



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

**ELABORAÇÃO DE CADERNO TEMÁTICO SOBRE FERMENTAÇÃO
ALCOÓLICA DA CACHAÇA: APRIMORAMENTO DO ENSINO-
APRENDIZAGEM DE NÍVEL TÉCNICO**

CARLIEZE ISABEL DA CONCEIÇÃO

Ouro Preto - MG

Dezembro 2023



UFOP

Universidade Federal
de Ouro Preto

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

**ELABORAÇÃO DE CADERNO TEMÁTICO SOBRE FERMENTAÇÃO
ALCOÓLICA DA CACHAÇA: APRIMORAMENTO DO ENSINO-
APRENDIZAGEM DE NÍVEL TÉCNICO**

CARLIEZE ISABEL DA CONCEIÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como parte das atividades
para obtenção do título de Graduado em
Ciências Biológicas pela Universidade
Federal de Ouro Preto (UFOP)

Orientador: Prof. Dr. Rogelio Lopes
Brandão

Coorientador: Prof. Dr. Aureliano Claret
da Cunha

Coorientadora: Dr^a Mariana Furtado
Granato de Albuquerque

Ouro Preto - MG

Dezembro 2023

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C744e Conceição, Carlize Isabel da.

Elaboração de caderno temático sobre fermentação alcoólica da cachaça [manuscrito]: aprimoramento do ensino-aprendizagem de nível técnico. / Carlize Isabel da Conceição. - 2023.
84 f.

Orientador: Prof. Dr. Rogelio Lopes Brandão.

Coorientadores: Prof. Dr. Aureliano Claret da Cunha, Dra. Mariana Furtado Granato de Albuquerque.

Monografia (Licenciatura). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Graduação em Ciências Biológicas .

1. Biotecnologia. 2. Educação - Estudo e ensino. 3. Cachaça. 4. Fermentação. 5. Bebidas alcoólicas. I. Brandão, Rogelio Lopes. II. Albuquerque, Mariana Furtado Granato de. III. Cunha, Aureliano Claret da. IV. Universidade Federal de Ouro Preto. V. Título.

CDU 606

Bibliotecário(a) Responsável: Paulo Vitor Oliveira - CRB6/2551



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE FARMACIA
DEPARTAMENTO DE FARMACIA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Carlize Isabel da Conceição

Elaboração de caderno temático sobre fermentação alcoólica: aprimoramento do ensino-aprendizagem de nível técnico e superior

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas Licenciatura da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado

Aprovada em 18 de dezembro de 2023

Membros da banca

Dr. Rogelio Lopes Brandão - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dra. Silvana de QueirozSilva - (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dra. Cristina de Oliveira Maia - (Universidade Federal de Ouro Preto)

Dr. Rogelio Lopes Brandão, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 11/01/2024



Documento assinado eletronicamente por **Rogelio Lopes Brandao, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/01/2024, às 16:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0651057** e o código CRC **EEBC5440**.

AGRADECIMENTOS

A finalização de um ciclo conta com uma retrospectiva de todos os momentos que proporcionaram esta chegada. A caminhada é cheia de obstáculos, começando pelo ENEM que tem uma sobrecarga emocional devido às grandes dificuldades de acessar um ensino superior de qualidade, em uma universidade pública. E para isso, precisamos de saúde e força, então, agradeço toda energia divina que nos fortalece e nos guia. Olhando para trás não posso deixar de agradecer à minha família, especial, à minha mãe, Marielze Cruz e à minha irmã Mariele Conceição, junto às minhas tias Marilac Cruz, Maria Eny Cruz e minha avó Sinha (*in memoriam*) que sempre me deram suporte para conseguir alcançar meu objetivo de entrar na UFOP e ao longo da graduação permaneceram e me abraçaram em todos os períodos de dificuldade. À Geovanna de Aro, que me fortalece todos os dias de diferentes formas com seu carinho, compressão e apoio. Agradeço à Universidade de Ouro Preto pelo ensino de qualidade, ao meu orientador Prof. Rogelio Brandão e aos meus coorientadores Prof. Aureliano Cunha e Mariana Albuquerque por todo auxílio no desenvolvimento deste trabalho e amizade. Ainda agradeço aos excelentes professores que me apoiaram, emocionalmente, com cartas de indicação, além de terem me dado a oportunidade de estágios voluntários, em especial, os professores Andre Talvani, Cristina Maia, Eneida Eskinazi, Fábio Augusto, Livia Echternacht, Maria Rita, Patrícia Moreira, Úyra Zama. Agradeço a todos membros do Laboratório de Biologia Celular e Molecular (LBCM) pela contribuição com a minha formação e pela amizade maravilhosa. À minha grande amiga Fernanda Moreira que nunca falhou em ser meu ombro amigo, às “meninas do Cefet”, Bárbara Juliana, Bruna Helen, Lívia Paraguassú, Talita Caixeta, e aos “miguxos” que sempre se mobilizavam para resgatar os bons momentos e minimizar a distância de Belo Horizonte a Ouro Preto. Aos meus amigos que moraram comigo e me proporcionaram histórias únicas, como a república Sintonia, Cibele Cristina, Francieli Pianzola, Larissa Guimarães, Sabrina Santos e Victoria de Mari. Aos amigos de curso, em especial ao Douglas Delladea, que se tornou um grande irmão e também à Iasmin Islania, Isabela Drummond, João Victor, Julia Fonseca, Rennan Dias, Roberta Fortes e todas grandes amigadas de Ouro Preto. Por fim, meu muito obrigada vai ao Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), ao Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), à Fernanda Kashiwagi pela orientação e todos outros amigos e colegas de grupo que contribuíram com a minha experiência profissional e vivência. À

minha república de Campinas-SP, Paraceta, e aos amigos de Campinas que me acolheram e proporcionaram grande momentos, tornando a passagem leve e tranquila. Por fim agradeço a todos que de alguma maneira contribuíram para essa trajetória.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	JUSTIFICATIVA	3
3	OBJETIVOS	4
3.1	<i>Objetivo geral</i>	4
3.2	<i>Objetivos específicos</i>	4
	CAPÍTULO 1: PROCESSO DE FERMENTAÇÃO, UM ENFOQUE NA CACHAÇA	5
4	REFERENCIAL TEÓRICO	6
4.1	Fermentação	6
4.1.1	<i>Fermentação Láctica</i>	9
4.1.2	<i>Fermentação Alcoólica</i>	10
4.1.3	<i>Fermentação Acética</i>	10
4.2	Cachaça	12
4.2.1	<i>História da Cachaça</i>	12
4.2.2	<i>Importância da Cachaça</i>	13
4.2.3	<i>Processo Produtivo da Cachaça</i>	14
4.2.3.1	<i>Da colheita da cana à obtenção do mosto</i>	16
4.2.3.2	<i>Fermentação do mosto</i>	18
4.2.3.3	<i>Destilação</i>	21
4.2.3.4	<i>Armazenamento da Cachaça</i>	21
4.2.4	<i>Tipos de Cachaça</i>	22
4.3	Biotecnologia	23
4.3.1	<i>Utilização de estirpes de leveduras selecionadas na produção de cachaça</i>	24
	CAPÍTULO 2: CONSTRUÇÃO DO CADERNO TEMÁTICO, PRODUTO FAVORECEDOR DO ENSINO-APRENDIZAGEM	27
5	METODOLOGIA	28
5.1	<i>Conceituando o Caderno Temático</i>	28
5.2	<i>Elaboração do Caderno Temático</i>	28
5.3	<i>Materiais Necessários</i>	29
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
9	APÊNDICES	39

RESUMO

Apesar da fermentação ser utilizada pelos homens na produção de alimentos desde 5 mil a.C, a compreensão sobre como acontece tal processo em nível celular muitas vezes é vista como complexa por estudantes do ensino técnico. A práxis na educação pode ser interpretada como a associação entre a teoria e a prática de forma que o currículo dos cursos possa ser construído à medida que é vivenciado. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi elaborar um caderno temático a fim de ampliar e aprofundar o conhecimento técnico-científico relacionado ao processo fermentativo aplicado na obtenção da cachaça. Tal material consiste em uma ferramenta de divulgação que procura romper as barreiras dos materiais tradicionais. O caderno temático foi estruturado com intuito de aproximar os estudantes de nível técnico ao tema abordando o processo produtivo da cachaça junto à biotecnologia, além de ressaltar a importância da seleção de leveduras para se obter um produto de qualidade. Para isso, foram desenvolvidos três módulos: o primeiro, conceituando a fermentação e seus tipos (ácido láctico, acética e alcoólica); o segundo, destacando a história da cachaça, sua importância e processo produtivo; por fim, o terceiro, a biotecnologia na produção de cachaça. A estrutura foi destrinchada de forma que o conteúdo do caderno temático se comunique com as disciplinas para as quais ele busca servir de apoio, sendo então, um material promissor para estudantes e docentes.

Palavras chave: ensino, educação, práxis, cachaça, biotecnologia, caderno temático.

ABSTRACT

Although fermentation has been used by men in food production since 5,000 BC, understanding how this process happens at a cellular level is often seen as complex by technical education students. Praxis in education can be interpreted as the association between theory and practice so that the course curriculum can be constructed as it is experienced. Therefore, the objective of this work was to prepare a thematic notebook in order to expand and deepen the technical-scientific knowledge related to the fermentation process applied to obtain cachaça. Such material consists of a dissemination tool that seeks to break down the barriers of traditional materials. The thematic notebook was structured with the aim of bringing technical level students closer to the topic by addressing the cachaça production process together with biotechnology, in addition to highlighting the importance of yeast selection to obtain a quality product. For this, three modules were developed: the first, conceptualizing fermentation and its types (lactic, acetic and alcoholic acid); the second, highlighting the history of cachaça, its importance and production process; finally, the third, biotechnology in the production of cachaça. The structure was broken down so that the content of the thematic notebook communicates with the disciplines for which it seeks to support, making it a promising material for students and teachers.

Keywords: teaching, education, praxis, cachaça, biotechnology, thematic notebook.

1 INTRODUÇÃO

A práxis pode ser interpretada como “ação, reflexão, ação”, ou seja, a teoria e a prática estão associadas. No âmbito da educação escolar, a práxis pode ser compreendida sob o aspecto “educacional” e “educativo”, sendo ambas orientadas por um currículo unificado. A práxis educativa envolve a ação do professor e a do aluno, na qual o professor tem ação e a participação do aluno ou sua passividade têm o mesmo valor, uma vez que ambas interferem no planejamento das aulas. A práxis educacional consiste na institucional (SOUZA, 2015) que visa concretizar os processos pedagógicos.

Na práxis da educação, é importante superar a visão fragmentada do currículo dos cursos, os quais consideram à parte, a função teórica do curso em si, e a função prática, reservada ao estágio, entendido como objeto de avaliação final ou como complemento da formação profissional (MARQUES, 2006 p. 94). É necessário transpor a visão desses termos de forma isolada já que a prática e a teoria não devem ser tratadas de forma individual e, ou distintas, pois, são elementos inseparáveis.

O currículo se correlaciona com a práxis, ou seja, a teoria com a prática, ele não é um objeto engessado voltado para um modelo coerente de pensar na educação ou as aprendizagens necessárias das crianças e dos jovens. No que diz respeito a parte prática, ela consiste na expressão socializadora e cultural, que determinada instituição tem. Portanto, o currículo reflete o diálogo entre os agentes sociais e elementos técnicos, nos quais os alunos reagem frente a ele e os professores que o modelam, ele é resultado de uma ação cultural (SACRISTÁN, 2017).

A Lei Nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996 estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, em todos os níveis de ensino. Além disso, o Art 1º § 2º declara que a educação escolar deverá vincular-se ao mundo do trabalho e à prática social. O homem só entende o processo de construção do saber quando aprende a problematizar suas práticas. Assim, o objetivo do processo de ensino e aprendizado é a formação do aluno, como ele vai ser capacitado, de quais formas a escola pode ajudar em seu processo de desenvolvimento (SILVA et al., 2018).

O presente trabalho foi desenvolvido com intuito de elaborar um caderno temático, para isso, foram construídos dois capítulos, o primeiro conteúdo o conteúdo a ser abordado no caderno temático e o segundo quais ferramentas foram utilizadas para sua construção. O tema abordado é o processo de fermentação, em especial, a fermentação alcoólica, trabalhado em cursos técnicos, como de Biotecnologia, ofertado pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). O Curso Técnico em Biotecnologia visa

habilitar profissionais para atuar na produção de produtos biotecnológicos e controlar a qualidade de biomoléculas no ambiente laboratorial, seguindo normas técnicas, de qualidade, de saúde, de segurança, meio ambiente e procedimentos de biossegurança e bioética (SENAI, 2023). Ademais, o material gerado no presente trabalho poderá ser utilizado tanto por profissionais da área, quanto por entusiastas que buscam aprofundar o conhecimento no processo produtivo e seleção das leveduras para produção de cachaça.

Desenvolver o caderno temático para aulas de biotecnologia é importante, uma vez que trabalhar de maneira didática pode contribuir para a abordagem do tema, diante da pesquisa para a indústria. Tal material possibilita atingir a práxis de forma mais satisfatória provendo um processo sociocultural reflexivo nos estudantes, pois o conteúdo é destrinchado de forma menos técnica e com exercícios reflexivos. Além disso, traz a possibilidade de outras pessoas terem acesso ao conteúdo, democratizando a educação, o ensino e transformando a processo de fermentação que, muitas vezes, pode ser dado como complexo e de difícil compreensão. Isso porque o estudo dessa temática requer o conhecimento de conteúdos de bioquímica, química e biologia, o que torna mais difícil seu entendimento (PAGOTO, et al, 2018).

2 JUSTIFICATIVA

O tema fermentação alcoólica foi escolhido pois seu processo gera produtos que são usados desde a antiguidade, portanto, tem uma importância sociocultural. Há registros do uso de alimentos fermentados pelos sumérios, egípcios antigos, assírios e babilônios. No que diz respeito a produção de bebidas alcoólicas pela fermentação, com grãos de cereais, o seu conhecimento é de 6.000 aC (VILLEN, 2009). Diante da relevância do processo fermentativo na história da humanidade, trabalhar de maneira clara e didática, o tema fermentação, pode sanar lacunas de aprendizagem. Como também, tornar mais palpável a produção dos alimentos, uma vez que dentro da fermentação assuntos multidisciplinares são trabalhados, como microbiologia, bioquímica e biotecnologia, que são conteúdos, muitas vezes, complexos para os alunos.

A compreensão de vias metabólicas energéticas e o reconhecimento da fonte de energia necessária para o metabolismo celular são essenciais para os estudantes relacionarem os seres vivos à sua vida (PAGOTO, et al. 2018). Nesse contexto, o caderno temático pode promover uma aproximação com o cotidiano ao relacionar a aprendizagem de um processo milenar, o de fermentação, com as aulas práticas feitas, por exemplo, em laboratórios. O processo de ensino e aprendizagem é definido como um sistema de trocas de informações entre docentes e alunos, que deve ser pautado na objetividade daquilo que há necessidade que o aluno aprenda (SILVA, et al., 2018). Assim, o caderno temático funciona como uma ferramenta para aprimorar o processo ensino aprendizagem, contribuindo diretamente para o melhor preparo dos estudantes para o mercado de trabalho e além disso, trabalhar um conteúdo que possui uma importância milenar, mas não é um tema presente na Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

3 OBJETIVOS

3.1 *Objetivo geral*

Elaborar caderno temático, para nível técnico, a fim de ampliar e aprofundar o conhecimento técnico-científico relacionado ao processo fermentativo aplicado na obtenção de cachaça.

3.2 *Objetivos específicos*

- Fazer uma revisão de literatura que aborde desde os conceitos mais antigos sobre fermentação até os avanços biotecnológicos aplicados na produção de cachaça artesanal.
- Utilizar uma linguagem didática, com analogias, ilustrações , *storytelling* e jogos para facilitar o processo de aprendizagem dos alunos com conteúdo de fermentação e como ela está atrelada à qualidade da cachaça

CAPÍTULO 1: PROCESSO DE FERMENTAÇÃO, UM ENFOQUE NA CACHAÇA

Este capítulo abordará o processo de fermentação, e brevemente, sua classificação como láctica, alcoólica ou acética. Ressalta-se que o intuito dessa primeira parte é trabalhar, em especial, o conceito de fermentação alcoólica e como se dá o processo, pois é por meio dela que são produzidas bebidas como a cachaça, que será abordada de maneira mais aprofundada, posteriormente. Portanto, o objetivo é entender detalhadamente as etapas bioquímicas e os organismos envolvidos na fermentação, uma prática milenar responsável por revolucionar a forma como lidamos com os alimentos, sua produção e seus derivados. Além disso, esse capítulo corresponde ao conteúdo contido no caderno temático destrinchado em módulos.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Fermentação

O verbo fermentar, do latim *fermentare*, significa, ferver. O termo, sugerido pelo francês Louis Pasteur, pai da microbiologia moderna, teria sido devido à intensa produção de gás gerado ao longo do processo fermentativo. A ideia que se tinha, ao ver o suco extraído de uvas fermentando para a produção de vinhos, era a de que o caldeirão estava em verdadeira ebulição (MARTIN, 2022). Louis Pasteur concluiu que a fermentação de açúcar em álcool por leveduras é catalisada por “fermentos” e que eles eram inseparáveis da estrutura das células vivas de leveduras.

A ideia de energia vital permaneceu até 1897 quando Eduard Buchner descreveu que extratos de levedura podiam fermentar açúcar em álcool. Diferente do que foi postulado por Pasteur ele percebeu que a fermentação era feita por moléculas que continuavam ativas mesmo após serem removidas das células. Posteriormente, Frederick W. Kühne deu o nome de enzimas (do grego, *enzymos*, “levedado”) para as moléculas detectadas por Buchner (NELSON et al, 2019).

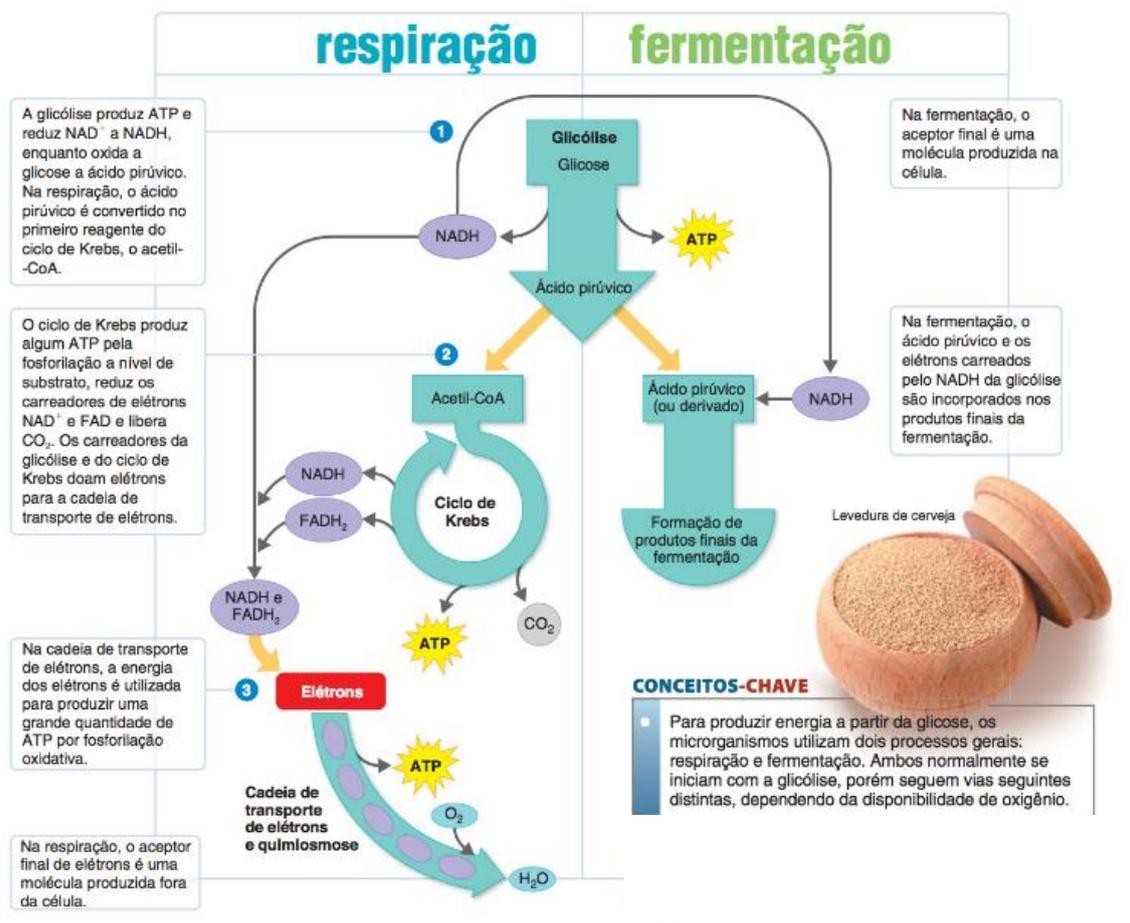
Os fungos são microrganismos eucariotos, que realizam a fermentação. Suas células possuem um núcleo distinto contendo o material genético celular (DNA), circundado por um envelope, a membrana nuclear. Além disso, eles têm a parede celular composta, principalmente, por quitina. Podem ser unicelulares ou multicelulares. Fungos multicelulares, são visualmente maiores, como os cogumelos. Já os fungos unicelulares, as leveduras, são microrganismos esféricos ou ovais (TORTORA, 2017) de tamanhos de 1-5 μm de diâmetro a 5-30 μm de comprimento (BARBATO, 2014). Elas podem se reproduzir sexuada e assexuadamente e obtêm nutrientes por meio da absorção de soluções de materiais orgânicos do ambiente (solo, água ou de um hospedeiro animal ou vegetal) (TORTORA, 2017).

Os microrganismos podem fermentar diferentes substratos e vão gerar produtos finais distintos, a depender do organismo, do substrato e das enzimas que estão presentes e ativas. A fermentação é definida como um processo que libera energia a partir de açúcares ou outras moléculas orgânicas, como aminoácidos, ácidos orgânicos, purinas e pirimidinas; não requer oxigênio (mas pode ocorrer na sua presença), como também, não requer a utilização do ciclo de Krebs ou de uma cadeia de transporte de elétrons. A etapa inicial do processo fermentativo é a glicólise, uma vez que ela ocorre o ácido pirúvico é convertido em um ou mais produtos. Esses produtos podem incluir o álcool (etanol) e o ácido láctico (TORTORA, 2017).

Como a fermentação é um processo realizado por organismos anaeróbios ou anaeróbios facultativos, pois ela ocorre, geralmente, na ausência de oxigênio, isso poderia ser justificado porque na atmosfera primitiva não havia oxigênio. A quebra anaeróbica da glicose provavelmente seja o mais antigo mecanismo biológico de obtenção de energia a partir de moléculas orgânicas combustíveis (NELSO, et al, 2019). Além disso, diferentemente da respiração celular, que ocorre no ciclo de Krebs, a qual tem um saldo energético de 38 ATPs, a fermentação produz somente duas moléculas de ATP. Portanto, possui um saldo energético mais baixo.

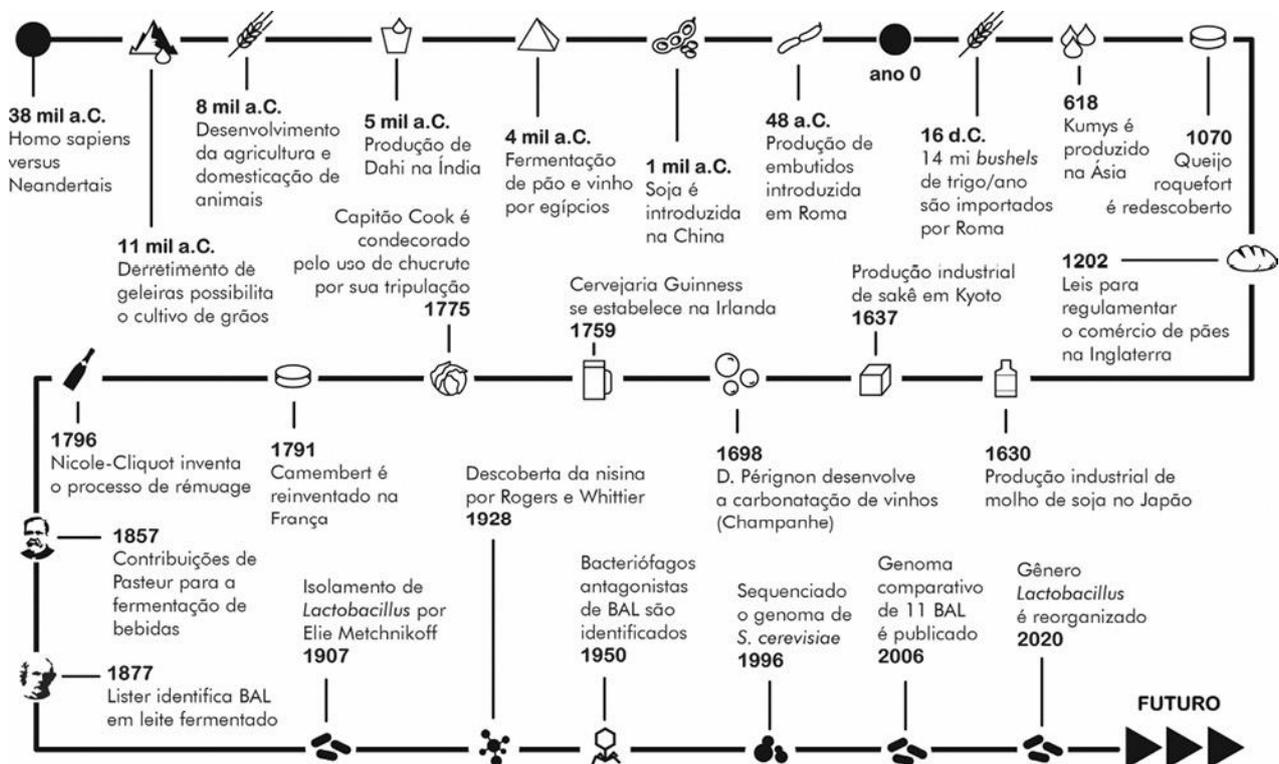
Durante esse processo, os elétrons e os prótons são transferidos das coenzimas reduzidas (NADH, NADPH) para o ácido pirúvico ou seus derivados. Esses aceptores finais de elétrons são reduzidos aos produtos finais. Uma função essencial do segundo estágio da fermentação é assegurar um suprimento estável de NAD^+ e NADP^+ para que a glicólise possa continuar Figura 1 (TORTORA, 2017).

Figura 1: Visão geral da Respiração e da Fermentação



Diferentes tipos de processos fermentativos fazem parte da produção de uma variedade de produtos, como a fermentação láctica, na produção de derivados lácteos e vegetais; a fermentação alcoólica, de domínio mais antigo, envolvida na produção de bebidas alcoólicas; a acética, para a produção de vinagre e bebidas não alcoólicas. A linha histórica da produção de produtos provenientes da fermentação está sujeita a incorreções. No entanto, os principais eventos foram relacionados na Figura 2 (MARTIN, et al., 2022).

Figura 2: Eventos importantes relacionados ao histórico de produção, consumo e pesquisa com alimentos fermentados no mundo.



Fonte: ALCARDE, 2017

4.1.1 Fermentação Láctica

A fermentação láctica é um processo bioquímico realizado por bactérias lácticas responsáveis por produzir o ácido láctico como composto principal. Dentre algumas delas temos: *Lactobacillus delbrueckii*, o *Lactobacillus bulgaricus*, o *Lactobacillus pentosus*, o *Lactobacillus casei*, o *Lactobacillus leichmannii* e o *Streptococcus lactis* (OLIVEIRA, 2009 *apud* MARTINS, et al., 2014).

Durante a glicólise, que é a primeira fase da fermentação láctica, uma molécula de glicose é oxidada em duas moléculas de ácido pirúvico. Essa oxidação gera a energia que é utilizada da glicose a fim de formar duas moléculas de ATP. Na próxima etapa, as duas moléculas de ácido pirúvico são reduzidas por duas moléculas NADH, formando duas moléculas de ácido láctico. Como o ácido láctico é o produto da reação, ele não sofre mais oxidação, e a maior parte da energia produzida pela reação permanece armazenada nele. Portanto, essa fermentação produz somente uma pequena quantidade de energia (TORTORA, 2017).

A glicólise (do grego, glykys, “doce” ou “açúcar”, e lysis, “quebra”), ocorre na presença ou ausência de oxigênio. Uma molécula de glicose será degradada por meio de reações catalisadas por enzimas, gerando duas moléculas de um composto de três átomos de carbono, o piruvato. Nas reações seguintes, parte da energia livre da glicose é conservada na forma de ATP e NADH (NELSO, et al, 2019).

No que diz respeito a aplicação a fermentação láctica está presente, por exemplo, na produção de diversos alimentos, tanto de origem vegetal, como picles, chucrute e azeitonas, quanto de origem animal, como queijos, iogurtes e salames (MARTINS, et al, 2014).

4.1.2 Fermentação Alcoólica

A fermentação alcoólica ela pode ser realizada por diversas bactérias e leveduras (Figura 3). Tal processo é aplicado na produção de aguardente e é realizado por leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae*. Esses microrganismos se desenvolvem naturalmente na superfície dos colmos, nas folhas, no solo e no ar (ALCARDE, 2017). As leveduras dessa espécie metabolizam a glicose, descarboxilam o ácido pirúvico a CO₂ e acetaldeído pela ação da enzima piruvato descarboxilase. Sequencialmente, ocorre a reação de redução do acetaldeído a etanol catalisado pela álcool-desidrogenase. O NADH é oxidado a NAD⁺ formando principalmente etanol e gás carbônico (Figura 3) (MENDES et al., 2013; BADOTTI et al., 2014 *apud* MEDEIROS, 2020).

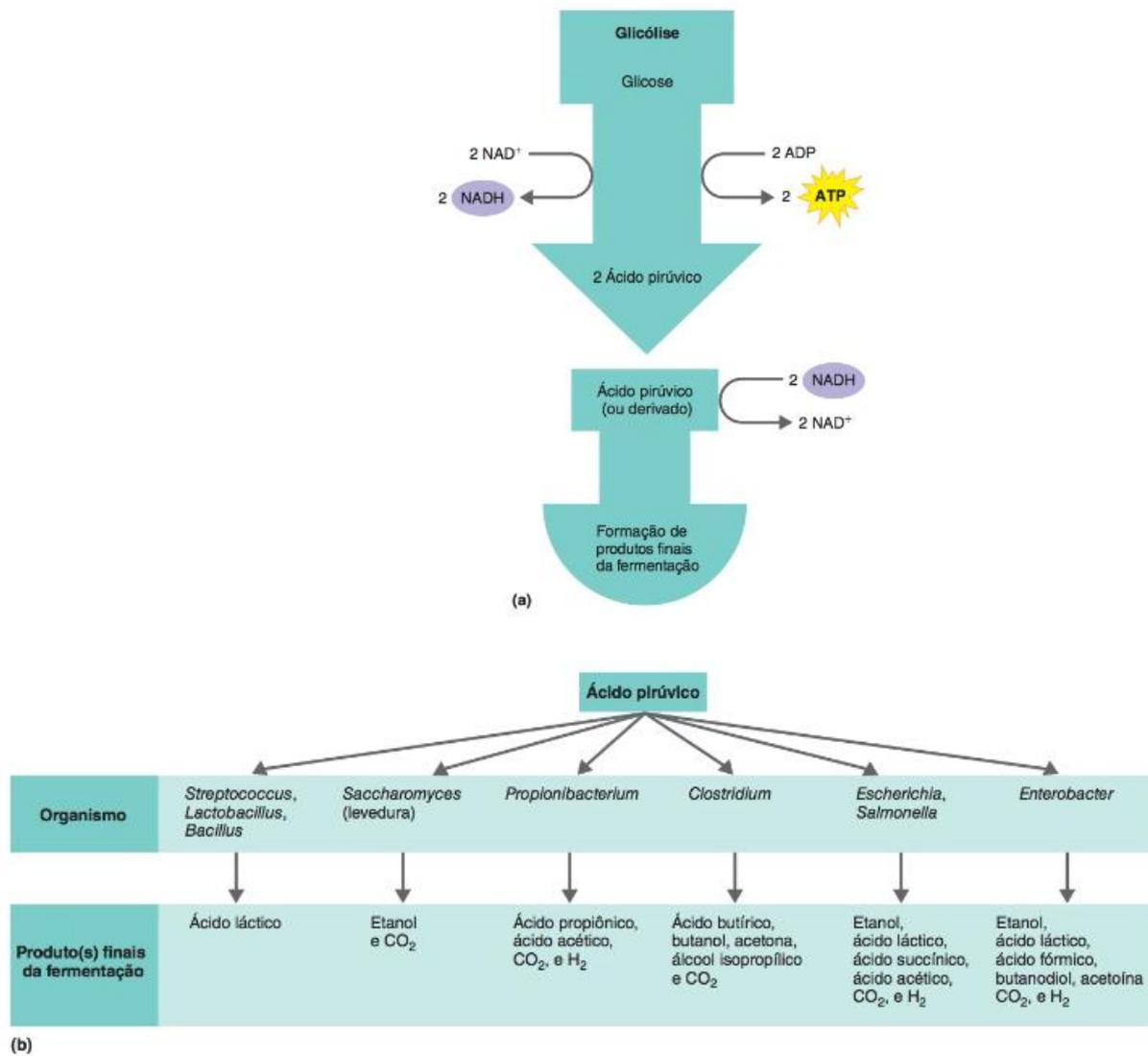
O etanol e o dióxido de carbono, produzidos pelas leveduras durante a fermentação alcoólica, são resíduos para os microrganismos fermentadores, mas são muito úteis para os seres humanos na produção de alimentos e bebidas (MEDEIROS, 2020), e também na obtenção de biocombustíveis (INPI, 2011). O etanol gerado no processo é o álcool utilizado para a produção de bebidas alcoólicas, como cerveja, vinho e cachaça. Já o dióxido de carbono é responsável pelo crescimento da massa do pão, por exemplo (TORTORA, 2017).

4.1.3 Fermentação Acética

Lavoisier (1743-1794), em seu livro “Tratado de Química Elementar” abordava o vinagre como um vinho acetificado devido à absorção de oxigênio, sendo resultado de uma reação química, ou seja, de uma transformação. Posteriormente, Pasteur constatou a participação da bactéria acética e sua importância no processo de formação do vinagre, uma vez que sem sua presença isso não seria possível. Dessa forma, ele mostrou que o vinho se transforma em vinagre e para isso há a presença de bactérias acéticas que se desenvolvem na superfície formando um véu (RIZZON; MENEGUZZO, 2002)

As bactérias acéticas constituem um dos grupos de microrganismos de maior interesse econômico devido a produção do vinagre e pelas alterações que elas provocam nos alimentos e bebidas (RIZZON; MENEGUZZO, 2002). A fermentação acética é largamente usada na indústria de alimentos (MARTINS, 2014).

Figura 3: Metabólitos obtidos por diferentes microrganismos a partir da glicólise (a) via glicolítica (b) diferentes produtos produzidos por organismos distintos a partir da via glicolítica



Fonte: Adaptado, TORTORA, 2017

O nome cachaça pode ter advindo do termo espanhol *cachaza* que se referia a um tipo de vinho consumido em Portugal e na Espanha. Ou ainda devido ao termo cagaça, que consistia na borra do caldo de cana residual, proveniente da produção do açúcar. Há também a versão de que poderia ter sido inspirado na fêmea do porco selvagem, o cachaço, pois sua carne era amaciada com aguardente (ALCARDE, 2017).

A primeira possibilidade de fabricação seria um improviso de uma bebida destilada a partir da fermentação e destilação dos derivados do caldo de cana-de-açúcar. A segunda possibilidade está relacionada com os engenhos de açúcar, que durante a fervura da garapa para fazer açúcar surgia uma espuma que era retirada dos tachos e jogada nos cochos dos animais. Após um tempo o líquido passava pela fermentação e virava um caldo que se chamava “cagaça”, o qual parecia revigorar o gado. Ao notar esse efeito os escravizados experimentaram e passaram a bebê-lo. Por conhecer o processo de destilação os portugueses começaram a destilar o mosto fermentado da cagaça, e provavelmente, o melão, o que deu origem a aguardente brasileira. (IBRAC, 2022).

4.2.2 Importância da Cachaça

Segundo a Instrução Normativa nº 13 de 2005 do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38% vol (trinta e oito por cento em volume) a 48% vol (quarenta e oito por cento em volume) a 20 °C (vinte graus Celsius), obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionada de açúcares até 6 g/L (seis gramas por litro), expressos em sacarose.

É importante ressaltar que há diferença entre aguardente e destilado alcoólico simples de cana de açúcar. A primeira, segundo o Decreto Nº 6.871, de 4 de junho de 2009, é definida como bebida com graduação alcoólica de 38% vol (trinta e oito por cento em volume) a 54% vol (cinquenta e quatro por cento em volume) a 20 °C (vinte graus Celsius), obtida do rebaixamento do teor alcoólico do destilado alcoólico simples ou pela destilação do mosto fermentado.

Já o segundo, destinado à produção da Aguardente de Cana, é o produto obtido pelo processo de destilação simples ou por destilo-retificação parcial seletiva do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar, com graduação alcoólica superior a 54% vol (cinquenta e quatro por cento em volume) e inferior a 70% vol (setenta por cento em volume) a 20 °C (BRASIL, 2005). Portanto, a diferença, de acordo com a legislação, entre

a aguardente e a cachaça está relacionada com a concentração alcoólica máxima de cada uma das bebidas.

Cachaça é a primeira Indicação Geográfica do Brasil instituída pelo Decreto nº 4.062/2001, elaborado com base no acordo sobre aspectos dos direitos de propriedade intelectual relacionados ao comércio, no âmbito da Organização Mundial do Comércio (IBRAC, 2022). O registro de Indicação Geográfica (IG) é conferido a produtos ou serviços que são característicos do seu local de origem, o que lhes atribui reputação, valor intrínseco e identidade própria, e os distingue em relação aos seus similares disponíveis no mercado (BRASIL, 2022).

A cachaça é considerada, por meio de Decreto Federal, como bebida nacional. Consiste no terceiro destilado mais consumido no mundo, ficando atrás somente da bebida coreana soju (destilado de arroz) e da vodka que estão em primeiro e segundo lugar, respectivamente (CRBC, 2021). Além disso, ela é responsável por movimentar a economia de forma significativa, uma vez que 7,5 bilhões de cachaça são produzidos anualmente no Brasil e 51 bilhões de reais é a contribuição do Brasil no mercado de bebidas alcoólicas (ARCANJO, 2021)

Em Minas Gerais, por meio da Lei Ordinária nº 16688/2007, em seu artigo 1º ficou declarado Patrimônio Cultural de Minas Gerais o processo tradicional de fabricação, em alambique, da Cachaça de Minas, produzida segundo o disposto na Lei nº 13.949, de 11 de julho de 2001. De acordo com Instituto Brasileiro da Cachaça (IBRAC), em 2020, Minas Gerais foi o quinto Estado mais responsável por exportar cachaça com uma demanda de 4,08% do total de 5.575.461 litros produzidos. Em 2021 foi responsável por exportar 3,45% do total de 7.221.219 litros produzidos, e em 2022 foi responsável por exportar 4,52% do total de 9.317.696 litros, ficando entre os cinco principais estados exportadores em 2021 que foram: São Paulo, Pernambuco, Paraná, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Ceará, respectivamente (IBRAC, 2023).

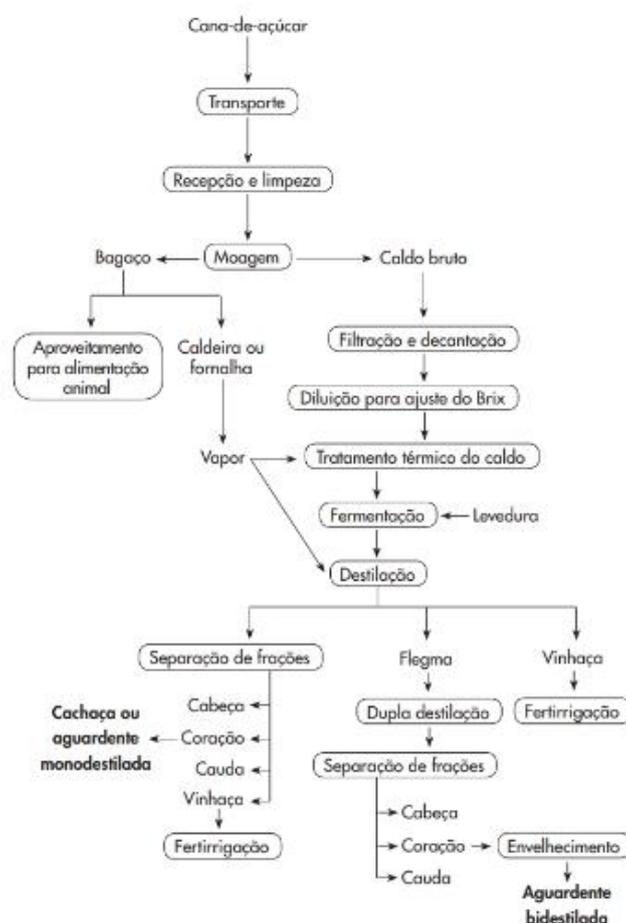
4.2.3 Processo Produtivo da Cachaça

O processo produtivo da cachaça conta com algumas etapas: a colheita da cana; a moagem; a decantação; a fermentação; destilação; filtragem; e envelhecimento, a fim de se obter uma bebida de qualidade e que atenda as normas previstas na legislação (Figura 5). Ele pode ser conduzido de duas maneiras distintas, industrial ou artesanal. Na produção industrial, são utilizadas colunas de destilação e tonéis de aço-inox, são

adicionados produtos químicos na fermentação e não há separação da parte nobre do destilado (SAKAI, 2005-2007 *apud* OLIVEIRA, 2010).

O processo de destilação do vinho é realizado em alambiques de cobre e origina três frações (ARAÚJO, 2018; MIRANDA, 2005): a cabeça, que compõe 5-10% do destilado total; o coração, que corresponde a maior parte do destilado, cerca de 80%, sendo, portanto, a cachaça propriamente dita; e a cauda. A cabeça e a cauda são descartadas (PINHEIRO et al. 2003 *apud* OLIVEIRA, 2010). A cabeça é descartada por conter grande quantidade de metanol e aldeídos (ARAÚJO, 2018; MIRANDA, 2005) os quais em grande quantidade, podem ser prejudiciais à qualidade da bebida. Já a cauda é desprezada por conter grande quantidade de água e produtos menos voláteis (OLIVEIRA, 2005). Vale ressaltar que tanto a cabeça como a cauda também podem ser incorporadas em um novo vinho, que corresponde à água, etanol e compostos secundários (OLIVEIRA, 2010).

Figura 5: Fluxograma da produção de cachaça e aguardente de cana



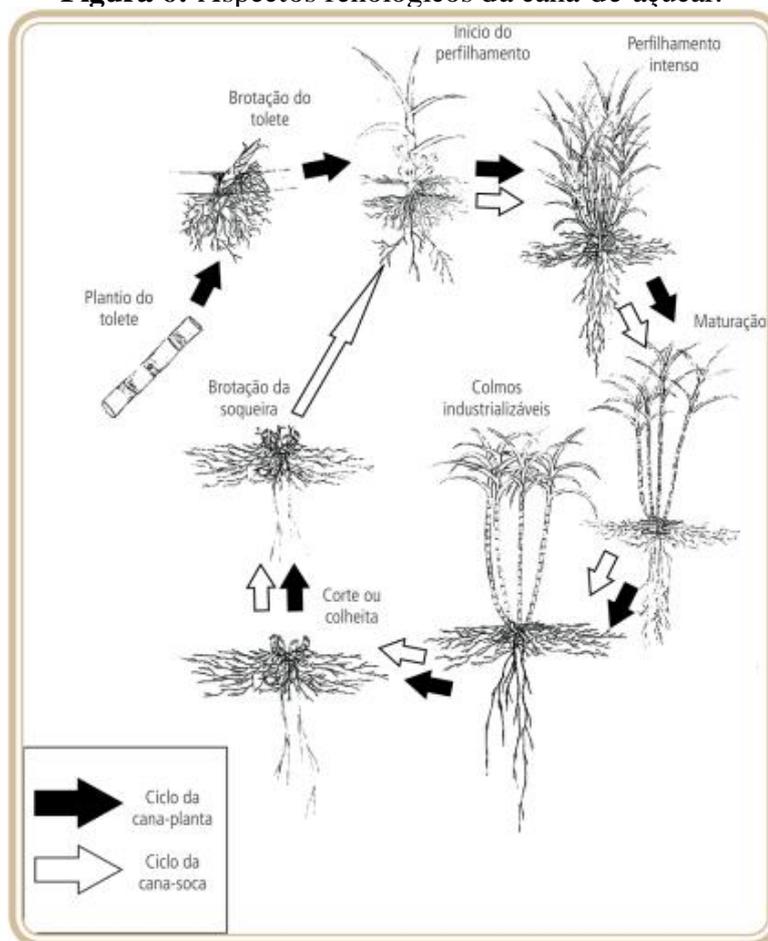
Fonte: ALCARDE, 2017

4.2.3.1 Da colheita da cana à obtenção do mosto

A matéria prima utilizada para a fabricação da bebida é a cana-de-açúcar. Ela deve ser cultivada em condições ideais de solo e nutrientes (OLIVEIRA, 2005). Tanto no corte manual como mecânico, a limpeza é fundamental para se obter um caldo rico em açúcar e livre de impurezas (ALCARDE, 2017). Os colmos de cana devem ser despontados e cortados bem rente ao solo para evitar brotações aéreas na cana soca (ALCARDE, 2017).

A cana-planta é a primeira produção de colmos (caule típico das gramíneas) após o plantio. O ciclo da cana plantada pela primeira vez, ou seja, aquela que receberá o primeiro corte, recebe o nome de ciclo da cana-planta. Já a produção de colmos nos demais cortes (safra) denomina-se cana-soca, ou seja, são os colmos provenientes da rebrota (nova brotação). Assim, após o corte da cana-planta, inicia-se um novo ciclo de aproximadamente 12 meses, denominado ciclo da cana-soca. (e-Tec BRASIL, 2022)

Figura 6: Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar.



Fonte: SEGATO, S. V; PINTO, A. S; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. (Org.) Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba, 2006, p. 19-36. *apud* e-Tec, 2022.

Portanto, é importante um manejo adequado da cana quer no primeiro plantio ou nos demais, pois isso influencia, diretamente, na qualidade do produto. Vale ressaltar que a cana de açúcar (*Saccharum spp.*) é um vegetal de origem asiática que foi trazido para o Brasil pelos portugueses na primeira década do século XVI (OLIVEIRA, 2010).

Após a colheita, a cana-de-açúcar é submetida ao processo de moagem. Ela deve ser moída dentro de 24 a 36 horas a fim de evitar contaminações e deteriorações (OLIVEIRA, 2010). Esse processo ocorre para se obter a garapa, substrato utilizado no processo de fermentação. Para maior recuperação do caldo é comum a passagem do bagaço repetidas vezes pela moenda (OLIVEIRA, 2010).

O caldo extraído deve passar por uma pré-limpeza, ou seja, ser peneirado para separar os resíduos de bagaço e as folhas provenientes da matéria prima. Depois é feita a decantação para separar as partículas sólidas densas, como areia e terra, que se deslocam para o fundo do decantador e o bagacilho, menos denso que o caldo, que fica retido na superfície do tanque decantador. Como resultado obtém-se o mosto, caldo de cana com as características consideradas adequadas para a boa fermentação (ALCARDE, 2017; OLIVEIRA, 2010).

O caldo extraído da cana colhida no ponto ideal de maturação normalmente apresenta concentração de sólidos solúveis (Brix) entre 20 e 22%. O teor de sólidos solúveis ideal do mosto para fermentação é de 16 a 18 °Brix. Quando necessário, para atingir teor de sólidos desejado da fermentação, o caldo extraído deve ser diluído em água potável e sem cloro (ALCARDE, 2017).

A fim de obter um caldo de melhor qualidade, com menor quantidade de microrganismos contaminantes, ele deve ser submetido a um tratamento térmico de temperatura entre 70 a 100 °C e, após isso, submetido a resfriamento natural em tanque adequado. O tratamento térmico elimina leveduras nativas quando se aplica fermento selecionado para fermentação do mosto, portanto, ele possibilita a permanência da levedura selecionada inoculada durante ciclos de fermentação. O mosto consiste no líquido açucarado passível de sofrer fermentação (ALCARDE, 2017). Após tais procedimentos (Figura 7), o mosto passa a apresentar características desejáveis à fermentação.

Figura 7: Etapas do preparo do caldo para a produção de aguardente.



Fonte: ALCARDE, 2017

4.2.3.2 Fermentação do mosto

Antes de iniciar o processo de fermentação, é necessário adicionar uma suspensão inicial de leveduras nas dornas de fermentação, com determinadas características para garantir a produtividade fermentativa. Esse conjunto de células é utilizado para iniciar o processo, o pé-de-cuba ou fermento. O fermento deve ter alta velocidade de fermentação, tolerância ao álcool produzido, baixa produção de espuma, resistência à acidez e à temperatura elevada, alta viabilidade durante os ciclos fermentativos e estabilidade genética (ALCARDE, 2017).

Alguns tipos são mais utilizados (Tabela 1) como os naturais (caipira); prensados (de panificação); mistos (caipira + prensado); e fermentos secos (selecionados) (ALCARDE, 2017). Além disso, o uso de linhagens previamente selecionadas reduz os riscos de contaminações, melhora as chances de se obter um produto de com maior qualidade, contribui com parâmetros físico-químicos e com a qualidade do vinho obtido, reduzindo os componentes indesejáveis no produto final (GOMES et. al, 2009 *apud* OLIVEIRA, 2010).

Tabela 1: Tipos de fermentos e as principais características correlacionando suas vantagens e desvantagens aplicabilidade

TIPO DE FERMENTO	CARACTERÍSTICAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Fermento natural, selvagem ou caipira	Constituído por células de leveduras que já estão, naturalmente, adaptadas ao ambiente de cultivo da cana e de produção da aguardente	Aproveitamento de leveduras naturais do caldo de cana, multiplicadas por tratamento de estímulo à ativação e crescimento.	Há bactérias e outras espécies de levedura presentes. A diversidade de microrganismos, pode produzir fermentações inconstantes e de difícil controle, prejudicando a qualidade da cachaça.
Fermento Prensado ou de Panificação	Constituído por uma massa sólida com um aglomerado de células de levedura da espécie <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	Facilidade de preparo do volume desejado de fermento.	Baixa tolerância a altos teores alcoólicos e a temperaturas elevadas e a baixa competitividade frente aos demais microrganismos presentes no mosto.
Fermento Misto	É uma associação das metodologias utilizadas para a produção do pé-de-cuba via fermentação espontânea (fermento caipira ou selvagem) com o fermento prensado.	Possibilidade de criar um ambiente propício àquele microrganismo que melhor se adaptar às condições do meio em fermentação	—
Fermento Seco (Selecionado)	São cepas de levedura isoladas da produção de aguardente com características favoráveis em testes de laboratório (rendimento; produtividade fermentativa; tolerância; temperatura, acidez; teores alcoólicos; qualidade química e sensorial do vinho produzido.	Inibição dos microrganismos contaminantes; fermentações mais rápidas e completas devido a essas leveduras serem mais tolerantes às condições do processo industrial e menor produção de ácido acético e dos compostos secundários da fermentação.	Necessita de cuidados no processo de multiplicação do fermento. As transferências devem ser realizadas com as células em atividade ou terá uma demora na multiplicação. A suplementação em nutrientes (sulfato de amônio, principalmente) é imprescindível para que se tenha um crescimento rápido da população. O aquecimento do mosto (30 °C) é importante para que a velocidade do processo se mantenha em níveis aceitáveis.

Fonte: Autoria própria com base no autor Alcarde, 2017.

A produção do fermento consiste em multiplicar as leveduras selvagens do caldo de cana no próprio substrato por 5 a 10 dias, até que as linhagens atinjam concentrações suficientes para iniciar um ciclo fermentativo (BADOTTI, 2005 *apud* OLIVEIRA 2010).

Nessa etapa, os açúcares do mosto são convertidos pelas leveduras em etanol e gás carbônico e outros compostos secundários, como glicerol, aldeídos, ésteres, ácidos orgânicos e álcoois. O mosto de caldo de cana é transferido para os tanques de fermentação (dornas), nos quais já está o fermento. A fim de evitar que as leveduras sofram com o estresse osmótico, o mais adequado é uma transferência lenta de 6 a 8 horas, ou seja, em “batelada-alimentada”, além de, ser em uma temperatura de 28 a 32 °C e com fim entre 14 e 18 horas após terminar a alimentação da dorna (ALCARDE, 2017).

Durante a propagação do fermento natural, ocorrem algumas alterações como a acidificação do mosto, aumento na concentração alcoólica, além da alta concentração de açúcar (devido à adição diária de caldo de cana). Essas modificações consistem em uma forma de seleção de determinadas espécies de levedura. A *S. cerevisiae* predomina ao longo do processo de fermentação, devido a sua capacidade de tolerar altas concentrações de etanol (12 a 15% vol) (VILELA, 2005 *apud* OLIVEIRA, 2010).

É importante destacar também que:

Os caldos com elevada concentração de açúcares são prejudiciais à atividade fermentativa das leveduras, e podem acarretar fermentações lentas e incompletas, ocasionando a redução do rendimento industrial. Já caldos com baixa concentração de açúcares proporcionam um ambiente mais favorável ao desenvolvimento de microrganismos contaminantes e resultam em maior consumo de vapor e de água de resfriamento no processo de destilação, além de gerar um maior volume de vinhaça.

O pH do caldo extraído de canas maduras e sadias varia entre 5,4 e 5,8, e a acidez total deve estar entre 2,5 e 3,0 g de ácido sulfúrico por litro de caldo. O caldo de cana normalmente contém todos os nutrientes necessários para o desenvolvimento das leveduras. Se necessário, a adição de 0,1 g/L de superfosfato e sulfato de amônio auxilia a boa ação do fermento. As leveduras são capazes de sintetizar as vitaminas de que necessitam para o bom desempenho do seu metabolismo (ALCARDE, 2017).

Dessa forma, existem características ideais para o desenvolvimento da levedura. A concentração de açúcar, de álcool o valor de pH, são fatores limitantes para o desenvolvimento de determinados microrganismos, conseqüentemente, são estratégias de seleção para as leveduras desejadas e, ou, ideais. Outro ponto a se destacar é que as dornas podem ser abertas ou fechadas. Na indústria de aguardente, a preferência é para as abertas, visto serem de menor custo, de fácil limpeza e por permitirem um controle visual da fermentação, entretanto, favorecem as contaminações, por meio de outros

microrganismos, como bactérias lácticas e/ou acéticas, além das perdas de álcool por evaporação (FILHO et al., 2013)

O fim da fermentação é caracterizado de forma qualitativa visual, ou seja, quando o mosto adquire coloração clara, com formação de bolhas uniformes e liberação de odores agradáveis, com leve aroma de frutas (OLIVEIRA, 2010). Além disso, a emissão de CO₂ diminui significativamente e o fermento suspenso no mosto tende a decantar no fundo da dorna. A decantação separa o vinho do fermento, o qual pode ser reaproveitado no próximo ciclo de fermentação (ALCARDE, 2017).

4.2.3.3 Destilação

Com o fim do processo fermentativo, o vinho que consiste em água, etanol e compostos secundários, deve passar pela destilação. Isso ocorre a fim de evitar o desenvolvimento de bactérias contaminantes e as conseqüentes fermentações secundárias, que podem levar ao consumo de etanol e à formação de ácidos orgânicos e álcoois superiores (ALCARDE, 2017).

O vinho é constituído por componentes de natureza gasosa, sólida e líquida. Ele é encaminhado para os alambiques, onde ocorre a separação das substâncias voláteis (água, etanol, álcoois, ácido acético, aldeídos, ésteres e metanol), do líquido. Isso é feito pelo processo de destilação que é favorecido devido dos diferentes pontos de ebulição (ALCARDE, 2017). Portanto, a destilação consiste na separação, por meio de aquecimento, de substâncias com diferentes índices de volatilidade (OLIVEIRA, 2010). A destilação do mosto é realizada tradicionalmente em alambiques de cobre (OLIVEIRA, 2005).

4.2.3.4 Armazenamento da Cachaça

Ao final do processo de destilação, obtém-se a aguardente de cana denominada branca (ALCARDE, 2017) a qual será armazenada. O armazenamento deve acontecer por cerca de três meses para que a bebida “descanse”. Nesse processo ocorrem importantes reações de oxidação, tomando a bebida mais suave (COUTINHO, 2003). Qualquer bebida destilada recém-produzida, independente dos cuidados durante a destilação, possui sabor picante, áspero, ardente e seco. O aroma é normalmente agressivo e penetrante, às vezes desagradável (ALCARDE, 2017).

Apesar de poder ser consumida com essas características, as qualidades sensoriais são aprimoradas com o armazenamento em recipiente inerte, para que alguns

componentes desagradáveis, como os compostos sulfurados, sejam eliminados por evaporação natural (ALCARDE, 2017). Por opção do produtor ou oportunidades de negócios, a cachaça também pode ser envelhecida, armazenada em barris de madeira (COUTINHO, 2003). Entretanto, os reservatórios de madeira de grande volume, ainda que fabricados com madeiras que não interagem muito com a bebida, não podem ser considerados recipientes inertes, pois sempre haverá algum tipo de troca de compostos entre o destilado e a madeira (ALCARDE, 2017). Vale ressaltar que, o carvalho é a principal madeira utilizada para o envelhecimento porque fornece moléculas aromáticas agradáveis às bebidas alcoólicas.

O envelhecimento consiste na etapa final do processo de produção de cachaça. Ele é responsável por aprimorar a qualidade sensorial das bebidas nobres e deve obedecer ao regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para cachaça, aprovado pela Instrução Normativa nº 13 de 2005 do MAPA (SORATTO, et al. 2007). Após o tempo de envelhecimento, ocorre mais uma filtração da bebida, em filtros de algodão ou celulose para que sejam retidas partículas sólidas, dando ao destilado limpidez, transparência e brilho, e por fim, o engarrafamento (ALCARDE, 2017). As bebidas fora do padrão de conformidade não podem ser liberadas para o consumo, uma vez que comprometem a qualidade dos produtos que atendem as tais conformidades (OLIVEIRA, 2010).

4.2.4 Tipos de Cachaça

A cachaça pode apresentar coloração ou ser incolor, isso dependerá do local de armazenamento. Quando incolor, é armazenada em recipientes de madeira que não agreguem cor à bebida, em reservatórios de aço inox ou outro material permitido na legislação. Em contrapartida, as que apresentam tonalidades, como amarela ou marrom, são armazenadas em recipientes de madeira. Vale ressaltar que é vedado a adição de corantes (extrato, lascas de madeira, maravalhas) e de qualquer substância ou ingredientes que alterem as características sensoriais naturais do produto final (MAPA, 2019).

O Decreto Nº 6.871, de 4 de junho de 2009, traz algumas definições sobre outros tipos de cachaça: **Cachaça adoçada** - cachaça que contiver açúcares em quantidade superior a seis gramas por litro e inferior a trinta gramas por litro será denominada de cachaça adoçada; **Cachaça envelhecida** - Será denominada de cachaça envelhecida a bebida que contiver, no mínimo 50% de aguardente de cana envelhecida por período não

inferior a um ano, podendo ser adicionada de caramelo para a correção da cor (MAPA, 2019).

Além disso, a Instrução Normativa N° 13, de 29 de junho de 2005, traz o conceito de **Cachaça Premium** - É a bebida que contém 100% (cem por cento) de Cachaça ou Aguardente de Cana envelhecidas em recipiente de madeira apropriado, com capacidade máxima de 700 (setecentos) litros, por um período não inferior a 1 (um) ano; e também de **Cachaça Extra Premium** - É a cachaça premium envelhecida por um período não inferior a 3 (três) anos (MAPA, 2019).

4.3 Biotecnologia

A biotecnologia, conceitualmente, é a união de biologia com tecnologia. É uma das ferramentas de grande impacto uma vez que é capaz de propiciar benefícios, ao utilizar seres vivos, ou parte desses, no desenvolvimento e/ou melhoramento de processos e produtos com função econômica e, ou, social. Pode ser dividida em clássica e moderna. A primeira está relacionada com um conjunto de atividades que vêm sendo desenvolvidas há milhares de anos, como a produção de alimentos fermentados. Já a moderna, está correlacionada com as tecnologias de engenharia genética, DNA recombinante, cultura de células e embriões. (BRASIL, 2011).

A biotecnologia envolve várias áreas do conhecimento e, portanto, vários profissionais, sendo uma ciência de natureza multidisciplinar. As várias técnicas utilizadas têm trazido auxílios para a sociedade, como, as fermentações industriais na produção de cachaças, vinhos, cervejas, pães, queijos, vinagres, fármacos, vacinas, além do desenvolvimento de plantas e animais melhorados utilizando técnicas convencionais de melhoramento genético e também a transformação genética (BRASIL, 2011). O meio ambiente também lucra com a biotecnologia, pois há o uso de biotécnicas para, por exemplo, o tratamento especial de dejetos; uso de bactérias no combate à poluição causada por petróleo e metais e na produção de bioplásticos biodegradáveis. Sendo assim, é uma ciência tecnológica, que explora processos celulares e biomoleculares (SILVA et al, 2021).

A utilização dessa ferramenta possibilita o melhoramento dos produtos finais, uma vez que podemos selecionar aqueles que vamos utilizar desde a etapa inicial. No que diz respeito a produção de cachaça, conforme já abordado, o uso de linhagens previamente selecionadas reduz os riscos de contaminações e melhora as chances de se obter um produto de maior qualidade, contribui com parâmetros físico-químicos e com a qualidade

do vinho obtido, reduzindo os componentes indesejáveis no produto final (GOMES et. al, 2009 apud OLIVEIRA, 2010).

Vale ressaltar que apesar de parecer recente, a biotecnologia está presente desde as civilizações antigas, principalmente, na produção de alimentos (SILVA et al, 2021). Pode-se dizer que ela iniciou com a agricultura ou agropecuária, devido à capacidade do homem domesticar plantas e animais para seu benefício. Na mesopotâmia, cerca de 8.000 aC os povos selecionavam as melhores sementes. Não diferente, por volta de 7.000 aC a utilização da levedura na fermentação da uva e do trigo para produção de vinho e pão, já acontecia. Além disso, há 3.000 aC utilizava-se bactérias para fermentação do leite e produção de queijos (BRASIL, 2011).

4.3.1 Utilização de estirpes de leveduras selecionadas na produção de cachaça

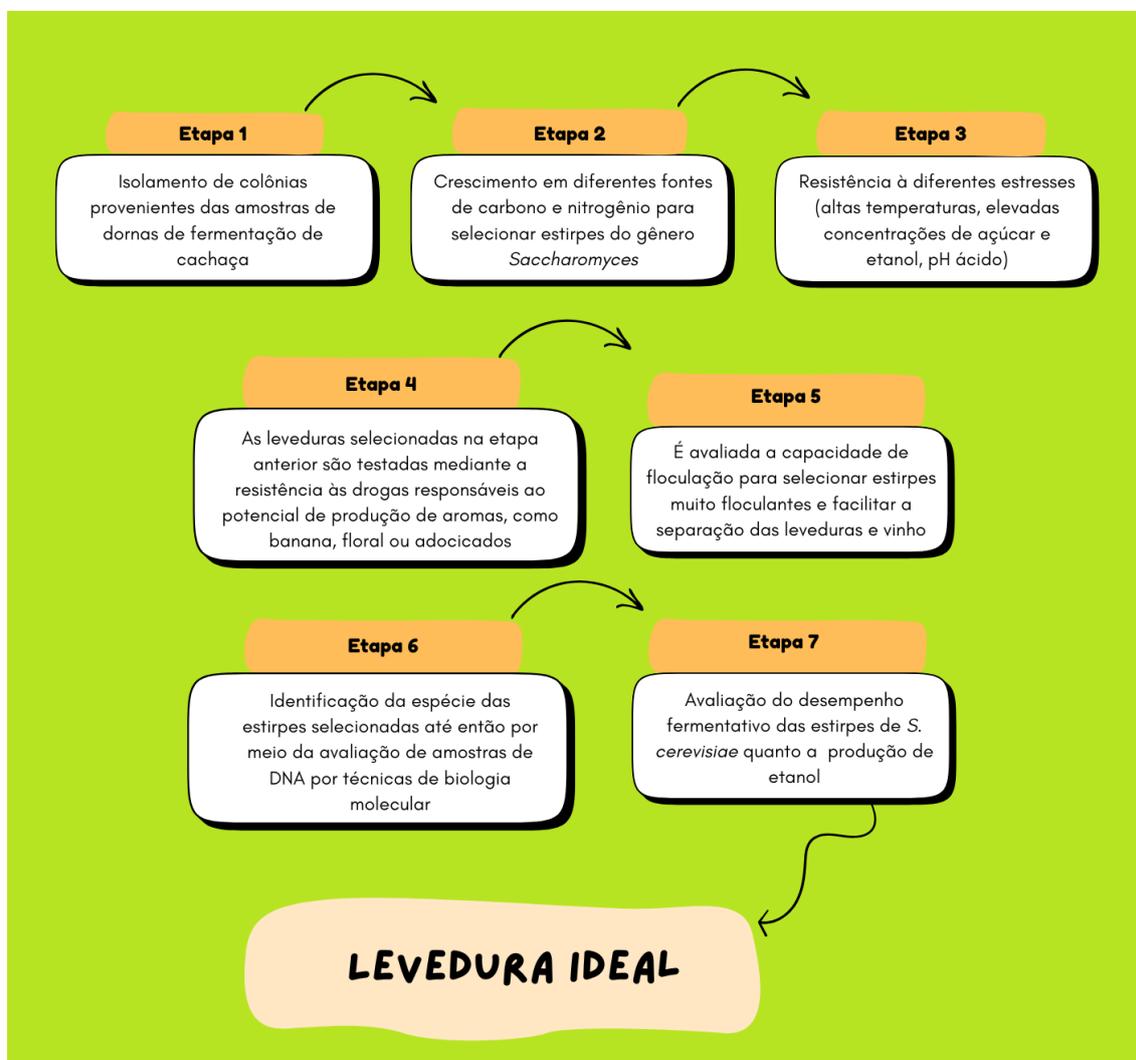
A levedura utilizada na produção de bebidas, como a cachaça, é a *Saccharomyces cerevisiae*. Esse organismo é muito importante para a biologia e a química, pois, além de ser muito conhecida, essa levedura possui o seu genoma sequenciado e de fácil manutenção em laboratório. (FISCHBORN, 2020). O sequenciamento genômico é uma técnica que permite identificar, na ordem correta, a sequência de nucleotídeos de uma molécula de DNA ou RNA, visando conhecer a informação genética contida nesta estrutura (FIETTO, et al 2013).

Além de ser muito utilizada nas indústrias de alimentos e nas nossas casas também, tais leveduras são encontradas em vários ambientes cheios de açúcar, como em sucos de frutas. Possui diversas aplicações e cumpre um papel importante, destacando-se na produção de produtos derivados da biotecnologia que são muito consumidos no mundo inteiro (FISCHBORN, 2020).

Cepas selecionadas de *S.cerevisiae* na produção de cachaça estão relacionadas com os teores de acidez e concentrações de álcoois superiores. Além disso, podem apresentar tolerância ao etanol, temperaturas mais elevadas, resistência a teores elevados de açúcar e capacidade de flocular. Essas características tornam mais dinâmica a separação do mosto das cepas no final da fermentação (SANTOS, 2013) (Figura 8). De acordo com os testes feitos por Vicente et al, 2006, todas as cepas floculantes apresentaram alta tolerância ao etanol. Segundo Ribeiro (2016), o tipo de fermento empregado influencia no início e final do processo fermentativo, pois, a taxa de células

vivas, quando se utiliza leveduras selecionadas aumenta. Sendo assim, são melhores adaptadas às condições de processo, mantendo sua atividade metabólica.

Figura 8: Etapas da seleção de uma levedura ideal para o processo produtivo de cachaça



Fonte: Autoria própria

As leveduras e as condições de fermentação são dadas como fatores que influenciam no sabor das bebidas alcoólicas, pois a maioria dos compostos secundários, responsáveis pela qualidade química e sensorial da bebida, são formados durante a fermentação (GONÇALVES, et.al, 2019). De acordo com Vicente et. al, 2006 os álcoois superiores e ésteres são importantes para as características aromatizantes da cachaça em diferentes níveis. Em seu trabalho foram testadas drogas, como 5,5', 5"-trifluoro-D,L-leucina (TFL) e cerulenina, que estão associadas a produção de compostos, como álcool isoamílico e ácido caprótico, precursores de acetado de isoamila e caproato de etila. O

primeiro associado ao aroma de banana (ARAÚJO, 2018) e o segundo ao aroma floral e doce (SANDI et. al, 2003). Os resultados indicam que a estratégia de isolamento utilizada foi capaz de discriminar linhagens de leveduras que, embora apresentando perfis fermentativos parecidos, produziram diferentes níveis de compostos aromatizantes importantes para propriedades sensoriais da bebida (VICENTE, et al, 2006).

Assim, selecionar estirpes de leveduras para a produção de cachaça apresenta vantagens tecnológicas, uma vez que pode minimizar contaminações indesejadas, reduzir o tempo de fermentação, como também, aumentar a produtividade e as características químicas e sensoriais do produto (GONÇALVES, 2015). Dessa forma, as linhagens selecionadas permitem a manutenção e padronização da qualidade da bebida que está sendo produzida, que por sua vez, agrega valor ao produto que está sendo produzido trazendo vantagens econômicas para o produtor e sua região.

CAPÍTULO 2: CONSTRUÇÃO DO CADERNO TEMÁTICO, PRODUTO FAVORECEDOR DO ENSINO-APRENDIZAGEM

Este capítulo abordará a construção e o produto final de um caderno temático voltado para a fermentação, principalmente a alcoólica, a produção de cachaça e os benefícios da biotecnologia, através da utilização de cepas selecionadas, para o processo produtivo dessa bebida.

5 METODOLOGIA

5.1 *Conceituando o Caderno Temático*

O Caderno Temático consiste em uma ferramenta de divulgação, na qual é possível abordar diferentes temas de forma ilustrativa e didática. São materiais inovadores que procuram romper com as deficiências e inadequações dos materiais tradicionais, encontrados no mercado editorial. Eles incluem a abordagem do conteúdo articulando teoria, experimentação e contextos social, tecnológico e ambiental (SANTOS, 2007).

5.2 *Elaboração do Caderno Temático*

A construção do caderno temático visa desenvolver uma ferramenta de ensino que irá contribuir com a aprendizagem. A ideia é abordar os conteúdos de maneira menos engessada em relação àquelas encontradas nos livros didáticos e, assim, transformar temas que são dados como complexos em acessíveis. Para isso são associadas a linguagem didática, jogos, ilustrações e o *storytelling*, que consiste em um processo narrativo que busca apresentar teorias, disseminando a informação de forma contextualmente curta, atrativa e agradável ao leitor, como uma possibilidade de estudos em estratégia associada a aspectos cognitivos e racionais (BORGES et al.,2011). Junto a isso, têm-se o objetivo de democratizar o acesso à educação, possibilitando que qualquer pessoa interessada consiga compreender o que está sendo abordado.

O presente trabalho abordará o tema de fermentação, em especial, da cachaça, como também, o isolamento e a seleção de leveduras provenientes de dornas de fermentação desta bebida. Sua estrutura contará com três módulos, pois a proposta é trabalhar a bebida de forma isolada, para que o histórico e os processos produtivos sejam entendidos e por fim, o processo biotecnológico que envolve a seleção das leveduras, os microrganismos que atuam como produtores da cachaça.

MÓDULO 1: CACHAÇA

História da Cachaça

Importância da Cachaça

Processo Produtivo da Cachaça

MÓDULO 2: FERMENTAÇÃO

Fermentação

Fermentação do Ácido Lático

Fermentação Acética

Fermentação Alcoólica

MÓDULO 3: BIOTECNOLOGIA NA PRODUÇÃO DE CACHAÇA

Biotecnologia

Leveduras selecionadas e seus reflexos na produção e qualidade da cachaça de alambique

5.3 Materiais Necessários

Para elaboração do conteúdo dos módulos propostos foram utilizados referenciais bibliográficos de teses, dissertações e livros. Dentre os livros utilizados ganha-se destaque alguns que são usados no ensino superior, como o do autor Tortora G. J. et al., que contempla o conteúdo de microbiologia; o do autor André Alcarde, sobre a cachaça propriamente dita, e também o livro dos autores Martin JGP e Lindner JD, que aborda a Microbiologia de alimentos fermentados.

Já para a formatação do modelo e design a plataforma utilizada para a construção do caderno temático foi o Canva. O canva é uma plataforma online de design e comunicação visual que possibilita o uso *premium* para estudantes matriculados a uma instituição de ensino público. A vantagem de utiliza-lo está vinculada ao fato de ser gratuito, fácil de trabalhar e também por possuir elementos gráficos e imagens que possibilitam o desenvolvimento de um material didático, como o proposto.

Além do Canva, também foi acessado o site Geniol, que consiste em uma plataforma onde é possível desenvolver jogos de lógica, palavras raciocínio, passatempo, quebra-cabeça, paciência e quizzes. Por meio desse site foi possível criar as atividades que estão incluídas no caderno temático, como exercícios de fixação.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O caderno temático é uma ferramenta que busca romper com os modelos didáticos já estabelecidos e engessados. O intuito da sua construção desse material é mostrar aos professores e aos alunos uma abordagem diferente daquelas presentes nos materiais disponíveis. A escolha do conteúdo, a fermentação, é devido a sua importância na história, uma vez que é um tema presente desde os primórdios da história da humanidade e, apesar disso, é um conteúdo ausente na Base Comum Curricular (BNCC).

A BNCC é um documento normativo que define um conjunto de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, tendo como principal objetivo ser a balizadora da qualidade da educação no país (BNCC, 2023). Portanto, exerce um papel fundamental na escolha das temáticas que os professores devem trabalhar com os alunos, assim, sabendo da importância da fermentação na construção social, é necessária sua discussão nos ambientes acadêmicos.

Apesar do processo produtivo da cachaça não ser citado na BNCC, tal tema se enquadra na grande área do conhecimento intitulada "Ciências da Natureza e suas Tecnologias" e, portanto, pode contribuir para o desenvolvimento de competências específicas listadas em tal documento. Por exemplo, segundo a BNCC, para que o aluno consiga analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis deve ter a habilidade de analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente (EM13CNT201). Para tanto, o processo de fermentação observado por Louis Pasteur, pai da microbiologia moderna, poderia ser trabalhado em sala de aula associado a discussões atuais (BNCC, 2023)

Outra aplicação do caderno temático poderia ser no sentido trabalhar a biotecnologia as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros) (BNCC, 2023). Para além, vale destacar a aplicabilidade do caderno temático sobre fermentação alcoólica no ensino técnico e o potencial desse material em propiciar o desenvolvimento de competências em outra grande área, como a

de "Ciências Humanas e Sociais Aplicadas". Nesse caso, os avanços biotecnológicos no processo produtivo da cachaça e a importância econômica e social da bebida no âmbito nacional e do estado de Minas Gerais funcionariam como exemplos e facilitariam a prática ao se buscar analisar as relações de produção, capital e trabalho em diferentes territórios, contextos e culturas, discutindo o papel dessas relações na construção, consolidação e transformação das sociedades.

Além disso, a fermentação é um tópico que, segundo Pagoto et al., (2018), por demandar o conhecimento de disciplinas, como bioquímica, química e biologia, representa um nível de dificuldade para os estudantes. Dessa maneira, trazer o tema fermentação por meio de um *storytelling*, analogias, atividades de fixação, pode contribuir com o rompimento dessas dificuldades.

No que diz respeito à cachaça, por ser o terceiro destilado mais consumido no mundo, ter impacto significativo na economia do Brasil (CRBC,2021) e ter seu processo de fabricação tradicional em alambique declarado como Patrimônio Cultural de Minas Gerais, esta bebida pode ser considerada como um importante produto a ser estudado. Com isso, trabalhar a cachaça é uma maneira de aproximar os alunos de um produto que tem impacto significativo na economia do país, bem como, vincular a educação escolar ao mundo do trabalho, conforme disposto no Art 1º §2º da Lei de Diretrizes e Bases Nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996.

E por fim, enfatizar a importância da Biotecnologia já que ela está presente na fabricação dos produtos, desde a sua forma clássica, como na produção de alimentos como também, de forma moderna ao proporcionar leveduras selecionadas que serão capazes de fornecer um produto final de mais qualidade.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho construiu um material didático capaz de abranger o público do ensino técnico bem como, aqueles que tenham interesse e curiosidade em aprender mais sobre o processo produtivo da cachaça. Uma maneira de tornar o material mais didático foi utilizar a plataforma Canva e também o site Geniol. O intuito do seu desenvolvimento está relacionado com fato de facilitar o processo de ensino-aprendizagem acerca da produção de cachaça e da importância da utilização de leveduras selecionadas no processo produtivo.

Sendo assim, a partir das referências bibliográficas utilizadas e das plataformas gráfica e de jogo foi construído o caderno temático com uma linguagem mais didática, ilustrações diversas, analogias que poderá ser utilizado como uma maneira de democratizar o ensino de conteúdos que, muitas vezes, são de difícil compreensão, para além consiste em uma boa opção para auxiliar no aprimoramento do tema fermentação e sobre tópicos de bioquímica, microbiologia e bioprocessos. Além disso, possibilita atingir a práxis, que seria a correlação da teoria com a prática, de forma satisfatória provendo um processo sociocultural reflexivo nos leitores do caderno temático.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, André R. Cachaça. Disponível em: Minha Biblioteca, (2nd edição). Editora Blucher, 2017.

ARAÚJO, Thalita Macedo. Análises genômicas para otimização da produção de compostos aromatizantes por estirpe de *Saccharomyces cerevisiae* isolada de produção de cachaça. 2018. 201 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Núcleo de Pesquisas em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

ARCANJO, Izamara, Essencialmente mineira, cachaça movimentada R\$ 7,5 bilhões no Brasil anualmente, 2021. Disponível em: <https://www.hojeemdia.com.br/essencialmente-mineira-cachaca-movimentada-r-7-5-bilhoes-no-brasil-anualmente-1.864884>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2023.

BARBATO, Jaqueline. Estudo da obtenção de carotenóides por fermentação empregando a levedura *Rhodotorula sp* em melão e caldo de cana-de-açúcar como meio de cultura. 2014. 42 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR, Educação é a base, 2023. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versoafinal_site.pdf. Acesso em: 28 de dezembro de 2023.

BORGES, José Willian; GOIS, Pedro Henrique; TATTO, Luiz. STORYTELLING E ESTRATÉGIA: A COGNIÇÃO COMO FORMA DE INTEGRAÇÃO. **Saber Acadêmico: REVISTA MULTIDISCIPLINAR DA UNIESP**, São Paulo, nº. 11, p. 107-117, 11 jun. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária. Editores técnicos Fábio Gelape Faleiro; Solange Rocha Monteiro de Andrade; Fábio Bueno dos Reis Junior. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 2011. 730 p., il. color.

BRASIL. Decreto N° 9.902, de 8 de julho de 2019. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9902.htm#art1. Acesso em 14 de setembro de 2022.

BRASIL. Decreto N° 6.871, de 4 junho de 2009. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6871.htm. Acesso em 05 de dezembro de 2022.

CENTRO BRASILEIRO DE REFÊNCIA DA CACHAÇA E EUROMONITOR (CBRC). Números da Cachaça, **Mercado Externo**, 2021. Disponível em: <https://www.expocachaca.com.br/numeros-da-cachaca>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2023.

COUTINHO, Edilma Pinto. Práticas ultrapassadas e mitos de qualidade na cadeia de produção de cachaça artesanal. In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2003, Ouro Preto. **ENEGEP 2003**. Porto Alegre: ABEPRO, 2003.

ESTADÃO, Infográfico. Disponível em: <https://cachacawiba.com.br/wiba/noticias/cachaca-envelhecida/>. Acesso em: 16 de agosto de 2022.

E-Tec Brasil, Cultura da Cana de Açúcar I. Disponível em: http://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/579/Aula_07.pdf?sequence=7&isAllowed=y Acesso em 02 de setembro de 2022.

EXPOCACHAÇA, A importância do mercado da Cachaça no Brasil e no Mundo, 2022. Disponível em: <https://www.expocachaca.com.br/numeros-da-cachaca/>. Acesso em: 16 de agosto de 2022.

FIETTO, J. L. R.; MACIEL, T. E. F. Sequenciando genomas. In: MOREIRA, L.M. **Ciências genômicas: fundamentos e aplicações**. Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 2015. v. 1, p. 27–64. Disponível em: <https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/18497/material/Sequ%C3%Aancia%20genomas.pdf>. Acesso em 27 de fevereiro de 2023.

FILHO, W. G. V.; NOGUEIRA, A. M. P., *Aguardentes e Cachaça*, 2013. Disponível em: <https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Horticultura/aguardentes-e-cachaca-2013.pdf>. Acesso em 22 de dezembro de 2023.

FISCHBORN, Milena Luiza *Biotecnologia: conhecimento para alunos do ensino médio* / Milena Luiza Fischborn; Karla Fernanda Fontana (ilustradora); Fernando Furlan, Roberta Paulert (organizadores). – **Palotina**: [s.n.], [2020]. 24p.: il.

FORBES, *Brasil mostra que é um país cada vez mais cervejeiro*, 2022. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesagro/2022/09/brasil-mostra-que-e-um-pais-cada-vez-mais-cervejeiro/>. Acesso em: 23 de setembro de 2022.

GONÇALVES, Cleber Miranda. *Uso de levedura selecionada em escala piloto para a produção de cachaça de alambique*. 2015. 118 f. Tese (Doutorado Acadêmico em Biotecnologia) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2015.

GONÇALVES, Cleber Miranda.; CARVALHO, S.; NETO, A. G.; SERENO, H. S.; HUGHES, A. F. S.; OLIVEIRA, B. M.; PINHEIRO, C. S. R.; UETANABARO, A. P. T., *Produção e Análise Química de Cachaça de Alambique a Partir de Cepa Selecionada de Saccharomyces Cerevisiae*, **2019 B. CEPPA, Curitiba**, v. **37**, n. **2**, jul./dez. 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/download/50277/45078>. Acesso em 15 de junho de 2023.

Geniol, *Criador de jogos*, 2023 Disponível em: <https://www.geniol.com.br/palavras/caca-palavras/criador/>. Acesso em: 05 de outubro de 2023.

IBRAC, *História da Cachaça*, 2022. Disponível em: <https://ibrac.net/cachaca/1/historia-da-cachaca>. Acesso em: 02 de setembro de 2022.

IBRAC, *Mercado Externo*, 2023. Disponível em: <https://ibrac.net/servicos/mercado-externo#:~:text=Em%20quantidade%20exportada%2C%20os%20cinco,Janeiro%2C%20Minas%20Gerais%20e%20Cear%C3%A1>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2023.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL, *O papel dos microrganismos no futuro dos bicombustíveis*, 2011. Disponível em: <https://inpi.justica.gov.pt/Portals/6/PDF%20INPI/Eco-tecnologias/O%20Papel%20dos%20Microorganismos%20no%20futuro%20dos%20Bio%20combusti%C3%A7%C3%A3o%20industrial%20de%20etanol,cerevisia%20e%20para%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20etanol>. Acesso em: 22 de dezembro de 2023.

LEI Nº9.394, DE 20 DE DEZEMBRO DE 1996. Disponível em:
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm. Acesso em 16 de agosto de 2022.

MARQUES M. O, A Formação do Profissional de Educação - **5ª ed. rev.** – Ijuí. Editora Unijuí, 2006

MARTIN, J. G. P.; LINDNER, J. D. Microbiologia de alimentos fermentados. Disponível em: Minha Biblioteca, Editora Blucher, 2022.

Martins, Roberto Luvissuto Fermentação divertida: introdução à ciência através de atividade culinária investigativa [recurso eletrônico] / Roberto Luvissuto Martins, Pricila Veiga-Santos, Sarah Gimenez Castilho ; coordenação Pricila Veiga-Santos. – 1. ed. – São Paulo : **Cultura Acadêmica, 2014.**

MEDEIROS, B. B. M. P. Produção de aguardente utilizando mel de rejeito de abelhas (*Apis mellifera*) africanizadas. 2020. 74 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, **Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2020.** Disponível em:
<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/20621> Acesso em: 03 de setembro de 2022.

MINAS GERAIS. Lei Ordinária nº 16688, 11 de janeiro de 2007. Declara patrimônio cultural de Minas Gerais o processo tradicional de fabricação, em alambique, da cachaça de Minas. Leis Estaduais. Minas Gerais, **Diário do Executivo. 12/01/2007. p. 2_col2**

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005. Disponível em:
<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/instrucao-normativa-no-13-de-29-de-junho-de-2005.pdf/view> . Acesso em: 16 de agosto de 2022.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, Indicação Geográfica, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/indicacao-geografica/o-que-e-indicacao-geografica-ig>. Acesso em 02 de setembro de 2022.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, A Cachaça no Brasil, Dados de Registo de Cachaças e Aguardentes, 2019. Disponível em:

<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/GO/Sebrae%20de%20A%20a%20Z/A%20Cacha%C3%A7a%20no%20Brasil%20%E2%80%93%20Dados%20de%20registro%20de%20cacha%C3%A7a%20e%20aguardente..pdf>. Acesso em: 05 de dezembro de 2022.

MIRANDA, M. B. D. **Avaliação físico-química de cachaças comerciais e estudo da influencia da irradiação sobre a qualidade da bebida em tonéis de carvalho**. 2005. 86. Dissertação de Mestrado (Ciência e Tecnologia de alimentos. ESALQ. Universidade de São Paulo

NELSON, David L.; COX, Michael M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. Grupo A, 2019. E-book. ISBN 9788582715345. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582715345/>. Acesso em: 21 set. 2022.

RIBEIRO, M. L. D. **Qualidade da Cachaça em Função do Tratamento do Caldo e Tipo de Fermento**, 2016. Disponível em <http://acervodigital.unesp.br/handle/11449/138045>. Acesso em 15 de junho de 2023.

RIZZON, Luiz Antenor. **Elaboração de Vinagre/Luiz Antenor Rizzon**. – Bento Gonçalves: **Embrapa Uva e Vinho, 2001**. 31p. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 36).

SANDI, D., CHAVES, J.B.P., SOUZA, A.C.G., SILVA M.T.C., PARREIRAS, J. F. M., **Correlações entre características Físico-Químicas e Sensoriais em Suco de Maracujá-Amarelo (*Passiflora edulis* VAR. *flavicarpa*) Durante o Armazenamento**, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/dX4dwBBCGmVVnLxNhbv6z4B/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 17 de julho de 2023.

SANTOS, T. M. dos. **Avaliação da influência de bactérias lácticas isoladas da região de Salinas/MG, em fermentações consorciadas com leveduras selecionadas, na composição físico-química e sensorial de cachaças**. 2013. 102 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

SILVA, E. F., MACAGNAN, L. L., CARDOSO, T. F., **Biotechnologia: Um Panorama ao Longo dos Séculos**, 2021. **Iguatu, CE : Quipá Editora, 2021**.

SILVA E. A.; DELGADO, O. C., **O processo de ensino-aprendizagem e a pratica docente: reflexões**, 2018. **Rev. ESPAÇO ACADÊMICO (ISSN 2178-3829), v. 8, n. 2, 2018**

SOUZA, Diogo Bandeira de. "São Paulo Faz Escola": o conceito de práxis educativa e práxis educacional no currículo das escolas estaduais de São Paulo. 2015. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/8544>. Acesso em 16 de agosto de 2022.

OLIVEIRA, A. M. L., O Processo de Produção de Cachaça Artesanal e sua Importância Comercial, 2010. Disponível em <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-99VGVE>. Acesso em: 16 de agosto de 2022.

OLIVEIRA, V. A. de. Seleção e caracterização de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* utilizadas na produção de cachaça de alambique no Estado de Minas Gerais. 2005. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

PAGOTO, L.; PEREIRA, K. A.; CARVALHO, L. F., Estudo da Fermentação Alcoólica e Láctica com a Utilização de Micro-organismos através de uma Sequência Didática em Escola Pública, 2018. Editora Realize. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2018/TRABALHO_EV117_MD4_SA16_ID9780_28092018152857.pdf. Acesso em 13 de setembro de 2022.

SACRISTÁN, J. G. O currículo: uma reflexão sobre a prática. Disponível em: Minha Biblioteca, (3rd edição). **Grupo A, 2017.**

SANTOS, F. M. T., Unidades Temáticas – Produção de Material Didático por Professores em Formação Inicial, 2007. **Experiências em Ensino de Ciências. Porto Alegre. Vol. 2, n. 1 (mar. 2007), p. 01-11**

SENAI, Técnico em Biotecnologia, 2023. Disponível em: <https://www.sp.senai.br/curso/tecnico-em-biotecnologia/95390#:~:text=O%20Curso%20T%C3%A9cnico%20em%20Biotecnologia,e%20procedimentos%20de%20biosseguran%C3%A7a%20e>. Acesso em: 03 de março de 2023.

SORATTO, A. N.; VARVAKIS, G. HORII, J. A certificação agregando valor à cachaça do Brasil, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/DJbPvt8mD8fhzTT4Whf5W3K/?lang=pt>. Acesso em: 22 de setembro de 2022.

TORTORA, Gerard, J. et al. Microbiologia. Disponível em: Minha Biblioteca, (12th edição). Grupo A, 2017.

VICENTE, Maristela de Araújo et al. Isolation of *Saccharomyces cerevisiae* strains producing higher levels of flavoring compounds for production of "cachaça" the Brazilian sugarcane spirit. **National Library of Medicine** : National Center for Biotechnology Information, [s. l.], abr. 2006 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.10.018>.

VILLEN, R. A., Biotecnologia – Histórico e Tendências, 2009. Disponível em: <http://www.hottopos.com/regeq10/rafael.htm>. Acesso em: 20 de setembro de 2022.

9 APÊNDICES