SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO REGIONAL
Departamento de Tecnologia Sucroalcooleira

JAQUELINE SEBASTIÃO

INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO E DO FÓSFORO NO RENDIMENTO ALCOÓLICO DA FABRICAÇÃO DA CACHAÇA

JOÃO PESSOA/PB
2023

JAQUELINE SEBASTIÃO

INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO E DO FÓSFORO NO RENDIMENTO ALCOÓLICO DA FABRICAÇÃO DA CACHAÇA

Trabalho de Conclusão do Curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para a obtenção do grau de Tecnólogo em Produção Sucroalcooleira.

Orientador(a): Prof. Dr. Kelson Carvalho Lopes

JOÃO PESSOA/PB

2023

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S443i Sebastiao, Jaqueline.
Influência do nitrogênio e do fósforo no rendimento alcoólico da fabricação da cachaça / Jaqueline Sebastiao. - João Pessoa, 2023.
42 f. : il.

Orientação: Kelson Carvalho Lopes.
TCC (Graduação) - UFPB/CTDR.

1. Cachaça. 2. Fermentação alcoólica. 3. Nutrientes. 4. Nitrogênio. 5. Fósforo. I. Lopes, Kelson Carvalho. II. Título.

UFPB/CTDR CDU 663.543

Elaborado por Rodrigo Araújo de Sá Pereira - CRB-755/O

JAQUELINE SEBASTIÃO

INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO E DO FÓSFORO NO RENDIMENTO ALCOÓLICO DA FABRICAÇÃO DA CACHAÇA

TCC aprovado em **07/11/23** como requisito para a conclusão do curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira da Universidade Federal da Paraíba.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr Kelson Carvalho Lopes - (UFPB –Orientador)

Profª. Drª. Marcia Aparecida Cezar (UFPB – Membro interno)

Prof. Dr. Marcelo Teixeira Leite (UFPB – Membro interno)

João Pessoa, 07 de novembro de 2023.

DEDICATÓRIA

Infinitamente, à minha mãe, Regina,
E ao meu filho, Guibson.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, pelo pleno apoio e por ter ajudado a cuidar do meu filho enquanto estudei.

Ao meu filho, pelo apoio e pela compreensão nos momentos em que precisei ausentar-me.

Aos meus professores, por todos os ensinamentos acadêmicos e não acadêmicos.

Aos servidores do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional – CTDR, em especial ao Diego Batista, servidor do Laboratório de tecnologia Sucroalcooleira, por tanta presteza.

Aos colegas e companheiros de curso, Carlos Eduardo e Ruth, pela colaboração e ajuda na minha pesquisa, a tantos outros colegas, que me fariam escrever aqui uma grande lista, estes tornaram meus dias na Universidade mais leves no meu TCC.

Ao colega Leonardo Lima dos Santos, pelas análises cromatográficas

Ao meu professor e orientador, Kelson C. Lopes, pelo tempo e confiança investidos em mim, pela infinita colaboração à minha pesquisa, pelos ensinamentos que me passou, por todo apoio, por sua orientação!

“...Os três amigos beberam garapa fermentada, magnífico e Gerineldo, contemporâneos de Aureliano, porém mais experientes nas coisas do mundo, bebiam metodicamente...”

Cem anos de solidão, Gabriel Garcia Marquez.

RESUMO

A cachaça é a bebida destilada mais consumida no Brasil, e vem se destacando por sua qualidade. Tratando – se de uma bebida apreciada por muito tempo, apenas pelas parcelas menos favorecidas da população brasileira, hoje vem conquistando espaço entre os apreciadores de classes sociais mais elevadas, e ganhando espaço também fora do nosso território, sendo produto de exportação para países como EUA e Alemanha. Para garantir uma boa produção, alguns cuidados devem ser tomados, como a higienização e a escolha da levedura. Para promover melhora em qualidade e quantidade no produto, alguns nutrientes, podem ser adicionados ao meio fermentativo, no intuito de melhorar a conversão dos açúcares presentes no meio em etanol, como o Nitrogênio e o fósforo, considerando que a atividade da levedura depende de suas condições vitais que, por sua vez, estão estreitamente correlacionadas com sua nutrição. Em linhas ferais este trabalho tem como objetivo analisar o comportamento da destilação alcoólica para cachaça, de vinho fermentado com diferentes dosagens dos nutrientes Nitrogênio e Fósforo. Foram destilados vinhos fermentados com diferentes dosagens de Nitrogênio e Fósforo, para identificar qual relação N/P produz maior quantidade e melhor qualidade de cachaça, analisados os parâmetros físico-químicos, acidez, teor alcoólico, álcoois superiores e os coeficientes de congêneres. As dornas que se destacaram foi a dorna 08 com maior volume e maior teor alcoólico, a dorna 06 como maior teor de acidez, a dorna 03 com menor teor de acidez.

Palavras-chave: Cachaça. Fermentação Alcoólica. Nutrientes. Nitrogênio. Fósforo. Destilação.

ABSTRACT

Cachaça is the most consumed distilled drink in Brazil, and has stood out for its quality. As it is a drink enjoyed for a long time, only by the less favored portions of the Brazilian population, today it is gaining ground among drinkers from higher social classes, and also gaining ground outside our territory, being an export product to countries such as the USA and Germany. To ensure good production, some care must be taken, such as hygiene and the choice of yeast. To promote improvements in product quality and quantity, some nutrients can be added to the fermentation medium, in order to improve the conversion of sugars present in the medium into ethanol, such as nitrogen and phosphorus, considering that yeast activity depends on its vital conditions which, in turn, are closely correlated with their nutrition. In general terms, this work aims to analyze the behavior of alcoholic distillation for cachaça, of wine fermented with different dosages of the nutrients Nitrogen and Phosphorus. Fermented wines were distilled with different dosages of Nitrogen and Phosphorus, to identify which N/P ratio produces greater quantity and better quality of cachaça, analyzing the physical-chemical parameters, acidity, alcohol content, higher alcohols and congener coefficients. The tanks that stood out were tank 08 with the largest volume and highest alcohol content, tank 06 with the highest acidity content, tank 03 with the lowest acidity content.

Keywords: Cachaça. Alcoholic fermentation. Nutrients. Nitrogen. Phosphor. Distillation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Processo de produção da cachaça.....15
Figura 2- Nutrientes utilizados no processo de fermentação.....20
Figura 3 – Processo de destilação usado no trabalho. (A) Vista superior do destilador; (B) Cachaça saindo do destilador, (C) Vista lateral do destilador. 23
Figura 4 – (A) Titulação, (B) verificação de acidez total em cachaça.....25
Figura 5 – Cromatógrafo gasoso.....26
Figura 6 – Resultado de análise de álcoois superiores na dorna 06.....32
Figura 7 – Resultado de análise de álcoois superiores na dorna 08.....33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade dos nutrientes em cada uma das dornas de fermentação ...21
Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos da cachaça.....**Erro! Indicador não definido.**
Tabela 3 - Resultados da menor soma de acordo com a classificação decrescente do teor alcoólico (˚GL.) do BRIX 6 ao 15.....27
Tabela 4 - Resultado das destilações classificado em ordem decrescente de acordo com o teor alcoólico: 28
Tabela 5 - Resultado do volume classificado em ordem decrescente de acordo com o volume de cachaça. 28
Tabela 6 - Teor de acidez das cachaças classificado em ordem decrescente.....30
Tabela 8 - Parâmetros físico-químicos da cachaça e resultados 34
Tabela 9 - limites dos contaminantes orgânicos e inorgânicos e resultados.....36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 11
1.1. Objetivo 12
1.1.1. Objetivo geral 12
1.1.2. Objetivos específicos 12
1.2. JUSTIFICATIVA 12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 13
2.1. DENOMINAÇÃO E ORIGEM DA CACHAÇA 13
2.2. PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DA CACHAÇA 14
2.2.1. Fermentação Alcoólica 15
2.2.2. Destilação Alcoólica 16
2.3. IMPORTÂNCIA DOS NUTRIENTES NITROGÊNIO E FÓSFORO PARA A FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA 17
2.4. ÁLCOOIS SUPERIORES 18
3. MATERIAIS E MÉTODOS 20
3.1. DESTILAÇÃO 21
3.2. ANÁLISE DA ACIDEZ 24
3.3. ANÁLISE DE ÁLCOOIS SUPERIORES 25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 27
4.1. CLASSIFICAÇÃO DECRESCENTE DO TEOR ALCOÓLICO (G.L) DO BRIX 6 AO 15 27
4.2. TEOR ALCOÓLICO 28
4.3. Volume 28
4.4. ACIDEZ 30
4.5. ÁLCOOIS SUPERIORES 32
4.5.1. Dorna 06 32
4.5.2. Dorna 08 33
5. CONCLUSÕES 37
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 38

1. INTRODUÇÃO

A aguardente de cana é a terceira bebida destilada mais consumida no mundo e a primeira no Brasil (Silva, 2022). Trazida ao Brasil na era colonial pelos portugueses, trata-se de bebida obtida a partir da fermentação do caldo da cana-de-açúcar, destilada a uma graduação alcoólica entre 38 e 48ºGL. No processo de produção da cachaça, alguns cuidados são necessários para obtenção de um bom produto, desde a higienização à escolha da levedura para fermentação, a exemplo, alguns produtores optam por leveduras comerciais e outros por leveduras selvagens ou fermento caipira.

Alguns nutrientes, podem ser adicionados ao meio fermentativo, no intuito de melhorar a conversão dos açúcares presentes no meio em etanol. A atividade da levedura depende de suas condições vitais que, por sua vez, estão estreitamente correlacionadas com sua nutrição (Oliveira, 2023). Essas leveduras exigem uma fonte de carbono, que pode ser a glicose ou outro açúcar, mas também exigem vitaminas e outros nutrientes tais como nitrogênio, fósforo, enxofre, potássio, magnésio, cálcio, zinco, manganês, cobre, ferro, cobalto, iodo e outros elementos em pequenas quantidades. As necessidades nutricionais das leveduras durante o processo fermentativo alcoólico influenciam na multiplicação, crescimento celular e eficiência de transformação do açúcar em álcool (Santos, 2008). O comportamento das leveduras do meio fermentativo na presença de nitrogênio e fósforo é refletido no produto, etanol ou cachaça, observando-se o rendimento para diferentes quantidades do substrato adicionado ao mosto na fermentação (Santos, 2008).

Dessa forma o estudo envolvendo a avaliação dos fatores nutricionais são de suma importância para agregar a qualidade no produto final uma vez que podem influenciar diretamente no crescimento microbiano e afetar os padrões de acidez ideais.

1.1. Objetivo

1.1.1. Objetivo geral

Avaliar a adição de diferentes doses de Nitrogênio e Fósforo na destilação para a fabricação da cachaça.

1.1.2. Objetivos específicos

- Avaliar as doses de Nitrogênio (0.9g a 29.1g) durante as destilações;
- Avaliar as doses de Fósforo (2,1g a 72.9g) durante as destilações;
- Monitorar o teor alcoólico do destilado (°GL) para realizar o corte das frações.
- Medir o volume e o teor alcoólico das frações obtidas.
- Determinar asa melhor relação entre as doses de nitrogênio e fósforo quanto ao rendimento de destilado.

1.2. JUSTIFICATIVA

A cachaça é uma bebida que está conquistando espaço nacionalmente e internacionalmente. Trata-se de uma bebida destilada do vinho fermentado do caldo da cana-de-açúcar. Para sua produção, alguns cuidados são necessários, para garantir uma boa qualidade à bebida, esses cuidados são aplicados desde o corte da cana e da escolha da levedura a ser utilizada no processo fermentativo ao momento da destilção.

Além desses cuidados específicos à produção da cachaça, deve –se considerar também a nutrição das leveduras que fermentarão o caldo da cana para posterior destilação da bebida, essas leveduras possuem necessidades nutricionais que influenciam no processo fermentativo alcoólico, no seu crescimento celular e na sua eficiência na tranformação de açúcares em etanol, necessitam de vitaminas e outros nutrientes tais como nitrogênio, fósforo, enxofre, potássio, magnésio, cálcio, zinco, manganês, cobre, ferro, cobalto. Ante o exposto, este trabalho visou estudar a importancia da adição dos nutrientes Fosforo e Nitrogênio, e atuação desses nutrientes ao caldo de cana na fermentação para produção de cachaça.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. DENOMINAÇÃO E ORIGEM DA CACHAÇA

Cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38,0 a 48,0%(v/v) a 20,0ºC (trinta e oito a quarenta e oito por cento em volume, a vinte graus Celsius), obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionada de açúcares (Brasil, 2022).

A origem da bebida destilada vem da época da colonização, em decorrência da produção de açúcar, e algumas teorias discutem sobre a criação da bebida. O início da produção de aguardente de cana-de-açúcar se deu então a essa época, ao perceber-se que a borra separada do processo de concentração da garapa (chamada na época cachaza) para a produção de pães de açúcar, quando colocada em um recipiente e deixada de um dia para outro, fermentava e produzia um líquido com cheiro e sabor diferenciado (Schoeninger; Coelho; Silochi, 2014).

De acordo com Seabra (2015), a origem do termo “cana” vem do latim, derivando do grego, o termo é introduzido à língua portuguesa já no século XIII, para designar o caule de várias plantas da família das gramíneas. No século seguinte, esse termo se expande, concebendo com a palavra de origem árabe “as-sukkar”, herdada do sânscrito “çarkara”, o composto que conhecemos: “cana de açúcar”, cujo nome científico, *Saccharum officinarum*, refere-se à planta gramínea, de colmo com os entrenós ocos, de sabor adocicado, que vai dar origem à nossa cachaça. Ainda no mesmo estudo, Seabra (2015) afirma que sobre a palavra “aguardente”, não restam dúvidas quanto à sua origem: no século XV, documenta-se a forma composta “água ardente”; já no século XVI, há a aglutinação “aguardente”, persistindo, contudo, em vários textos, a forma composta por justaposição, ainda nos séculos seguintes. Oriunda dos termos latinos “ăqua” e “ardens – entis”, essa palavra aplica-se a várias bebidas, dentre essas, à aguardente de cana. (Cunha, 1982, p. 23 *apud* Seabra, 2015).

No decorrer da colonização, a bebida alcoólica se tornou uma das principais moedas de troca do comércio português na África no século XVI, especialmente no que diz respeito ao tráfico negreiro (Simoncine *et al.,* 2022). Obtida pela destilação do mosto fermentado de cana-de-açúcar, sem adição de açúcar, corante ou outras

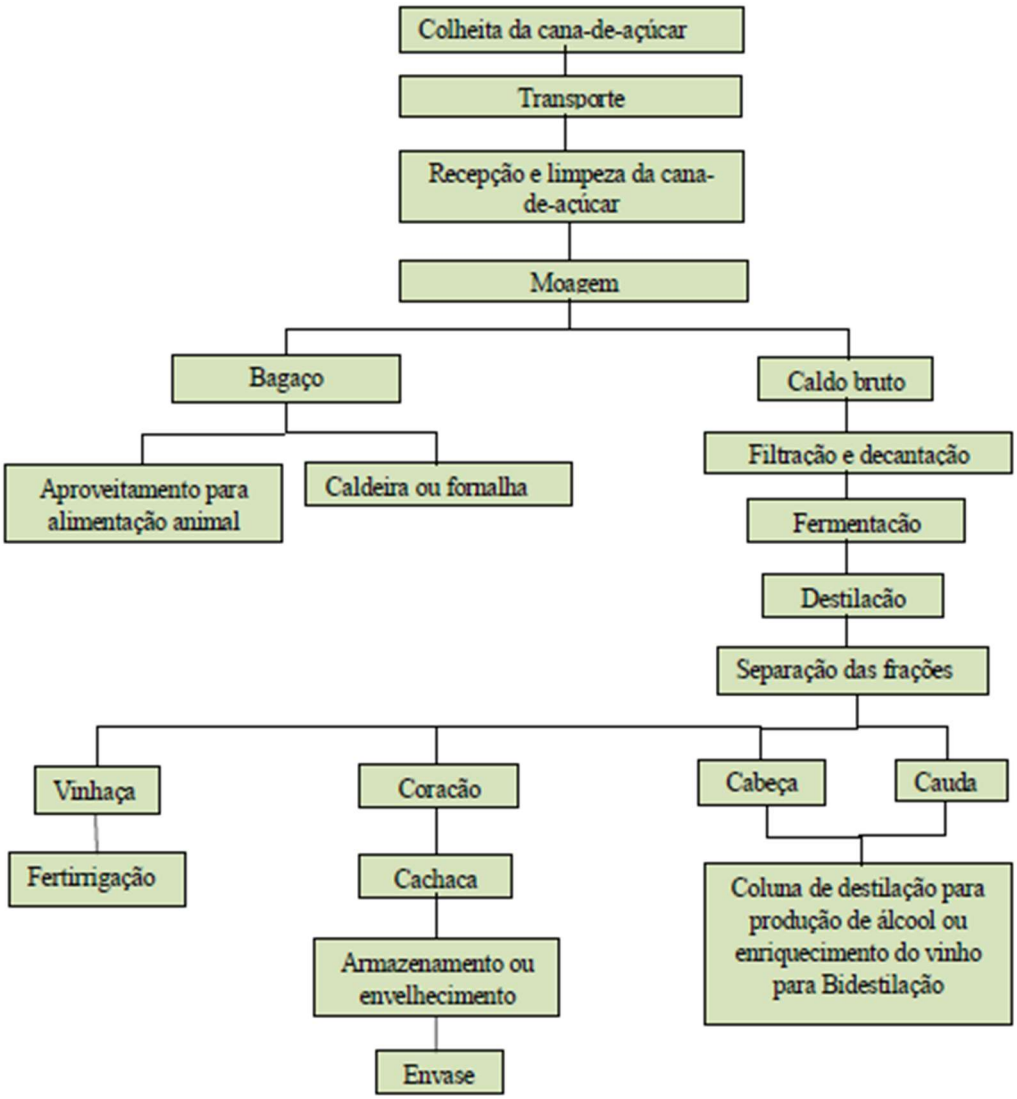
substâncias químicas, a cachaça vem se destacando por sua qualidade e pelo empreendedorismo de muitos produtores. (Soratto; Varvakis; Horii, 2007).

A cachaça foi ganhando espaço econômica e culturalmente no Brasil, Incialmente como uma bebida apreciada apenas pela parcela menos favorecida da população brasileira e ao decorrer do tempo foi se popularizando e ganhando apreciadores de classes sociais mais elevadas, sendo hoje produto de exportação para países como Estados Unidos e Alemanha. A cachaça e a caipirinha são, portanto, apropriadas sob a forma de memórias coletivas por diversos grupos sociais brasileiros (Dias, 2014).

2.2. PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DA CACHAÇA

Para a produção de aguardente de qualidade deve ser utilizada a cana colhida sem queima e processada no mesmo dia, isso porque a queima pode provocar a perda de açúcares até 14,5% (Masson *et al*., 2007). O processo produtivo da cachaça pode ser resumido conforme os seguintes estágios: preparação da matéria prima (corte, separação das folhagens, transporte e armazenamento), seguida da extração do caldo, para, logo após, ocorrer a fermentação (Bogusz Junior, *et al*. 2006). Na Figura **1** observa-se o processo de processamento da matéria prima, que se inicia na colheita da cana-de-açúcar e segue até a destilação e a obtenção do produto, a cachaça.

Figura 1- Processo de produção da cachaça



Fonte: (Melo *et al*., 2012).

2.2.1. Fermentação Alcoólica

Os primeiros relatos sobre a fermentação vêm dos antigos egípcios, os quais julgavam que a inalação de vapores de líquidos aromatizados e fermentados, absorvidos diretamente do bico de uma chaleira, num ambiente fechado, curava várias moléstias (Rodrigues *et al*., 2019).

A fermentação é o processo responsável pela formação da maioria das substâncias responsáveis pelo aroma e sabor da bebida final (Canuto, 2013). No contexto de fermentação alcoólica, o processo é realizado em substrato açucarado, que é transformado em gás carbônico (CO_2) e etanol, por meio da ação de leveduras (Melo *et al.,* 2021).

Segundo Masson *et al*., (2007), o processo fermentativo consiste basicamente na segmentação do açúcar (sacarose) em álcool e CO_2. Contudo, dependendo de como essa transformação é realizada, a quantidade e a qualidade do produto podem sofrer variações. O teor alcoólico no vinho sujeita-se à fermentação alcoólica que lhe deu origem. O processo de fermentação deve ter controle documentado para manter registros, tais como: temperatura, tempo de duração, atenuação dos sólidos solúveis e tempo entre o final da fermentação e o início da destilação (Soratto; Varvakis; Horii, 2007). Ainda de acordo com Soratto; Varvakis; Horii (2007), a concentração natural de açúcares de caldo de cana para fermentação varia de uma concentração entre 14 e 22 °Brix, e geralmente faz-se necessária a diluição do caldo para melhorar a regulação do processo fermentativo, que deve ser feita apenas com o uso de água potável.

O fermento escolhido deve apresentar alta velocidade de fermentação, tolerância ao álcool, resistência à acidez e à temperatura elevada, estabilidade genética, além de maior rendimento do processo (Melo *et al.,* 2021). O uso de cepas selecionadas de *Saccharomyces cerevisiae* no processo produtivo da cachaça tem aumentado à produtividade e melhorado a qualidade da bebida em muitos alambiques, principalmente em relação aos teores de acidez e concentração de álcoois superiores (Pataro *et al*., 2002 *apud* Soares *et al*., 2011).

2.2.2. Destilação Alcoólica

De acordo com Beltran (1996), considera-se que a destilação foi um dos desenvolvimentos promovidos pelos alquimistas alexandrinos nas técnicas manipulação da matéria. Tal consideração baseia-se nos estudos realizados sobre os textos produzidos na antiguidade que alcançaram até os dias de hoje, e é um dos principais métodos de purificação de substâncias utilizados em laboratório.

A destilação fundamenta-se no aquecimento de um líquido até sua vaporização, seguida pela coleta seletiva dos vapores condensados por resfriamento (Melo *et al.,* 2021). O destilador deve ser confeccionado em cobre ou aço inoxidável e ser específico para a destilação de cachaça (Soratto; Varvakis; Horii, 2007). Para a destilação alcoólica na produção de cachaça, recomenda-se controlar parâmetros como: tempo de destilação, volume do destilado obtido e grau alcoólico das frações cabeça, coração e cauda (Melo *et al.,* 2021).

O vinho de caldo de cana oriundo de uma boa fermentação deve: expressar 0° Brix, ser isento de açúcares redutores ou apresentar mínimo teor de infermentados, indicar acidez sulfúrica entre 2 e 3g por litro, ou um pH variável de 3,8 a 4,8, com um mínimo de acidez volátil. O teor alcoólico deve variar de 6 a 8% e o processo de destilação para a produção de cachaça pode ser efetuado em alambiques ou em colunas (Aquarone *et al*., 2001 *apud* Melo *et al.,* 2021). As cachaças de alambique e as de coluna apresentam diferença em relação ao parâmetros físico-químicos e sensoriais em relação os métodos de produção, principalmente no processo de destilação (Rodrigues *et al*., 2019).

Segundo Soratto; Varvakis; Horii (2007), o produto resultante da destilação, a cachaça, pode ser tradicionalmente dividido em três frações: cabeça, coração e cauda. As frações cabeça e cauda, possuem altas concentrações de substâncias indesejáveis, e aconselha-se sua reciclagem ou eliminação, pois além de serem prejudiciais à saúde do consumidor, podem prejudicar o sabor da cachaça e seu desempenho nos ensaios de certificação, assim, saber separar a fração coração do destilado é uma das principais condições para assegurar a pureza e o sabor de uma cachaça de qualidade. Isto torna extremamente relevante a padronização do Brix do mosto e do teor de álcool do vinho volante.

2.3. IMPORTÂNCIA DOS NUTRIENTES NITROGÊNIO E FÓSFORO PARA A FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

De acordo com Pereira *et al*. (2015), na produção de bebidas alcoólicas, a adição de fontes nitrogenadas ao mosto para complementação de nutrientes, tais como: sulfato de amônio, aminoácidos, amônia, ureia, proteína ou bases nitrogenadas pode trazer benefícios para a multiplicação e o desenvolvimento do fermento, melhorando os índices de eficiência, rendimento e produtividade do processo fermentativo.

Silva *et al*. (2006), em seu estudo, defendem a importância do fosfato na fermentação alcoólica, especialmente no período inicial das safras, em relação ao Nitrogênio, afirmam que na ausência da forma amoniacal do macro nutriente, a levedura serve-se de outras fontes como os aminoácidos, que por ocasião podem favorecer o aumento da produção de álcoois superiores, Silva *et al*. (2006),

confirmaram ainda que a adição das fontes de fósforo e nitrogênio é importante para o processo de fermentação alcoólica, rendendo uma maior produção de etanol. Os mesmos autores também confirmam os benefícios trazidos pela presença do nitrogênio no meio fermentativo: diminui a produção de metabólitos secundários contaminantes totais (MSCT), comprovaram também o comportamento contrário na presença do fósforo, que provoca a formação de MSCT. Apresentando um comportamento diretamente proporcional entre a produção de MSCT e a de etanol visto que “com o aumento do Brix no meio, há aumento da produção do etanol, sem observar a Inibição pelo substrato”. Silva *et al*. (2006), ressaltaram que o fósforo deve ser adicionado em baixas concentrações no substrato, especialmente na produção de bebidas etc., com relação ao nitrogênio, de acordo com Garcia (2016), devido à sua importância para as leveduras, é considerado elemento essencial para a multiplicação e crescimento do fermento.

De acordo com Santos (2008), o fósforo, na forma de P_2O_5 é de extrema relevância para que ocorra a formação de álcool durante a fermentação, pois favorece a ação das leveduras e aumenta o rendimento alcoólico na fermentação. Atua no metabolismo energético e na síntese de ácidos nucleicos, é importante na transformação do açúcar em álcool. (Abramov, Éfendieva e Kotento (1994), *apud* Jeronimo, 2004), enfatizam que a síntese de biomassa celular pela levedura (Saccharomyces cerevisiae) é significativamente dependente do conteúdo em nitrogênio no meio de crescimento, uma vez que a proporção de compostos nitrogenados na célula de levedura atinge 50% de sua massa.

2.4. ÁLCOOIS SUPERIORES

Os componentes da cachaça classificados como secundários constituem um grupo de produtos minoritários oriundos do processo de fermentação do mosto, tais como álcoois e outros hidrocarbonetos carbonilados superiores, isto é, com três ou mais átomos de carbono (Pereira *et al*., 2003). De acordo com Catão *et al.* (2011), os álcoois superiores são resultantes de produtos metabólicos decorrentes do crescimento das leveduras e do aproveitamento de aminoácidos como fontes nutricionais provenientes de nutrientes amoniacais. Sua formação é também influenciada pelas condições do meio de fermentação, da quantidade e viabilidade do inóculo, da temperatura e do teor alcoólico final. Os álcoois com até cinco átomos de

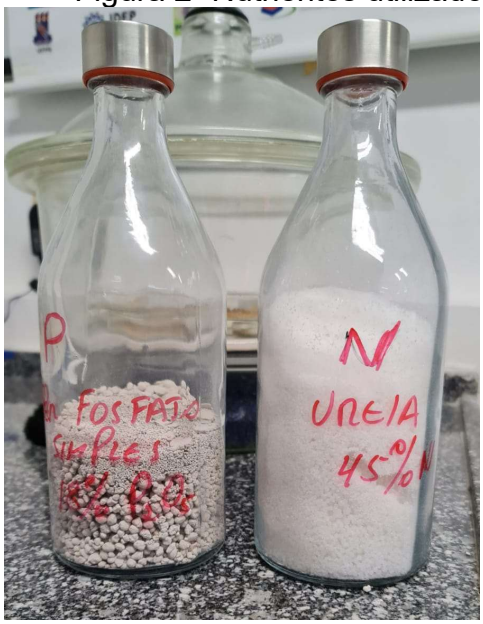
carbono apresentam odores característicos (buquê) tradicionalmente associados com bebidas destiladas (Batista, F. 2008). A formação de álcoois superiores também pode ser influenciada por variáveis, tais como: concentração de aminoácidos e pH do mosto, temperatura de fermentação, nível de inoculação, intervalo de tempo entre a fermentação e a destilação e tempo prolongado de armazenamento da cana, o que ocasiona a degradação de aminoácidos como a d-leucina e a valina (Crowell *et al*., 1961; Ayrapaa, 1970; Engan, 1970 *apud* Pereira *et al*., 2003).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido nos laboratórios de Operações Unitárias e de Tecnologia Sucroalcooleira, situados no Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional (CTDR), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

A fonte de nitrogênio utilizado na pesquisa foi proveniente da **ureia (45% N)** e o fósforo proveniente do superfosfato simples **(18% P_2O_5),** Figura **2**, triturados para diminuir sua granulometria, diluídos em 700 ml de H_2O para melhor aproveitamento pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* selecionada (CA11), própria para a fabricação da cachaça. (Batista, 2021)

Figura 2- Nutrientes utilizados no processo de fermentação.



(A) Nutrientes

(B) Superfosfato simples 18% P_2O_5 Triturado

Fonte: (Batista, 2021)

3.1. DESTILAÇÃO

Foram utilizados vinhos fermentados no estudo de Batista (2021), provenientes do caldo de cana-de-açúcar obtido da variedade RB 92579, doado pela Usina Central Olho d'água, fermentado e concentrado a ºBrix entre 6 e 15, em destilador de inox com partes de cobre e fogão elétrico. Cabe ressaltar que esses vinhos foram armazenados em embalagens fechadas e colocados em freezer para congelamento, assim, garantindo-se as suas propriedades. No laboratório de operações unitárias, foram destilados os mostos das dornas 1 a 10, em sequência crescente, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade dos nutrientes em cada uma das dornas de fermentação

Dorna	NITROGÊNIO (g)[1]	FOSFORO (g)[2]	45% P_2O_5 (g)[3]
1	5,0	5,0	12,5
2	5,0	25,0	62,5
3	25,0	5,0	12,5
4	25,0	25,0	62,5
5	0,9[4]	15,0	37,5
6	29,1	15,0	37,5
7	15,0	0,9	2,1
8	15,0	29,1	72,9
9 (C)	15,0	15,0	37,5
10 (C)	15,0	15,0	37,5

Fonte: Batista (2021)

Cabe esclarecer que a coluna (45% P_2O_5) na Tabela 1, representa o peso em gramas do superfosfato simples caso o mesmo tivesse 45% de fosforo em sua composição e não 18%, o intuito na criação de mais esta coluna, foi deixar o superfosfato simples com a mesma porcentagem do nutriente fosforo que a ureia (45%N), não fazendo com que a diferença de porcentagens, fosse mais um fator a influir no trabalho (Batista, 2021).

[1] Ponto inferior = 5,0; Ponto central = 15,0; Ponto superior = 25,0
[2] Ponto inferior = 5,0; Ponto central = 15,0; Ponto superior = 25,0
[3] Esta coluna representa o equivalente a 45% P_2O_5, que é a porcentagem de nitrogênio na ureia e foi a quantidade de fosfato pesada e utilizada no trabalho.
[4] Em azul temos os pontos axiais

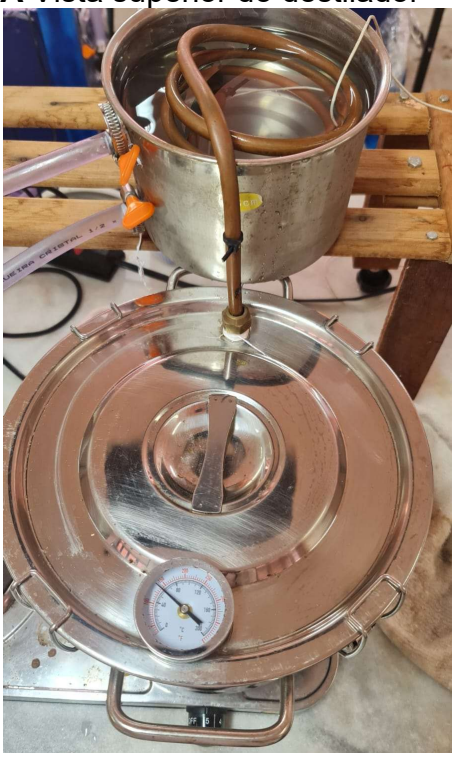
Durante o processo unitário foram acompanhados o tempo de destilação e a temperatura da seguinte forma: Colocado o caldo no destilador e acionado o fogão, aguardou-se a elevação da temperatura até os 80ºC, alcançada essa temperatura foi baixado o fogo e seguiu-se o processo, e com uma média de tempo de 1hora após ir ao fogo, iniciou-se a evaporação do etanol e sua respectiva coleta em proveta, fora do destilador.

Iniciada a extração do destilado, monitorou-se o teor alcóolico, que inicialmente saiu em 50ºGL, em intervalos de tempo de 10 minutos com alcoômetro de Gay Lussac, e alcançado o teor alcoólico de 25ºGL fez-se o primeiro corte, a fração coração, e continuou-se a destilação até o teor alcoólico baixar para 15ºGL, ocasião da execução do segundo corte, a cauda, e encerramento da destilação. Vale ressaltar que foram feitos apenas dois cortes da destilação devido ao tipo de destilador, no início da saída do produto, este já saiu em concentrações compatíveis com os valores para fração coração, assim todas as destilações seguiram esse padrão de concentração e corte.

Finalizadas as destilações, foram verificados os volumes e os teores alcoólicos dos destilados obtidos para cada fração, coração e cauda, engarrafados e etiquetados para posterior análise de acidez total e álcoois superiores. Esse processo foi repetido para todos os destilados. Na Figura 3, observa-se o processo de destilação descrito acima:

Figura 3 – Processo de destilação usado no trabalho. (A) Vista superior do destilador; (B) Cachaça saindo do destilador, (C) Vista lateral do destilador.

A Vista superior do destilador



B Cachaça saindo do destilador

C Vista Lateral do destilador

C

Fonte: (Autora, 2023)

3.2. ANÁLISE DA ACIDEZ

Encerradas todas as destilações, foram feitas as análises de acidez total, em todas as cachaças, pelo método de titulação com solução de hidróxido de sódio padronizada, no laboratório de Tecnologia Sucroalcooleira, utilizou-se nesse procedimento os seguintes materiais e reagentes:

- Béquer, Erlenmeyer, bureta graduada, suporte para bureta;
- Reagente: NaOH (0,02 mol/litro) fc: 1,0593;
- Amostras: 50 mL cada;
- Indicador: Fenolftaleína 1% (3 gotas);
- Fórmula para cálculo de acidez total:
- $\frac{AC=2 \quad x\, V_{Gasto}\, x\, f}{°GL}$ **Equação 1**

Onde:

- V_{Gasto} = volume gasto na titulação da solução de Hidróxido de sódio, em m;
- *f* = fator de correção;
- °GL = Graduação alcoólica;
- 240 = constante obtida com base na solução do reagente de NaOH a 0,02.

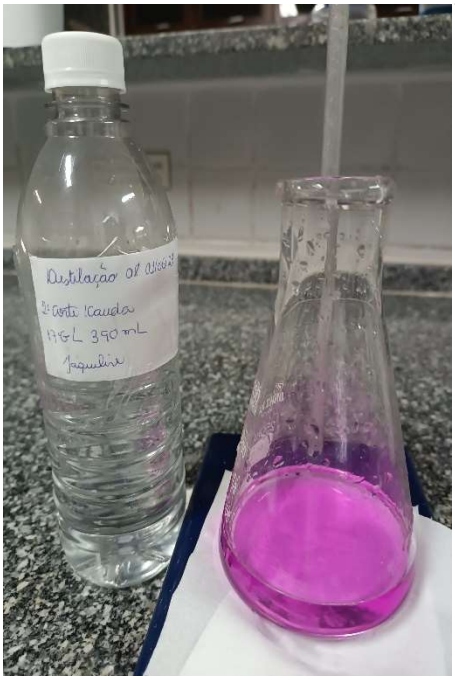
Para realização da titulação, foram medidas as amostras a um valor de 50 mL cada, e colocadas em Erlenmayers, em seguida adicionou-se 3 gotas de Fenolftaleína 1%. O reagente padronizado de NaOH 0,02 foi posto na bureta graduada, e foi feita a titulação até mudança de cor do incolor para o rosa, em seguida foi verificado o volume de titulante gasto na reação, o valor obtido foi utilizado no cálculo de acidez total.

Uma elevação da acidez durante o avanço do processo fermentativo é normal devido à presença de bactérias acéticas no mosto (Pereira *et al*., 2015). A fração cauda concentra ácido acético, responsável pela acidez da bebida (Melo *et., al.,* 2021). A Portaria MAPA Nº 539, de 26 de dezembro de 2022 que estabelece os padrões de identidade e qualidade da aguardente de cana e da cachaça estabelece o limite de aceito para acidez volátil de 150 mg, expressa em ácido acético, em 100mL de álcool anidro (150mg/100mL). A Figura 4 mostra a verificação de acidez total na cachaça obtida na destilação 08.

Figura 4 – (A) Titulação, (B) verificação de acidez total em cachaça.

A Titulação

B verif. de acidez total em cachaça



Fonte: (Autora, 2023)

3.3. ANÁLISE DE ÁLCOOIS SUPERIORES

As análises de álcoois superiores foram feitas nas amostras 06, em razão desta ter apresentado o maior valor para acidez, e amostra 08, em razão de ter apresentado os melhores rendimentos, ambas as amostras na fração coração, por cromatografia gasosa em cromatógrafo modelo 7820 *Agilent Technologies*, como mostra a Figura 5, com introdução de 1 microlitro da amostra para análise no sistema de injeção, e resposta da análise após 30 minutos.

Figura 5 – Cromatógrafo gasoso

Fonte: Agilent Technologies

A legislação brasileira estabelece um limite de até 360mg/100mL de álcoois superiores na cachaça, conforme observa-se na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos da cachaça

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	(BRASIL, 2022) MÍNIMO	MÁXIMO
1. graduação alcoólica, expressa em porcentagem de volume alcoólico a vinte graus Celsius;	**38**	**48**
2. o coeficiente de congêneres[5], expresso em miligramas por cem mililitros de álcool anidro;	**200**	**650**
2.1. a acidez volátil em ácido acético, expressa em miligramas por cem mililitros de álcool anidro;	**---**	**150**
2.2. os ésteres em acetato de etila, expressos em miligramas por cem mililitros de álcool anidro;	**---**	**200**
2.3. os aldeídos totais em acetaldeido, expressos em miligramas por cem mililitros de álcool anidro;	**---**	**30**
2.4. o furfural, expresso em miligramas por cem mililitros de álcool anidro;	**---**	**5**
2.5. o álcool superior[6], expresso em miligramas por cem mililitros de álcool anidro.	**---**	**360**

Fonte: (Brasil, 2022)**Erro! Fonte de referência não encontrada.**

[5] Coeficiente de congêneres (Soma de acidez volátil, ésteres, aldeídos, furfural e álcoois superiores) máximo de 745 e não 650

[6] 1.1. Soma dos álcoois isobutílico (2-metil propanol), isoamílicos (2-metil-1-butanol e 3 metil-1-butanol) e n-propílico (1-propanol)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CLASSIFICAÇÃO DECRESCENTE DO TEOR ALCOÓLICO (G.L) DO BRIX 6 AO 15

As dornas do trabalho de Batista (2021) que produziram as maiores quantidades de teor alcoólico, são mostradas na **Tabela** 2

Tabela 2 - Resultados da menor soma de acordo com a classificação decrescente do teor alcoólico (˚GL.) do BRIX 6 ao 15

	BRIX 6			BRIX 9			BRIX 12			BRIX 15		
SOMA[7]	DORNA	Teor Alcoólico ˚GL.	Classificação	DORNA	Teor Alcoólico ˚GL.	Classificação	DORNA	Teor Alcoólico ˚GL.	Classificação	DORNA	Teor Alcoólico ˚GL.	Classificação
4	8	14,00	1	8	16,00	1	8	13,00	1	8	16,00	1
9	4	12,00	2	4	15,00	2	4	12,00	2	4	14,00	3
10	6	10,00	3	6	15,00	2	6	12,00	2	6	14,00	3
12	9 (C)	10,00	3	9 (C)	14,00	3	9 (C)	12,00	2	9 (C)	13,00	4
13	2	9,00	4	2	13,00	4	2	11,00	3	2	15,00	2
13	3	9,00	4	3	14,00	3	3	12,00	2	3	13,00	4
13	10 (C)	10,00	3	10 (C)	14,00	3	10 (C)	11,00	3	10 (C)	13,00	4
14	5	8,00	5	5	13,00	4	5	11,00	3	5	15,00	2
19	1	7,00	6	1	12,00	5	1	10,00	4	1	13,00	4
21	7	7,00	6	7	12,00	5	7	9,00	5	7	12,00	5

Fonte: Batista (2021)

[7] **O menor somatório indica aquela dorna que sempre esteve entre as primeiras colocadas (maiores teores alcoólicos)**

4.2. TEOR ALCOÓLICO

Na **Tabela** 3, temos as destilações em que houve maior recuperação alcoólica, foram as dornas 8, 7 e 10. No estudo de Batista (2021), as dornas 8, 4 e 6 foram as dornas com maiores níveis de teores alcoólico ao fim da fermentação, como mostrados na **Tabela** 2.

Tabela 3 - Resultado das destilações classificado em ordem decrescente de acordo com o teor alcoólico:

DESTILAÇÃO	FRAÇÃO	ºGL	DESTILAÇÃO	FRAÇÃO	ºGL
8	**CORAÇÃO**	**30**	**8**	**CAUDA**	**17**
7	CORAÇÃO	29	7	CAUDA	16
10	CORAÇÃO	29	10	CAUDA	17
9	CORAÇÃO	28	9	CAUDA	17
2	CORAÇÃO	27	2	CAUDA	16
5	CORAÇÃO	27	5	CAUDA	15
1	CORAÇÃO	26	1	CAUDA	10
3	CORAÇÃO	26	3	CAUDA	16
6	CORAÇÃO	26	6	CAUDA	17
4	CORAÇÃO	23	4	CAUDA	15

Fonte: (Autora, 2023)

4.3. VOLUME

Tabela 4 - Resultado do volume classificado em ordem decrescente de acordo com o volume de cachaça.

DESTILAÇÃO	FRAÇÃO	VOLUME (ML)	DESTILAÇÃO	FRAÇÃO	VOLUME (ML)	VOLUME TOTAL (ML)
9	**CORAÇÃO**	**532**	**9**	**CAUDA**	**350**	**882**
8	**CORAÇÃO**	**450**	**8**	**CAUDA**	**390**	**840**
7	CORAÇÃO	560	7	CAUDA	275	835
10	CORAÇÃO	480	10	CAUDA	345	825
5	CORAÇÃO	520	5	CAUDA	290	810
1	CORAÇÃO	370	1	CAUDA	439	809
4	CORAÇÃO	500	4	CAUDA	250	750
2	CORAÇÃO	390	2	CAUDA	290	680
3	CORAÇÃO	440	3	CAUDA	240	680
6	CORAÇÃO	390	6	CAUDA	260	650

Fonte: (Autora, 2023)

As dornas que mais produziram cachaça em volume foram as dornas 07, 09 e 05, respectivamente, na fração coração. No estudo de Batista (2021), ao fim da fermentação, os volumes de mosto dessas dornas foram 7160, 7200 e 7120mL respectivamente, que em recuperação da cachaça na destilação, representa uma média de 7,4% de cachaça nas três dornas acima mencionadas. A dorna 8, que produziu cachaça com maior teor alcoólico, finalizou o processo fermentativo de Batista (2021) com 7000mL de mosto fermentado, e 450mL de cachaça recuperada na destilação, representando um percentual de 6,4% de cachaça em relação ao mosto fermentado. De acordo com Batista (2008), em escala industrial, a concentração alcoólica após a fermentação varia de 5 a 10%. Amaral (2009), afirma em seu estudo que as fermentações conduzidas em meios mais ácidos resultam em maiores rendimentos etanólicos, pelo fato de a acidez restringir o crescimento da levedura, e ainda reduzindo a produção de glicerol e contaminação bacteriana. Na fermentação, em Batista (2021), no mosto fermentado, que é objeto deste estudo, os níveis de pH variaram de 3,52 a 4,25. **Tabela** 4

Tabela 4 - Resultado do volume classificado em ordem decrescente de acordo com o volume de cachaça.

DESTILAÇÃO	FRAÇÃO	VOLUME (ML)	DESTILAÇÃO	FRAÇÃO	VOLUME (ML)	VOLUME TOTAL (ML)
9	**CORAÇÃO**	**532**	**9**	**CAUDA**	**350**	**882**
8	**CORAÇÃO**	**450**	**8**	**CAUDA**	**390**	**840**
7	CORAÇÃO	560	7	CAUDA	275	835
10	CORAÇÃO	480	10	CAUDA	345	825
5	CORAÇÃO	520	5	CAUDA	290	810
1	CORAÇÃO	370	1	CAUDA	439	809
4	CORAÇÃO	500	4	CAUDA	250	750
2	CORAÇÃO	390	2	CAUDA	290	680
3	CORAÇÃO	440	3	CAUDA	240	680
6	CORAÇÃO	390	6	CAUDA	260	650

Fonte: (Autora, 2023)

4.4. ACIDEZ

Tabela 5 - Teor de acidez das cachaças classificado em ordem decrescente.

DESTILAÇÃO	FRAÇÃO	ACIDEZ mg/100mL	%[8]	DESTILAÇÃO	FRAÇÃO	ACIDEZ mg/100mL	%
3	CORAÇÃO	109,51		3	CAUDA	168,42	
9	CORAÇÃO	115,31	**5,3%**	9	CAUDA	249,74	**48,3%**
2	CORAÇÃO	123,34	**12,6%**	2	CAUDA	225,63	**34,0%**
10	CORAÇÃO	127,11	**16,1%**	10	CAUDA	248,25	**47,4%**
1	CORAÇÃO	133,96	**22,3%**	1	CAUDA	434,73	**158,1%**
5	CORAÇÃO	154,42	**41,0%**	5	CAUDA	315,24	**87,2%**
8	**CORAÇÃO**	**155,08**	**41,6%**	**8**	**CAUDA**	**210,86**	**25,2%**
4	**CORAÇÃO**	**161,38**	**47,4%**	**4**	**CAUDA**	**216,94**	**28,8%**
7	CORAÇÃO	181,46	**65,7%**	7	CAUDA	292,36	**73,6%**
6	**CORAÇÃO**	**813,54**	**642,9%**	**6**	**CAUDA**	**1307,05**	**676,1%**

Fonte: (Autora, 2023)

Dos destilados exibidos pela Tabela 6, aqueles que dos Padrões de identidade e qualidade da aguardente de cana e da cachaça estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2022) para o teor de acidez total menor ou igual a 150 mg/100mL foram o 03, 09, 02, 10 e 01, na fração coração, fermentados com doses de nitrogênio de 25g, 15g, 5g, 15g e 5g; e fósforo: 12.5g, 37,5g, 62,5g, 37,5g e 12,5g, respectivamente. Os demais apresentaram teores de acidez acima do valor máximo permitido, sendo o destilado da dorna 06, fermentado com dose de nitrogênio, 29,1g; e fósforo, 37,5g; o que apresentou maior teor de acidez total. As três dornas (8, 4 e 6) que apresentaram as maiores quantidades de teor alcoólico, mostradas na Tabela 2, tiveram valores de acidez maiores que os permitidos pela legislação, com 155,08 (41,6%) 161,38 (47,4%) e 813,54 (642,9%) mg/100mL. Damasceno *et al*. (2013), Sugere que a elevação da concentração de acidez volátil pode ser consequência de uma má fermentação ou má higienização do alambique O excesso de acidez promove sabor indesejado e ligeiramente “agressivo”, depreciando a sua qualidade (França, *et al*., 2010).

De acordo com Damasceno *et. al* (2013), além dos produtos principais da fermentação alcoólica, o etanol e o gás carbônico, há também a formação de outros compostos, os compostos secundários, que por sua vez são responsáveis pela acidez elevada, e podem causar defeitos em cachaças, deixando-a menos suave. Sendo o

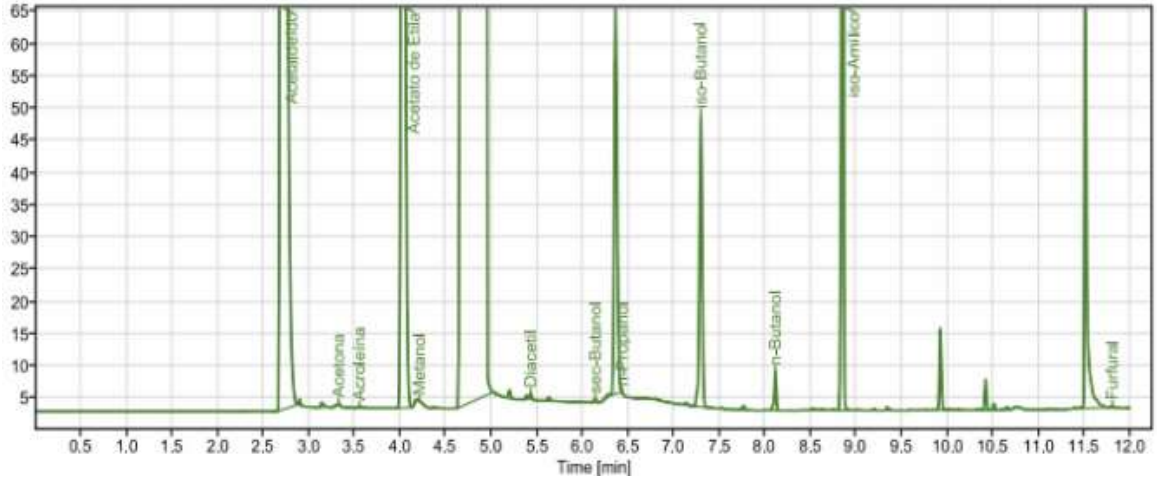
[8] Porcentagem em relação a acidez mais baixa

ácido acético quantitativamente o principal componente da fração ácida das cachaças, expresso em acidez volátil, assim, recomenda que a destilação deve ser feita imediatamente após o término da fermentação para evitar a proliferação de bactérias acéticas, que aumentam a acidez. No presente estudo, houve uma lacuna temporal entre a fermentação, em Batista (2021), e a destilação, neste trabalho, no qual o vinho fermentado foi armazenado e congelado em freezer até o momento da destilação, esse lapso pode ser a causa que justifica os altos teores de acidez na cachaça destilada.

4.5. ÁLCOOIS SUPERIORES

4.5.1. Dorna 06

Figura 6 – Resultado de análise de álcoois superiores na dorna 06



COMPONENTES	RT (min)	CONCENTRAÇÃO	UNIDADE
Álcoois Superiores	-	159,781	mg/100ml
Acetaldeído	2,689	3098,604	mg/100ml
Acetona	3,323	0,563	mg/100ml
Acroleína	3,552	0,605	mg/100ml
Acetato de Etila	4,027	728,363	mg/100ml
Metanol	4,207	0,799	mg/100ml
Diacetil	5,428	1,428	mg/100ml
sec-Butanol	6,140	0,765	mg/100ml
n-Propanol	6,434	0,094	mg/100ml
iso-Butanol	7,295	44,460	mg/100ml
n-Butanol	8,112	4,768	mg/100ml
iso-Amílico	8,850	115,228	mg/100ml
Furfural	11,805	0,351	mg/100ml

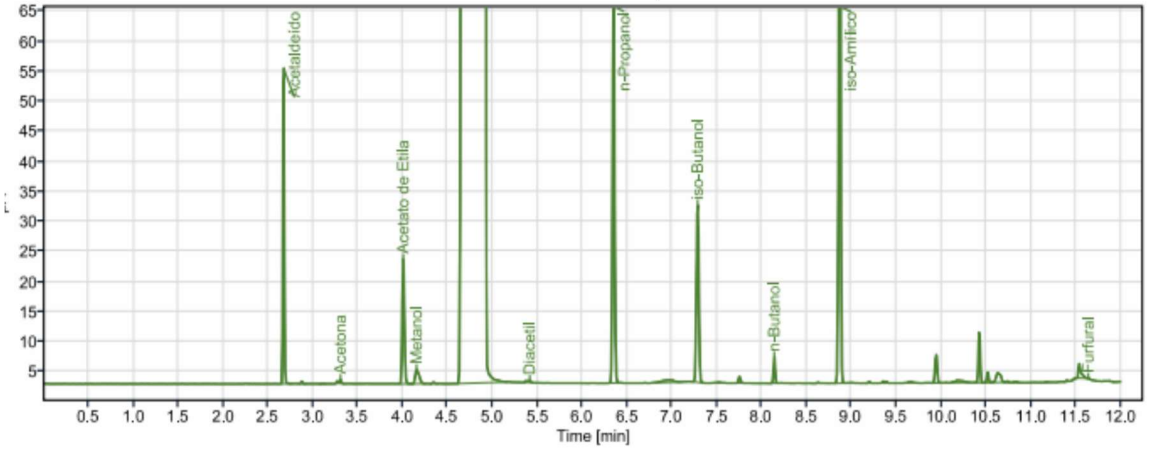
OBS: Álcool superior corresponde ao somatório de n-Propanol, iso-Butanol e iso-Amílico.

Fonte: (Autora, 2023)

Não houve discussão

4.5.2. Dorna 08

Figura 7 – Resultado de análise de álcoois superiores na dorna 08



COMPONENTES	RT (min)	CONCENTRAÇÃO	UNIDADE
Álcoois Superiores	-	160,342	mg/100ml
Acetaldeído	2,671	59,892	mg/100ml
Acetona	3,305	0,571	mg/100ml
Acetato de Etila	4,005	26,252	mg/100ml
Metanol	4,153	7,668	mg/100ml
Diacetil	5,413	0,427	mg/100ml
n-Propanol	6,348	60,118	mg/100ml
iso-Butanol	7,286	25,547	mg/100ml
n-Butanol	8,139	2,996	mg/100ml
iso-Amílico	8,869	74,677	mg/100ml
Furfural	11,638	0,126	mg/100ml

Fonte: (Autora, 2023)

A legislação brasileira estabelece um limite de até 360mg/100mL de álcoois superiores na cachaça, conforme observa-se na Tabela 6, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, MAPA (2022), de Padrões de Identidade e Qualidade para Aguardente de Cana e para Cachaça que segue:

Tabela 6 - Parâmetros físico-químicos da cachaça e resultados

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	(BRASIL, 2022)		Meus Resultados	
	MÍNIMO	MÁXIMO	DORNA 06[9]	DORNA 08[10]
3. graduação alcoólica, expressa em porcentagem de volume alcoólico a vinte graus Celsius;	38	48	26	30
4. o coeficiente de congêneres[11], expresso em miligramas por cem mililitros de álcool anidro;	200	650	4800,6	375,4
4.1. a acidez volátil em ácido acético, expressa em miligramas por cem mililitros de álcool anidro;	---	150	813,5	155,1
4.2. os ésteres em acetato de etila, expressos em miligramas por cem mililitros de álcool anidro;	---	200	728,4	26.2
4.3. os aldeídos totais em acetaldeido, expressos em miligramas por cem mililitros de álcool anidro;	---	30	3098,6	59,9
4.4. o furfural, expresso em miligramas por cem mililitros de álcool anidro;	---	5	0,3	0,1
4.5. o álcool superior[12], expresso em miligramas por cem mililitros de álcool anidro.	---	360	159,8	160,3

FONTE: (Autora (2023), adaptado de Brasil (2022)

Álcoois superiores:

Os valores encontrados para os álcoois superiores estão dentro dos limites estabelecidos pela legislação, 159,781mg/100mL na dorna 06, e 160,342mg/100mL na mostra 08, o limite máximo permitido é 360mg/100mL.

Acetato de etila:

Para as quantidades de acetato de etila, nas mesmas amostras analisadas, foram encontrados os valores 728,363 mg/100mL (06), e 26,252mg/100mL (08). Na dorna 06 esse valor foi superado em 364,18%, considerando a concentração identificada do éster na cachaça em análise cromatográfica, estando, portanto, fora do padrão para os ésteres totais. Já na dorna 08, a concentração do acetato de etila, 26,252mg/100mL, encontra-se dentro dos limites permitidos pela legislação, o teor

[9] Fração Coração

[10] Fração Coração

[11] Coeficiente de congêneres (Soma de acidez volátil, ésteres, aldeídos, furfural e álcoois superiores) máximo de 745 e não 650

[12] 1.1. Soma dos álcoois isobutílico (2-metil propanol), isoamílicos (2-metil-1-butanol e 3 metil-1-butanol) e n-propílico (1-propanol)

máximo permitido desse éster, expresso em acetado de etila, é de 200mg/100mL de álcool anidro.

De acordo com Nascimento, Cardoso e Franco (2009), a presença de congêneres, 1% da massa, é característica organoléptica na cachaça, tais compostos, como por exemplo o acetato de etila, são importantes para o aroma e sabor da cachaça, este, o acetato de etila, é produzido durante a fermentação alcoólica através do metabolismo secundário intracelular das leveduras.

Acetaldeído:

Os níveis de acetaldeído encontrados nas duas amostras superam o limite de aldeídos totais, que é de 30mg/100mL, na dorna 06 foi encontrado o valor de 3098,604 mg/100mL, estando 10.328,68% acima do limite máximo permitido. Na dorna 08, foi verificado o valor de 59,892 mg/100mL, quase o dobro do valor máximo permitido. De acordo Souza et al. (2009), teores muito elevados de aldeídos nas cachaças podem ser indicativo de oxidação espontânea ou consequência da atividade de bactérias contaminantes, podendo influenciar negativamente o sabor da aguardente pelo aumento do sabor muito forte das bebidas alcoólicas.

Furfural:

Os níveis encontrados para Furfural foram 0,351 mg/100mL (06), e 0,126 728,363 mg/100mL (08). As duas amostras se encontram dentro do padrão estabelecido pela legislação, que é no máximo 5mg/100mL de furfural e hridoximetilfurfural em mg/100mL de álcool anidro. A presença de furfural em bebidas pode estar relacionada à queima do palhiço da cana-de-açúcar, à presença de açúcares residuais e de bagacilhos (Souza et al., 2009).

A aguardente de cana e a cachaça deverão obedecer aos limites dos contaminantes orgânicos e inorgânicos a seguir. Tabela 7.

Tabela 7 - limites dos contaminantes orgânicos e inorgânicos e resultados

Parâmetro	Maximo	DORNA 06	DORNA 08
Álcool metílico (metanol), em mg/100 mL de álcool anidro	**20**	**0,8**	**7,7**
Carbamato de etila, em n/l	**210**	**----**	**----**
Acroleína (2-propenal), em mg/100 mL de álcool anidro	**5**	**0,6**	**0,0**
Álcool sec-butílico (2-butanol), em mg/100 ml_ de álcool anidro	**10**	**0,8**	**3,0**
Álcool n-butílico (1-butanol), em mg/100 mL de álcool anidro	**3**	**4,8**	**3,0**
Cobre, em mg/L	**5**	**----**	**----**

Fonte: (Mapa, 2022)

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho, mostrou a influência dos nutrientes nitrogênio e fósforo para uma maior produção do etanol pelas leveduras.

Nosso trabalho que na destilação a **DORNA 8 (N= 15 g e P= 72,9 g)**, produziu o maior teor alcoólico na fração coração com 30 ºGL e um volume total do destilado de 840 mL, apresentando um valor de acidez de **155,08** mg/100mL um pouco acima do permitido pela legislação (150 mg/100 mL).

As dornas 03, 09, 02, 10 e 01 foram as ornas que produziram as cachaças que tiveram valores de acidez, dentro dos padrões estabelecidos pela legislação, valor máximo de **150** mg/100mL, todas têm em comum com exceção da **DORNA 3 (N= 25 g e P= 12,5 g),** quantidades menores de nitrogênio e em todas e também quantidades de fosforo menores que a **DORNA 8**, indicando que os **72,9g** de fosforo pode ter sido excessivo a ponto de elevar a acidez da cachaça acima do permitido, necessitando de outro estudo para saber qual ou quais quantidades de fosforo produziriam uma cachaça dentro do limite permitido de acidez. Todas as cachaças foram destiladas de vinho fermentado em 2021, no estudo de Batista (2021), o lapso temporal pode ter influenciado de forma negativa no rendimento alcoólico e nas características físico-químicas das cachaças.

A relação N/P que resultou em cachaça com menor teor de acidez foi a da dorna 03, e a relação N/P que produziu cachaça com menor índice de álcoois superiores foi a dorna 06, esta, também foi a dorna com maior índice de acidez, indicando que para álcoois superiores as dosagens dos nutrientes não influenciaram de maneira significativa quanto influenciaram na acidez da cachaça. De maneira geral para a dorna 06, os coeficientes de congêneres analisados, dos seus cinco parâmetros, esta dorna ficou acima dos limites para a acidez, mencionada anteriormente, ésteres (**728,4 mg/100mL**), aldeídos (**3098,6 mg/100mL**) e abaixo para furfural (**0,3 mg/100mL**) e álcoois superiores (**159,8 mg/100mL**).

A sugestão de pesquisa é desenvolver o estudo utilizando os mesmos nutrientes de maneira separada, sob as mesmas condições, para comparar a desenvoltura do trabalho das leveduras e o resultado da destilação com os resultados deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agilent Technologies. (s.d.). Acesso em 30 de 10 de 2023, disponível em Agilent Technologies: https://www.agilent.com/cs/library/usermanuals/public/G4350-99012.pdf

AMARAL, F. S. Influência conjunta do pH, temperatura e concentração de sulfito na fermentação alcoólica de mostos de sacarose. 2009. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

AQUARONE, E. et al. Biotecnologia industrial-vol. 4: biotecnologia na produção de alimentos. Editora Blucher, p. 145-180, 2001.

AYRAPAA, T. Effect of temperature on the formations of higher alcohols by culture yeasts. Brauwissenschaft, Nurnberg, v. 23, p. 48-55, 1970.

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.

BATISTA, J. L. S. R. EFEITO DA ADIÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO E FÓSFORO NA FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA PARA FABRICAÇÃO DE CACHAÇA. TCC, UFPB, 48p. 2021.

BELTRAN, M. H. R. Destilação: a arte de “extrair virtudes”. **Química Nova na escola**, v. 4, p. 24-27, 1996.

BOGUSZ, J. S. et al. Composição química da cachaça produzida na região noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. **Food Science and Technology**, v. 26, p. 793-798, 2006.

BRASIL. Portaria Nº 539 de 26 de dezembro de 2022. Aprova o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para Aguardente de Cana e para Cachaça. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 27 de dezembro de 2022, Edição Nº 243, p. 13.

CANUTO, M. H. Influência de alguns parâmetros na produção de cachaça: linhagem de levedura, temperatura de fermentação e corte do destilado. Belo Horizonte: UFMG, 2013. 103p (Tese de Doutorado).

CATÃO, C.G. et al. Qualidade da madeira de cinco espécies florestais para o envelhecimento da cachaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 741-747, 2011.

CROWELL, E. A. Techniques for studying the mecanism of higher alcohol formation by yeasts. American Journal Ecology and Viticulture, Washington, v. 12, p. 111-6, 1961.

CUNHA, A. G. Dicionário Etimológico da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1982.

DAMASCENO, E. M. A. et al. Teor alcoólico e acidez volátil em amostras de cachaça artesanal comercializadas no Vale do Jequitinhonha-MG. **Revista Multitexto**, v. 2, n. 1, p. 56-60, 2013.

DIAS, N. C. A Cachaça é nossa: cultura e ideologia na construção da identidade nacional. **Anais Brasileiros de Estudos Turísticos: ABET**, v. 4, n. 1, p. 35-44, 2014.

DOS SANTOS MELO, T. et al. Processo de produção da aguardente e cachaça: Uma revisão Process of production of the brandy and cachaça: A review. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 10, p. 95981-96001, 2021.

ENGAN, S. The influence of some aminoacids on the formation of highter aliphatic alcohol and esters. Journal Institute of Brewing, London, v. 76, p. 254-256, 1970.

GARCIA, G. Tratamento de caldo e tipos de fermentos sobre os componentes secundários e qualidade da cachaça de alambique. 2016.

JERONIMO, E. M. (2004). O nitrogênio protéico na fermentação alcoólica e sua influência na qualidade da cachaça.

JUNIOR, S. A. M. Modelagem computacional da destilação de cachaça em alambique: um estudo aplicado ao desenvolvimento tecnológico do processo. 2017.

MASSON, J. et al. Parâmetros físico-químicos e cromatográficos em aguardentes de cana queimada e não queimada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 1805-1810, 2007.

MELO, W.F.D. et al. Cadeia produtiva da cachaça triunfo: um estudo de caso. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento sustentável**, v. 7, n. 3, p. 10, 2012

NASCIMENTO, E. S., Cardoso, D. R., & Franco, D. W. (2009). Comparação de técnicas de determinação de ésteres em cachaça. Química Nova, 32, 2323-2327.

OLIVEIRA, M. C. Influência de diferentes nutrientes no desenvolvimento do processo fermentativo sobre os reflexos no envelhecimento da cachaça: uma revisão bibliográfica. **AMBCIÊNCIAS-Revista Brasileira de Tecnologia, Educação e Ciências Ambientais**, v. 2, n. 1, 2023.

PATARO, C. et al. Utilização de leveduras selecionadas na fabricação de cachaça de alambique. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 23, n. 217, p. 37-43, 2002

PEREIRA, A. F. et al. Adição de fontes de nitrogênio e de duas linhagens de levedura na fermentação alcoólica para produção de cachaça. 2015.

PEREIRA, N. E. et al. Compostos secundários em cachaças produzidas no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p. 1068-1075, 2003.

RODRIGUES, L. M. A. et al. Uma dose de História: cachaça de alambique e aguardente de coluna. **Perspectivas e Diálogos: Revista de História Social e Práticas de Ensino**, v. 2, n. 2, 2019.

SANTOS, A. M. D. (2008). Estudo da influência da complementação de nutrientes no mosto sobre o processo de fermentação alcoólica em batelada

SCHOENINGER, V; COELHO, S. R. M; SILOCHI, R. M. HQ. Cadeia produtiva da cachaça. **Energia na Agricultura**, v. 29, n. 4, p. 292-300, 2014.

SEABRA, M. C. T. C. CACHAÇA: CULTURA, ORIGEM, VARIAÇÕES (CACHAÇA: CULTURE, ORIGIN, VARIATION). **Estudos linguísticos e literários**, n. 52, 2015.

SILVA, E. (08 de agosto de 2022). Produção da cachaça brasileira se aproxima dos 1,3 bilhão por ano. Acesso em 15 de outubro de 2023, disponível em Canal Do Boi: https://sba1.com/noticias/noticia/21017/Producao-da-cachaca-brasileira-se-aproxima-dos-1-3-bilhao-por-ano%C2%A0

SILVA, J. A. et al. Influência das variáveis nitrogênio, fósforo e ºBrix na produção dos metabólicos secundários contaminantes totais da fermentação alcoólica. **Química Nova**, v. 29, p. 695-698, 2006.

SIMONCINE, J. B. V. B. et al. Cachaça. **ANALECTA-Centro Universitário Academia**, v. 7, n. 2, 2022.

SOARES, T. L., Silva, C. F., & Schwan, R. F. (2011). Acompanhamento do processo de fermentação para produção de cachaça através de métodos microbiológicos e físico-químicos com diferentes isolados de Saccharomyces cerevisiae. *Food Science and Technology*, *31*, 184-187.

SORATTO, A. N.; VARVAKIS, G.; HORII, J. A certificação agregando valor à cachaça do Brasil. **Food Science and Technology**, v. 27, p. 681-687, 2007.

SOUZA, L. M. D., Ferreira, K. S., Passoni, L. C., Bevitori, A. B., Melo, K. V., & Viana, A. R. (2009). Teores de compostos orgânicos em cachaças produzidas na Região Norte Fluminense-Rio de Janeiro. Química Nova, 32, 2304-2309.