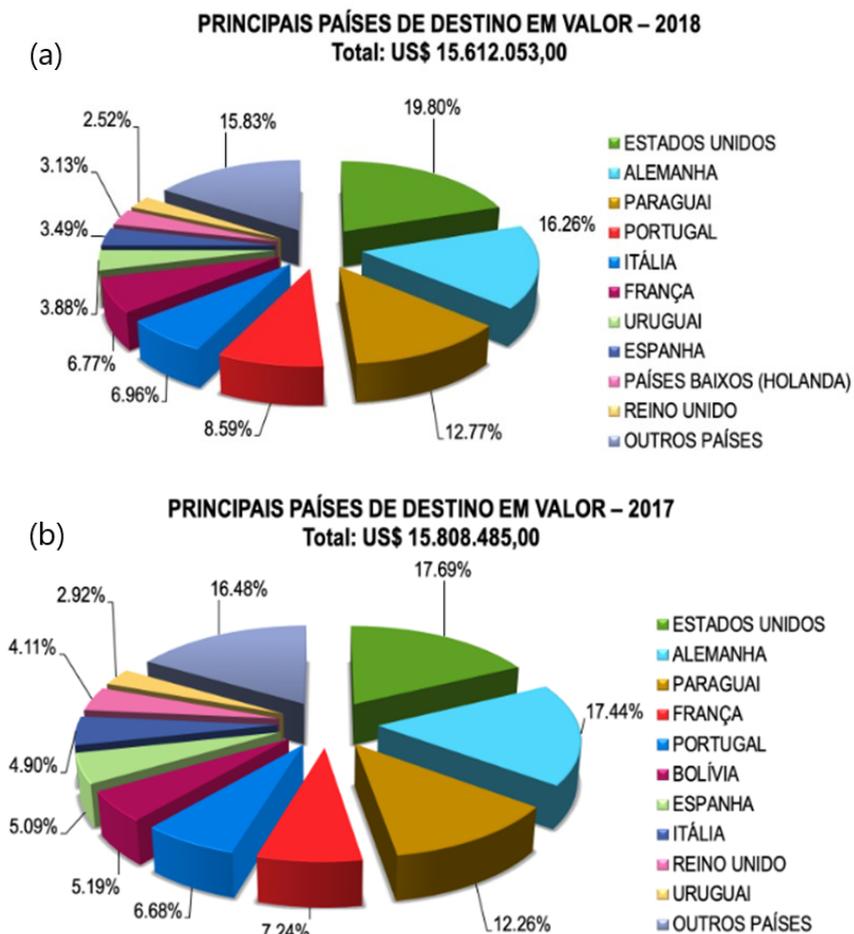
3.3 MERCADO DE EXPORTAÇÃO

A cachaça é a terceira bebida mais consumida no mundo (ABRABE, 2018), e é amplamente comercializada no país, estima-se que Brasil possui capacidade instalada de produção de Cachaça de aproximadamente 1,2 bilhão de litros anuais, porém produz anualmente menos de 800 milhões de litros. Os principais estados produtores são: São Paulo, Pernambuco, Ceará, Minas Gerais e Paraíba, já os consumidores são: São Paulo, Pernambuco, Rio de Janeiro, Ceará, Bahia e Minas Gerais (IBRAC, 2019a).

No cenário paraibano, a produção de cachaça possui um grande destaque, principalmente, por que na safra 2010/2011, a Paraíba registrou uma produção de 15 milhões de litros de cachaça. Nos engenhos que atuam na Paraíba, observa-se que a maior parte da produção de cachaça localiza-se na Região do Brejo, e microrregiões do Agreste, estando os maiores produtores de cachaça de alambique localizados na cidade de Areia-PB, contendo em torno de 20 engenhos fabricantes de cachaça. Na Paraíba, existem muitos engenhos que produzem a cachaça de alambique, de modo artesanal, com uma produção média anual de 12 milhões de litros da bebida. Além da cachaça, os engenhos fabricam outros derivados da cana-de-açúcar, tais como a rapadura e o açúcar, empregando algo em torno de 10 mil trabalhadores (ABRABE, 2018).

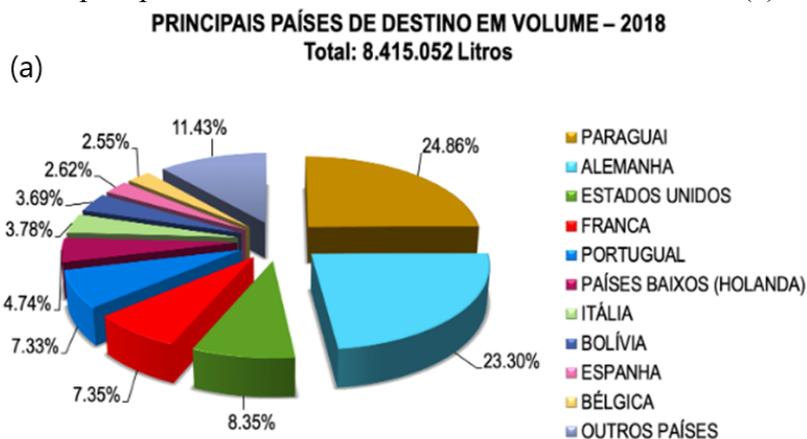
Segundo dados do IBRAC (2019b), no ano de 2018, a cachaça foi exportada para 77 países, com mais de 50 empresas exportadoras, gerando receita de US\$ 15,61 milhões (8,41 milhões de litros). Esses números representam um decréscimo de 1,24% em valor (Gráfico 1) e 3,80% em volume (Gráfico 2), em comparação a 2017, resultando no segundo ano seguido de aumento das exportações. Em 2018, os principais países de destino em valor foram: Estados Unidos, Alemanha, Paraguai, Portugal e Itália.

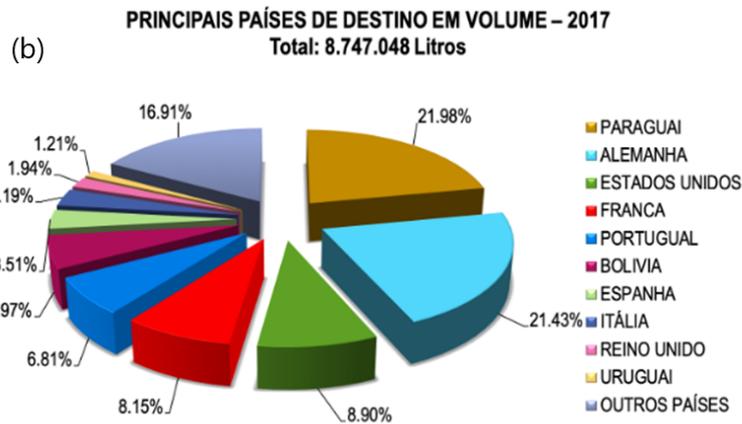
Gráfico 1 – Principais países de destino em valor nos anos de 2018 (a) e 2017 (b)



Fonte: IBRAC (2019b)

Gráfico 2 - Principais países de destino em volumes anos de 2018 (a) e 2017 (b)





Fonte: IBRAC (2019b)

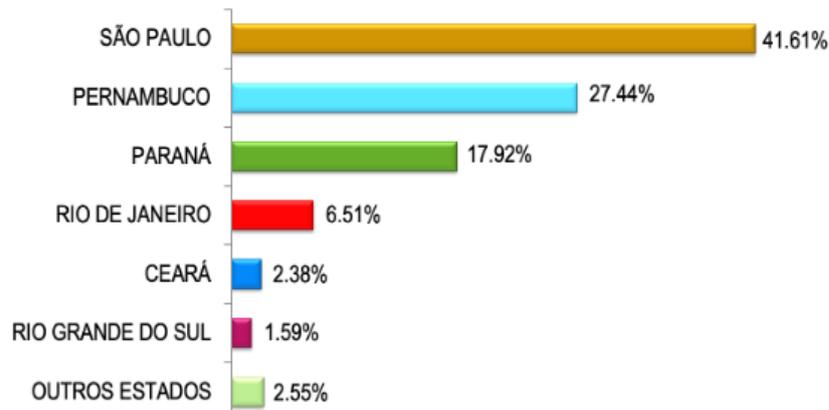
Em relação as exportações por estados brasileiros no ano de 2018, os cinco principais estados exportadores em termos de valores foram: São Paulo, Pernambuco, Rio de Janeiro, Paraná e Ceará, conforme o Gráfico 3. Já em quantidade exportada, os cinco principais estados brasileiros exportadores foram: São Paulo, Pernambuco, Paraná, Rio de Janeiro e Ceará, como mostra o Gráfico 4.

Gráfico 3 – Exportação em valor no Brasil



Fonte: IBRAC (2019b)

Gráfico 4 – Exportação em volume no Brasil
PRINCIPAIS ESTADOS EXPORTADORES EM VOLUME – 2018
Total: 8.415.052 Litros



Fonte: IBRAC (2019b)

3.4 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE AGUARDENTE DE CANA-DE-AÇÚCAR

Padrões de identidade e qualidade foram estabelecidos para a aguardente de cana-de-açúcar e a cachaça no Brasil (Tabela 1). O principal objetivo da lei é padronizar a composição química dessas bebidas, a fim de proteger a saúde dos consumidores. Portanto, estabelece os limites mínimo e máximo para componentes voláteis não alcoólicos, bem como contaminantes orgânicos e inorgânicos que possam estar presentes nas bebidas (BRASIL, 2005).

Tabela 1 – Características físicas e químicas para aguardente de cana-de-açúcar e cachaça, estabelecida pela legislação brasileira

Componente	Unidade	Limites	
		Mínimo	Máximo
Acidez volátil, em ácido acético	mg 100 mL ⁻¹ álcool anidro	-	150
Ésteres, em acetato de etila	mg 100 mL ⁻¹ álcool anidro	-	200
Aldeídos, em aldeídos acéticos	mg 100 mL ⁻¹ álcool anidro	-	30
Furfural + hidroximetilfurfural	mg 100 mL ⁻¹ álcool anidro	-	5
Álcoois superiores*	mg 100 mL ⁻¹ álcool anidro	-	360
Congêneres**	mg 100 mL ⁻¹ álcool anidro	200	650
Álcool metílico	mg 100 mL ⁻¹ álcool anidro	-	20
Cobre	mL ⁻¹	-	5
Extrato seco	g.L ⁻¹	-	6***
Açúcares	g.L ⁻¹	-	6***

Fonte: Brasil (2005)

*Álcoois superiores = (Isobutilico + isoamilicos + n-propílico); **Congêneres = (Acidez volátil + ésteres + aldeídos + furfural/hidroximetilfurfural + álcoois superiores); *** Aguardente de cana-de-açúcar ou cachaça adocicada máximo de 30 g.L⁻¹.

Segundo a Instrução Normativa nº 13 de 30 de junho de 2005, à concentração máxima de álcoois superiores atualmente permitida é 360 mg.100 mL⁻¹ de álcool anidro. Além disso, foram definidas quantidades máximas permitidas de alguns contaminantes como, carbamato de etila (150 mg.L⁻¹), acroleína (5mg.100mL⁻¹ de álcool anidro), álcool sec-butílico (10 mg.100 mL⁻¹ de álcool anidro), álcool n-butílico (3 mg.100 mL⁻¹ de álcool anidro), chumbo (200 mg.L⁻¹) e arsênio (100 mg.L⁻¹) (BRASIL, 2005).

Carbamato de etila ou uretana é um composto considerado carcinogênico. O Canadá foi o pioneiro em estabelecer uma legislação específica sobre o assunto, tornando-se assim referencial para os Estados Unidos e para Europa, que também estabeleceram o limite de 150 mg.L⁻¹. A detecção e controle do carbamato de etila na cachaça e aguardente tornam-se muito importante, pois, além dos aspectos ligados à saúde pública, sua presença em concentrações superiores a 150 mg.L⁻¹ constituem uma barreira para exportações para Europa e América do Norte (DE ANDRADE-SOBRINHO et al., 2002).

No entanto, os produtores têm se preocupado com a presença de cobre, uma vez que a lei internacional estabelece um limite (2 mg L⁻¹) inferior ao especificado pela legislação brasileira (5 mg L⁻¹) e sua presença também é um obstáculo à exportação da bebida. (CARDOSO, 2013). Durante a produção, várias etapas e processos são aplicados. Para a cachaça o processo de destilação emprega alambiques de metal de cobre. Esses alambiques são os principais responsáveis pela contaminação da bebida. No entanto, o uso desses alambiques produz bebidas com diferentes aromas e sabores, pois. este metal é ativo na catálise de reações de sulfetos, compostos que afetam negativamente o produto (ZACARONI et al., 2015).

O cobre é um metal essencial para o metabolismo humano, porque atua como cofator de várias enzimas celulares, como catalase (aminoxidase), citocromo oxidase, dopamina β-hidroxilase e peroxidase (galactose oxidase). No entanto, um excesso deste metal pode causar doenças graves conhecidas como hipercupremia. Em altas concentrações, o metal pode reagir com grupos SH de proteínas e enzimas e está associado a doenças como epilepsia, melanoma e artrite reumatoide, bem como a perda do paladar (SARGENTELLI; MAURO; MASSABNI, 1996; PEDROZO; LIMA; BAHIA, 2001).

Diversas alternativas foram usadas para reduzir o excesso de cobre na cachaça. A prática mais comum, embora contrária à legislação, é a comercialização do produto no mercado interno sem remover os íons de cobre ou misturar o destilado com outros destilados que contenham menor concentração desse metal. Outros métodos para remover o cobre envolvem a inclusão de um adsorvente no meio. Esses adsorventes são, geralmente, materiais

sintéticos funcionalizados de alta capacidade adsorptiva (CANTANHEDE et al., 2005). Diversos estudos relatam o uso desses adsorventes e adsorventes naturais para a remoção do íon cobre da cachaça. Carvão ativado, CaCO_3 , MgCO_3 , alumino silicatos e bentonita estão entre os adsorventes estudados (CÉSAR; FRANÇA; VALADARES, 2000; CANTANHEDE et al., 2005; CANTÃO et al., 2010; LIMA et al., 2006, NEVES et al., 2007).

A qualidade da bebida é inspecionada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e os padrões de qualidade estão de acordo com as normas exigidas pela legislação brasileira (BRASIL, 2005).

As propriedades sensoriais relevantes da cachaça incluem aspectos influenciados pela sua qualidade química. O efeito sensorial das moléculas químicas é observado na intensidade da cor, corpo, aroma e sabor. A cor está relacionada à cachaça envelhecida em diferentes madeiras, tempo de envelhecimento e barris reutilizados (BORTOLETTO; ALCARDE, 2013).

Embora o processo de envelhecimento não seja obrigatório para a cachaça, melhora a qualidade química e sensorial dos destilados. A lei brasileira estabelece que a cachaça envelhecida é a aguardente amadurecida em barris de madeira por um período não inferior a um ano (BRASIL, 2005). O processo de envelhecimento estimula as interações físico-químicas entre a madeira e a cachaça. As principais interações são baseadas na migração de constituintes não voláteis da madeira e no desenvolvimento de outros componentes por oxidação (MOSEDALE; PUECH, 1998). Quanto aos aspectos sensoriais, o processo de envelhecimento contribui para a estabilização da cor, sabor e caráter lenhoso, devido à riqueza e complexidade do buquê aromático (FRANCIS; SEFTON; WILLIAMS, 1992).

O carvalho é a madeira principal usada para envelhecer cachaça. Participa ativamente dos parâmetros de qualidade sensorial devido à extração de moléculas aromáticas e taninos hidrolisáveis. Na Europa, dois tipos de carvalho são preferencialmente usados em tanoaria, pedunculado (*Quercus robur*) e séssil (*Quercus petraea*), ambos com estruturas similares (SINGLETON, 1974). Nos Estados Unidos, os barris de carvalho são, geralmente, feitos de carvalho branco americano (*Quercus alba*) (CHATONNET; DUBOURDIEU, 1998). Comparando os compostos químicos em cachaças envelhecidas por 36 meses em barris de dez tipos de madeira, incluindo carvalho e madeiras tropicais, Bortoletto e Alcarde (2013) descobriram que os barris de carvalho apresentaram o maior potencial para gerar compostos marcadores de envelhecimento em comparação com os outros nove tipos de madeira testados. Alcarde, Souza e Belluco (2010) observaram que a cachaça envelhecida em

barris de carvalho apresentou a maior aceitação sensorial em relação às cachaças envelhecidas em barris de nove outras espécies de madeira brasileira.

Outro efeito é o corpo, um importante atributo relacionado à concentração de ésteres, compostos fenólicos, açúcar e glicerol derivados da maturação da madeira. A complexidade do aroma aromático, sabores e aromas agradáveis são essenciais para satisfazer o consumidor. Os aromas estão relacionados a compostos voláteis oriundos das condições de cana-de-açúcar, levedura e fermentação, métodos de destilação e envelhecimento (BORTOLETTO; ALCARDE, 2013). A cachaça é tão rica em sensações quanto rum, uísques e conhaques. Embora esses parâmetros sejam indicadores importantes da qualidade da cachaça, eles não são descritos por lei.

3.5 ESTUDOS DE CARACTERIZAÇÃO DE AGUARDENTE DE CANA-DE-AÇÚCAR

Alguns autores realizaram a caracterização da aguardente de cana e compararam os valores obtidos experimentalmente com os estabelecidos na norma.

Masson et al. (2012), avaliaram as concentrações de etanol e acidez volátil, utilizando-se as metodologias estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Do total de amostras, 8,85% apresentaram níveis de acidez volátil acima dos limites estabelecidos pela legislação brasileira e os teores alcoólicos variaram entre 39,82 e 43,82%.

De Sá et al. (2017), observaram em seu estudo de caracterização de cachaça artesanal produzida na zona da Mata de Minas Gerais, que os valores médios de acidez fixa e total variaram entre 14,97 e 101,98 mg·100 mL⁻¹ de álcool anidro. Na legislação vigente não há limite preconizado para estes parâmetros, no entanto o valor médio encontrado de acidez volátil foi de 87 mg·100 mL⁻¹ de álcool anidro. Esse resultado está abaixo do limite máximo permitido de 150 mg·100 mL⁻¹ de ácido acético de álcool anidro.

Em estudo feito por Leite et al. (2017), foram analisados os parâmetros de teor alcoólico, densidade relativa, extrato seco e pH de aguardentes de cana-de-açúcar produzidas no Rio Grande do Norte. As amostras apresentaram valores de teor alcoólico com variação de 38 a 51%, dentro do permitido. Já os valores de densidade e extrato seco variaram entre 0,9309 a 1,0089 g L⁻¹ e entre 0,00 a 6,00 g L⁻¹, respectivamente, sendo estes valores permitidos pela legislação. Na determinação de pH observaram valores entre 4,79 e 5,22.

Mendes Filho et al. (2016), verificaram em seu estudo que os valores de grau alcoólico em 13 amostras de aguardente artesanais de cana-de-açúcar, produzidas nas regiões de Alpercatas e Sertão Maranhense, se encontraram entre 44,9 e 51,4 °GL em volume a 20 °C,

portanto, dentro limite exigido pela legislação. Os teores de acidez volátil expressos em ácido acético também estão dentro do limite estabelecido pela legislação para bebidas alcoólicas, com exceção de duas amostras, sendo que uma delas obteve um valor muito mais elevado, sendo este de 300,9%.

Bispo (2011) verificou em seu trabalho o teor alcoólico da cachaça e observou um valor médio de 40,86% v/v de álcool etílico a 20 °C, permanecendo dentro dos limites estabelecidos pela legislação. Para acidez volátil, duas amostras tiveram seus valores acima do permitido na legislação, sendo que uma amostra era envelhecida e outra tradicional, com valores de 215,53 e 165,20 mg/100 mL, respectivamente. Para o extrato seco foi encontrado um valor médio de 0,93 g /L, sendo que foi dado uma atenção especial à duas amostras que apresentaram os maiores níveis de extrato seco, sendo 5,7 e 5,28 g / L, respectivamente, no entanto ainda dentro do limite estabelecido pela legislação que é de 6 g / L.

4 METODOLOGIA

O estudo foi realizado no Laboratório de Química Analítica, do Departamento de Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no campus da cidade de Campina Grande – PB e no Laboratório de Microbiologia da Unidade Acadêmica de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos (UAEB), no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Sumé – PB. Foram utilizados cinco tipos variados de aguardente de cana, sendo que quatro podem ser classificadas como cachaça e uma aguardente, as quais foram obtidas no comércio local de Campina Grande – PB.

O estudo foi conduzido por meio da determinação dos parâmetros físico-químicos: pH, acidez total, acidez fixa, acidez volátil, extrato seco, densidade e teor alcoólico, além da determinação do teor de açúcares redutores das amostras. A acidez volátil foi obtida pela diferença entre a acidez total e a fixa. Todos os métodos utilizados para determinar os parâmetros físico-químicos das amostras de aguardente foram efetuados em triplicata.

4.1 DETERMINAÇÃO DO pH

Para determinação do pH foi utilizado um pHmetro eletrônico digital de bancada modelo HI 221 da marca HANNA instruments. As amostras foram submetidas à leitura direta no aparelho, depois da calibração do mesmo com soluções tampão de pH 4 e 7 (GERBER; VAN GULLIK, 1985).

4.2 DETERMINAÇÃO ACIDEZ TOTAL

Foram transferidos 50 mL da amostra, para um frasco Erlenmeyer de 500 mL e adicionado 0,5 mL do indicador fenolftaleína. Em seguida, a solução foi titulada com hidróxido de sódio até o ponto de viragem pH 8,2 - 8,4, utilizando o pHmetro. A acidez total foi determinada aplicando-se a Equação 1 (LUTZ-IAL, 2008).

$$At = \frac{n * M * f * PM}{10 * V} \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que:

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

M = molaridade da solução de hidróxido de sódio – 0,01M

f = fator de correção da solução de hidróxido de sódio–0,97

PM = peso molecular do ácido acético (60g/mol)

V = volume tomado da amostra, em mL

4.3 DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ FIXA

Foram pipetados 50 mL da amostra para a cápsula de porcelana e deixado evaporar em banho-maria, adicionando água cuidadosamente pelas paredes da cápsula, o resíduo foi lavado e a evaporação continuou até quase total segura, em seguida o resíduo foi transferido com 100 mL de água para um frasco Erlenmeyer e titulado com solução de hidróxido de sódio, como descrito na determinação de acidez total 4.2. A acidez fixa foi determinada aplicando-se a Equação 2 (LUTZ–IAL, 2008).

$$Af = \frac{n * M * f * PM}{10 * V} \quad \text{Eq. (2)}$$

Em que:

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

M = molaridade da solução de hidróxido de sódio–0,1M

f = fator de correção da solução de hidróxido de sódio– 0,9695

PM = peso molecular do ácido acético (60g/mol)

V = volume tomado da amostra, em mL

4.4 DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ VOLÁTIL POR DIFERENÇA

O cálculo da acidez volátil foi feito pela diferença entre a acidez total e a acidez fixa. O resultado é expresso em g de ácido acético por 100 mL de amostra, sendo determinado aplicando-se as Equações 3 e 4 (LUTZ–IAL, 2008).

$$Av = At - Af \quad \text{Eq. (3)}$$

$$Av = \frac{Av * 100}{G}. \quad \text{Eq. (4)}$$

Em que:

At = ácidos totais

Af = ácidos fixos

Av = ácidos voláteis

G = graduação alcoólica

4.5 DETERMINAÇÃO DE EXTRATO SECO

Foram pipetados 25 mL da amostra para uma cápsula, previamente seca em estufa, resfriada em dessecador até que atingisse a temperatura ambiente e posteriormente pesada. Em seguida, foi evaporado lentamente em banho-maria até a secura e seco em estufa (100±5)°C por 30 min, resfriada em dessecador por 30 min e pesada. A quantidade de extrato seco foi determinada aplicando-se a Equação 5 (LUTZ–IAL, 2008).

$$ES = \frac{100 * N}{V} \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde:

ES = Extrato seco, em g/mL

N = massa de resíduo seco em g

V = volume da amostra em mL

4.6 DENSIDADE

4.6.1 Calibração do picnômetro

O picnômetro foi lavado com detergente e enxaguado com álcool etílico e deixado secar naturalmente. Em um bequer de 250 mL limpo, foi colocado 150 mL de água destilada e deixado em repouso por algum tempo (até atingir o equilíbrio térmico à temperatura ambiente) e, com o auxílio de um termômetro, foi verificada a temperatura. O picnômetro foi completado com água destilada do béquer e tampado de maneira que o excesso de água escorresse pelo orifício capilar longitudinal presente na tampa. Em seguida o picnômetro preenchido foi colocado dentro de um béquer contendo o restante de água destilada, evitando que o nível do béquer atingisse a tampa do picnômetro, sendo aguardados 15 minutos para que atingisse o equilíbrio térmico entre as vidrarias, a água e o ambiente. Novamente foi verificada a temperatura da água do béquer e em seguida a densidade da água nessa temperatura. Com um papel absorvente o líquido presente na parte externa do picnômetro foi enxugado. O picnômetro com a água foi pesado e a pesagem repetida mais duas vezes retirando-se o picnômetro da balança a cada pesagem (LUTZ-IAL, 2008). O volume real do picnômetro (cm^3) é dada pelo volume de água contida, conforme as Equações 6 e 7 a seguir:

$$V_{\text{picnômetro}} = \frac{M_{(\text{picnômetro}+\text{água})} - M_{\text{picnômetro}}}{\rho(\text{água a } T^{\circ}\text{C})} \quad \text{Eq. (6)}$$

$$\text{massa específica} \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) = \frac{\text{massa (g)}}{\text{volume (g)}} \quad \text{Eq. (7)}$$

Em que:

ρ = Densidade da água T °C.

$M_{(\text{picnômetro}+\text{água})}$ = Massa do picnômetro com água em gramas.

$M_{\text{picnômetro}}$ = Massa do picnômetro vazio em gramas.

4.6.2 Medida da densidade relativa da amostra líquida

O picnômetro foi lavado com detergente e em seguida com álcool etílico e deixado secar naturalmente, em seguida o picnômetro vazio e seco foi pesado utilizando para manuseio um papel para não contaminar a vidraria com resíduos das mãos. Posteriormente, o picnômetro foi lavado três vezes com um pequeno volume da amostra cuja densidade será

determinada para remover os resíduos de água do seu interior descartando as alíquotas num local apropriado. O picnômetro foi preenchido com a amostra e tampado de maneira que o excesso do líquido escoou pelo capilar. O líquido presente na parte externa do picnômetro foi enxugado e o picnômetro contendo a amostra foi pesado. A pesagem foi repetida mais de duas vezes retirando o picnômetro da balança a cada pesagem (LUTZ–IAL, 2008). A massa da amostra foi a diferença da pesagem do picnômetro cheio menos o vazio e como o volume da amostra corresponde ao volume do picnômetro determinado durante a calibração, a densidade relativa da amostra foi determinada conforme as Equações 8 e 9:

$$d \left(\frac{g}{cm^3} \right) = \frac{\text{massa (g)}}{\text{volume (g)}} \quad \text{Eq. (8)}$$

$$d_{\text{amostra}} = \frac{M_{(\text{picnômetro}+\text{água})} - M_{\text{picnômetro}}}{\rho_{(\text{água a } T^{\circ}\text{C})}} \quad \text{Eq. (9)}$$

Onde:

d_{amostra} = É a densidade relativa da amostra.

4.7 GRAU ALCOÓLICO

Foi medido 200 mL da amostra em um balão volumétrico, e anotado sua temperatura inicial. Depois, a amostra foi transferida para o balão destilatório, introduzindo pérolas de vidro. O balão volumétrico de 200 mL foi lavado 4 vezes com 5 mL de água destilada e transferido o conteúdo do balão destilatório, conectado ao condensador e mergulhado até o fundo do balão volumétrico anteriormente empregado, com 10 mL de água destilada. Três quartos do volume inicial foram coletados. O balão foi resfriado mergulhando-o em banho de gelo, durante a destilação. O volume foi completado, à mesma temperatura inicial, com água destilada sob agitação (BRASIL, 1986).

4.7 AÇÚCARES REDUTORES (AR)

Para a determinação de açúcares redutores (AR), foi utilizado o método do DNS (Ácido 3,5-Dinitrosalicílico), aplicado por Maldonade et al. (2013).

As amostras a serem analisadas foram constituídas de um volume 50µL de material para um volume de 450 µL de água destilada. Em seguida as amostras foram deixadas sob agitação constante por 30 min a 250 rpm em agitador magnético e filtradas em seguida.

Procedeu-se a determinação pipetando 1,0 mL da amostra e transferindo este volume para tubos de ensaio, onde foi adicionado 1,0 mL do reagente DNS. Os tubos foram agitados e aquecidos em banho maria a 100°C (em ebulição) por 5 minutos. Em seguida, resfriou-se os tubos em banho de gelo por 5 minutos. Adicionou-se 8,0 mL de água destilada e em seguida foi realizada a leitura da absorvância em espectrofotômetro a 540 nm, após zerar o aparelho com o branco. O branco consistiu na substituição do volume de amostra por água destilada (1,0 mL) para realizar o teste de DNS. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Para a realização do cálculo da quantidade de AR nas amostras, aplicou-se a Equação (10):

$$AR = \frac{\text{absorbância} \cdot \text{Fator do DNS} \cdot \text{Diluição}}{\text{volume da amostra}} \quad \text{Eq. (10)}$$

A unidade de medida de AR foi mg de AR/ml de amostra.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da caracterização físico-química e da determinação da quantidade de açúcares redutores das amostras, sendo quatro cachaças e uma aguardente, encontram-se descritos na Tabela 2.

Tabela 2 -Valores médios e desvio padrão dos parâmetros físico-químicos e açúcares redutores presentes nas amostras

Parâmetros	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
Teor alcoólico	40,0 ±0,00	38,0 ±0,00	42,0 ±0,00	47,0 ±0,00	35,0 ±0,00
pH	4,13±0,10	5,50±0,10	4,26±0,10	4,53±0,10	3,80±0,10
Acidez volátil (mg/100mL)	37,52±0,77	11,93±1,86	84,39±0,16	86,55±2,87	241,98±4,03
Acidez total (mg/100mL)	16,75±0,31	12,87±0,06	36,03±0,07	41,84±1,35	87,60±0,31
Acidez fixa (mg/100mL)	1,75±0,00	8,34±0,67	0,58±0,00	1,16±0,0	2,91±1,16
Densidade (g/L)	0,94±0,00	0,95±0,00	0,94±0,00	0,93±0,00	0,95±0,00
Extrato seco (g/L)	0,13±0,06	6,16±0,08	0,00±0,00	0,00±0,00	0,20±0,04
AR (g/L)	2,17±0,16	0,21±0,02	0,86±0,02	0,20±0,03	0,34±0,06

Fonte: Construída com os dados da pesquisa.

As amostras apresentaram valores de teor alcoólico com variação de 35 a 47% (v/v). Todas as amostras, exceto a amostra 5 apresentaram-se em acordo com a legislação brasileira que estabelece valor de 38 a 48%, para cachaça, e 38 a 54%, para aguardente de cana-de-açúcar, a 20°C. A amostra 5 apresentou um teor alcoólico de 35%, ou seja, abaixo do limite permitido e além disso, esse resultado, foi menor do que a quantidade que estava exibida no rótulo do produto. De acordo com Cantão (2006), uma das possíveis causas para uma cachaça ou aguardente apresentar grau alcoólico abaixo do limite permitido é a prática de longas esperas do mosto antes da destilação. Este procedimento ocasiona perdas por evaporação do álcool. Entretanto Garbin, Bogusz e Montano (2005), mostraram que a redução do teor alcoólico também pode ocorrer por uma provável adição acentuada de água ao destilado, no momento da padronização da cachaça, visando um melhor rendimento do produto. Outra

possibilidade é o armazenamento após a abertura da garrafa, uma vez que, se a mesma não estiver bem vedada, pode ocorrer a vaporização do etanol. O maior teor alcoólico observado na amostra 4 já era esperado, uma vez que das 5 amostras ela era a única de aguardente.

Na determinação de pH observa-se que a amostra 2 foi a que apresentou o maior valor, alcançando o valor de 5,5 e a amostra 5 o menor com pH de 3,8. Schmidt et al. (2009) encontrou valores de pH em aguardentes não envelhecidas com variação entre 3,57 e 5,08. Sobre o pH, a Instrução Normativa N° 13 de 29 de junho de 2005 não estabelece limites máximos e mínimos para cachaça/aguardente, entretanto a sua determinação pode servir como parâmetro de indicação sobre a acidez do produto, ou seja, se o pH apresentar um valor muito baixo, espera-se que a acidez, determinada por outra técnica, encontre-se fora dos valores exigidos.

A análise do teor de acidez volátil mostrou que todas as amostras, exceto a amostra 5, encontraram-se dentro dos padrões exigidos pela legislação brasileira para acidez volátil, em que o valor máximo deve ser de 150 mg.100 mL⁻¹. A amostra 5 apresentou um valor de 241,98 mg.100 mL⁻¹, sendo este valor 61% superior ao permitido. O resultado já era esperado, uma vez que o pH dessa amostra foi o menor, confirmando a relação entre os dois parâmetros. Batista (2008) relatou que quantidades elevadas de acidez podem estar associadas a práticas de estocagem inadequada da cana-de-açúcar e contaminações do mosto com bactérias acéticas, decorrente de um tempo excessivo entre o processo de fermentação e a destilação. Em uma pesquisa realizada por Vilela et al. (2007) foram avaliadas a composição físico-química de cachaças adquiridas no Sul de Minas sendo encontradas duas amostras com teor de acidez volátil acima do permitido pela legislação, sendo o maior valor de 288,55 mg.100 mL⁻¹, valor semelhante ao observado para a amostra 5.

Os valores de acidez total e fixa variaram entre 12,87 e 87,6 e entre 0,58 e 8,34 mg.100 mL⁻¹, respectivamente. Em um estudo feito por Pequeno et al. (2008), foram analisadas 5 amostras de cachaças, em que todas as amostras apresentaram valores de acidez fixa próximos a 2,35 mg.100 mL⁻¹. Entretanto, foram observadas variações quanto a acidez total, sendo que uma das amostras apresentou teor de acidez total mais elevado que as demais amostras analisadas, alcançando 112,87 mg.100 mL⁻¹. Com isso, é possível verificar que as variações nesse parâmetro podem ocorrer, provavelmente devido as diferenças entre a cana e o processo utilizados.

Os valores de densidade variaram entre 0,93 a 0,95 g L⁻¹. Silva et al. (2012) ao estudarem aguardentes artesanais de cana-de-açúcar produzidas na região sudoeste da Bahia

encontraram valores de densidade que variaram entre 0,92 e 0,94 g L⁻¹, sendo estes valores bem próximos aos observados no presente trabalho. Para densidade, a amostra 5 obteve o maior valor dentre das demais, sendo este resultado esperado por essa amostra apresentar o menor teor alcóolico.

De acordo com os resultados das análises, verificou-se que a quantidade de extrato seco das amostras variou entre 0,00 e 6,16 g.L⁻¹. O maior valor de extrato seco foi encontrado na amostra 2, enquanto nas amostra 3 e 4, não foi possível detectar a presença de extratos. Excetuando a amostra 2, em que a quantidade observada foi 2,67% superior ao permitido, todas as amostras estão dentro do limite exigido que é de 6g.L⁻¹. No estudo realizado por Carvalho, et al. (2011), foram observados resultados de extrato seco variando entre 0,192 a 1,718 g/L⁻¹. Discrepâncias encontradas para este parâmetro podem estar relacionadas ao tempo de envelhecimento das cachaças, já que cachaças recém-destiladas apresentam teores de extrato seco menor que a mesma cachaça quando envelhecida.

Quanto aos resultados obtidos para açúcares redutores (AR) foram observados valores entre 0,20 e 2,17 g/L. Em um estudo feito por Silva et al. (2012) eles encontraram valores de AR entre 2,90 e 1,72 g/L, valores superiores aos observados neste trabalho, mas dentro dos limites estabelecidos pela legislação, o que indica que mesmo que tenha sido realizada a adição de açúcares, que é permitida, essa adição manteve o parâmetro em valores aceitáveis.

6 CONCLUSÕES

Ao término da caracterização constatou-se que para a grande maioria dos parâmetros avaliados, as amostras apresentaram valores dentro dos limites especificados pela legislação. As discrepâncias encontradas foram teor alcoólico abaixo e acidez volátil acima do permitido, para amostra 5, sendo encontrados os valores de 35% (v/v) e 241,98 mg.100 mL⁻¹, respectivamente, e a amostra 2 apresentou quantidade de extrato seco um pouco maior que o estabelecido, sendo observado o valor de 6,16 g.L⁻¹. Por mais que as discrepâncias tenham sido explicadas na discussão dos resultados, a repetição dos experimentos para essas marcas, utilizando amostras do mesmo lote, poderiam ser realizadas para confirmação dos valores, mas, inicialmente podemos caracterizá-las como fora dos padrões.

Entretanto, mesmo havendo pequenas alterações, é possível afirmar que as aguardentes de cana-de-açúcar produzidas no estado da Paraíba apresentaram padronização, sendo que apenas duas amostras se encontraram com um ou dois parâmetros com valores em não conformidade com o que é exigido.

Devido à importância do produto analisado, recomenda-se que estudos complementares sejam realizados para determinação de outros parâmetros físico-químicos, além de análises microbiológicas, que poderiam dar uma maior segurança aos consumidores.

REFERÊNCIAS

- ABRABE (2018). Disponível em: <<http://www.abrabe.org.br>>. Acesso em 14 de Dez de 2018.
- AFRIS (Animal FeedResourcesInformation System of FAO). (2015). Sugarcanejuice. Disponível em: <<http://www.feedipedia.org/node/560>>. Acesso 25 de Fev de 2019.
- ALCARDE, A. R.; SOUZA, P. A. D.; BELLUCO, A. E. D. S. Aspectos da composição química e aceitação sensorial da aguardente de cana-de-açúcar envelhecida em tonéis de diferentes madeiras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. suppl 1, p. 226-232, 2010.
- ALCARDE, A. R.; SOUZA, P. A. de; BELLUCO, A. E. de S. Volatilization kinetics of secondary compounds from sugarcane spirits during double distillation in rectifying still. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 3, p. 280-286, 2010.
- ALCARDE, A.R.; DE SOUZA, L. M.; BORTOLETTO, A. M. Ethyl carbamate kinetics in double distillation of sugar cane spirit. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 118, n. 1, p. 27-31, 2012.
- ALCARDE, André Ricardo. **Cachaça: ciência, tecnologia e arte**. Editora Blucher, 2017.
- AQUINO, F. W.B.; BOSO, L. M.; CARDOSO, D. R.; FRANCO, D. W. Amino acids profile of sugar cane spirit (cachaça), rum, and whisky. **Foodchemistry**, v. 108, n. 2, p. 784-793, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13920**: Aguardente de cana - Determinação do teor alcoólico. Rio de Janeiro, 1997.
- BATISTA, F. R. M. **Estudo do processo de destilação alcoólica contínua: Simulação de Plantas Industriais de Produção de Álcool Hidratado, Álcool Neutro e Cachaça**. 2008.
- BISPO, J. L. P. Características físico-químicas de cachaças artesanais envelhecidas e não envelhecidas produzidas e comercializadas na Bahia. 2011. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2011.
- BORTOLETTO, A. M.; ALCARDE, A. R. Congeners in sugar cane spirits aged in casks of different woods. **Food chemistry**, v. 139, n. 1-4, p. 695-701, 2013.
- BORTOLETTO, A. M.; ALCARDE, A. R. Congeners in sugar cane spirits aged in casks of different woods. **Foodchemistry**, v. 139, n. 1-4, p. 695-701, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria nº 76 de 26 de novembro de 1986. Dispõe sobre os métodos analíticos de bebidas e vinagre. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 28 nov. 1986. Seção 1, pt. 2.
- BRASIL. Regulamento da lei 8.918, de 14 de julho de 1994, Decreto 6871 C.F.R. § 51 (2009).
- BRASIL. Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para aguardente de cana e para cachaça (2005).

- CANTANHEDE, L. B.; de LIMA, J. B.; LOPES, G. S.; FARIAS, R. F.; BEZERRA, C. W. B. Uso de sílica e sílica-titânia organofuncionalizadas para a remoção de Cu (II) em aguardentes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, 2005.
- CANTÃO, F. de O. Análises físico-químicas e avaliação da presença do cobre em aguardentes de cana por alumino silicatos. **Lavras: UFLA/FA**, 2006.
- CANTÃO, F. de O.; MELO, W. D. C., CARDOSO, M. D. G., ANJOS, J. P. D.; OLIVEIRA, L. C. A. D. Avaliação e remoção de cobre em aguardentes de cana pela utilização dos aluminossilicatos: zeólita e bentonita. **Ciênc. agrotec.,(Impr.)**, v. 34, n. 5, p. 1109-1115, 2010.
- CARDEAL, Z. L.; MARRIOTT, P. J. Comprehensive two-dimensional gas chromatography–mass spectrometry analysis and comparison of volatile organic compounds in Brazilian cachaça and selected spirits. **FoodChemistry**, v. 112, n. 3, p. 747-755, 2009.
- CARDOSO, M. das G. Produção de aguardente de cana. **Lavras. 3º Ed. UFLA**, 2013
- CARVALHO, G. B.; EMERENCIANO, D. P.; CARVALHO, G. C.; FERNANDES, P. R.; MOURA, M. D. F. V. D. Avaliação dos parâmetros físico-químicos em diferentes marcas de cachaças comercializadas em Natal-RN. In: **IV Congresso Norte–Nordeste de Química. Natal**. 2011.
- CÉSAR, B. L.; FRANÇA, R. C. A.; VALADARES, N. F. Dupla destilação da aguardente de cana&58; teores de acidez total e de cobre. **ScientiaAgrícola**, v. 57, n. 4, p. 623-627, 2000.
- CHATONNET, P.; DUBOURDIEU, D. Comparative study of the characteristics of American white oak (*Quercus alba*) and European oak (*Quercuspetraea* and *Q. robur*) for production of barrels used in barrel aging of wines. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 49, n. 1, p. 79-85, 1998.
- DATO, M. C. F.; PIZAURO JÚNIOR, J. M.; MUTTON, M. J. R. Analysis of the secondary compounds produced by *Saccharomyces cerevisiae* and wild yeast strains during the production of " cachaça". **BrazilianJournalofMicrobiology**, v. 36, n. 1, p. 70-74, 2005.
- DE ANDRADE-SOBRINHO, L. G.; BOSCOLO, M. DOS S.; LIMA-NETO, B.; FRANCO, D. W. Carbamato de etila em bebidas alcoólicas (cachaça, tiquira, uísque e grapa). **Química Nova**, v. 25, n. 6/B, p. 1074-1077, 2002.
- DE SÁ, J. P. N.; COSTA, M. V. A.; DE ALMEIDA, F. B.; LEONARDO, H. S. G.; DA SILVA, C. C. M.; DO PRADO JUNIOR, L. S. Caracterização de cachaça artesanal produzida na zona da Mata de Minas Gerais – Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**. v.11, n.2, p. 157-152, dezembro (Edição Especial), 2017.
- FARAH. (2013). Brazilian sugarcane industry.The Brazil Business.Disponível em: <<http://thebrazilbusiness.com/article/brazilian-sugarcane-industry>>. Acesso 25 de Fev de 2019.
- FRANCIS, I. L.; SEFTON, M. A.; WILLIAMS, P. J. A study by sensory descriptive analysis of the effects of oak origin, seasoning, and heating on the aromas of oak model wine extracts. **American JournalofEnologyandViticulture**, v. 43, n. 1, p. 23-30, 1992.

GARBIN, R.; BOGUSZ, S.; MONTANO, M. A. Níveis de cobre em amostras de cachaça produzidas na região noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1436-1440, 2005.

GERBER, A.; VAN GULLIK, D. Instituto Adolfo Lutz–Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. 1985.

HERNÁNDEZ-ORTE, Purificación; CACHO, J. F.; FERREIRA, V. Relationship between varietal amino acid profile of grapes and wine aromatic composition. Experiments with model solutions and chemometric study. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 50, n. 10, p. 2891-2899, 2002.

IBRAC (2019a). Disponível em: <<http://www.ibrac.net/index.php/servicos/estatisticas/mercado-interno>>. Acesso em 22 de Fev de 2019.

IBRAC (2019b). Disponível em: <<http://www.ibrac.net/index.php/servicos/estatisticas/mercado-externo>>. Acesso em 14 de Mar de 2019.

JAMES, J. B.; NGARMSAK, T.; ROLLE, R. S. Processing of fresh-cut tropical fruits and vegetables: A technical guide. **RAP Publication (FAO) eng no. 2010/16**, 2010.

KALPANA, K.; LAL, P. R.; KUSUMA, D. L.; KHANNA, G. L. The effects of ingestion of sugarcane juice and commercial sports drinks on cycling performance of athletes in comparison to plain water. **Asian journal of sports medicine**, v. 4, n. 3, p. 181, 2013.

KULKARNI, M. S.; KININGE, P. T.; GHASGHASE, N. V.; MATHAPATI, P. R.; JOSHI, S. S. Effect of additives on alcohol production and kinetic studies of *S. cerevisiae* for sugar cane wine production. **Int J Adv Biotechnol Res**, v. 2, n. 1, p. 154-158, 2011.

LEITE, J. J. do R.; OLIVEIRA, E. N. A.; ALMEIDA, F. L. C.; FEITOSA, R. M. Caracterização físico-química de aguardentes de cana-de-açúcar produzidas no Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 11, n. 1, 2017.

LIMA, A. de J. B.; CARDOSO, M. G.; GUERREIRO, M. C.; PIMENTEL, F. A. Emprego do carvão ativado para remoção de cobre em cachaça. **Química Nova**, v. 29, n. 2, p. 247-250, 2006.

LONGO, E.; Velazquez, J. B.; Sieiro, C.; Cansado, J.; Calo, P.; Villa, T. G. Production of higher alcohols, ethyl acetate, acetaldehyde and other compounds by 14 *Saccharomyces cerevisiae* wine strains isolated from the same region (Salnés, NW Spain). **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 8, n. 5, p. 539-541, 1992.

LUTZ–IAL, Instituto Adolfo. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 2008.

MALDONADE, I. R.; DE CARVALHO, P. G. B.; FERREIRA, N. A. Protocolo para determinação de açúcares redutores pelo método de Somogyi-Nelson. **Embrapa Hortaliças- Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2013.

MASSON, J.; CARDOSO, M. D. G.; ZACARONI, L. M.; ANJOS, J. P. D.; SACKZ, A. A.; MACHADO, A. M. D. R.; NELSON, D. L. Determination of acrolein, ethanol, volatile acidity, and copper in different samples of sugarcane spirits. **Food Science and Technology**, v. 32, n. 3, p. 568-572, 2012.

MENDES FILHO, N. E.; MOUCHREK FILHO, V. E.; DE CASTRO, A. C.; MARTINS, V. M. C.; DE SOUZA, J. M. Caracterização de Aguardentes Artesanais de Cana-de-açúcar Produzidas nas Regiões de Alpercatas e Sertão Maranhense. **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 5, 2016.

MORAIS, P. B.; ROSA, C. A.; LINARDI, V. R.; PATARO, C.; MAIA, A. B. R. A. Characterization and succession of yeast populations associated with spontaneous fermentations during the production of Brazilian sugar-cane aguardente. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 13, n. 2, p. 241-243, 1997.

MOSEDALE, J. R.; PUECH, J.-L. Wood maturation of distilled beverages. **Trends in Food Science & Technology**, v. 9, n. 3, p. 95-101, 1998.

NASCIMENTO, E. S. P.; CARDOSO, D. R.; FRANCO, D. W. Comparação de técnicas de determinação de ésteres em cachaça. **Química Nova**, v. 32, n. 9, p. 2323-2327, 2009.

NEVES, E. A.; OLIVEIRA, A., FERNANDES, A. P.; NOBREGA, J. A. Simple and efficient elimination of copper (II) in sugar-cane spirits. **Food Chemistry**, v. 101, n. 1, p. 33-36, 2007.

NUALSRI, C.; REUNGSANG, A.; PLANGKLANG, P. Biochemical hydrogen and methane potential of sugarcane syrup using a two-stage anaerobic fermentation process. **Industrial Crops and Products**, v. 82, p. 88-99, 2016.

PEDROZO, M. de F. M.; LIMA, I. V. D.; DA BAHIA, B. G. D. E et al. Ecotoxicologia do cobre e seus compostos. In: **Cadernos de Referencia Ambiental**, 002. CRA, 2001.

PEQUENO, J. A.; RIBEIRO FILHO, N. M.; FLORÊNCIO, I. M.; ROCHA, A. S.; SIMÕES, A. M. B. M. Determinação de teores de acidez em cachaça. In: II CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE QUÍMICA, João pessoa-PB. 2008.

PERPÈTE, P.; SANTOS, G.; BODART, E.; COLLIN, S. Uptake of amino acids during beer production: the concept of a critical time value. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 63, n. 1, p. 23-27, 2005.

SARGENTELLI, V.; MAURO, A. E.; MASSABNI, A. C. Aspectos do metabolismo do cobre no homem. **Química Nova**, v. 19, n. 3, p. 290-293, 1996.

SCHMIDT, L.; MARMITT, S.; OLIVEIRA, E. C.; SOUZA, C. F. V. Physicochemical properties of spirits produced artisanally in the Region of Vale do Taquari in Rio Grande do Sul/Características físico-químicas de aguardentes produzidas artesanalmente na região do Vale do Taquari no Rio Grande do Sul. **Alimentos e Nutricao (Brazilian Journal of Food and Nutrition)**, v. 20, n. 4, p. 539-552, 2009.

SIEBALD, H. G. L.; CANUTO, M. H.; SILVA, J. B. B. Alguns aspectos toxicológicos da cachaça, **Informe Agropecuário**. v.30, p. 55-59.2009.

SILVA, M. V.; DIAS, F. M.; ALEXANDRINO, D. M.; OLIVEIRA, J. B. de; BOTÊLHO, P. S. Caracterização físico-química de aguardentes artesanais de cana-de-açúcar produzidas na região sudoeste da Bahia. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.14, n.2, p.197-202, 2012.

SINGLETON, V. L. Some aspects of the wooden container as a factor in wine maturation. **Advances in chemistry series**, 1974.

USDA (United States Department of Agriculture). (2017). Brazil: Sugar annual. Foreign Agricultural Service. Disponível em: <https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Sugar%20Annual_Sao%20Paulo%20ATO_Brazil_4-19-2017.pdf>. Acesso 25 de Fev de 2019.

VILELA, F. J.; M., MASSON, J.; DOS ANJOS, J. P. Determinação das composições físico-químicas de cachaças do sul de minas gerais e de suas misturas Determination of the physical-chemical composition of homemade cachaças produced in the South of Minas Gerais and their mixtures. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1089-1094, 2007.

ZACARONI, L. M.; MAGRIOTIS, Z. M.; DAS GRAÇAS CARDOSO, M.; SANTIAGO, W. D.; MENDONÇA, J. G.; VIEIRA, S. S.; NELSON, D. L. Natural clay and commercial activated charcoal: properties and application for the removal of copper from cachaça. **Foodcontrol**, v. 47, p. 536-544, 2015.