



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



GILBERTO PEDRO DOS SANTOS TERCEIRO

**COMPARAÇÃO ENTRE AS LINHAGENS COMERCIAIS DE SACCHAROMYCES
CEREVISAE CA-11 e FERMIPAN RED NO RENDIMENTO DA FERMENTAÇÃO
ALCOÓLICA DO CALDO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

JOÃO PESSOA/PB

2024

GILBERTO PEDRO DOS SANTOS TERCEIRO

**COMPARAÇÃO ENTRE AS LINHAGENS COMERCIAIS DE SACCHAROMYCES
CEREVISAE CA-11 e FERMIPAN RED NO RENDIMENTO DA FERMENTAÇÃO
ALCOÓLICA DO CALDO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

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

Orientador: Prof. Dr. Kelson Carvalho Lopes

JOÃO PESSOA/PB

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

T315c Terceiro, Gilberto Pedro Dos Santos.

Comparação entre as linhagens comerciais de Saccharomyces Cerevisiae CA-11 e Fermipan Red no rendimento da fermentação alcoólica do caldo de cana-de-açúcar / Gilberto Pedro Dos Santos Terceiro. - João Pessoa, 2024.

59 f. : il.

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

1. Fermentação. 2. Saccharomyces cerevisiae. 3. Fermipan. 4. CA-11. 5. Caldo de Cana-de-Açúcar. I. Lopes, Kelson Carvalho. II. Título.

UFPB/CTDR

CDU 664.111

**COMPARAÇÃO ENTRE AS LINHAGENS COMERCIAIS DE SACCHAROMYCES
CEREVISAE CA-11 e FERMIPAN RED NO RENDIMENTO DA FERMENTAÇÃO
ALCOÓLICA DO CALDO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

GILBERTO PEDRO DOS SANTOS TERCEIRO

TCC aprovado em 29/10/24 como requisito para a conclusão do curso de Tecnologia em Produção Sucoalcooleira da Universidade Federal da Paraíba.

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 **KELSON CARVALHO LOPES**
Data: 30/10/2024 19:31:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

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

Documento assinado digitalmente
 **JOELMA MORAIS FERREIRA**
Data: 30/10/2024 19:38:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Joelma Moraes Ferreira - (UFPB – Membro interno)

Documento assinado digitalmente
 **MARCELO TEIXEIRA LEITE**
Data: 30/10/2024 19:54:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

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

João Pessoa, 29 de outubro de 2024.

DEDICATÓRIA

Aos meus alicerces aqui no plano terrestre, de onde sempre me inspiro e retiro forças para continuar e nunca desistir. Minha avó, minha mãe, meu filho, minha esposa, meu irmão, a família que Deus colocou em minha história, aos amigos e ao meu professor orientador e amigo Kelson Carvalho Lopes.

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto do Universo, agradeço pelo alcance da realização deste objetivo.

A minha avó materna, Vó Niná (in memoriam), pessoa que sou eternamente grato por todo ensinamento de vida, e que me ensinou o verdadeiro sentimento de amor materno.

A minha mãe, dona Janete, o meu mais sincero obrigado, por nunca me desamparar e sempre ter acreditado mais do que eu no que posso ser. Sempre vibrando mais do que eu em todas as minhas conquistas, desde criança até a minha vida adulta. Sei que a tua ausência na minha infância era sempre pra me proporcionar o melhor e hoje eu entendo tudo isso. Além de mãe é também a minha grande amiga, mas chegar até aqui só foi possível por sua persistência em acreditar em mim.

Ao meu filho, Bernardo, por você que todos os dias, sob todos os pontos de vista eu tento ser melhor e ser um exemplo a ser seguido por você. Ao você nascer eu descobri o verdadeiro significado de amar e ser amado apenas pelo olhar.

A minha esposa, Izabela, por sempre me incentivar a terminar esse curso e se doar a criação do nosso filho, se dividindo em várias, multiplicando o tempo e fazendo mágica a fim de compreender e compartilhar tudo no decorrer desses anos, com maestria você consegue fazer da minha vida um lugar melhor de se viver. Sou grato aos céus por ter você em minha caminhada terrestre.

Ao meu irmão, Gilberto Segundo que apesar de sempre me dar prejuízo e dor de cabeça me faz querer sempre ser melhor do que ele.

A família da minha esposa, que sempre estão ao meu lado e me perguntam quando irei terminar esse curso.

Aos colegas de turma, que já desistiram pelo caminho e aos que já concluíram por todo aprendizado compartilhado no decorrer de nossas vidas acadêmicas.

Ao Professor Dr. Kelson Carvalho Lopes, pela paciência no decorrer desses anos comigo e aos técnicos dos laboratórios, pelas orientações fornecidas no desenrolar deste trabalho.

Ao Engenho São Paulo e a Renato Gomes Constantino de Lima - Supervisor de Produção da cachaça São Paulo pelo caldo doado.

A todos aqueles que de alguma maneira agregaram de maneira essencial em meu caminho e assim colaborou em meu crescimento como cidadão e como profissional.

*“É erro vulgar confundir o desejar
com o querer. O desejo mede os
obstáculos; a vontade vence-os.”*

Alexandre Herculano

RESUMO

Desde a colonização do território brasileiro aprendemos que no decorrer de sua ocupação caminham de maneira paralela a cultura do plantio da cana de açúcar em território colonizado e tem um significado essencial para o setor da agronomia brasileira. A cana de açúcar, quando utilizada para produção de etanol, após a extração do seu caldo, de maneira manual ou mecanizada passa por um processo de fermentação e logo após pelo processo de destilação do caldo fermentado. No processo da fermentação, com o auxílio da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, os açúcares presentes no caldo de cana, são convertidos em álcool etílico e outros compostos. As leveduras adicionadas no caldo de cana são responsáveis pelo processo de fermentação. O trabalho a ser apresentado tem como objetivo principal, analisar dois tipos de caldos diferentes (Caldo extraído da cana planta do CTDR e Caldo obtido das plantações da Usina São Paulo), a serem fermentadas com duas diferentes marcas de leveduras (LNF CA-11 e Fermipan RED), tendo como finalidade definir e analisar os parâmetros de eficiência e eficácia na fermentação alcóolica de dois diferentes tipos de caldos e leveduras. Na metodologia abordada em nosso estudo, as análises das amostras foram realizadas nos laboratórios de tecnologia em produção sucroalcooleira e de operações unitárias do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional (CTDR) da UFPB. Com os valores obtidos no decorrer do processo podemos afirmar que as dornas de fermentação tiveram valores bem semelhantes apesar da diferença de matéria prima do caldo como da marca da levedura. A amostra 1 X CA-11 CTDR obteve 3,6°GL ao final do processo, a amostra 1X CA-11 obteve 5,3 °GL ao final do processo, a amostra 2X CA-11 obteve 5,6°GL ao final do processo, a amostra 1X FERMIPAN obteve 6,5°GL ao final do processo e a amostra 2X FERMIPAN obteve 6,5°GL ao final do processo. Do total moída da cana de açúcar proveniente da plantação no CTDR obteve-se um rendimento de 130 litros ou 31,8 %. Acrescentar também essa conclusão: A levedura Fermipan, apesar de 7 vezes mais barata que a LNF CA-11 fermentou com maior eficiência em relação a levedura LNF CA-11. Logo o custo-benefício de todo o processo com a levedura mais barata se faz mais viável nesse caso apresentado. Tendo em vista que a levedura CA-11 no último dia gerou 5,9°GL enquanto a Fermipan gerou 6,5°GL sendo assim uma variação de 22,6% de acordo com o parâmetro comparativo °GL. Do total moída da cana de açúcar proveniente da plantação no CTDR obteve-se um rendimento de 130 litros ou 31,8 %.

Palavras-chave: Fermentação; *Saccharomyces cerevisiae*; fermipan; CA-11. Caldo de Cana de Açúcar

ABSTRACT

Since the colonization of Brazilian territory, we have learned that during the course of its occupation, sugarcane cultivation has been carried out in parallel in the colonized territory, and this has been of essential importance for the Brazilian agricultural sector. When sugarcane is used to produce ethanol, after its juice has been extracted manually or mechanically, it undergoes a fermentation process and then the fermented juice is distilled. During the fermentation process, with the help of the yeast *Saccharomyces cerevisiae*, the sugars present in the sugarcane juice are converted into ethyl alcohol and other compounds. The yeast added to the sugarcane juice is responsible for the fermentation process. The main objective of this work is to analyze two different types of broths (Broth extracted from the CTDR sugarcane plant and Broth obtained from the plantations of the São Paulo Sugar Mill), to be fermented with two different brands of yeast (LNF CA-11 and Fermipan RED), with the purpose of defining and analyzing the parameters of efficiency and effectiveness in the alcoholic fermentation of two different types of broths and yeasts. In the methodology addressed in our study, the analyses of the samples were carried out in the laboratories of technology in sugarcane production and unit operations of the Center for Technology and Regional Development (CTDR) of UFPB. With the values obtained during the process, we can state that the fermentation vats had very similar values despite the difference in the raw material of the broth and the brand of yeast. Sample 1 X CA-11 CTDR obtained 3.6°GL at the end of the process, sample 1X CA-11 obtained 5.3°GL at the end of the process, sample 2X CA-11 obtained 5.6°GL at the end of the process, sample 1X FERMIPAN obtained 6.5°GL at the end of the process and sample 2X FERMIPAN obtained 6.5°GL at the end of the process. From the total milled sugarcane from the plantation in CTDR, a yield of 130 liters or 31.8% was obtained. Also add this conclusion: Fermipan yeast, despite being 7 times cheaper than LNF CA-11, fermented more efficiently than LNF CA-11 yeast. Therefore, the cost-benefit of the entire process with the cheaper yeast is more viable in this case presented. Considering that the CA-11 yeast on the last day generated 5.9°GL while Fermipan generated 6.5°GL, this represents a variation of 22.6% according to the comparative parameter °GL. From the total sugar cane milled from the CTDR plantation, a yield of 130 liters or 31.8% was obtained.

Keywords: Fermentation; *Saccharomyces cerevisiae*; fermipan; CA-11. Sugar Cane Juice.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma geral de produção de cachaça de alambique	20
Figura 2 - Equipamentos essenciais para produção de cachaça de qualidade	22
Figura 3 - Canavial em fase de florescimento.	23
Figura 4 - Plantação de cana CTDR.....	31
Figura 5 - Colheita manual	31
Figura 6 - Pesagem	31
Figura 7 - Bagaço gerado na moagem	31
Figura 8 - Fervura do caldo.....	32
Figura 9 - Peneiramento	32
Figura 10 - Medição do pH	32
Figura 11 - Medição do Brix.....	32
Figura 12 - Moendo a cana.....	33
Figura 13 - Identificação da matéria prima	33
Figura 14 - Análise da matéria prima.....	33
Figura 15 - Aeração mecânica para ativação da levedura	33
Figura 12 – Condições da fermentação alcoólica.....	36
Figura 16 - Leveduras utilizadas no processo de fermentação	38
Figura 17 – Pesagem das leveduras utilizadas no processo fermentativo.....	39
Figura 18 - Dornas de fermentação devidamente identificadas	39
Figura 19 - Dorna de fermentação com controle de temperatura.....	40
Figura 20 - Componentes do ebulliometro, régua e termômetro.....	41
Figura 21 – Resultados referentes a amostra 1, peso da cana e do bagaço, volume do caldo extraído e brix do caldo	43
Figura 22 – 8 canas “inteiras” separadas como amostras para medir o índice de maturação ° das canas que foram cortadas	44
Figura 23 - 8 canas “em partes” separadas como amostras para medir o índice de maturação ° das canas que foram cortadas	45
Figura 24 -Vinho fermentado congelados para uma futura destilação e obtenção da cachaça e análises físico químicas do destilado	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros de controle da fermentação	26
Tabela 2 - Quantidade de leveduras e tipo de caldo nas dornas	37
Tabela 3 – Resultados referentes as 20 amostras de cana, peso da cana e do bagaço, volume do caldo extraído e brix do caldo	42
Tabela 4 -Resultado do ° BRIX, na ponta e na base das 8 canas selecionadas para medir o índice de maturação das canas que foram cortadas.....	45
Tabela 5 - Dados obtidos de Brix, pH e °GL durante a fermentação, a BRIX 6.	50
Tabela 6 - Dados obtidos de Brix, pH e °GL durante a fermentação, a BRIX 9.	51
Tabela 7 - Dados obtidos de Brix, pH e °GL durante a fermentação, a BRIX 12.	52
Tabela 8 - Dados obtidos de Brix, pH e °GL durante a fermentação, a BRIX 15.	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°GL - Teor Alcoólico

°Brix – grau brix

kg – quilograma

ml – mililitro

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	OBJETIVO.....	16
2.1.	OBJETIVO GERAL	16
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3.	JUSTIFICATIVA	17
4.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
4.1.	ORIGEM E DEFINIÇÃO DA CACHAÇA	18
4.2.	PRODUÇÃO DA CACHAÇA	20
4.3.	MATURAÇÃO	22
4.3.1.	Maturadores químicos	24
4.3.2.	Determinação do estágio de maturação	25
4.4.	FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA	25
4.5.	LEVEDURA CA11 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	27
4.5.1.	Levedura selecionada.....	27
4.5.2.	A importância do fermento selecionado na qualidade da cachaça	27
4.5.3.	Principais vantagens da LNF CA-11 para a produção de cachaça:	27
5.	MATERIAIS E MÉTODOS	29
5.1 –	TIPOS DE CALDO DE CANA.....	29
5.1.	PREPARAÇÃO DO PE DE CUBA PARA A FERMENTAÇÃO	34
5.2.	FERMENTAÇÃO	36
5.2.1.	Condições em que a fermentação alcoólica foi realizada	36
5.5 -	TEOR ALCOOLICO.....	41
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
6.1.	MOAGEM	42

6.2. INDICE DE MATURAÇÃO	44
6.3. AJUSTE DO BRIX DO CALDO	46
6.4. FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA	48
7. CONCLUSÕES	54
8. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1. INTRODUÇÃO

A cachaça é um destilado feito à base do caldo fresco de cana-de-açúcar e possui selo de Indicação Geográfica, estabelecida pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), por meio do Decreto 4.062/2001. (Brasil, 2022)

Alguns estudos relatam que as primeiras aparições na história sobre o destilado do caldo de cana tenham vindo do litoral brasileiro, mais precisamente nos engenhos do litoral nordestino e o tempo em que esse processo de destilação tenha sido iniciado entre os anos de 1516 e 1532, onde esse produto final obtido tenha assim sido o primeiro destilado da América Latina. (IBRAC,2018).

A cachaça surgiu como consequência da produção do açúcar, e sua fabricação se dava, em parte, com o melaço produzido nos engenhos. Uma das etapas do processo de produção do açúcar no Brasil colonial era a cristalização do açúcar, que acontecia na casa de purgar. Nesse local, o açúcar passava por um processo de branqueamento que se estendia por 40 dias.

Esse açúcar cristalizado era dividido em vários tipos, e, quanto mais branco o açúcar, mais valorizado ele era no mercado. Uma parte desse melaço, no entanto, não se cristalizava, acumulando-se no fundo dos reservatórios ou escorrendo para fora da forma. Esse melaço que não se cristalizava foi utilizado inicialmente na produção da cachaça.

Pode-se destacar que a cachaça e aguardente tem sua diferença, através da sua concentração alcoólica, e assim tendo como parâmetro o teor alcoólico da cachaça de no máximo 48% e a aguardente de 54%.

A cachaça é exclusivamente oriunda da cana-de-açúcar, onde primeiro se tem a fermentação alcoólica de Mel ou das borras de melaço, subproduto do açúcar, ou do caldo de cana puro e simples, ou do mosto do caldo de cana, e, depois, da destilação. (Câmara,2004).

A importância dos nutrientes no processo fermentativo pode ser ressaltada tanto sobre o ponto de vista qualitativo como quantitativo, para Lopes (1989) às necessidades nutricionais das células de levedura, durante o processo de fermentação alcoólica, influenciam decisivamente no crescimento celular e na eficiência de transformação do açúcar em álcool.

Na elaboração da cachaça existe alguns fatores que interferem diretamente na sua produção e qualidade. São elas: pH, temperatura, matéria prima, contaminações bacterianas e graduação alcoólica. Com foco nesses parâmetros foi desenvolvido um estudo para verificar a influência de cada parâmetro no processo de fabricação da cachaça. (Ferreira (2002) citado por SILVA, 2019)

A base para a produção de bebidas alcoólicas é a fermentação. Ela consiste na transformação do açúcar em álcool etílico, pela ação de microrganismos específicos, por meio de reações químicas. Os microrganismos responsáveis pela fermentação do açúcar do caldo-de-cana em álcool são as leveduras fermentativas, principalmente as do gênero *Saccharomyces cerevisiae*, por resistirem às altas concentrações de álcool e também pela sua capacidade de produção. Todo líquido passível de fermentação é denominado mosto. Assim, o caldo de cana-de-açúcar é um mosto natural e excelente meio para desenvolvimento de microrganismos, (EMATER-MG).

2. OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GERAL

Definir e analisar os parâmetros de eficiência e eficácia na fermentação alcoólica de dois diferentes tipos de caldos e leveduras.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I Os dois tipos de caldos e leveduras diferentes;
- II Analisar o desenvolvimento da fermentação realizando as leituras diárias de °brix, ph e teor alcoólico do mosto fermentado variando a quantidade de leveduras
- III Com base nos resultados, verificar a existência ou não de alguma interferência entre os tipos de caldos e leveduras utilizadas;
- IV Comparar a eficiência e eficácia dos processos de fermentação

3. JUSTIFICATIVA

Sabendo que todo e qualquer processo industrial de produção de cachaça é propício de ocorrer contaminações e dessa maneira ocorrer alterações que podem apresentar maiores gastos de insumos e influenciar na qualidade e no preço do produto final. Por esse motivo se é importante intensificar a fiscalização do processo das análises das amostras de brix, pH, graduação alcoólica, controle da temperatura das dornas de fermentação entre outros fatores que são cruciais para evitar qualquer problema no decorrer do processo.

A levedura responsável por todo o processo de fermentação alcoólica, é a espécie *Saccharomyces cerevisiae*. A LNF CA-11 É uma das leveduras utilizadas no processo de fermentação alcóolica para a produção de cachaça, destilados e fermentação de frutas. É um produto de grande importância para a fabricação de destilados, podendo ser utilizada em produções de pequeno, médio e grande porte. O início da fermentação é imediato, com aproveitamento quase total da sacarose presente no caldo de cana (hidrólise completa da sacarose com produção de glicose e frutose), baixa produção de ácidos e aldeídos.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. ORIGEM E DEFINIÇÃO DA CACHAÇA

A história da cachaça começou no século XVI, durante a colonização portuguesa. A criação da bebida inicialmente se deu por meio da destilação do melaço não cristalizado, e depois passou a ser produzida do próprio caldo da cana-de-açúcar. A produção dessa aguardente foi uma forma de reaproveitar o melaço que não se cristalizava. (Scheiner, 2012).

A cachaça era uma bebida muito utilizada na alimentação dos escravizados, sendo também consumida pelas camadas mais pobres da sociedade colonial. Essa aguardente era usada como mercadoria para escambo nos mercados de escravos na África. Portugal chegou a proibir a produção de cachaça no século XVII, tamanha popularidade. (Schreiner, 2012).

Com o menor custo e maior disponibilidade, foi uma questão de tempo até a cachaça ganhar a preferência em relação à bagaceira. Com a valorização da cachaça, os engenhos deixaram de usar apenas os restos de melaço para produzir aguardente e passaram a produzir mais a bebida do que o açúcar, utilizando diretamente a garapa fermentada, sem antes cozinhar para transformar em melaço. Isso fez com que a Companhia de Comércio exigisse medidas por parte da coroa portuguesa que resultaram na publicação de uma Carta Real, em 13 de setembro de 1649, a qual proibia a fabricação da bebida na Colônia (PINHEIRO, 2003). Tal medida resultou na disseminação de uma produção clandestina e no contrabando, uma vez que não havia condições de fiscalização adequadas e o uso de alambiques artesanais, facilmente desmontáveis, dificultavam a localização dos locais de produção.

Falar de cachaça é voltar ao tempo, e em virtude dessa longa caminhada que teve início desde a chegada dos primeiros portugueses e plantações de cana-de-açúcar teve momentos em que sua produção foi incentivada e em outro proibida, porém sempre presente na história do nosso País (Trindade, 2006).

A matéria prima para produção de aguardente e cachaça segundo Alcarde, (2017b), é caracterizada como colmos de cana-de-açúcar em adequado estado de maturação. A cana (*Saccharum spp.*) é uma planta que se adapta melhor a regiões quentes.

Segundo Maia et al. (1995) e Ampaq (2010) *apud* Oliveira (2010), as espécies de cana de açúcar utilizadas na produção de cachaça são inúmeras e atualmente estão disponíveis muitas espécies resultantes de cruzamentos, dentre as espécies conhecidas, as mais utilizadas na produção da bebida são aquelas que apresentam um alto teor de açúcar e facilidade de fermentação do caldo.

De acordo com a legislação brasileira, se tem um padrão sensorial para definição do que se enquadra como cachaça, e de acordo com o que está contido no artigo 53 do decreto nº 6.871 de 04 de junho de 2009 ressaltando a importância de saber distinguir da aguardente, que:

Art. 53. Cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 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 até seis gramas por litro.

§ 1º A cachaça que contiver açúcares em quantidade superior a seis gramas por litro e inferior a trinta gramas por litro será denominada de cachaça adoçada.

§ 2º Será denominada de cachaça envelhecida a bebida que contiver, no mínimo, cinquenta por cento de aguardente de cana envelhecida por período não inferior a um ano, podendo ser adicionada de caramelo para a correção da cor.

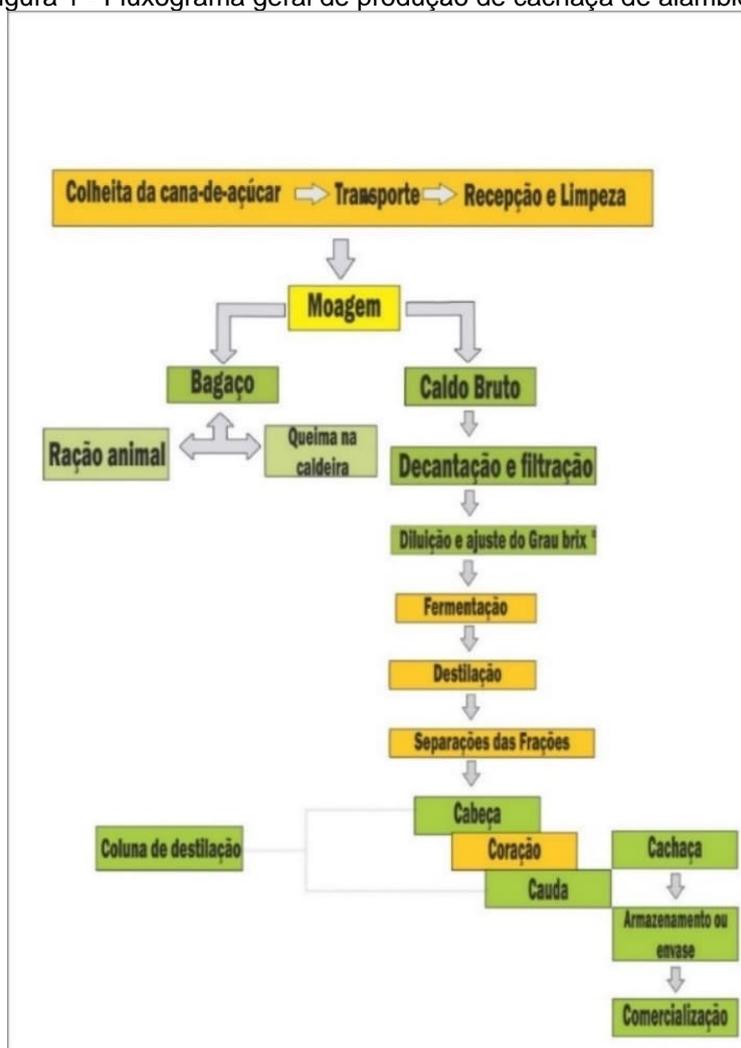
De acordo com lei estabelecida em nosso território nacional, podemos afirmar que a cachaça e aguardente tem sua diferença, através da sua concentração alcoólica, e assim tendo como parâmetro o teor alcoólico da cachaça de no máximo 48% e a aguardente de 54%.

Segundo Alcarde (2017b), a diferenciação legal entre aguardente de cana e cachaça está, portanto, na concentração alcoólica máxima permitida para cada uma dessas bebidas.

4.2. PRODUÇÃO DA CACHAÇA

Todo processo de produção de cachaça, Figura 1, é muito importante desde a escolha da matéria prima a ser utilizada no processo, como a escolha do maquinário e utensílios e métodos a serem utilizados no processo, para assim se ter um produto final de qualidade.

Figura 1 - Fluxograma geral de produção de cachaça de alambique



Fonte: (Batista, 2021).

Segundo Trindade, (2016), para que se tenha uma produção da cachaça de alambique se faz necessário que a cana não seja queimada, pois a sua queima resulta na formação de compostos indesejáveis, podendo assim influenciar e trazer grandes consequências da queima de matéria orgânica, além de afetar a qualidade da cachaça, essas queimadas prejudicam o meio ambiente aumentando o índice de poluição do ar.

É importante destacar que para produção da cachaça a cana deve permanecer em um local arejado, e ser moída em até 24 horas para evitar a ação de bactérias que causam perdas do teor de açúcares.

Segundo Novacana (2023), para o processo de extração do caldo, onde a cana passa entre rolos com a pressão pré estabelecidas que são chamados de moendas, sai o caldo e também o bagaço, que, muitas vezes são reutilizados como combustível das caldeiras, dando a continuação no processo, passa pela etapa de filtração que ao sair da moenda o caldo passa por uma peneira, que pode ser rotativa ou vibratória para retirada de impurezas em especial bagacilhos ou bagaceiras originados da moagem que favorecem as infecções na fermentação.

Em seguida vem a preparação do mosto, que depois de coada é decantada e deve ser transferida para um tanque de preparação do mosto.

Trindade (2006) relata sobre a primeira providência que é a determinação do teor de açúcar, pode utilizar alguns instrumentos, como, o areômetro ou sacarímetro de °brix. Para Trindade (2006), resultar uma boa fermentação, precisa que o caldo esteja em uma concentração de açúcares entre 14 e 16 °brix e em uma temperatura de 30°C, quando o caldo estiver na concentração acima da quantidade ideal, torna-se necessário fazer uma diluição para garantir um bom trabalho na fermentação e obter estabilidade do fermento ao longo de todo o período de fabricação, conforme orienta, quando o teor de açúcar estiver alto ocorre a fermentação de forma mais lenta e frequentemente incompleta, aumentando na destilação o teor de furfural, o que provoca aromas e gosto desagradáveis na cachaça.

Passando para etapa de fermentação se é adicionado ao mosto uma levedura, geralmente a *Saccharomyces cerevisiae*, para transformar o açúcar em álcool, existindo vários gêneros e espécies de levedura, nas dornas de fermentação, que são recipientes, onde são inoculadas o mosto (Chaves, 2007).

Como ilustra Figura 2 a seguir, para produzir uma cachaça de qualidade é indispensável alguns equipamentos.

Figura 2 - Equipamentos essenciais para produção de cachaça de qualidade

ETAPAS DO PROCESSO	EQUIPAMENTOS
Preparo do Caldo	Moenda
	Decantador para caldo
	Peneiras
Preparo do fermento	Tanques para ajuste de Brix
	Programador de fermento
Fermentação	Dornas de fermentação de caldo
	Clarificador para o rosto
Destilação	Fornalha ou Caldeira
	Alambique
	Caixa separação do destilado
	Aerador
Armazenamento	Tonéis e barris
Engarrafamento	Tanque de mistura e padronização
	Garrafas
	Enchedora
	Lacradora
	Rotulagem

Fonte: Cardoso, 2001.

4.3. MATURAÇÃO

O armazenamento e a translocação (transporte através da água) do açúcar se processam aos poucos, desde os primeiros meses de crescimento da cana-de-açúcar até o completo desenvolvimento de seus colmos. O acúmulo máximo de sacarose ocorre quando a planta encontra condições que restringem seu crescimento (deficiência hídrica, falta de nutrientes e condições adversas de clima). Estas condições forçam a planta a parar seu crescimento e amadurecer.

O uso excessivo de fertilizantes favorece intensamente o crescimento vegetativo da planta, o que atrasa sua maturação. A farta quantidade de nitrogênio existente na época da colheita leva ao baixo conteúdo de sacarose da planta. Da mesma forma, a água em abundância durante todo o ciclo da cana prejudica sua maturação. Rossetto (2022).

É comum o emprego de práticas culturais de manejo de adubação e de irrigação com o objetivo de favorecer o amadurecimento da cana-de-açúcar com elevados teores de sacarose. Na medida em que as plantas apresentarem colmos bem desenvolvidos, a adubação e a irrigação. Rossetto (2022).

O processo de maturação da cana-de-açúcar pode ser definido como o processo fisiológico que envolve a formação de açúcares nas folhas e seu deslocamento e armazenamento no colmo. Pode-se, ainda, definir a maturação da cana sob três aspectos: (Rossetto, 2022)

- **botânico**: a cana só é considerada madura após a emissão de flores (Figura 3) e a formação de sementes. Na reprodução por toletes, a maturação é considerada quando as gemas estão em condições de dar origem a novas plantas;

- **fisiológico**: a maturação ocorre quando o colmo atinge seu máximo armazenamento de açúcar (sacarose);

- **econômico**: quando a cana atinge o teor mínimo de sacarose de 13% do peso do colmo, necessário para que possa ser viável industrialmente. (Rossetto, 2022)

Figura 3 - Canavial em fase de florescimento.



Foto: Rogério Sakai

O armazenamento e a translocação (transporte através da água) do açúcar se processam aos poucos, desde os primeiros meses de crescimento da cana-de-açúcar até o completo desenvolvimento de seus colmos. O acúmulo máximo de sacarose ocorre quando a planta encontra condições que restringem seu crescimento (deficiência hídrica, falta de nutrientes e condições adversas de clima). Estas condições forçam a planta a parar seu crescimento e amadurecer. (Rossetto, 2022)

O uso excessivo de fertilizantes favorece intensamente o crescimento vegetativo da planta, o que atrasa sua maturação. A farta quantidade de nitrogênio existente na época da colheita leva ao baixo conteúdo de sacarose da

planta. Da mesma forma, a água em abundância durante todo o ciclo da cana prejudica sua maturação. (Rossetto, 2022)

É comum o emprego de práticas culturais de manejo de adubação e de irrigação com o objetivo de favorecer o amadurecimento da cana-de-açúcar com elevados teores de sacarose. Na medida em que as plantas apresentarem colmos bem desenvolvidos, a adubação e a irrigação devem ser limitadas. Além destas práticas, o uso de maturadores tem sido amplamente utilizado. (Rossetto, 2022)

4.3.1. Maturadores químicos

Maturadores são produtos químicos que induzem o amadurecimento de plantas, causando, assim, a translocação e o armazenamento dos açúcares na planta. São utilizados para antecipar e otimizar o planejamento da colheita. Os maturadores podem, ainda, apresentar substâncias que dessecam a planta, o que favorece a queima e diminui as impurezas vegetais ou que inibem o florescimento.

Existem dois tipos básicos de maturadores para o setor canavieiro: os estressantes e os não-estressantes. Os estressantes são inibidores de crescimento, que reduzem, acentuadamente, o ritmo de crescimento da cana, fazendo-a acumular a sacarose em vez de utilizá-la como fonte de energia para seu crescimento. A redução no ritmo de crescimento força a planta a amadurecer. Os maturadores estressantes mais utilizados são à base dos seguintes compostos: Glyphosate, Etil Trinexapac e Sulfometurom metil. Rossetto (2022).

Os maturadores não-estressantes não diminuem o ritmo de crescimento da planta e sua ação libera o etileno, composto responsável pela maturação que ajuda a acumular sacarose nos colmos da cana. O Ethephon é um exemplo deste tipo de maturador. (Rossetto, 2022)

4.3.2. Determinação do estágio de maturação

Para determinar se a cana-de-açúcar se encontra no ponto de maturação utiliza-se o refratômetro de campo, aparelho que fornece a porcentagem de sólidos solúveis do caldo (chamado de brix), que está ligado ao teor de sacarose da cana-de-açúcar. Após esta medição, é feita uma análise laboratorial.

A maturação da cana-de-açúcar se dá da base do colmo ao seu ápice. A planta imatura apresenta uma grande diferença nos teores de sacarose entre os extremos de seus colmos. Portanto, o critério utilizado para estimar a maturação pelo refratômetro de campo é o índice de maturação (IM), que fornece a relação entre os dois teores, conforme a fórmula, abaixo. (Rossetto, 2022)

$$IM = \frac{\text{Brix}_{\text{ponta do colmo}}}{\text{Brix}_{\text{base do colmo}}}$$

Para a cana-de-açúcar, os valores de IM admitidos são:

- menor que 0,60 para cana verde;
- entre 0,60 e 0,85 para cana em processo de maturação;
- entre 0,85 e 1 para cana madura;
- maior que 1 para cana em processo de declínio de sacarose.

4.4. FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

A fermentação é a etapa do processo em que os açúcares contidos no caldo de cana são convertidos em álcool etílico. As leveduras existentes no caldo de cana são responsáveis pelo processo de fermentação (Trindade, 2006).

A fermentação alcoólica para produção de cachaça é realizada por leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, esses microrganismos se desenvolvem naturalmente na superfície dos colmos, nas folhas, no solo, e no ar (Alcarde, 2017).

O processo fermentativo se inicia logo que a levedura entra em contato com o mosto e é dividido em três fases. A primeira fase denominada de preliminar ou pré-fermentação, caracterizada pela adaptação das leveduras e multiplicação celular. A segunda fase denominada de fermentação principal ou tumultuosa é caracterizada pelo desprendimento abundante de gás e produção de álcool e finalmente a fase de fermentação complementar ou pós fermentação, na qual se observa reduzida atividade fermentativa (Janzantti, 2004).

A levedura tem como objetivo produzir energia (na forma de ATP–Trifosfato de adenosina) para sua sobrevivência, por tanto, a fermentação alcoólica é uma via de produção de energia para sobreviver na ausência de oxigênio, sendo necessário transformar muito açúcar em álcool para suprir suas necessidades energéticas (Cabral, 2020).

O rendimento da fermentação é uma importante característica de economia da produção, e no caso Cachaça pode afetar diretamente a sua qualidade, vinhos com teor alcoólico padronizado certamente originam destilados igualmente mais padronizados (Oliveira, 2001).

No decorrer da fermentação, a velocidade de produção de etanol varia conforme o teor de açúcar no meio. A concentração de açúcar limite para que o rendimento e produtividade sejam maximizados é ao redor de 150g/L; acima deste limite a velocidade de conversão de açúcar em álcool diminui (Maiorella, 1989).

É necessário seguir alguns critérios que controlam o processo de fermentação para que se conclua com sucesso, como é indicado pela Tabela 1:

Tabela 1 - Parâmetros de controle da fermentação

PARÂMETROS DE CONTROLE DA FERMENTAÇÃO	
Concentração de açúcares	Avaliada através da medida do Brix do mosto, os valores obtidos devem indicar a queda contínua, revelando que as leveduras estão transformando os açúcares em álcool.
Temperatura do mosto em fermentação	O ideal é que a temperatura permaneça entre 26 – 32° C.
Tempo de fermentação	A fermentação regular deve se processar num período de 12 a 24 horas.
Cheiro	Deve ser agradável, penetrante, característico, frutado, variando com a matéria-prima e natureza do mosto.
Aspecto da espuma	Normalmente leve, rompe-se com facilidade quando a fermentação é pura ou regular.
Acidez e pH	<ul style="list-style-type: none"> • O pH do caldo da cana em estágio adequado de maturação do mosto é da ordem de 5,0 – 5,5 • O pH ótimo para fermentação é da ordem de 4,5, enquanto para multiplicação do fermento, entre 5,0 e 6,0. • Os teores de ácidos no meio, devem estar entre 2,5 e 3,0 g H₂SO₄/L de mosto.
Açúcares residuais	Ao final da fermentação, esperam-se valores inferiores a 0,5%.
Rendimento	É o fator mais importante para o controle da fermentação, pois reflete todos os demais que, de modo direto ou indireto, interferem no processo produtivo.

Fonte: Melo *et al*, 2011

4.5. LEVEDURA CA11 *Saccharomyces cerevisiae*

Depois de testar mais de 1800 diferentes cepas de leveduras selvagens, a Universidade Federal de Lavras, em Minas Gerais, selecionou e isolou uma cepa de *Saccharomyces cerevisiae*, denominada LNF CA-11. Esta cepa foi escolhida entre todas as testadas, devido à sua capacidade de produzir cachaça de qualidade superior. (LNF, 2024).

A LNF CA-11 é ideal para produções pequenas, médias e grandes; o início da fermentação é imediato, com aproveitamento quase total da sacarose presente no caldo de cana (hidrólise completa da sacarose com produção de glicose e frutose), baixa produção de ácidos e aldeídos, com sabor frutal e aroma diferenciado. (LNF, 2024)

4.5.1. Levedura selecionada

É nada mais que uma cepa selvagem, presente na natureza, que demonstrou um desempenho melhor para determinada finalidade, no nosso caso, produção de cachaça.

Ela é, então, isolada, cultivada em condições estéreis e testada inúmeras vezes para comprovar a sua aptidão. O passo seguinte é a sua produção para ser utilizada a nível industrial. (LNF, 2024)

4.5.2. A importância do fermento selecionado na qualidade da cachaça

Um bom fermento é fundamental para se obter uma cachaça de qualidade, já que as características de aroma, sabor e maciez são determinadas principalmente pela composição dos produtos secundários produzidos pelo fermento utilizado, os quais passam a cachaça durante o processo de destilação. (LNF, 2024)

4.5.3. Principais vantagens da LNF CA-11 para a produção de cachaça:

- Aumento significativo da qualidade do produto final.
- Padronização – produção sem variações.
- Aumento da produção.

- Início da fermentação rapidamente.
 - Tolerância a altas concentrações de etanol.
 - Alta capacidade de floculação.
 - Produção dos compostos orgânicos voláteis que dão o aroma da cachaça.
- (LNF, 2024)

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 – TIPOS DE CALDO DE CANA

Neste trabalho utilizou-se caldos oriundos de dois tipos de fontes diferentes: 1º) plantação de cana de açúcar no centro de tecnologia e desenvolvimento regional (CTDR), da universidade federal da paraíba (UFPB) e 2º) gentilmente cedido pela usina são Paulo, localizada no estado da paraíba.

Para obtenção do caldo da cana de açúcar plantada no CTDR, aproximadamente 500 Kg da matéria prima passou por um preparo e foi moída e armazenada por 24h.

dia e tendo o prazo de 24 horas para extrair e armazenar o caldo da cana.

Os dois tipos de caldos foram submetidos as análises de °Brix e pH. As análises de °Brix e pH DOS CALDOS foram realizadas nos laboratórios de Tecnologia em produção Sucroalcooleira e no de Operações Unitárias, situados no Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional (CTDR), que fazem parte da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

5.2 – TIPOS DE LEVEDURA

Utilizamos dois tipos de levedura para se fazer a comparação da fermentação alcoólica: a *saccharomyces cerevisiae* (LNF CA-11) E A Fermipan Red de fabricação chinesa ().

O custo benefício monetário dessas leveduras são bem relevantes. Tendo em vista que a LNF CA-11 hoje em dia custa em torno de R\$175,00 a embalagem com 500 gramas. É uma Levedura selecionada ativa para destilaria. Seu alto valor comercial se dá pelo fato que depois de testar mais de 1800 diferentes cepas de leveduras selvagens, a Universidade Federal de Lavras, em Minas Gerais, selecionou e isolou uma cepa de *Saccharomyces cerevisiae*, denominada LNF CA-11. Essa cepa de levedura é ideal para 'produções pequenas, médias e grandes. O início da fermentação é imediato, com aproveitamento quase total da sacarose presente no caldo de cana (hidrólise completa da sacarose com produção de glicose e frutose), baixa produção de ácidos e aldeídos, com sabor frutal e aroma diferenciado. Por ser uma levedura mais cara ela promete ter um maior rendimento em cachaça, devido exatamente à aptidão da cepa selecionada para este tipo de fermentação, diminuição da acidez da cachaça e a melhora na qualidade do produto final. Pois para se

produzir 1 Litro de Cachaça se faz necessário de 8 a 10 litros de caldo (16° Brix) fermentados com levedura caipira, já com a levedura CA -11 algo em torno de 4,5 a 6 litros de caldo (16° Brix).

A tolerância a álcool dessa levedura é em torno de 11% a 15% e o fabricante recomenda sua dosagem de utilização 1 grama por litro.

Já a levedura Fermipan que custa em torno de R\$20,00 a embalagem com 500 gramas, é um fermento biológico seco instantâneo, desenvolvido para fabricação de todos os tipos de pães e massas panificáveis, sendo mais indicado para pães salgados e pizzas. Ele pode ser utilizado como uma ferramenta de fermentação variável. Esta virtude permite reduzir a temperatura da massa e retardar a pré-fermentação em tempos de altas temperaturas ambientes, e ao contrário, quando a temperatura é baixa, o aumento da temperatura da água utilizada melhora a sua velocidade de fermentação.

Foi realizado também o aquecimento do caldo e aeração do mesmo, a fim de promover um melhor local para que ocorra fermentação.

Para realização das etapas desenvolvidas neste trabalho, foram adotadas as técnicas metodológicas necessárias que fazem parte do processo da produção de cachaça, realizando as análises de índice de sólidos solúveis (°Brix) e correção do mesmo, pH, aeração do mosto fermentado, medição do teor alcoólico e monitoramento da temperatura das dornas, como mostrado da Figura 4 a Figura 15

Figura 4 - Plantação de cana CTDR



Figura 5 - Colheita manual



Figura 6 - Pesagem



Figura 7 - Bagaço gerado na moagem



By KCL

By NCL

Figura 8 - Fervura do caldo



Figura 9 - Peneiramento



Figura 10 - Medição do pH



Figura 11 - Medição do Brix



Figura 12 - Moendo a cana



Figura 13 - Identificação da matéria prima



Figura 14 - Análise da matéria prima



Figura 15 - Aeração mecânica para ativação da levedura



Fonte: Autor, 2024

5.1. PREPARAÇÃO DO PE DE CUBA PARA A FERMENTAÇÃO

Um teor de Brix muito elevado significa uma alta concentração de açúcares no caldo, o que pode criar um ambiente osmoticamente estressante para as leveduras. Níveis excessivamente altos de açúcar dificultam a absorção de água pelas leveduras, inibindo seu crescimento e atividade metabólica (Oliveira et al., 2015). Como resultado, a fermentação pode ser retardada ou incompleta, levando a menor produção de etanol e aumento de substâncias indesejáveis.

No primeiro dia de fermentação foram utilizados 2000 mL de caldo diluído a 6°Brix em cada dorna, a ativação das leveduras foi feita da seguinte forma; a) 2000 mL de água mineral foi fervida para garantir que o único microrganismo presente nas dornas seja a levedura que adicionamos e esperamos a temperatura baixar para 40°C, b) colocamos as 5 leveduras em bécher de 250 mL com 200 mL da água fervida, c) foi feita a aeração por 10 minutos nestas leveduras, duas por vez, para multiplicação das leveduras no início do processo fermentativo, d) após a aeração, as leveduras foram adicionadas as dornas.

Os 2000 mL de caldo, foram aquecidos até 37°C e adicionados as dornas que já continham as leveduras, mantendo uma temperatura de fermentação em 32°C.

Os caldos de cana-de-açúcar utilizados foram aquecidos e peneirado para retirada de impurezas presentes nos mesmos. Para chegar na concentração ideal em cada etapa, foi preciso fazer uma diluição da garapa para garantir a estabilidade do fermento ao longo de todo o período fermentativo, pois, como defende Lopes (2007), quando o °brix está acima de 15, geralmente se conduz a fermentações lentas e incompletas que dificultam a multiplicação do fermento. Para que seja feita a diluição é necessário fazer um cálculo para ajustar o teor de açúcares adicionando água potável de preferência filtrada ou destilada ao caldo com base nos seguintes cálculos

(a) Cálculo do índice de diluição (ID):

Fórmula (1) - $ID = 100 \times BC/BD$

Onde:

- ID=índice de diluição

- $BD = \text{°Brix do caldo diluído}$
- $BC = \text{°Brix do caldo de cana}$

(b) Cálculo do volume de caldo a adicionar (VC):

Fórmula (2) - $VC = 100 \times VUD / ID$

Onde:

- $VC = \text{volume de caldo}$
- $VUD = \text{volume útil de Dorna}$

(C) cálculo do volume de água a adicionar (VA):

Fórmula (3) - $VA = VUD - VC$

Onde:

- $VA = \text{volume de água}$

No primeiro dia de análise do grau °Brix foi realizado com o auxílio de um refratômetro, sendo necessária a correção desse parâmetro para 6° Brix.

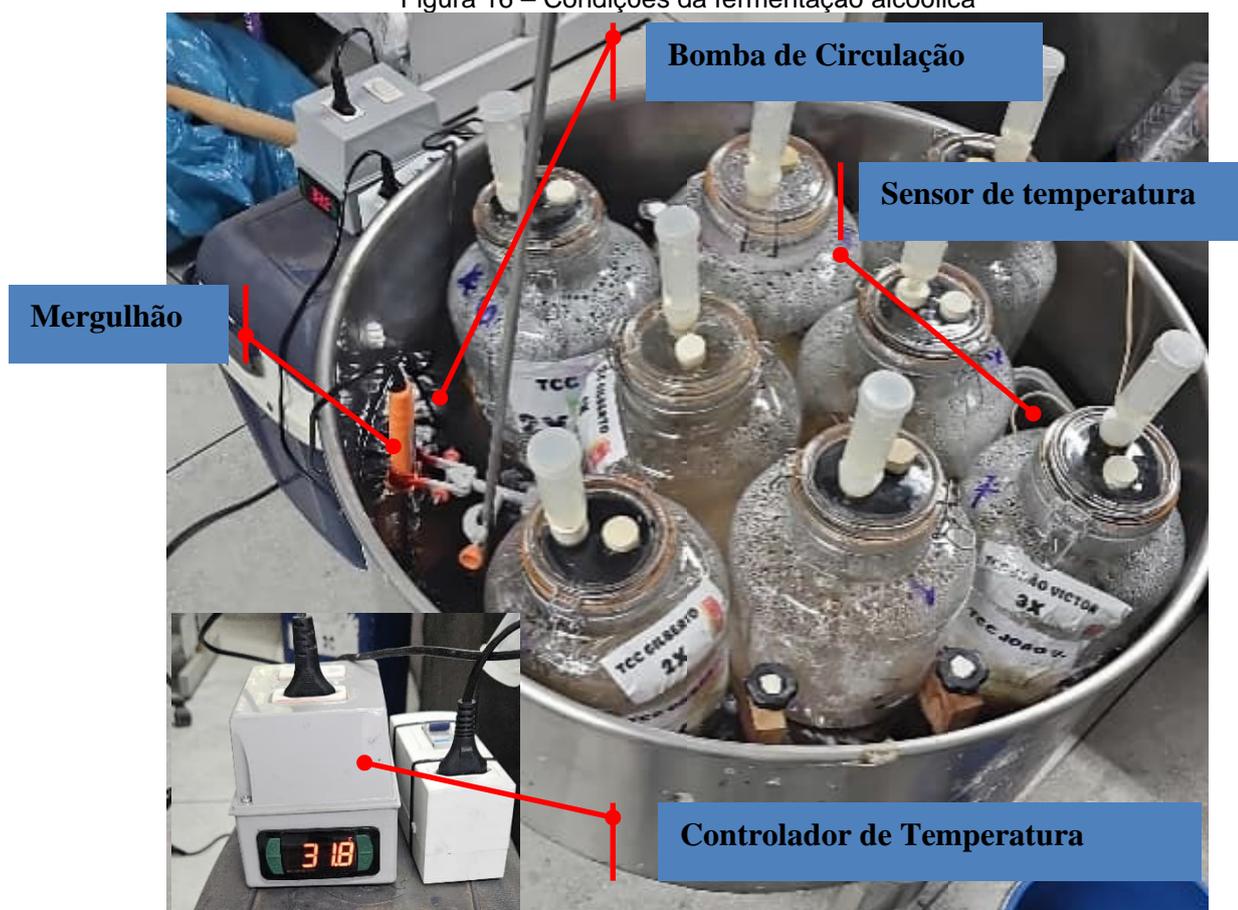
5.2. FERMENTAÇÃO

5.2.1. Condições em que a fermentação alcoólica foi realizada

A fermentação a uma temperatura de 32°C. foi definida com base em trabalhos anteriores, (Quirino, 2022)

A Figura 16, mostra que as dornas de fermentação estavam envoltas por água aquecidas por um mergulhão e um controlador de temperatura que era responsável por ligar e desligar a energia que alimenta o mergulhão, quando a temperatura baixava para 31,5 °C, o controlador mandava energia para o mergulhão e ao chegar em 32°C era desligado, mantendo desta forma a temperatura desejada, a homogeneidade da temperatura era feita através de uma bomba de circulação, no local da fermentação o ar-condicionado estava em 22°C

Figura 16 – Condições da fermentação alcoólica



Fonte: autor (2024)

No primeiro dia da fermentação, foram preparados o volume de 2000 ml de caldo a serem depositados na dorna já com o grau brix ajustado para **6,0 °Brix**. Onde o °Brix do caldo do Engenho São Paulo era de 14,0°Brix e teve que diluir para 6° Brix e o °Brix do caldo do CTDR de 15,4 também teve que diluir para 6°Brix.

Foi utilizado no trabalho a relação de 1g de levedura para cada litro de caldo a ser fermentado, com o destilador é de 10 litros, separadas mais 4 dornas com o mesmo volume, com o caldo do engenho são Paulo, no entanto com as diferentes leveduras (Inf ca-11 e fermipan red), onde foram adicionadas 10 gramas (dorna 1x ca-11) e 20 gramas (2x ca-11) da levedura ca-11 juntamente com o caldo. .na dorna 1x fermipan e 2x fermipan foram adicionados respectivamente 10 e 20 gramas de levedura da marca fermipan com o caldo do engenho são Paulo. conforme os dados apresentados na Tabela 2. Figura 17 e Figura 18

Tabela 2 - Quantidade de leveduras e tipo de caldo nas dornas

DORNA	VOLUME (ML)	LEVEDURA (G)	CALDO
1X CA-11	2000(1º dia) 2020(demais dias)	10	Engenho São Paulo
1X CA-11 CTDR	2000(1º dia) 2020(demais dias)	10	CTDR
2X CA-11	2000(1º dia) 2020(demais dias)	20	Engenho São Paulo
1X FERMIPAN	2020(1º dia) 2020(demais dias)	10	Engenho São Paulo
2X FERMIPAN	2020(1º dia) 2020(demais dias)	20	Engenho São Paulo

Fonte: Autor, 2024.

Figura 17 - Leveduras utilizadas no processo de fermentação

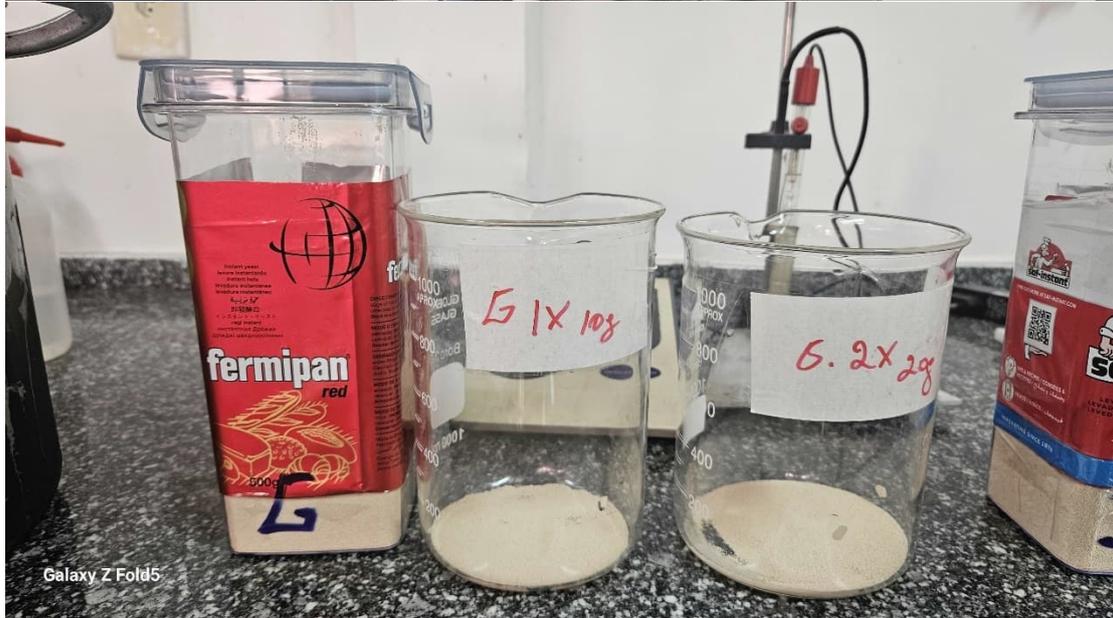


Figura 18 – Pesagem das leveduras utilizadas no processo fermentativo



Fonte: Autor, 2024.

Na Figura 19 estão apresentadas as dornas devidamente identificadas

Figura 19 - Dornas de fermentação devidamente identificadas



Fonte: Autor, 2024.

No segundo dia da fermentação, foram preparados mais uma mistura de caldo e água destilada no total de 2020 ml, o caldo do CTDR estava com 15,7°Brix e o do Engenho São Paulo estava com 13,7°Brix. Ambos foram ajustados para 9,0 °BRIX, adicionado nas dornas.

No terceiro dia da fermentação, o caldo do CTDR estava com 16,2 °Brix e o do Engenho São Paulo estava com 14,4°Brix. Ambos foram ajustados para 12,0 °BRIX, adicionado nas dornas de fermentação.

No quarto dia, não houve necessidade de diluição pois os caldos. Já estavam com o °Brix a 14,7°Brix no São Paulo e 15,3°Brix no CTDR. (onde o desejado é que esteja a 15°Brix), foram apenas retirados 2 litros que foram transferidos para uma bombona de 10 litros e foram adicionados 4 litros de caldo a 15,3°Brix.

Na Figura 20, mostramos como ocorreu a fermentação a uma temperatura de aproximadamente 32 °C

Figura 20 - Dorna de fermentação com controle de temperatura



Fonte: Autor, 2024.

5.5 - TEOR ALCOOLICO

Durante toda etapa de fermentação foi feita a análise da graduação alcoólica em °GL nas amostras, utilizando o equipamento chamado ebulliômetro (Figura 21) que a partir da temperatura em que as amostras entram no ponto de ebulição, com a utilização da régua do equipamento, se é possível verificar seu teor alcoólico.

Figura 21 - Componentes do ebulliômetro, régua e termômetro



Fonte: Autor, 2024

Neste método é retirado uma amostra de 50ml do mosto fermentado de cada etapa desde o °brix 6 ao °brix 15, e ao ser adicionado ao recipiente do ebulliômetro, após um tempo, algo em torno de 5 a 10 minutos o líquido da amostra entra em ebulição, e através da coluna de mercúrio do termômetro e sua temperatura ficar estabilizada, esse resultado é comparado a régua de graduação alcoólica sendo apontado o valor desejado.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. MOAGEM

Do total moída da cana de açúcar proveniente da plantação no CTDR obteve-se um rendimento de 130 litros ou 31,8 %. Essa plantação ocorreu no dia 12 de junho de 2023 e a colheita realizada em 22 de julho de 2024. Tabela 3 apresenta os resultados referentes as 20 amostras de cana.

Tabela 3 – Resultados referentes as 20 amostras de cana, peso da cana e do bagaço, volume do caldo extraído e brix do caldo

Descrição	Amostras					Acumulado
	1	2	3	4	5	1 a 5
Peso Cana (g)	5515,0	6035,0	6390,0	6065,0	5860,0	29865,0
Peso Bagaço (g)	3240,0	3530,0	3780,0	3365,0	3285,0	17200,0
Volume Caldo (mL)	2040,0	2230,0	2210,0	2600,0	1440,0	10520,0
BRIX	18,3	18,0	17,1	17,3	17,7	Media
Relação Bagaço/Cana	58,7%	58,5%	59,2%	55,5%	56,1%	57,6%
Relação Volume/Peso Cana	37,0%	37,0%	34,6%	42,9%	24,6%	35,2%
Descrição	Amostras					Acumulado
	6	7	8	9	10	6 a 10
Peso Cana (g)	5325,0	5660,0	5955,0	5170,0	4435,0	26545,0
Peso Bagaço (g)	3135,0	3015,0	3590,0	3235,0	3115,0	16090,0
Volume Caldo (mL)	1960,0	1920,0	2040,0	1720,0	1360,0	9000,0
BRIX	15,3	18,5	18,8	18,4	18,3	Media
Relação Bagaço/Cana	58,9%	53,3%	60,3%	62,6%	70,2%	60,6%
Relação Volume/Peso Cana	36,8%	33,9%	34,3%	33,3%	30,7%	33,9%
Descrição	Amostras					Acumulado
	11	12	13	14	15	11 a 15
Peso Cana (g)	5380,0	5525,0	5335,0	5220,0	4690,0	26150,0
Peso Bagaço (g)	3275,0	3515,0	3055,0	3115,0	3190,0	16150,0
Volume Caldo (mL)	1700,0	1260,0	1960,0	1740,0	1260,0	7920,0
BRIX	16,6	17,3	16,4	16,9	17,3	Media
Relação Bagaço/Cana	60,9%	63,6%	57,3%	59,7%	68,0%	61,8%
Relação Volume/Peso Cana	31,6%	22,8%	36,7%	33,3%	26,9%	30,3%
Descrição	Amostras					Acumulado
	16	17	18	19	20	16 a 20
Peso Cana (g)	5360,0	7500,0	6100,0	6170,0	3660,0	28790,0
Peso Bagaço (g)	3605,0	4385,0	4125,0	4120,0	2730,0	18965,0
Volume Caldo (mL)	1380,0	2580,0	1700,0	1640,0	660,0	7960,0
BRIX	19,4	15,8	16,5	19,0	18,1	Media
Relação Bagaço/Cana	67,3%	58,5%	67,6%	66,8%	74,6%	65,9%
Relação Volume/Peso Cana	25,7%	34,4%	27,9%	26,6%	18,0%	27,6%
Descrição						Totais
Peso Cana (g)						111350,0
Peso Bagaço (g)						68405,0
Volume Caldo (mL)						35400,0
Relação Volume/Peso Cana						31,8%

O rendimento da moenda variou 42,4 a 33,1 %¹, os resultados da Tabela 3, nos permitiu por estrapolação estimar a quantidade em peso da cana cortada, apresentados no início.

Figura 22 – Resultados referentes a amostra 1, peso da cana e do bagaço, volume do caldo extraído e brix do caldo



Fonte: Autor, 2024

¹ Diferença das porcentagens apresentadas na tabela

6.2. ÍNDICE DE MATURAÇÃO

Controlando esse indicador, podemos ter uma maior assertividade em dizer o melhor momento de colher.

Para medir o índice de maturação das canas cortadas, foram separadas canas “inteira”, Figura 23 e em “partes”, Figura 24, cujos resultados estão na Tabela 4

Figura 23 – 8 canas “inteiras” separadas como amostras para medir o índice de maturação ° das canas que foram cortadas



Fonte: Autor, 2024

Figura 24 - 8 canas “em partes” separadas como amostras para medir o índice de maturação ° das canas que foram cortadas



Fonte: Autor, 2024

Tabela 4 -Resultado do °BRIX, na ponta e na base das 8 canas seleccionadas para medir o índice de maturação das canas que foram cortadas

		1	2	3	4
Peso		2,19 Kg	1,67 Kg	1,19 Kg	2,02 Kg
Tamanho		2,30 m	1,86 m	1,85 m	2,10 m
BRIX	Ponta	12,10	7,10	7,40	8,30
	Base	19,10	13,60	14,50	13,20
	Meio	17,60	10,90	12,50	10,80
	IM	0,63	0,52	0,51	0,63
		5	6	7	8
Peso		1,57 Kg	2,05 Kg	1,63 Kg	2,64 Kg
Tamanho		2,23 m	2,20 m	2,05 m	2,94 m
BRIX	Ponta	11,80	9,60	8,30	18,80
	Base	19,80	14,90	14,40	20,00
	Meio	18,40	14,60	15,00	20,60
	IM	0,60	0,64	0,58	0,94

Fonte: Autor, 2024

Para a cana-de-açúcar, os valores de IM admitidos são:

- menor que 0,60 para cana verde;
- entre 0,60 e 0,85 para cana em processo de maturação;
- entre 0,85 e 1 para cana madura;
- maior que 1 para cana em processo de declínio de sacarose.

Os resultados dessa amostragem das canas que foram colhidas, mostra que três das 8 amostras pelo índice de maturação são consideradas ainda “verdes”, quatro classificadas como “processo de maturação” e apenas a amostra 8, classificada como “cana madura” e deveria ser cortada as demais não.

6.3. AJUSTE DO BRUX DO CALDO

No primeiro dia, para chegar no (BD) °Brix 6, o caldo CTDR estava com Brix de 15,4 e aplicando na fórmula de diluição chegamos aos seguintes resultados:

- $ID = 100 \times 15,4 / 6 = 256,66$

Para saber o volume de caldo a adicionar, aplicou-se a fórmula (2):

- $VC = 100 \times 2000 / 256,66 = 779,24 \text{ ml}$

Com o volume de água adicionado, aplicando a fórmula (3):

- $VA = 2000 - 779,24 = 1220,76 \text{ ml}$

Logo, para que ocorra a primeira etapa da fermentação, com base nos 2000 ml de caldo diluído a serem adicionados na dorna, se fez necessário a adição de 779,24 ml de caldo e 1220,76 ml de água destilada.

No primeiro dia, para chegar no (BD) °Brix 6, o caldo da Usina São Paulo que estava com Brix 14,0 e aplicando na fórmula de diluição chegamos aos seguintes resultados:

- $ID = 100 \times 14 / 6 = 233,33$

Para saber o volume de caldo a adicionar, aplicou-se a fórmula (2):

- $VC = 100 \times 2000 / 233,33 = 857,3 \text{ ml}$

Com o volume de água adicionado, aplicando a fórmula (3):

- $VA = 2000 - 857,3 = 1142,7 \text{ ml}$

Logo, para que ocorra a primeira etapa da fermentação, com base nos 2020 ml de caldo diluído a serem adicionados na dorna, se fez necessário a adição de 857,3 ml de caldo e 1142,7 ml de água destilada.

No segundo dia, para chegar no (BD) °Brix 9, o **CALDO DA USINA SÃO PAULO** estava com Brix de 13,7 e aplicando na fórmula de diluição, para que

ocorra a segunda etapa da fermentação, com base nos 2020 ml de caldo diluído a serem adicionados na dorna se fez necessário a adição de 1327,2 ml de caldo e 692,8 ml de água destilada.

No terceiro dia, para chegar no (BD) °Brix 12, o **CALDO CTDR** estava com Brix de 16,2 e aplicando na fórmula de diluição, para que ocorra a terceira etapa da fermentação, com base nos 2020 ml de caldo diluído a serem adicionados na dorna se fez necessário a adição de 1496,30 ml de caldo e 523,7 ml de água destilada.

No terceiro dia, para chegar no (BD) °Brix 12, o **CALDO DA USINA SÃO PAULO** estava com Brix de 14,4 e aplicando na fórmula de diluição, para que ocorra a terceira etapa da fermentação, com base nos 2020 ml de caldo diluído a serem adicionados na dorna se fez necessário a adição de 1683,3 ml de caldo e 336,7 ml de água destilada.

No quarto dia, para chegar no (BD) °Brix 15, o **CALDO CTDR** estava com Brix de 15,2 e aplicando na fórmula de diluição, para que ocorra a quarta etapa da fermentação, com base nos 4020 ml de caldo diluído a serem adicionados na dorna se fez necessário a adição de 3968,4 ml de caldo e 51,6 ml de água destilada.

A diluição do °brix se faz necessária para garantir a estabilidade do fermento ao longo de todo o período fermentativo. Segundo Lopes (2007), quando o °brix está acima de 15, geralmente conduz a fermentações lentas e incompletas que dificultam a multiplicação do fermento. Pois quando o °brix está acima de 15, geralmente conduz a fermentações lentas e incompletas que dificultam a multiplicação do fermento.

6.4. FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA

Entre as dornas 1X CTDR, 1X CA-11 e 2X CA-11 tivemos no primeiro dia de fermentação com BRIX 6 a graduação alcoólica foi de 2,9°GL para todas as amostras (Tabela 5). No segundo dia de fermentação com BRIX 9 (Tabela 6), tivemos 3,4 °GL para 1X CA-11 CTDR, 3,7 °GL para 1X CA-11 e 3,9 para o 2X CA-11. No terceiro dia de fermentação com BRIX 12 (Tabela 7), tivemos 3,9°GL para 1X CA-11 CTDR, 4,5 °GL para 1X CA-11 e 4,6 para o 2X CA-11. No quarto dia tivemos de fermentação com BRIX 15 (Tabela 8), 3,6 °GL para 1X CA-11 CTDR, 5,3 °GL para 1X CA-11 e 5,6 para o 2X CA-11.

As fermentações da levedura CA-11 só se mantiveram no padrão no primeiro dia, no entanto, já a dorna que continha o mosto fermentado do CTDR no último dia deu uma queda, nos levando a perceber que essa dorna de fermentação sofreu alguma contaminação externa ou algum parâmetro externo contribuiu para essa queda em sua produção.

Já entre as dornas 1X FERMIPAN e 2X FERMIPAN, tivemos no primeiro dia de fermentação a graduação alcoólica a medição de 2,9 °GL, no segundo dia 4,0 °GL, no terceiro dia 5,0 °GL e no quarto e último dia 6,5 para ambas.

Neste sentido afirma-se assim que uma boa correção dos parâmetros juntamente com uma matéria prima bem acondicionada e de boa procedência facilitam a etapa da fermentação. Não necessitando de mais levedura que o necessário, pois como podemos observar nos dados obtidos, não se fez eficaz o aumento de 2 vezes mais levedura no processo fermentativo, fazendo assim que o processo sofra um encarecimento desnecessário e o gasto excessivo de matéria prima.

Observou-se que o processo obteve em sua maioria uma ótima eficiência das leveduras, não importando a quantidade delas processo, com exceção. no caso da fermentação do 1X CTDR que teve uma queda no último dia de fermentação, tendo em vista que dentre as amostras utilizadas foi a única que não utilizou o caldo do Engenho São Paulo.

A levedura Fermipan, apesar de 10 vezes mais barata que a LNF CA-11 fermentou com maior eficiência em relação a levedura LNF CA-11. Logo, o custo-benefício de todo o processo com a levedura mais barata se faz mais viável nesse caso apresentado. Tendo em vista que a levedura CA-11 no último dia

gerou 5,9^oGL enquanto a Fermipan gerou 6,5^oGL sendo assim uma variação de 22,6% de acordo com o parâmetro comparativo ^oGL.

De acordo com os resultados obtidos e levando-se em consideração a quantidade de álcool produzido (^oGL) e o preço das leveduras (o preço da levedura CA-11 foi R\$175,00; e o preço da levedura Fermipan foi R\$25,00), podemos constatar que:

Tendo por base a levedura CA-11 a 10 g não houve variação em nenhuma das amostras, obtendo o mesmo resultado de graduação alcoólica em todas as amostras. Em relação ao investimento, apesar de precisar de duas vezes mais Fermipan (20 g), ainda seria mais rentável que utilizá-la do que a CA-11 a 10 g.

No quarto e último dia de fermentação, a levedura Fermipan continuou com melhores rendimentos alcoólicos que as demais CA-11, onde a Fermipan, na concentração de 10g, produziu 22,6% a mais de álcool em relação a CA-11, na concentração de 10g. Apesar de serem a mesma levedura no entanto com diferentes quantidades 10 g e 20g, ainda valeria a pena investir na primeira pelo rendimento de 22,6%, e gastando apenas 10 gramas em relação a segunda colocada que se faz o uso de 20 gramas rendendo o mesmo resultado de álcool, quando ambas são comparadas a CA-11 a 10g. A levedura CA-11 CTDR continuou mostrando a menor produção de álcool em relação as demais leveduras

Percebe-se que, a levedura Fermipan obteve menores teores de sólidos solúveis em relação à levedura *Saccharomyces Cerevisiae* (CA-11). Quando analisadas, ambas as leveduras a diferentes concentrações, percebe-se que quanto maior a quantidade de levedura que foi adicionada, menor a concentração de sólidos solúveis (^oBrix).

Apesar do caldo extraído da cana-de-açúcar do CTDR não apresentar os melhores padrões de rendimentos de graduação alcoólica (^oGL), percebeu-se a diminuição do ^oBrix, baixando como recomendado, fato esse que não ocorreu quando realizamos nesse primeiro momento. Dessa maneira, nos levando a pensar que possa ter ocorrido alguma interferência, que não se sabe qual, e não HOUVE TEMPO HÁBIL PARA INVESTIGAR. No entanto, quando fizemos uma segunda tentativa com o caldo que sobrou da colheita do CTDR até a sua

fermentação em uma das dornas, o °Brix baixou no decorrer de seu processo de fermentação. Algo que acabou interferindo no processamento do caldo do CTDR ao longo do trabalho, resultando na perda quase total do caldo

No primeiro dia da fermentação, o °Brix do caldo do Engenho São Paulo era de 14,0°Brix e teve que diluir para 6° BRIX e o °Brix do caldo do CTDR de 15,4 também teve que diluir para 6°Brix. Conforme a tabela 5 podemos analisar os demais dados da etapa mencionada anteriormente.

Tabela 5 - Dados obtidos de Brix, pH e °GL durante a fermentação, a BRIX 6.

B R I X 6	Ordem	Quantidade	Levedura	Brix			pH	G.L.	Variação
				Inicial	Final	Variação			
	1	1X	CA11	6,0	1,6	0,0%	2,53	2,9	0,0%
	1	1X	CA11 CTDR	6,0	1,6	0,0%	2,30	2,9	0,0%
	1	2X	CA11	6,0	1,7	6,3%	2,66	2,9	0,0%
	1	1X	FERMIPAN	6,0	1,0	-37,5%	2,65	2,9	0,0%
	1	2X	FERMIPAN	6,0	1,1	-31,3%	2,83	2,9	0,0%

Fonte: Autor, 2024 Tendo por base a levedura CA-11 a 10 g identificado na linha amarela, não houve variação em nenhuma das amostras, obtendo o mesmo resultado de graduação alcoólica em todas as amostras. Em relação ao investimento, apesar de precisar de duas vezes mais Fermipan (20 g), ainda seria mais rentável que utilizá-la do que a CA-11 a 10 g.

Onde no segundo dia da fermentação, o caldo do CTDR estava com 15,7 °Brix e o do Engenho São Paulo estava com 13,7 °Brix, se fazendo necessário a diluição para alcançar o 9°Brix. Conforme a tabela 6 abaixo podemos analisar os demais dados da etapa mencionada anteriormente.

Tabela 6 - Dados obtidos de Brix, pH e °GL durante a fermentação, a BRIX 9.

B R I X 9	Ordem	Quantidade	Levedura	Brix			pH	G.L.	Variação
				Inicial	Final	Variação			
	1	1X	FERMIPAN	9,0	1,7	-26,1%	3,14	4,0	8,1%
	1	2X	FERMIPAN	9,0	1,5	-34,8%	3,25	4,0	8,1%
	3	2X	CA11	9,0	2,1	-8,7%	3,14	3,9	5,4%
	4	1X	CA11	9,0	2,3	0,0%	3,13	3,7	0,0%
	5	1X	CA11 CTDR	9,0	2,3	0,0%	2,86	3,4	-8,1%

Fonte: Autor, 2024

Tendo como base a levedura CA-11 a 10 destacado em amarelo percebe-se que no segundo dia de fermentação a levedura Fermipan, na concentração de 10g e 20g, possuíram o melhor rendimento alcoólico. E, apesar de a graduação alcoólica das leveduras CA-11 e Fermipan, na concentração de 20g, terem sido maiores que o CA-11, a 10g, não seria rentável o investimento na levedura CA-11, pois é mais cara e seria utilizado duas vezes mais leveduras para uma pequena produção a mais de álcool, e a Fermipan só seria desperdiçada levedura, para se ter a mesma quantidade de rendimento. Mas, se comparados a Fermipan e a CA-11, na concentração de 10g e 20 g, a 1X Fermipan ainda é a mais rentável economicamente.

Onde no terceiro dia da fermentação, o caldo do CTDR estava com 16,2 °Brix e o do Engenho São Paulo estava com 14,4 °Brix, se fazendo necessário a diluição para alcançar o 12 °Brix. Conforme a tabela abaixo podemos analisar os demais dados da etapa mencionada anteriormente.

Tabela 7 - Dados obtidos de Brix, pH e °GL durante a fermentação, a BRIX 12.

B R I X	Ordem	Quantidade	Levedura	Brix			pH	G.L.	Variação
				Inicial	Final	Variação			
1 2	1	1X	FERMIPAN	12,0	2,3	-23,3%	3,48	5,0	11,1%
	1	2X	FERMIPAN	12,0	2,2	-26,7%	3,52	5,0	11,1%
	3	2X	CA11	12,0	2,8	-6,7%	3,37	4,6	2,2%
	4	1X	CA11	12,0	3,0	0,0%	3,42	4,5	0,0%
	5	1X	CA11 CTDR	12,0	4,0	33,3%	3,28	3,9	-13,3%

Fonte: Autor, 2024

No terceiro dia, a levedura Fermipan produziu mais álcool que as demais, tendo o melhor rendimento alcoólico. Em relação ao custo-benefício, se é mais rentável economicamente, a utilização da levedura Fermipan, no entanto na concentração de 10g. A CA-11 a 20g, mesmo que minimamente possuiu um rendimento maior que a CA-11 a 10 g, porém seriam utilizadas duas vezes mais leveduras, encarecendo assim o processo. A Fermipan a 10g possuiu a mesma graduação alcoólica da Fermipan 20g, porém a segunda é mais cara que a primeira pelo dobro da quantidade a ser utilizados para se obter o mesmo rendimento. Enquanto a levedura CA-11 CTDR possuiu o menor rendimento de graduação alcoólica, sendo assim a menos viável economicamente.

Onde no quarto e último dia da fermentação, o caldo do CTDR estava com 15,2 °Brix e o do Engenho São Paulo estava com 14,7 °Brix, se fazendo necessário a diluição de apenas um dos caldos para se está com o 15 °Brix. Conforme a tabela 8 podemos analisar os demais dados da etapa mencionada anteriormente.

Tabela 8 - Dados obtidos de Brix, pH e °GL durante a fermentação, a BRIX 15.

B R I X	Ordem	Quantidade	Levedura	Brix			pH	G.L.	Variação
				Inicial	Final	Variação			
1 5	2	1X	FERMIPAN	15,0	3,6	-26,5%	3,19	6,5	22,6%
	2	2X	FERMIPAN	15,0	3,4	-30,6%	3,21	6,5	22,6%
	6	2X	CA11	15,0	4,7	-4,1%	3,06	5,6	5,7%
	7	1X	CA11	15,0	4,9	0,0%	3,13	5,3	0,0%
	8	1X	CA11 CTDR	15,0	3,2	-35,7%	3,15	3,6	-32,1%

Fonte: Autor, 2024

7. CONCLUSÕES

O presente trabalho mostrou que a fermentação do mosto para a produção da cachaça ocorreu da maneira esperada, resultando em parâmetros bem definidos e em alguns momentos até semelhantes para as 5 dornas de fermentação do processo.

As fermentações com a levedura CA-11 só se mantiveram no padrão no primeiro dia, no entanto, nos dias subsequentes, as que tinham o mesmo mosto fermentado do Engenho São Paulo se mantiveram com os resultados bem próximos. Já a dorna que continha o mosto fermentado do CTDR no último dia deu uma queda, nos levando a perceber que essa dorna de fermentação sofreu alguma contaminação externa ou algum parâmetro externo contribuiu para essa queda em sua produção.

Já entre as dornas 1X e 2X FERMIPAN, tivemos no primeiro dia de fermentação a graduação alcoólica a medição de 2,9 °GL, no segundo dia 4,0 °GL, no terceiro dia 5,0 °GL e no quarto e último dia 6,5 °GL para ambas.

Uma boa correção dos parâmetros juntamente com uma matéria prima bem acondicionada e de boa procedência facilitaram a etapa da fermentação. Não necessitando de mais levedura que o necessário, pois como podemos observar nos dados obtidos, não se fez eficaz o aumento de 2 vezes mais levedura no processo fermentativo. Fazendo assim que o processo sofra um encarecimento desnecessário e o gasto excessivo de matéria prima.

Observou-se que o processo teve uma ótima eficiência das leveduras, não importando a quantidade delas processo, com exceção da fermentação do 1X CTDR que teve uma queda no último dia de fermentação.

A levedura Fermipan, apesar de 7 vezes mais barata que a LNF CA-11 fermentou com maior eficiência em relação a levedura LNF CA-11. Logo o custo-benefício de todo o processo com a levedura mais barata se faz mais viável nesse caso apresentado. Tendo em vista que a levedura CA-11 no último dia gerou 5,9°GL enquanto a Fermipan gerou 6,5°GL sendo assim uma variação de 22,6% de acordo com o parâmetro comparativo °GL.

Do total moída da cana de açúcar proveniente da plantação no CTDR obteve-se um rendimento de 130 litros ou 31,8 %.

8. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Ficará para um futuro TCC, a destilação do vinho fermentado e a obtenção da cachaça e análise da qualidade do destilado obtido. Figura 25

Figura 25 -Vinho fermentado congelados para uma futura destilação e obtenção da cachaça e análises físico-químicas do destilado



Fonte: Autor, 2024

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, A. R. **Cachaça**: ciência, tecnologia e arte. São Paulo: Blucher, 2017b.

ALVES, Mayk; Moenda: entenda o funcionamento e importância deste equipamento, Disponível em <https://www.agro20.com.br/moenda/?form=MG0AV3>. Acesso em: 23 de out. 2024.

AMORIM, H.V. Introdução à bioquímica da fermentação alcoólica. Araras, IAA/PLANALSUCAR.COSUL, 1977. 95p.

AMPAQ - Associação Mineira dos Produtores de Cachaça de Qualidade. Disponível em http://www.ampaq.com.br/arquivos/etapas_para_produção.pdf. Acesso em: 01 de nov. 2023.

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.

BiSHOP, L.R. Horace brown memorial lecture; a conspectus of brewing progresso. J.Inst. Brew., London, 77:12-24,1971.

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.

CÂMARA, Marcelo. Cachaça prazer brasileiro. Editora MAUAD Ltda, 2004.

CARDOSO, Maria das Graças. Produção e aguardente de cana. Primeira edição. Minas gerais: Editora UFLA, 2001.

CHAVES, José B.P. Produção artesanal de qualidade. Viçosa-Minas Gerais. CPT, 2007.

DE MOURA, F. Avaliação da correlação do pH, teor alcoólico, e perfil de compostos voláteis da Aguardente de Cana de Açúcar (Cachaça). 2012. Monografia (Monografia Química Tecnológica). Instituto de Ciências Exatas, UFMG, 2012

DOMÍNGUEZ, V. E. L.; NELSON, D. L.; MAIA, A. B. R.; Influência do fubá e do farelo de arroz sobre a formação de produtos secundários da fermentação alcoólica. STAB, Piracicaba, v.15, n.4, p. 28-31, 1997.

FARIA, J. B. Determinação dos compostos responsáveis pelo defeito sensorial das aguardentes de cana (*Saccharum officinarum*, L.) destiladas na ausência de cobre. 2000. 98 p. Tese de Livre docência - Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho. Araraquara. 2000.

FERNANDES BRAGA, M. V.; KIYOTANI, I. B. A Cachaça como patrimônio: turismo, cultura e sabor. Revista de Turismo Contemporâneo, [S. l.], v. 3, n. 2, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/turismocontemporaneo/article/view/7763>. Acesso em: 2 nov. 2023.

JANZANNTTI, N.S. Compostos voláteis e qualidade de sabor da cachaça. 2004. 179p. Tese [Doutorado Ciência de alimentos] Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

JÚNIOR, Raul Natale et al. A história e a química da cachaça. Ponta Grossa: Atena, 2021

LEGGETT, J.E. Entry of phosphate into yeast cell. Plant Physiology, Lancaster, 1961.

LNF, Cachaça Brasileira: O orgulho nacional, agora ainda melhor , Disponível em: <https://www.lnf.com.br/cachaca-e-destilados.html>. Acesso em: 23 outubro de 2024.

LOPES, Jorge José. Balanços de nutrientes minerais no processo melle-boinot de fermentação alcoólica. Piracicaba São Paulo 1989. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11138/tde-20181127-160258/publico/LopesJorgeJoseCorrea.pdf>. Acesso em: 02 de novembro de 2023.

MAIA, A.B.; RIBEIRO, J.C.G.; SILVEIRA, L.C.I. 1º curso AMPAQ de produção artesanal de aguardente de qualidade. Belo Horizonte: AMPAQ, 1995 106P.

MAIORELLA, B. L. Ethanol. In: Comprehensive biotechnology. Berkeley: University of California, 1989. p.861-914.

MELO, P. S.; BERGAMASCHI, K. B.; TIVERON, A. P.; MASSARIOLI, A. P.; ZANUS, M. C.; PEREIRA, G. E.; ALENCAR, S. M. Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais. Ciência Rural, Santa Maria, v.41, p.1088-1093. 2011.

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

NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira do et al. Cromatografia gasosa: aspectos teóricos e práticos. 2018.

NOVACANA. Como é feito o processamento da cana-de-açúcar nas usinas.2023. Disponível em: <https://www.novacana.com/noticias/como-e-feito-processamento-cana-de-acucar>. Acesso em: 02 de nov. 2023.

OLIVEIRA, Ana Márcia Lara de. O processo de produção de cachaça artesanal e sua importância comercial. Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-99VGVE/1/monografia_ana_marcia_2011_2.pdf. Acesso em: 30 de out. 2023.

OLIVEIRA, E. S. Características fermentativas, formação de compostos voláteis; e qualidade da aguardente de cana obtida por linhagens de leveduras isoladas em destilarias artesanais. 2001. 135p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, 2001.

PONTIERI, M. H. Apostila de aulas práticas da disciplina de controle e análises de águas industriais, UFPB, 2022.

RIBEIRO, F. J.; LOPES, J. J.; FERRARI, S. E. Complementação de nitrogênio de forma contínua no processo de fermentação alcoólica. Brasil Açucareiro, v.1, n.105, p.26-30, 1987.

ROSSETTO R.,; Maturação, Disponível em <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/planejamento-da-colheita/colheita/maturacao>. Acesso em: 10 de jun. 2024.

SANTOS, Alessandra marques dos. ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA COMPLEMENTAÇÃO DE NUTRIENTES NO MOSTO SOBRE O PROCESSO DE FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA EM BATELADA. Maceió-AL, Maio de 2008. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/408/1/Estudo%20da%20influência%20da%20complementação%20de%20nutrientes%20no%20mosto%20sobre%20o%20processo%20de%20fermentação%20alcoólica%20em%20batelada.pdf>. Acesso em: 24 outubro de 2023.

SCHWARCZ, Lilia Moritz e STARLING, Heloisa Murgel. Brasil: uma biografia. São Paulo: Companhia das Letras, 2015

SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas). Plano de reestruturação da cadeia da cachaça de alambique de Minas Gerais. 2008. Disponível em [https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/32D45A5E7EE50293832574DC004574B0/\\$File/NT0003905A.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/32D45A5E7EE50293832574DC004574B0/$File/NT0003905A.pdf). Acesso em: 01 de nov. 2023.

SILVA, M. V. P. dá COMPORTAMENTO DA FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA PARA PRODUÇÃO DE CACHAÇA COM E SEM CONTROLE DA TEMPERATURA EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BRUX E pH, Monografia (Graduação UFPB), João pessoa, 2019, 64 p.

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.

STUPIELLO, J.P. & HORII, J. Condução da fermentação alcoólica. -saccharum STAB, são Paulo, i(17):43-6, novo 1981.

TRINDADE, Alessandra Garcia. Cachaça um amor brasileiro. Editora melhoramento Ltda, 2006.

VILELA, Anderson Ferreira. Estudo da adequação de critérios de boas práticas de fabricação na avaliação de fábricas de cachaça de alambique. 2005. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos)-Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2005. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/MBSA-7KUMG7/1/criterios_de_boas_praticas.pdf . Acesso em: 24 outubro de 2023.