

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR - MG
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA
BÁRBARA NICOMEDES COSTA

FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA:
PRINCIPAIS APLICAÇÕES E FATORES QUE INTERFEREM NO PROCESSO

Formiga– MG

2017

BÁRBARA NICOMEDES COSTA

FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA:
PRINCIPAIS APLICAÇÕES E FATORES QUE INTERFEREM NO PROCESSO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Química do UNIFOR-MG, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Química. Orientador: Me. Antônio José dos Santos Júnior.

Formiga – MG

2017

C837 Costa, Bárbara Nicomedes.

Fermentação alcoólica: principais aplicações e fatores que interferem no processo / Bárbara Nicomedes Costa. – 2017.
62 f.

Orientador: Antônio José dos Santos Júnior.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química)-Centro Universitário de Formiga-UNIFOR, Formiga, 2017.

1. Etanol. 2. Leveduras. 3. Dióxido de carbono. I. Título.

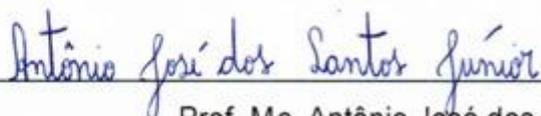
CDD 540

BÁRBARA NICOMEDES COSTA

FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA:
PRINCIPAIS APLICAÇÕES E FATORES QUE INTERFEREM NO PROCESSO

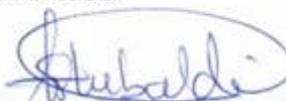
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Química do UNIFOR-MG, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Química.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Antônio José dos Santos Júnior

Orientador



Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi

UNIFOR-MG



Prof. Neylor Makalister Ribeiro Vieira

UNIFOR-MG

Formiga, 31 de outubro de 2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu marido, que também é meu amigo e companheiro, que de maneira carinhosa e única, me deu apoio incondicional e força para continuar diante das dificuldades, e prosperar a cada dia mais. Obrigado, Júnior!

Aos meus pais, que me deram todo amor e educação, e são responsáveis pela minha formação e caráter.

Ao meu irmão Raul, que está sempre presente em minha vida.

Agradeço especialmente, aos meus familiares, que estão sempre comigo, apoiando e torcendo pelo meu sucesso.

Aos meus velhos amigos, por toda ajuda e incentivo.

Aos meus queridos colegas de faculdade que contribuíram dia a dia para a construção deste sonho, e, principalmente, aqueles que fizeram com que a carga fosse menor, dando apoio, ensinando e batalhando comigo a cada dia. Obrigado Aline, Bruna, Gabi, Rangel e Paulo César. Quero leva-los por toda a minha vida.

E, ao meu professor e orientador Antônio Júnior, que além de orientador, tornou-se um amigo, que com muita dedicação e paciência fez possível a elaboração e desenvolvimento deste projeto. Antônio, professores como você, nos inspiram e merecem todo respeito e reconhecimento.

Muito obrigado, meus queridos!

RESUMO

As reações metabólicas dos microrganismos, apesar de complexas, muito interessam ao homem. As leveduras do tipo *Saccharomyces*, na busca por energia para realizarem suas atividades vitais, realizam a fermentação alcoólica. Ao metabolizarem a glicose, os microrganismos produzem adenosina trifosfato (ATP), que será utilizada como forma de energia, e excretam etanol e dióxido de carbono como subprodutos, que são os produtos de interesse do homem, visto que possui vasta aplicabilidade em vários setores da indústria. O etanol, é amplamente empregado como biocombustível, além de estar presente em uma variedade de bebidas alcoólicas. Além do etanol, o dióxido de carbono também é abundantemente aplicado na indústria da panificação. Graças a esse componente que dá volume às massas. É um processo teoricamente complexo, mas sua prática é simples e fácil, por isso, é tão extenso o emprego da fermentação alcoólica nos mais variados setores da indústria, e pelos mais diversos tipos de produtores, desde o artesão, às multinacionais. Apesar de simples, deve-se ter cautela nessa prática, pois vários são os fatores que podem interferir na fermentação alcoólica, que serão mencionados detalhadamente neste estudo.

Palavras-chave: Etanol. Leveduras. Dióxido de carbono.

ABSTRACT

The metabolic reactions of the microorganism, although complex, are of men interest. Yeasts of *Saccharomyces* type, seeking for energy on purpose of realizing its vitals activities, perform the alcoholic fermentation. By metabolizing glucose, the microorganisms produces ATP, which will be used as a form of energy, and excrete ethanol and carbon dioxide as by-products which are the ones of men interest, since endues a vast applicability in several sector of industry. Ethanol is widely worn as biofuels, in addition, it is present in a diversity of alcoholic beverages. Besides ethanol, CO₂ is also profusely applied in the baking industry, thanks to such process which gives volume to the masses. Theorically, it is a complex process, but in it's practice, is simple and easy, that's why, it is so widely used in the alcoholic fermentation in various sectors of the industry, and by the most diverse types of producers, from craftsman to multinationals. In spite of being simple, caution should be exercised in this practice, because are vast the factors that can interfere with alcoholic fermentation, which will be mentioned in detail in this study.

Key words: Ethanol. Yeasts. Carbon dioxide.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vias de utilização da glicose.....	12
Figura 2 - As duas fases da glicólise.....	14
Figura 3 - A fosforilação da glicose.....	15
Figura 4 - A conversão da glicose-6-fosfato a frutose-6-fosfato.....	15
Figura 5 - A fosforilação da frutose-6-fosfato a frutose-1,6-bifosfato.....	16
Figura 6 - A divisão da frutose-1,6-bifosfato.....	17
Figura 7 - A oxidação do gliceraldeído-3-fosfato a 1,3-bifosfoglicerato.....	18
Figura 8 - A transferência de grupo fosforil de 1,3-bifosfoglicerato a ADP.....	19
Figura 9 - A conversão de 3-fosfoglicerato a 2-fosfoglicerato.....	20
Figura 10 - A desidratação de 2-fosfoglicerato a fosfoenolpiruvato.....	20
Figura 11 - A transferência de um grupo fosforil do fosfoenolpiruvato para ADP..	21
Figura 12 – Fermentação alcoólica.....	22
Figura 13 - Fluxograma do processo de produção de álcool.....	25
Figura 14 - Indústrias produtoras de bebidas alcólicas em 2015.....	32
Figura 15 - Participação das indústrias produtoras de bebidas alcólicas em 2015.....	32
Figura 16 - Fluxograma do processo de produção de cachaça.....	34
Figura 17 - Fluxograma do processo de produção de vinho tinto.....	38
Figura 18 - Cadeia produtiva do setor cervejeiro no Brasil.....	42
Figura 19 - Fluxograma de processo de produção de cerveja.....	44
Figura 20 - Levedura vista em microscópio.....	46
Figura 21 - Crescimento microbiano.....	58
Figura 22 - Esquema geral de um processo fermentativo.....	54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS	10
2.1	Objetivo Geral	10
2.2	Objetivos Específicos	10
3	JUSTIFICATIVA.....	11
4	REAÇÕES METABÓLICAS	12
4.1	Glicólise	12
4.1.1	Etapa 1: A fosforilação da glicose	15
4.1.2	Etapa 2: A conversão da glicose-6-fosfato a frutose-6-fosfato.....	15
4.1.3	Etapa 3: A fosforilação da frutose-6-fosfato a frutose-1,6-bifosfato..	16
4.1.4	Etapa 4: A divisão da frutose-1,6-bifosfato	16
4.1.5	Etapa 5: A interconversão das trioses-fosfato	17
4.1.6	Etapa 6: A oxidação do gliceraldeído-3-fosfato a 1,3-bifosfoglicerato	17
4.1.7	Etapa 7: A transferência de grupo fosforil de 1,3-bifosfoglicerato a ADP.....	18
4.1.8	Etapa 8: A conversão de 3-fosfoglicerato a 2-fosfoglicerato	19
4.1.9	Etapa 9: A desidratação de 2-fosfoglicerato a fosfoenolpiruvato.....	20
4.1.10	Etapa 10: A transferência de um grupo fosforil do fosfoenolpiruvato para ADP... ..	20
5	FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA	22
6	PRINCIPAIS APLICAÇÕES DA FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA	24
6.1	Etanol	24
6.1.1	O preparo do substrato (Malte)	26
6.1.2	Fermentação alcóolica.....	26
6.1.3	Destilação	28
6.2	CO ₂ na panificação.....	28
6.3	Bebidas alcóolicas	31
6.3.1	Aguardente (Cachaça)	33
6.3.1.1	Moagem da cana de açúcar e tratamento do caldo.....	35
6.3.1.2	Fermentação do mosto	35
6.3.1.3	Destilação	36

6.3.1.4	Acondicionamento	36
6.3.2	Vinho	37
6.3.3	Cerveja	40
6.3.3.1	A cerveja no Brasil	40
6.3.3.2	Mercado.....	41
6.3.3.3	A bebida e suas classificações	42
6.3.3.4	O processo de produção	43
6.3.3.4.1	Matérias-primas	45
6.3.3.4.2	Produção do mosto.....	47
6.3.3.4.3	Fermentação alcóolica	48
6.3.3.4.4	Filtração e maturação	49
6.3.3.4.5	Envase.....	50
7	FATORES QUE INTERFEREM NA FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA	51
7.1	Agentes de fermentação	51
7.2	Nutrição mineral e orgânica	51
7.3	Temperatura.....	52
7.4	pH.....	52
7.5	Concentração de açúcares.....	53
7.6	Concentração do inóculo	53
7.7	Antissépticos e antibióticos	53
8	MICROORGANISMOS E MEIOS DE CULTURA	54
9	ESTERILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS.....	57
9.1	Processos físicos de esterilização	57
9.2	Esterilização por agentes químicos.....	58
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
	REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

O uso de microrganismos, para converter uma substância em outra, é conhecido, e aplicado, desde os primórdios, na fabricação de bebidas a partir da fermentação de cereais e frutos, até a obtenção do álcool e bebidas alcoólicas.

Porém, o ramo da Engenharia Bioquímica nasceu durante a Segunda Guerra Mundial, entre 1939 e 1945, onde os denominados “Aliados” não mediram esforços ao desenvolver o processo de produção de penicilina por fermentação. Um processo, até então, de laboratório, que a partir daí, foi produzido em escala industrial (BORZANI, 2014).

A fermentação de açúcares para produção do álcool é um processo bioquímico, onde os microrganismos (leveduras) consomem os açúcares presentes no mosto (líquido açucarado a ser fermentado), e produzem álcool a partir do sistema de respiração anaeróbio, onde não há presença de oxigênio.

As leveduras, responsáveis pela conversão do açúcar em álcool, são microrganismos eucarióticos, em sua maioria unicelulares, pertencentes ao Reino Fungi. Possuem reprodução vegetativa por gemulação ou brotamento. São seres heterotróficos, e por isso, necessitam de substrato para sobreviverem.

Nos últimos cento e cinquenta anos, a fabricação de bebidas alcoólicas evoluiu para uma ciência altamente desenvolvida. Assim como em outras indústrias alimentícias, a grande variedade e competitividade do mercado forçam o fabricante a usar maior habilidade e experiência para produzir bebidas de qualidade. “Em última análise, o critério de qualidade com todos os refinamentos da ciência moderna, ainda está nos órgãos humanos do paladar, do olfato e da visão” (SHREVE; BRINK., 2014 p. 477).

Diversos são os fatores que podem interferir no processo fermentativo. O principal prejuízo é o rendimento da fermentação, onde o açúcar contido no mosto não é totalmente convertido a álcool. Diversos fatores podem interferir na produção. Tanto na literatura, quanto na prática, os principais, podem ser: matéria-prima (tipo de malte utilizado); aeração e agitação; nutrientes; concentração de açúcares e fermento; temperatura, pH e acidez; contaminação bacteriana; entre outros.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Estudar a fermentação alcóolica, suas propriedades, características, os principais fatores que podem interferir no rendimento de tal processo, bem como suas aplicações na indústria.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar revisão bibliográfica acerca da fermentação alcóolica e os principais fatores que interferem neste processo.
- Conhecer as principais aplicações industriais para o processo fermentativo.
- Explorar os processos de produção dos principais produtos provenientes da fermentação alcóolica.

3 JUSTIFICATIVA

A indústria da fermentação alcoólica, tem amplo destaque no mercado brasileiro, e uma gama de produtos.

Desde o combustível que abastece automóveis, passando pela fabricação de pães e massas, até a produção de diversas bebidas alcoólicas, a indústria fermentativa fomenta a economia do país e gera empregos.

O mercado de bebidas alcoólicas, é amplo. A fermentação alcoólica, em sua parte prática, é uma ciência simples de entender. Por este motivo, o ramo de atividade possui grandes indústrias fabricantes e distribuidoras de bebidas em larga escala, aos pequenos produtores artesanais, que atendem um pequeno e seletivo público.

A cerveja artesanal, vem ganhando cada vez mais espaço no competitivo mercado de bebidas.

“O mercado de cervejas artesanais no Brasil, apesar da crise político-financeira, não para de crescer e se mostra como uma aposta promissora para os próximos anos” (FERREIRA, 2016).

Diante deste cenário, o produtor artesanal vem aperfeiçoando a cada vez mais suas técnicas visando otimização dos processos e maior variabilidade de produtos.

Além da busca pela variedade, vale ressaltar que o controle de alguns fatores, como pH, temperatura, microrganismo, entre outros é de suma importância em um processo tanto em escala industrial quanto artesanal, por questões econômicas, de produção e visando a qualidade do produto final.

Mas, mesmo se tratando de uma ciência simples, a fermentação alcoólica é uma atividade que requer higiene, cuidados e principalmente, respeito. Neste projeto, vamos estudar a fermentação alcoólica em sua teoria, prática, bem como aplicações no mercado nacional e internacional.

4 REAÇÕES METABÓLICAS

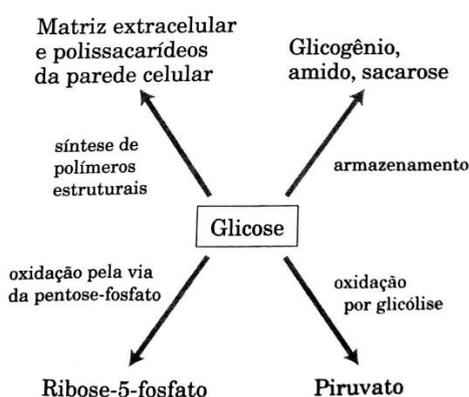
4.1 Glicólise

A fermentação alcoólica, consiste em um processo anaeróbio, de busca energética das leveduras, onde há degradação de carboidratos como substrato, e formação de etanol e CO₂ como compostos principais (SANTOS, 2016).

Os carboidratos que serão quebrados pelas leveduras, na síntese do etanol, são formados a partir de unidades de glicose. Nelson e Cox (2011), afirmam que “a glicose ocupa posição central no metabolismo de plantas, animais e muitos microrganismos.” Isso, por ser rica em energia potencial, o que significa que é um excelente combustível para seres vivos realizarem suas tarefas fisiológicas.

Os mesmos autores admitem que a glicose, possui quatro destinos principais: auxiliam na síntese de polissacarídeos complexos; são armazenados nas células para atuarem como polissacarídeos ou sacarose; produzindo ribose-5-fosfato para a síntese de ácidos nucleicos e NADPH; ou sendo oxidada a piruvato através da glicólise, produzindo ATP e intermediários metabólicos. A FIG. 1, mostra um simplificado esquema das quatro principais vias de utilização da glicose.

Figura 1 - Vias de utilização da glicose.



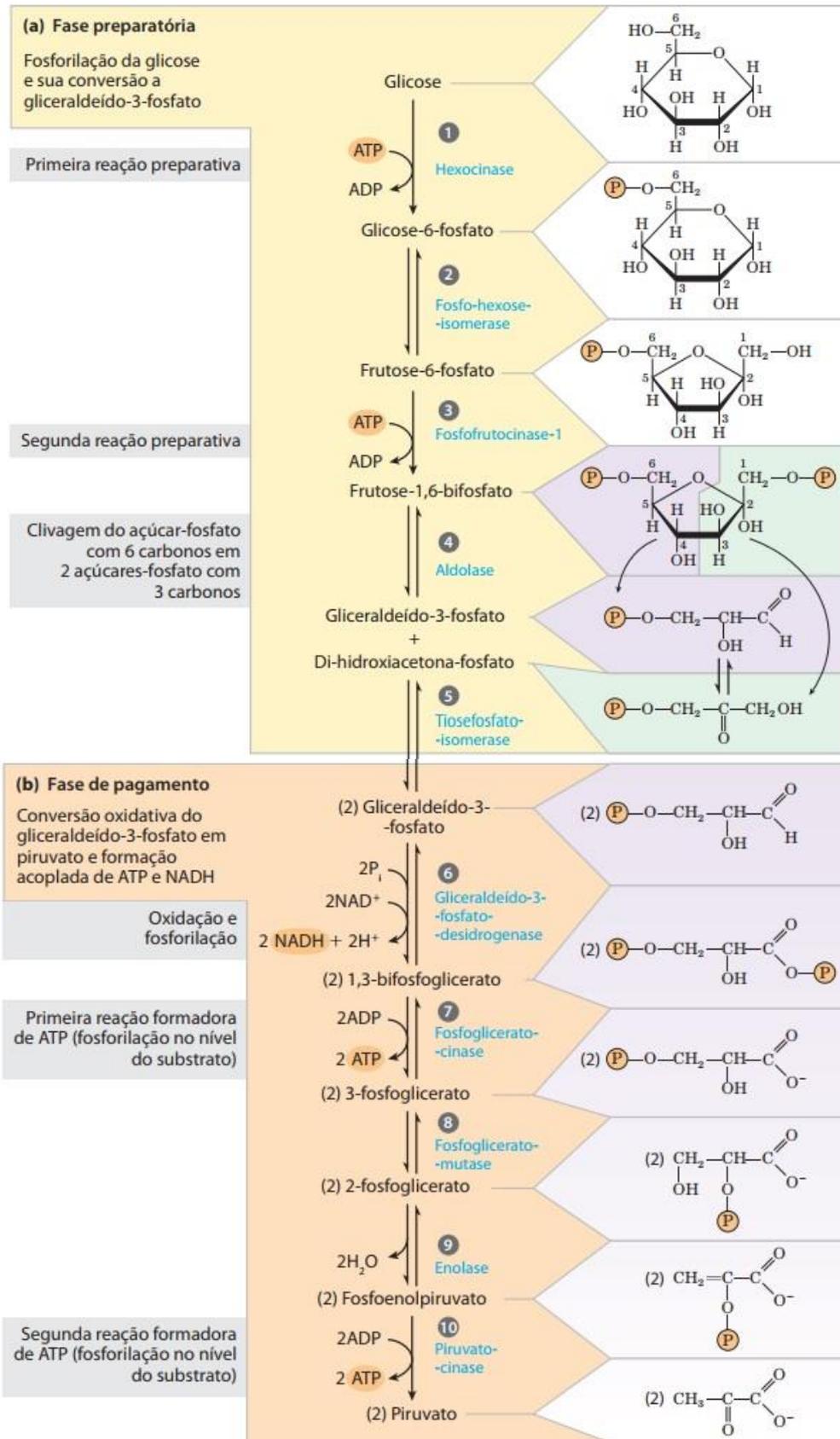
Fonte: NELSON; COX, 2011, p. 527.

A última via de utilização, é a responsável pela ocorrência da fermentação alcoólica. Antecedente a fermentação ocorre um processo denominado glicólise, que pode ser simplificada, expressado como a quebra de uma molécula de glicose

($C_6H_{12}O_6$), em duas moléculas de piruvato ($C_3H_4O_3$), com a liberação de 4 prótons (H^+) (CROCOMO; GUTIERREZ, 2014).

De acordo com Nelson e Cox (2011), o termo glicólise, tem origem grega, onde “*glykys*” significa açúcar/doce e “*lysis*” quer dizer quebra. Uma molécula de glicose, é degradada diante de uma série de complexas reações, todas catalisadas por enzimas no propósito da geração de piruvato. Tal processo, passa por dez etapas, onde as primeiras cinco, constituem a *fase preparatória*, em que ocorre o gasto energético, enquanto as fases de 6 a 10, são denominadas *fase de compensação*, em que ocorre a produção de energia. São mostradas na FIG. 02, as duas fases da glicólise, demonstrando as dez etapas.

Figura 2 - As duas fases da glicólise

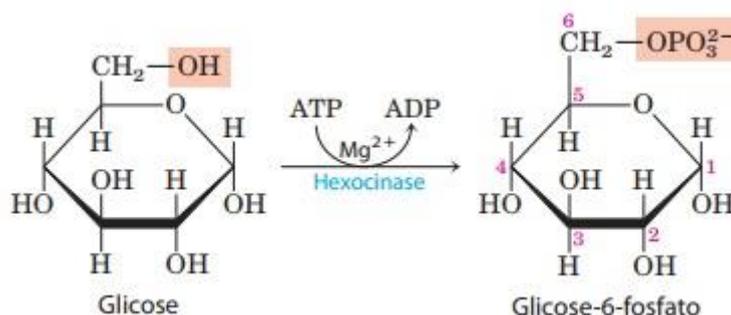


Fonte: NELSON; COX, 2014, p. 545.

4.1.1 Etapa 1: A fosforilação da glicose

Na primeira etapa da glicólise, ocorre a ligação junto a molécula de glicose de um grupo fosfato (PO_4), formando glicose-6-fosfato, catalisada pela enzima *hexocinase*, cujo cofator é Mg^{2+} . (NELSON; COX, 2011) A FIG. 3 ilustra a etapa.

Figura 3 - A fosforilação da glicose

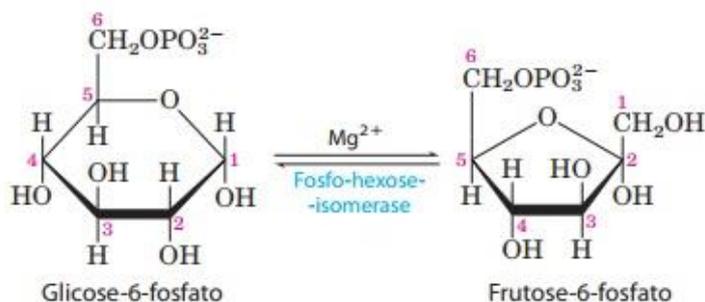


Fonte: NELSON; COX, 2014, p. 548.

4.1.2 Etapa 2: A conversão da glicose-6-fosfato a frutose-6-fosfato.

Harvey e Ferrier (2012), relatam que nesta etapa, ocorre a isomerização da molécula de glicose-6-fosfato a frutose-6-fosfato. Essa reação é catalisada pela enzima *fosfo-hexose-isomerase* que também tem seu cofaor Mg^{2+} , conforme estrutura representada na FIG. 4.

Figura 4 - A conversão da glicose-6-fosfato a frutose-6-fosfato

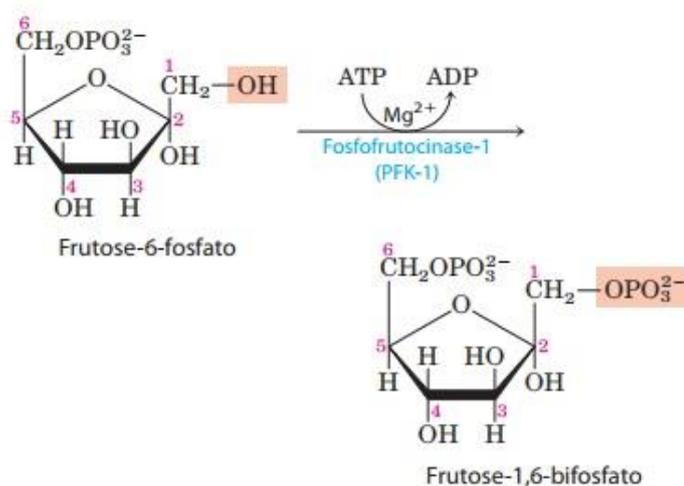


Fonte: NELSON; COX, 2014, p. 549.

4.1.3 Etapa 3: A fosforilação da frutose-6-fosfato a frutose-1,6-bifosfato

A enzima *fosfofrutocinase-1* (*PFK-1*), que tem como cofator Mg^{2+} , catalisa a transferência de um grupo fosforil para a molécula, formando frutose-1,6-bifosfato. Para Harvey e Ferrier (2012), é nessa etapa que OH é substituído por PO_4 , ficando assim com dois grupos fosfatos, conforme ilustra a FIG. 5:

Figura 5 - A fosforilação da frutose-6-fosfato a frutose-1,6-bifosfato

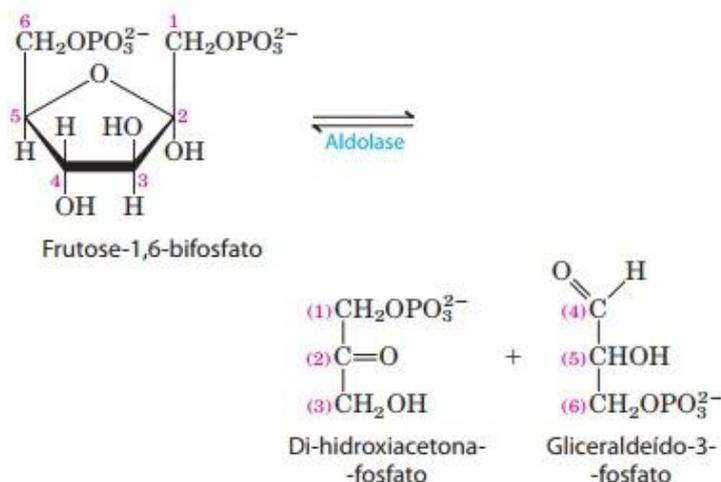


Fonte: NELSON; COX, 2014, p. 532.

4.1.4 Etapa 4: A divisão da frutose-1,6-bifosfato

Segundo os mesmos autores, na etapa quatro, que é catalisada pela enzima *aldolase*, a molécula de frutose-1,6-bifosfato fragmenta em duas trioses-fosfato distintas: a diidroxiacetona-fosfato e o gliceraldeído-3-fosfato. Suas estruturas estão representadas na FIG. 6:

Figura 6 - A divisão da frutose-1,6-bifosfato



Fonte: NELSON; COX, 2014, p. 550.

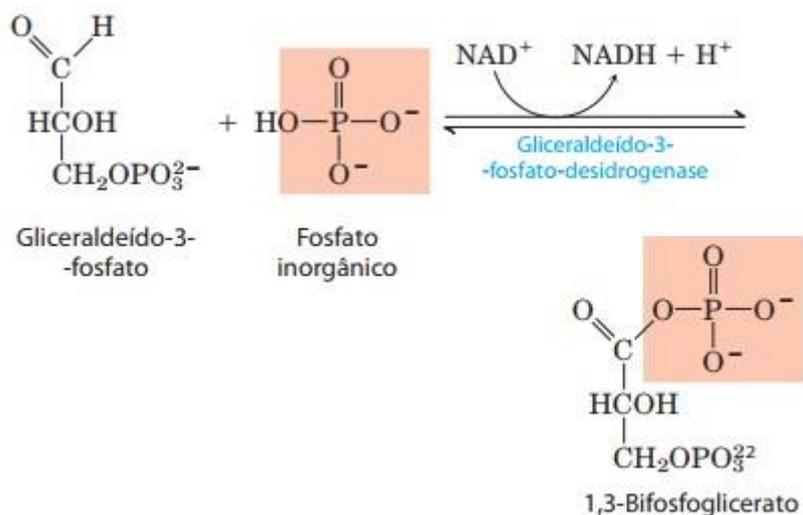
4.1.5 Etapa 5: A interconversão das trioses-fosfato

Apenas o gliceraldeído-3-fosfato será degradado nas próximas etapas, enquanto a diidroxiacetona-fosfato é convertida a gliceraldeído-3-fosfato pela catálise da enzima *triose-fosfato-isomerase*. Nesta etapa, termina a fase preparatória da glicólise (HARVEY; FERRIER, 2012).

4.1.6 Etapa 6: A oxidação do gliceraldeído-3-fosfato a 1,3-bifosfoglicerato

Aqui, inicia-se a fase de compensação, através da catálise da enzima *gliceraldeído-3-fosfato-desidrogenase*, com o propósito de promover a oxidação de gliceraldeído-3-fosfato por fosfato inorgânico, a 1,3-bifosfoglicerato, conforme citam Nelson e Cox (2011), mostrado na FIG. 7:

Figura 7 - A oxidação do gliceraldeído-3-fosfato a 1,3-bifosfoglicerato

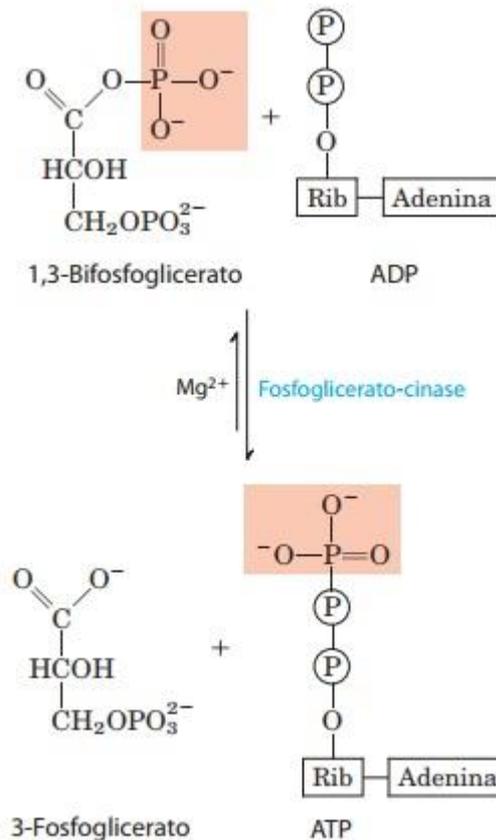


Fonte: NELSON; COX, 2014, p. 551.

4.1.7 Etapa 7: A transferência de grupo fosforil de 1,3-bifosfoglicerato a ADP

Os mesmos autores narram que, catalisada pela enzima *fosfogliceratocinase*, que tem cofator Mg²⁺, nessa etapa o grupo fosforil liga-se a ADP, resultando 3-fosfoglicerato e ATP. A FIG. 8 representa a etapa 7.

Figura 8 - A transferência de grupo fosforil de 1,3-bifosfoglicerato a ADP

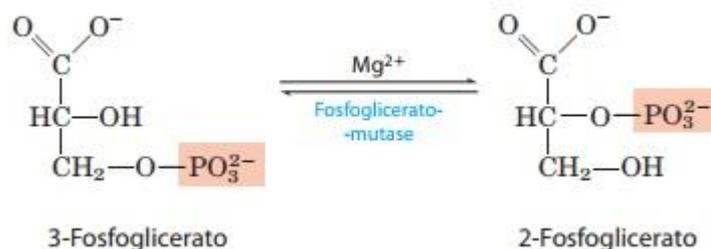


Fonte: NELSON; COX, 2014, p. 552.

4.1.8 Etapa 8: A conversão de 3-fosfoglicerato a 2-fosfoglicerato

De acordo com Harvey e Ferrier (2012), aqui ocorre o deslocamento de um grupo fosforil, do carbono 3 ao carbono 2, convertendo o composto a 2-fosfoglicerato, graças a ação de catálise da enzima *fosfoglicerato-mutase*, cujo cofator é Mg^{2+} . A FIG. 9 ilustra essa etapa:

Figura 9 - A conversão de 3-fosfoglicerato a 2-fosfoglicerato

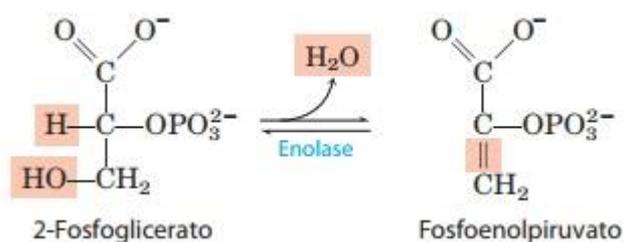


Fonte: NELSON; COX, 2014, p. 554.

4.1.9 Etapa 9: A desidratação de 2-fosfoglicerato a fosfoenolpiruvato

A enzima *enolase* promove a catálise dessa etapa, em que 2-fosfoglicerato perde uma molécula de água, se tornando o composto fosfoenolpiruvato, conforme narram Harvey e Ferrier (2012), e é demonstrado na FIG. 10.

Figura 10 - A desidratação de 2-fosfoglicerato a fosfoenolpiruvato

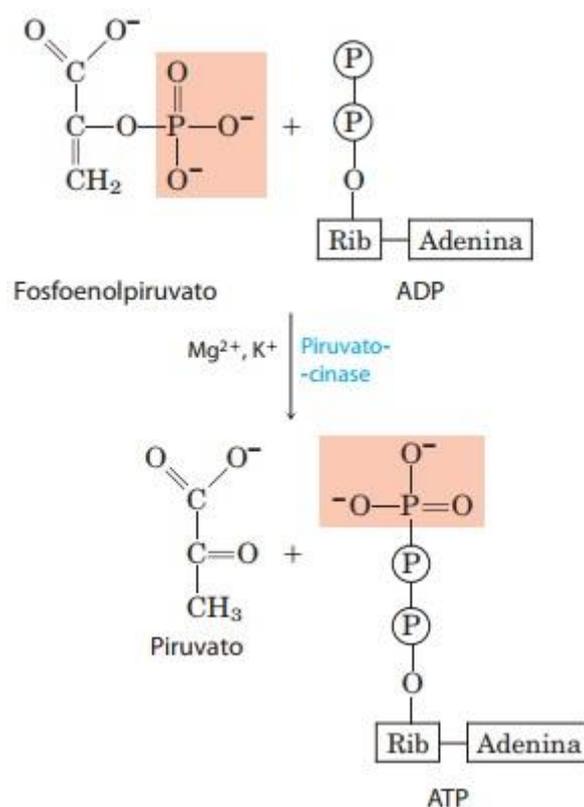


Fonte: NELSON; COX, 2014, p. 554.

4.1.10 Etapa 10: A transferência de um grupo fosforil do fosfoenolpiruvato para ADP

Na última etapa da glicólise, ocorre a transferência de um grupo fosforil, para uma molécula de ADP, finalmente formando Piruvato + ATP. A enzima responsável pela catálise dessa reação química, é a *piruvato-cinase*, que tem como cofator K^+ e Mg^{2+} ou Mn^{2+} (NELSON; COX, 2011). A FIG. 11 ilustra claramente a transferência do composto, e formação do piruvato:

Figura 11 - A transferência de um grupo fosforil do fosfoenolpiruvato para ADP



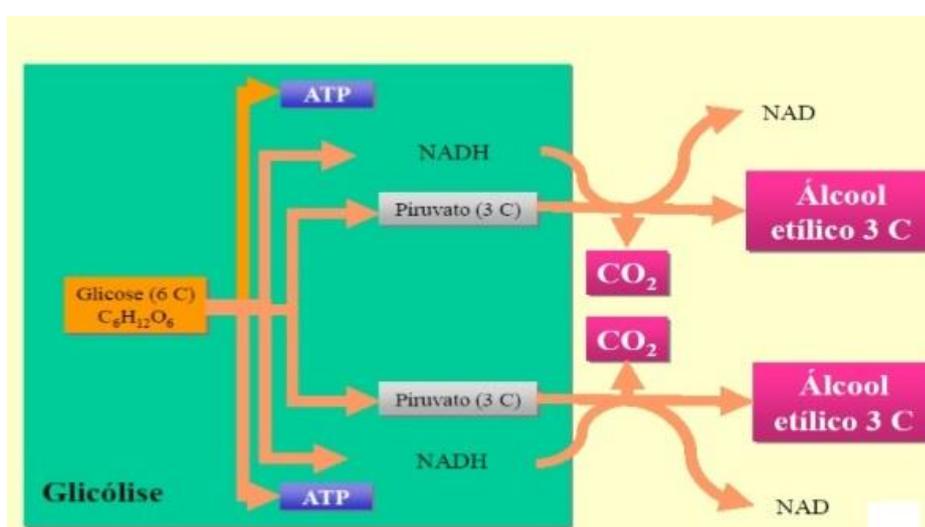
Fonte: NELSON; COX, 2014, p. 554.

Com essa etapa, se fecha a fase de compensação, e juntamente o ciclo da glicólise, restando Piruvato e ATP.

5 FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA

O destino do piruvato formado na glicólise, em condições anaeróbias, é a fermentação. Tecidos animais e algumas leveduras realizam a fermentação láctica, tendo como produto, o lactato. Já, determinadas espécies de leveduras anaeróbias, realizam a fermentação alcóolica, onde o produto é o etanol (NELSON; COX, 2011). A FIG. 12 ilustra a fermentação alcóolica:

Figura 12 – Fermentação alcóolica



Fonte: STEINLE, 2013, p. 9

Na fermentação alcóolica, cada molécula de piruvato, será convertida em uma molécula de etanol (C₂H₆O), gás carbônico (CO₂) e liberará uma molécula de ATP (Trifosfato de Adenosina) (CROCOMO; GUTIERREZ, 2014).

Esses dois fenômenos (glicólise + fermentação alcóolica), podem ser representados de forma simplificada, pela Equação 1:



O objetivo primordial dos microrganismos, ao metabolizar o açúcar, é produzir ATP. Este exerce o papel de reservatório de energia para a levedura, que será empregado em diversas atividades fisiológicas necessárias a manutenção da vida e perpetuação da espécie (LIMA; BASSO; AMORIM, 2014).

As leveduras utilizadas neste processo, na grande maioria, são do gênero *Saccharomyces*. Essas, apresentam ótimo rendimento, cerca de 90%. Dispõe de estabilidade quanto ao comportamento fisiológico, não exigem condições de processos complexas, entre outras características (STEINLE, 2013).

De acordo com Lima, Basso e Amorim (2014, p. 11), “O homem vem se utilizando da fermentação alcóolica desde a mais remota antiguidade. Há mais de 4.000 anos os egípcios fabricavam o pão e produziam bebidas alcóolicas a partir de cereais e frutas.” Mas, as leveduras só foram descobertas e reconhecidas como seres vivos, quando Antonie van Leewenhoek (1623-1723), as notou ao observar uma amostra de cerveja em fermentação, com um microscópio criado por ele próprio.

Atualmente, são utilizados amplamente, em escala industrial, processos fermentativos. Estes, podem produzir etanol, ácido acético, ácido láctico, solventes como butanol, acetona; antibióticos como penicilina; leites fermentados, queijos, pães, bebidas alcóolicas como cerveja, vinho, cachaça, entre outros produtos (BORZANI, 2014).

6 PRINCIPAIS APLICAÇÕES DA FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA

As leveduras fermentadoras do tipo *Saccharomyces*, tem grande aplicação na indústria, em diferentes processos, de distintas áreas (STEINLE, 2013).

O mesmo autor afirma que são utilizadas em larga escala no mundo todo, na fabricação de Biocombustíveis. O Etanol, é um produto resultante da fermentação destes micro-organismos. Uma excelente alternativa de combustível sustentável, já que não necessita do limitado petróleo na sua formulação.

Para Mattos (2010), assim como o etanol, é de grande aplicabilidade na indústria, o CO₂ excretado pelas *Saccharomyces*, utilizado na panificação. Este, contribui com o crescimento da massa, sem necessidade de utilização de aditivos químicos.

Outra área, onde o uso das leveduras é empregado, é na fabricação de bebidas alcólicas em geral. Nestes processos, as leveduras consomem o substrato fornecido, na busca energética. Assim, produzem ATP como forma de energia, e como produtos, CO₂ e etanol. Este etanol, define o teor alcóolico das bebidas. Neste trabalho de conclusão de curso, serão abordadas as bebidas alcólicas vinho, aguardente (cachaça) e cerveja. Sobre essa última, serão estudados a fundo, as matérias-primas, bem como o processo completo de produção, e os fatores que podem interferir na fermentação alcoólica (SIROMA, 2013).

6.1 Etanol

Conforme Lima, Basso e Amorim (2014, p. 1), “A indústria de álcool industrial desenvolveu-se na Europa, nos meados do século 19; no último quarto deste século iniciou-se a produção de etanol no Brasil, com as sobras de melaço da indústria de açúcar que ampliava sua capacidade produtiva.”

Nessa época, o etanol era aplicado, na indústria química, farmacêutica, de bebidas e em combustão para gerar energia térmica. Somente após a primeira guerra mundial (1914 / 1918), o álcool começou a ser empregado como combustível, em motores de explosão. A segunda grande guerra (1939 / 1945), também contribuiu para o desenvolvimento de etanol em larga escala, pois a falta de gasolina, levou à necessidade de um combustível alternativo (LIMA; BASSO; AMORIM, 2014).

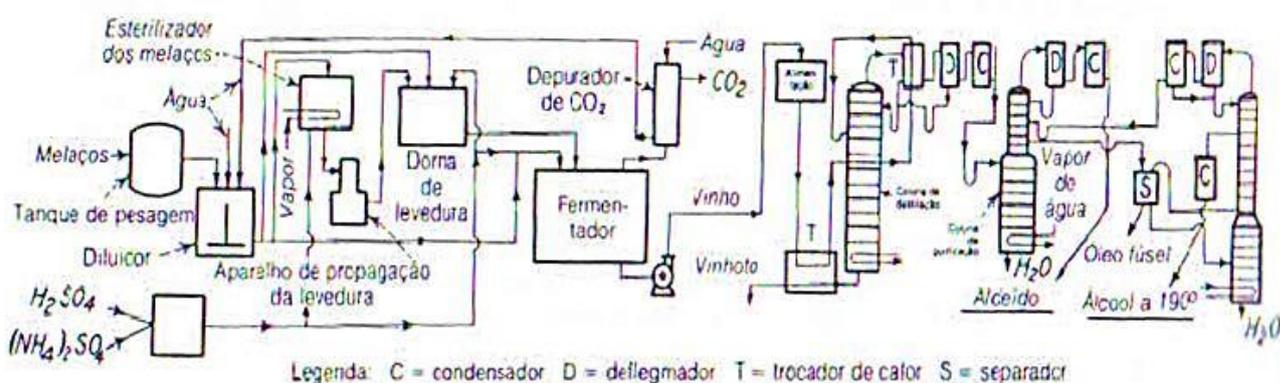
Segundo Khashgi, Prince e Marland¹ (2000 apud Santos et al., 2012, p. 1), na década de 70, iniciou-se a crise internacional do petróleo, pela busca por alternativas sustentáveis devido à preocupação com a preservação ambiental, assim como com a iminente escassez do petróleo. Tal fato, levou os representantes governamentais buscarem por combustíveis produzidos de forma sustentável e renovável, e ao mesmo tempo em escala industrial. O que fomentou a indústria alcooleira.

Foi instituído o plano de desenvolvimento da produção de álcool no Brasil, o Pró-Álcool, no qual apoiava as indústrias açucareiras e destilarias. O etanol anidro, passou a ser utilizado como aditivo na gasolina, sem necessidade de modificar os motores dos veículos. (KOHLHEPP, 2010). O que alavancou ainda mais o consumo do produto.

O etanol pode ser produzido, a partir de três princípios básicos: processo destilatório, sintético ou fermentativo, mas apenas o último processo citado, tem significação econômica no Brasil (LIMA; BASSO; AMORIM, 2014).

“Na obtenção do álcool por via fermentativa, distinguem-se três fases: o preparo do substrato, a fermentação e a destilação” (LIMA; BASSO; AMORIM, 2014, p. 3). A FIG. 13 representa o fluxograma detalhado da produção de etanol.

Figura 13 - Fluxograma do processo de produção de álcool



Fonte: SHREVE; BRINK, 2014, p. 474.

¹ Khashgi, H. S.; Prince, R. C.; Marland, G.; Annu. **Rev. Energy Environ.** 2000.

6.1.1 O preparo do substrato (Malte)

A matéria-prima principal do mosto de melaço, que será fermentado pelas leveduras, é a cana-de-açúcar. Esta, passa por um processador, liberando todo o caldo, também chamado de garapa, que é um líquido que contém alto teor de sacarose e posteriormente é diluído com água. Lima, Basso e Amorim (2014), afirmam que este caldo pode ser fermentado em sua forma bruta, mas é hábito submetê-lo a clarificação, para formação de um mosto mais limpo (SHREVE; BRINK, 2014).

Os mesmos autores narram que após o procedimento de clarificação, o mosto é enviado às dornas fermentadoras.

6.1.2 Fermentação alcoólica

Lima, Basso e Amorim (2014), citam que para a fermentação alcoólica, as leveduras mais conhecidas e utilizadas, são as do tipo *Saccharomyces*. O processo acontece em recipientes denominados dornas. Podem ser abertas ou fechadas, construídas de aço-carbono, em formato cilíndrico, com seu fundo cônico. A capacidade volumétrica dessa dorna, deve ser em harmonia com os destiladores.

A fermentação, acontece com o propósito de geração de energia para a levedura, em forma de ATP (adenosina trifosfato). Os produtos de maior interesse para o homem, que são o CO₂ e o etanol, não passam de excrementos dos microrganismos, sem utilidade metabólica para as células. Esse processo, acontece em anaerobiose (na ausência de oxigênio), e juntamente com o CO₂ e etanol, as leveduras consomem 5% do substrato, para sintetizarem produtos secundários, como o glicerol, ácidos orgânicos tais como succínico e acético, álcoois superiores, entre outros. Com isso, conclui-se que o rendimento na produção de etanol, pode chegar até a 95% (SHREVE; BRINK, 2014).

De acordo com Lima, Basso e Amorim (2014) diversos fatores físicos, químicos e microbiológicos, podem afetar o rendimento da fermentação alcoólica, diminuindo a eficiência da conversão do substrato em álcool. Tais fatores, podem ser:

- Escolha do tipo de levedura;
- Substrato a ser oferecido a levedura;

- Temperatura;
- pH;
- Concentração de açúcar contida no mosto;
- Concentração do inóculo (leveduras);
- Contaminação bacteriana, entre outros.

Para compreender se a fermentação ocorre da forma apropriada, sem contaminações e sem nenhum evento inesperado, existem algumas práticas a serem seguidas e observadas, para garantir a pureza da fermentação. (LIMA; BASSO; AMORIM, 2014):

- Odor: O aroma do líquido fermentando, deve ser puro, ativo, tendendo a cheiro de frutas maduras. Cheiro ácido, apodrecido, significa que há algo errado com o processo.
- Tempo: Este fator, deve ser observado cuidadosamente. No mosto composto por caldo de cana, o tempo de fermentação é maior, comparado a líquidos com a base de outras matérias-primas.
- Espuma: O aspecto da espuma, pode variar de acordo com a espécie de levedura, natureza do mosto ou temperatura. Mas esta, deve apresentar o padrão do tipo de fermentação.
- Moscas: Se ocorre o aparecimento de moscas do gênero *Drosófilas* durante a fermentação, significa que há infecção acética.
- Densidade: Esta, deve seguir uma curva condizente com as fases da fermentação.
- Acidez no substrato: Há variação na acidez, durante todo o processo fermentativo, mas não deve haver muita discrepância entre o valor final e inicial. “Quando a acidez final for maior que o dobro da inicial é sinal de má fermentação.” (LIMA; BASSO; AMORIM, 2014, p. 24)

Shreve e Brink (2014) narram que após a fermentação, é costume realizar o reaproveitamento da levedura. Esta, pode ser retirada por decantação, no fundo das dornas após o processo, ou podem passar por um processo de centrifugação e ajuste de pH, juntamente com sua purificação, para depois serem reutilizadas em um novo processo.

6.1.3 Destilação

Nessa operação unitária, ocorre a separação de duas (ou mais) substâncias, a partir do fornecimento de calor, para que ocorra a evaporação e posteriormente a condensação do mais volátil. Pode ocorrer de forma intermitente e contínua, sendo que a primeira é realizada em pequenos alambiques. Já na produção de álcool, a destilação é realizada sempre em processo contínuo (LIMA; BASSO; AMORIM, 2014).

O então denominado vinho, que é o mosto já fermentado, alimenta a coluna de destilação. O produto de interesse, geralmente é o mais volátil, que neste caso, é o etanol. Este é retirado no topo, e denominado destilado. Já a vinhaça, é retirada pela base. “A temperatura da coluna diminui da base para o topo, ao mesmo tempo que a riqueza alcóolica aumenta na mesma direção.” (LIMA; BASSO; AMORIM, 2014, p. 32)

Após o processo de destilação, é realizada a desidratação do álcool, para a obtenção de álcool com maior concentração. A desidratação, consiste em processos químicos e físicos, onde adicionam-se substâncias capazes de absorver a água do etanol, como óxido de cálcio, carbonato de potássio, entre outros (SHREVE; BRINK, 2014).

Os mesmos autores citam que, para maior pureza e concentração do álcool, as destilarias optam também pelo uso de peneiras moleculares. Essas, são peneiras que contém resinas capazes de reter as moléculas de água. Este, é considerado mais rápido e eficiente, comparado aos absorventes.

6.2 CO₂ na panificação

É fato que os microrganismos estão intimamente envolvidos em vários processos distintos na indústria. Um destes processos, de grande importância e vasta aplicabilidade, é a fermentação alcóolica na produção de pães e massas. Neste segmento, espera-se das leveduras, a liberação de CO₂, para que este, contribua no processo, dando volume à massa do pão, e ajudando a definir uma melhor textura a este alimento tão consumido no mundo todo.

Braga² (2006 apud MATTOS, 2010, p.8) relata que não há precisão do início de produção e consumo de pães na humanidade, mas que possivelmente, as leveduras do tipo *Saccharomyces*, já vinham sendo utilizadas para fermentarem pães, há 500 mil anos. Existem vestígios de cultivo de trigo e cevada desde 12 mil anos antes de Cristo, mas as primeiras padarias, só foram constituídas, na antiguidade pré-cristã, na Grécia antiga e em Roma.

“O país que mais contribuiu para a evolução da panificação moderna foi a França, pois o pão francês é encontrado em todo o mundo, destacando-se pelas características de ter um gosto suave e crocante.” (SEBRAE, [201?])

Foi criado um Programa de Desenvolvimento da Alimentação, Confeitaria e Panificação, que disponibiliza treinamentos e consultorias para os empreendedores da área. Essa entidade, disponibiliza informações sobre o setor, e o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) as divulgou: O cenário brasileiro de pães até fevereiro de 2009, era de aproximadamente 63.000 padarias em funcionamento. São Paulo, é o estado de maior concentração, com mais de 12.000 estabelecimentos, seguido por Rio de Janeiro, que conta com média de 7.000. Atrás, está o Rio Grande do Sul com 6.000 empresas, depois Minas Gerais com mais de 5.000 panificadoras em pleno funcionamento.

Estudos feitos pela entidade supracitada, revelam que o mercado está aquecido, onde o consumo per capita anual no Brasil, é em média de 33,5 kg.

“Pão: é o produto obtido pela cocção, em condições tecnologicamente adequadas, de uma massa fermentada ou não, preparada com farinha de trigo e ou outras farinhas que contenham naturalmente proteínas formadoras de glúten ou adicionadas das mesmas e água, podendo conter outros ingredientes.” (BRASIL, 2000)

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, também descreve sobre o fermento: “Fermentação biológica: é a fermentação resultante do uso de fermento biológico natural e ou fermento biológico industrial.” (BRASIL, 2000)

Conforme narra El-Dash, Cabral e Germani³ (2004 apud MATTOS, 2010, p. 10), os ingredientes essenciais na elaboração do pão, são farinha, fermento

² BRAGA, P. **Pão da Paz**: 195 receitas de pão de países membros da ONU. São Paulo: Ed. Gaia, 2006.

³ El-Dash, A.; Cabral, L. C.; Germani, R. **Tecnologia de Farinhas Mistas**: uso de farinha mista de trigo e soja na produção de pães. Brasília: Embrapa. 1994.

biológico, sal e água. Porém, é comum a adição de outros ingredientes, com finalidade de alterar as características da receita.

A farinha de trigo, é obtida através da moagem do trigo. A partir da hidratação da farinha de trigo, aplicando-se trabalho mecânico, é formado o glúten. Este componente, dá maior estabilidade à massa e tem função de reter o gás carbônico proveniente da fermentação, ocasionando o aumento do volume. (NUNES, 2006 apud MATTOS, 2010, p. 11)⁴. Este ingrediente é o substrato que será fornecido para as leveduras realizarem a fermentação.

A água utilizada na fabricação do pão, deve ser limpa e potável. Como já citado, tem a função de hidratar e reagir com a farinha, para ocasionar a formação do glúten (MATTOS, 2010).

A mesma autora afirma que o sal tem a função de dar sabor ao alimento e controlar a ação do glúten. Já o fermento biológico utilizado neste processo, é a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Este, através da fermentação alcoólica, irá produzir etanol, e CO₂. O etanol, irá evaporar, durante o processo de cocção, devido à alta temperatura do forno. Assim, o CO₂, será o produto de maior interesse neste processo. Ele irá penetrar na massa já misturada, e será responsável por seu crescimento, bem como definição de sua textura. Tais leveduras, podem ser comercializadas na forma seca, ou fresca. Além disso, existem também ingredientes complementares, que podem ser inseridos na receita, a fim de modificar as características do produto. Podem ser: açúcares, gordura, enzimas, entre outros.

O processo de produção do pão, é simples e de fácil entendimento. É dividido em três operações básicas, que consistem no amassamento que é a formação da massa, fermentação e forneamento. (HOSENEY, 1991 apud MATTOS, 2010, p. 16)⁵

O mesmo autor relata que no amassamento, são misturados todos os ingredientes, primeiramente os secos, seguidos da água. Este processo pode ser manual ou automatizado. Existe o costume de deixar essa massa misturada, “descansar”, para que o processo fermentativo inicie-se. Após determinado tempo de descanso (aproximadamente 1 hora), a massa é cortada e levada ao forno, para o cozimento, é este momento que as leveduras terminam o processo de fermentação, liberando assim, o CO₂ necessário para elevar o volume da massa, assim como determinar sua textura.

⁴ NUNES, A. G. et al. Processos enzimáticos e biológicos na panificação. Florianópolis: UFSC, 2006.

⁵ HOSENEY, R. C. **Principios de ciência y tecnología de los cereales**. Zaragoza: Acribia, 1991.

6.3 Bebidas alcóolicas

De acordo com parágrafo III, do artigo 2º do Decreto 6.871/2009:

“Bebida: a polpa de fruta, o xarope sem finalidade medicamentosa ou terapêutica, os preparados sólidos e líquidos para bebida, a soda e os fermentados alcóolicos de origem animal, os destilados alcóolicos de origem animal e as bebidas elaboradas com a mistura de substâncias de origem vegetal e animal;” (BRASIL, 2009)

A mesma legislação, também estabelece que:

“II - bebida alcóolica: é a bebida com graduação alcóolica acima de meio por cento em volume até cinquenta e quatro por cento em volume, a vinte graus **Celsius**, a saber:

a) bebida alcóolica fermentada: é a bebida alcóolica obtida por processo de fermentação alcóolica;

b) bebida alcóolica destilada: é a bebida alcóolica obtida por processo de fermento-destilação, pelo rebaixamento do teor alcóolico de destilado alcóolico simples, pelo rebaixamento do teor alcóolico do álcool etílico potável de origem agrícola ou pela padronização da própria bebida alcóolica destilada;” (BRASIL, 2009)

A legislação supracitada trata das definições, parametrizações, classificações e exigências quanto à fabricação e comercialização de bebidas alcóolicas. A partir dela, que os micro e grandes empresários, orientam-se.

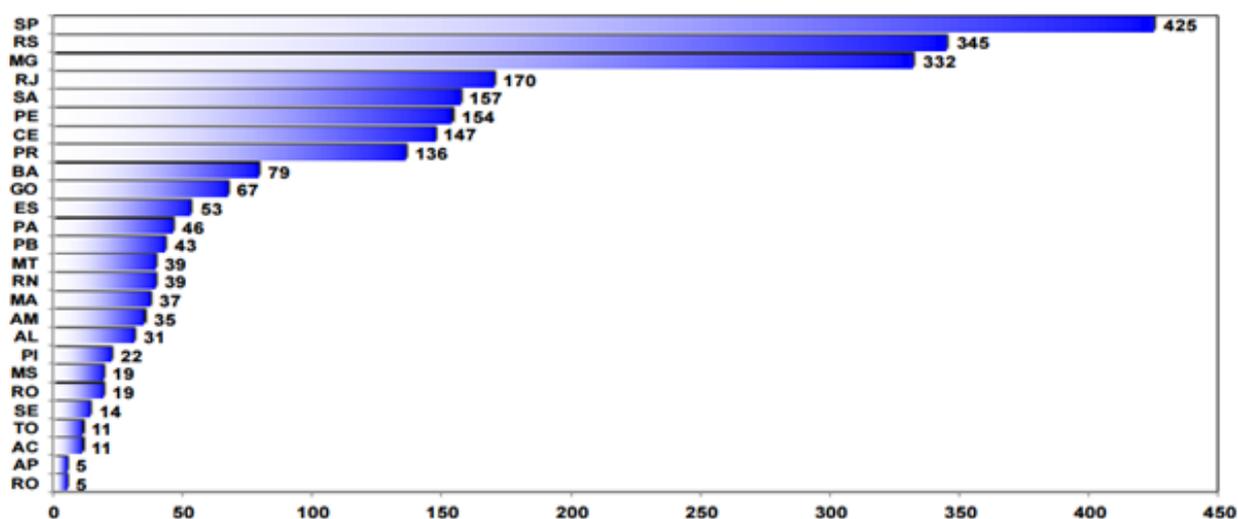
Segundo Siroma (2013), na antiguidade, os produtos da fermentação alcóolica, se originavam de processos espontâneos de fermentação. Mas, com a industrialização da biotecnologia, tais processos foram aperfeiçoados, modernizados, passando a serem realizados de forma padronizada, em larga escala, garantindo maior qualidade e confiabilidade para seus consumidores finais.

O mesmo autor cita que no Brasil, o Ministério da Agricultura tem a função de realizar o registro, classificação, padronização, controle, inspeção e fiscalização das bebidas não alcóolicas e alcóolicas, sob os aspectos sanitários e tecnológicos.

A indústria de bebidas alcóolicas muito contribui para a economia do Brasil, aquecendo o mercado nacional com o grande número de companhias produtoras, empregando inúmeras pessoas no setor, exportando seus produtos, entre outros (DEPARTAMENTO DE PESQUISAS E ESTUDOS ECONÔMICOS DO BRADESCO, 2017).

A FIG. 14 ilustra a região onde há maior concentração de empresas produtoras de bebidas alcóolicas no Brasil:

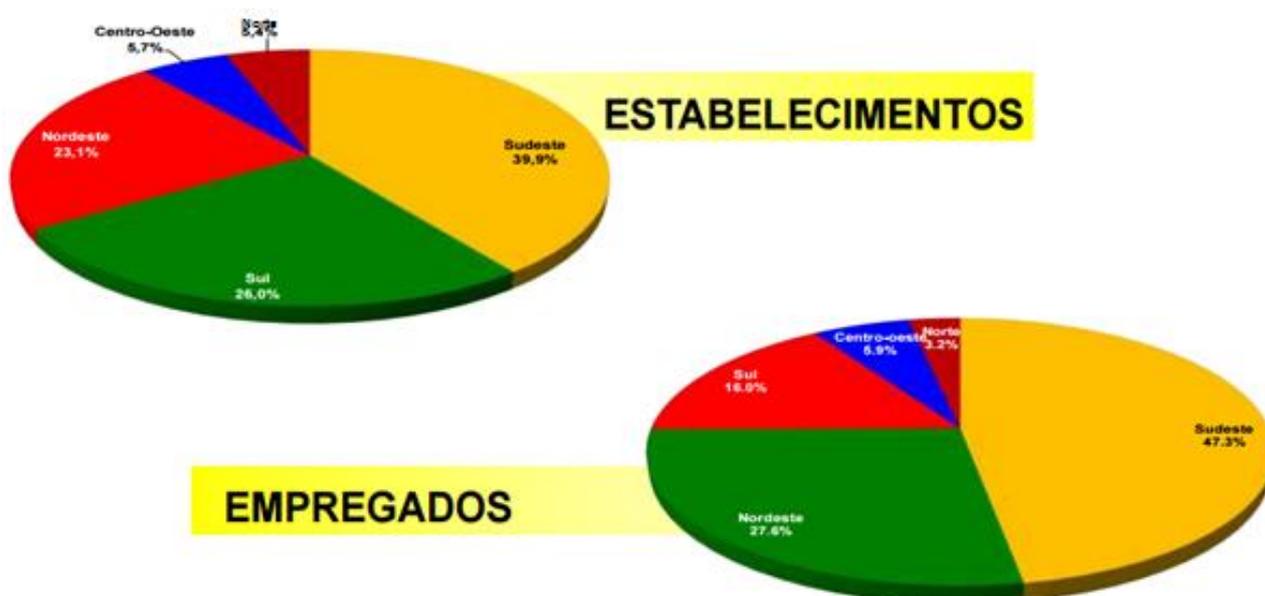
Figura 14 - Indústrias produtoras de bebidas alcóolicas por estado em 2015.



Fonte: DEPEC – DEPARTAMENTO DE PESQUISAS E ESTUDOS ECONÔMICOS BRADESCO, 2017, p.19.

É um dos ramos de atividade que mais gera empregos. A FIG. 15 apresenta o percentual de participação das indústrias no mercado.

Figura 15 - Participação das indústrias produtoras de bebidas alcóolicas por região em 2015.



Fonte: DEPEC – DEPARTAMENTO DE PESQUISAS E ESTUDOS ECONÔMICOS BRADESCO, 2017, p.18.

É um mercado sazonal, que, de acordo com pesquisa publicada pela mesma entidade, o consumo de bebidas é maior de outubro a fevereiro. O clima do verão, no Brasil, propicia o consumo de bebidas alcólicas, mas outro fator que justifica a sazonalidade são as festas natalinas, réveillon e carnaval (SIROMA, 2013).

6.3.1 Aguardente (Cachaça)

Há várias versões, quanto à origem da fabricação de aguardente, mas todas essas histórias apontam que era um subproduto obtido na produção de açúcar. Esse subproduto, inicialmente, era consumido pelos escravos, posteriormente, pelas pessoas mais humildes, enquanto as pessoas de maior poder aquisitivo, consumiam como bebida alcólica, o vinho e destilados (VEIGA; CARDOSO, 2006 apud COUTINHO, 2013, p.10)⁶.

Os mesmos autores afirmam que, com o passar do tempo, houve o aumento da produção, e conseqüentemente, o aumento do consumo da bebida, levando a indústria de destilados da metrópole a sentir o incômodo da concorrência e passar a oprimir o comércio da bebida, mas sem sucesso. E, cada vez mais, a cachaça foi ganhando espaço no mercado daquela época, tornando-se até símbolo de resistência a dominação portuguesa, durante a inconfidência mineira.

Quanto a sua definição, o decreto 6.871, de 04/06/2009, determina:

“Art. 52. Aguardente de cana é a bebida com graduação alcoólica de trinta e oito a cinquenta e quatro por cento em volume, a vinte graus Celsius, obtida de destilado alcoólico simples de cana-de-açúcar ou pela destilação do mosto fermentado de cana-de-açúcar, podendo ser adicionada de açúcares até seis gramas por litro, expressos em sacarose.

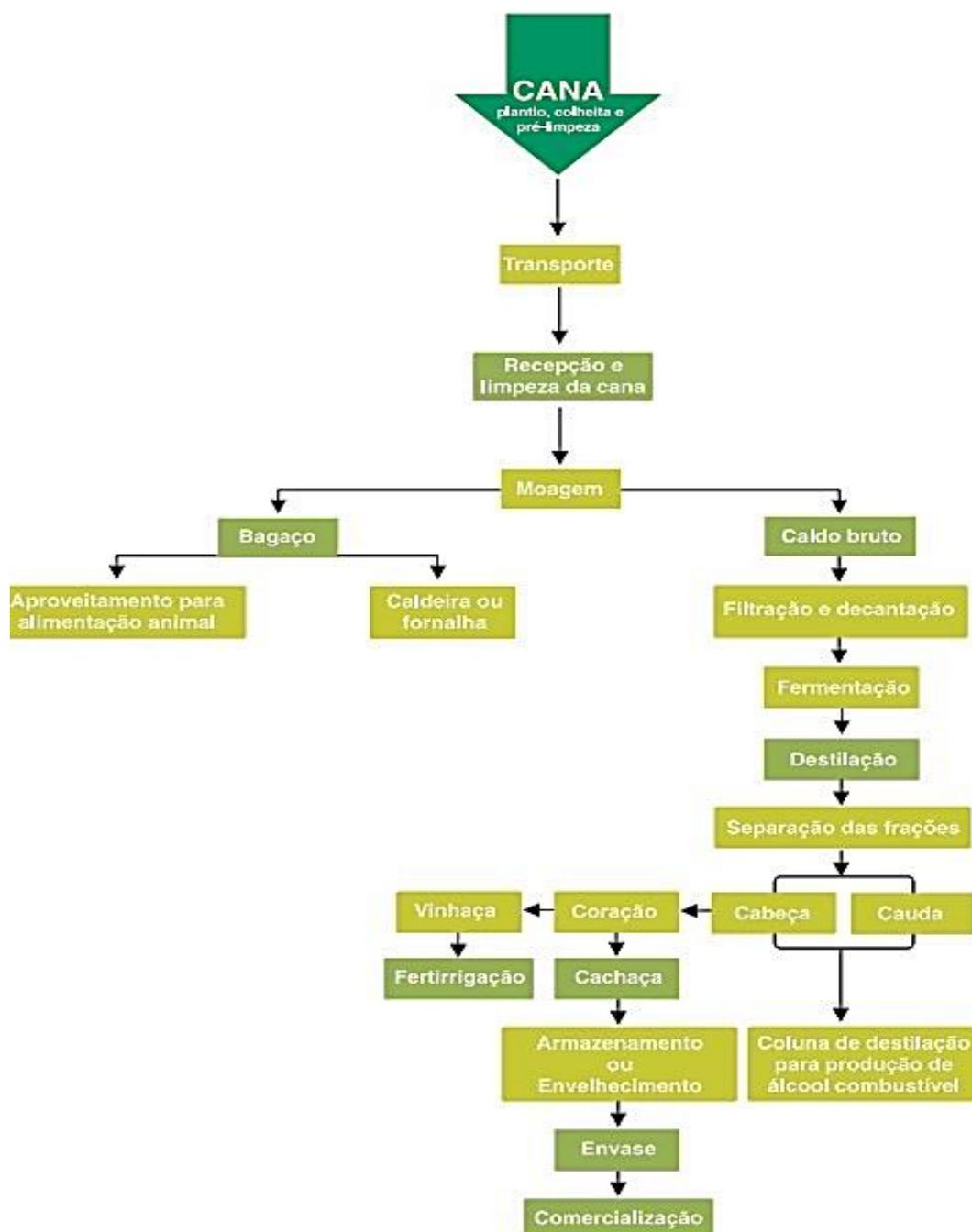
Art. 53. Cachaça é a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de trinta e oito a quarenta e oito por cento em volume, a vinte graus Celsius, obtida pela destilação do mosto fermentado de cana-de-açúcar com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionada de açúcares até seis gramas por litro.”
(BRASIL, 2009)

O processo de produção da bebida pode ser feito industrialmente, em larga escala com equipamentos automatizados, ou artesanalmente, em alambiques de pequeno porte. (SEBRAE [201-]).

⁶ VEIGA, J. F., **Equipamento para produção e controle de operação da fábrica de Cachaça**, CARDOSO, M. de G., **Produção de aguardente de cana**, Brasil: UFLA, 2006.

Basicamente, nos dois casos, as principais etapas da produção são a obtenção do caldo da cana e seu tratamento, fermentação do caldo, destilação e armazenamento, assim como retrata a FIG. 16.

Figura 16 - Fluxograma do processo de produção de cachaça.



Fonte: SOUZA et al. 2013, p. 21.

A principal matéria prima do mosto a ser fermentado, é a cana de açúcar. É uma planta de clima tropical, de várias espécies, variando o teor de açúcar e adaptabilidade em diferentes solos (COUTINHO, 2013).

Para Souza et al. (2013), o caldo de cana, é um componente rico em sacarose. Sua composição, consiste entre 75% a 82% de água e 18% a 25% de açúcar.

6.3.1.1 Moagem da cana de açúcar e tratamento do caldo

Souza et al. (2013) ainda afirmam que a extração do caldo de cana, é feita através da moagem da cana, que deve ser efetuada, preferencialmente, no mesmo dia do corte. O limite máximo, é de 24 horas para evitar-se perdas na qualidade, por deterioração do açúcar, devido a contaminações microbianas. A cana, no momento da moagem, deve estar o mais limpa possível, pelo mesmo risco, a contaminação.

De acordo com Coutinho (2013), após extraído, o caldo deve ser submetido a um tratamento, que consiste em diversas operações unitárias para purificação e limpeza do mesmo. Este, passa por decantação, filtração, diluição visando uma concentração adequada de açúcares, correção de pH, entre outras.

6.3.1.2 Fermentação do mosto

A fermentação, assim como nos outros processos já citados neste trabalho, também é realizada por leveduras do tipo *Saccharomyces*, que podem ser selecionadas, ou ainda leveduras denominadas naturais ou selvagens. Essas, na busca energética por ATP, irão converter o açúcar contido no mosto, em álcool e dióxido de carbono (COUTINHO, 2013).

Leveduras do tipo naturais são chamadas desta forma, pois não sofreram alterações genéticas, nem melhoramentos. Essas, são as que acompanham a própria cana, ou estão presentes no ar. Geralmente, as receitas do fermento natural, consistem em uma mistura de caldo de cana não diluído, farelo de arroz, fubá ou farelo de soja, com um acréscimo de suco de limão, para correção do pH. Nesta receita, contém uma variedade de micro-organismos presentes, mas predominantemente estão as leveduras *Saccharomyces cerevisiae*. “Desta forma, o inóculo é obtido a partir da fermentação espontânea dos microrganismos presentes no caldo da cana-de-açúcar, nos equipamentos e nas dornas de fermentação.” (SOUZA et al. 2013, p. 40).

Mesmos autores afirmam que as leveduras selecionadas, são especificamente as *Saccharomyces cerevisiae*, comercializadas normalmente prensadas ou na forma seca em grânulos.

Souza et al. (2013), narram que o processo fermentativo na produção de cachaça, é mais eficiente, quando feito por batelada alimentada (semi-contínuo) e tem duração entre 14 e 18 horas. Ao fim, o fermento que até então ficava suspenso no mosto, decanta, podendo assim ser reutilizado em outro processo.

6.3.1.3 Destilação

A destilação no processo de produção de cachaça, tem a função de separar os componentes, pois dentro do alambique ocorre uma série de reações químicas. Por isso, é de extrema importância para obtenção de um produto de qualidade e deve ser efetuada logo após o processo de fermentação.

Durante a destilação, o caldo é separado em três frações, denominadas “cabeça”, “coração” e “cauda”. A “cabeça”, é a primeira fração a ser destilada, logo, a que contém maior concentração de álcool, chegando a ultrapassar 60%. O volume da fração “cabeça”, corresponde a 2% do volume total do caldo e deve ser descartado, devido a presença de compostos indesejáveis, como o metanol (SOUZA et al., 2013).

A fração “coração”, é a cachaça propriamente dita, e representa 16% do volume total do caldo. O teor alcóolico, é aproximadamente 40% (COUTINHO, 2013).

Já a fração “cauda”, é também chamada água-fracca, e corresponde a 3% do volume do caldo. Quando o teor alcóolico atinge 14%, o processo de destilação termina. Essa fração também não é indicada a consumo, e juntamente com a fração “cabeça” são utilizadas para fabricar outros subprodutos, como etanol, álcool gel, entre outros (COUTINHO, 2013).

6.3.1.4 Acondicionamento

Souza et al. (2013) afirmam, que não é recomendado o consumo direto da cachaça, logo após a produção. É necessário um período de descanso, de no mínimo seis meses, armazenadas em recipientes inertes, como aço inox, de

qualquer volume, a fim de que compostos químicos responsáveis por aromas e sabores desagradáveis sejam eliminados.

Já o envelhecimento, visa a estabilização dos compostos químicos do produto e consiste no armazenamento da bebida em toneis de madeira, preferencialmente do tipo carvalho, de volume até 700 litros, por até dez anos. O tempo do processo de envelhecimento, depende do fabricante (COUTINHO, 2013).

Após o período de envelhecimento, a cachaça é envasilhada, rotulada e está pronta para ser comercializada (COUTINHO, 2013).

6.3.2 Vinho

Vinho, é a bebida obtida pela fermentação do suco de uva. Os principais produtores de vinho em todo o mundo, são França, Itália, Espanha, Estados Unidos e Argentina. (GUERRA et al., 2005)

No Brasil, a produção da bebida, embora já praticada por alguns pequenos produtores, aqueceu em meados do século XIX, com a chegada dos imigrantes italianos. (GAUTO; ROSA, 2011)

Segundo Guerra et al. (2011), atualmente, o Brasil ocupa a posição de 16º produtor de vinho no mundo. Tal produção, concentra-se em sua maioria, no Rio Grande do Sul. Lá, estão situadas a UVIBRA (União Brasileira de Vitivinicultura) e a ABE (Associação Brasileira de Enologia). Tais entidades, tem função de buscar a melhoria do vinho brasileiro, e apoiar os produtores da bebida.

Também no sul, a região da Serra Gaúcha, é de grande importância para a produção da bebida. E destaca-se pela qualidade do vinho lá produzido. Além dessa região, ainda é possível encontrar indústrias produtoras em MG, PR, PE, SC e SP. (GAUTO; ROSA, 2011).

Existe uma variedade de tipos de vinho, quanto a classe:

- Vinho de mesa;
- Vinho leve;
- Vinho champanha (espumante);
- Licoroso;
- Composto.

Quanto à cor:

- Vinho tinto;
- Vinho rosado;
- Vinho branco.

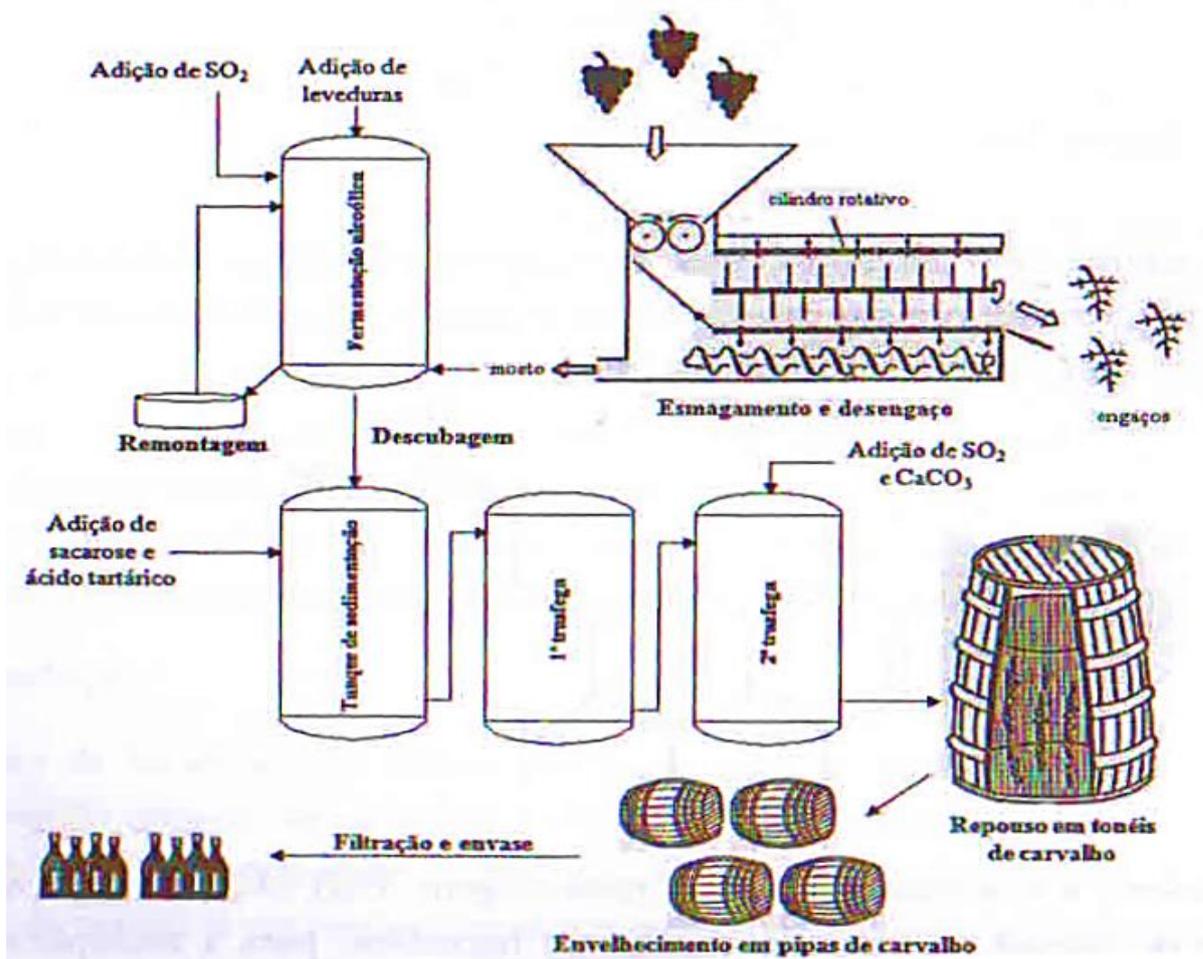
Ou quanto ao teor de açúcar:

- Vinho seco;
- Vinho meio doce;
- Vinho suave.

A diferença entre cada tipo de vinho, vem das matérias-primas, e características do processo de produção. (GAUTO; ROSA, 2011)

Os mesmos autores narram que, de maneira análoga, o processo de produção do vinho, consiste na maceração da uva, fermentação alcóolica e malolática, prensagem e envelhecimento (maturação), como mostra a FIG. 17.

Figura 17 - Fluxograma do processo de produção de vinho tinto:



Fonte: GAUTO; ROSA, 2011, p. 391.

O esmagamento da uva, tem o objetivo de provocar o rompimento, e liberar seu suco o mais rápido possível. Pode ser feito por uma esmagadeira de cilindros que aplica compressão à uva, ou por esmagadeira centrífuga, que proporciona choques à uva. Esse esmagamento, não se aplica a semente, nem aos engaços (hastes que formam o cacho), pois caso ocorra esmagamento destes, pode causar alteração nas propriedades organolépticas do produto final (GAUTO; ROSA, 2011).

Durante essa etapa, ocorre também a aeração, para misturar o suco da uva, com as cascas (GAUTO; ROSA, 2011).

Conforme Gauto e Rosa (2011), o mosto obtido após o desengaçamento e esmagamento, é conduzido às cubas, onde acontecerá a fermentação alcoólica. Naturalmente, um grande número de microrganismos pode estar envolvido na fermentação. Entre eles, leveduras selvagens, e bactérias desejáveis e indesejáveis, que serão inibidas ou estimuladas, dependendo das condições da uva, da temperatura, da aeração, do pH, entre outros.

Antecedente a fermentação, existe uma prática, que tem objetivo de inibir o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis. Essa prática é a sulfitagem, que consiste na adição de SO₂ no mosto. O dióxido de enxofre, tem propriedades antioxidante, antisséptica e estimulante de fermentação (GAUTO; ROSA, 2011).

Após a sulfitagem, as leveduras são adicionadas. No vinho, as principais leveduras utilizadas, são as *Kloeckera apiculata*, *Hanseniaspora uvarum*, *Saccharomyces ellipsoideus* e *Saccharomyces bayanus*. Tais microrganismos convertem o açúcar presente nas uvas, em etanol e CO₂, em temperaturas entre 20 e 30° C. A temperatura mais baixa, dá vantagem ao processo, pois aumenta o rendimento da fermentação e minimiza a perda do álcool por evaporação (GAUTO; ROSA, 2011).

A etapa denominada maceração, dura de dois a cinco dias. As cascas das uvas, ficam suspensas, empurradas pelo dióxido de carbono produzido pelas leveduras, e “as substâncias que dão cor às cascas das uvas são extraídas pela ação do álcool etílico e passam a fazer parte do mosto.” (GAUTO; ROSA, 2011, p. 385)

Os autores supracitados relatam que, posteriormente, é realizada a desencubagem, onde o mosto é transferido de uma cuba para outra, com objetivo de separar o resíduo sólido. Então, é realizada a fermentação secundária, porém,

anterior a esta, efetua-se a correção do mosto, com adição de sacarose, para elevar o teor de açúcares e acréscimo de ácido tartárico, para elevar o pH do líquido.

O próximo passo, é a prensagem dos bagaços fermentados, com o objetivo de otimizar a extração dos componentes da casca e aumentar o rendimento do vinho. No vinho tinto, a prensagem é feita após a fermentação, já no vinho branco, é realizada anterior a fermentação (GAUTO; ROSA, 2011).

Após a fermentação, as partículas sólidas em suspensão, tendem a decantar, juntamente com sais insolúveis e alguns microrganismos. Para retirada desse material, realiza-se a *trasfega*, por duas vezes. A primeira, uma semana após o término da fermentação, e a segunda, dois meses depois (GAUTO; ROSA, 2011).

Na produção do vinho, ocorre uma segunda fermentação, que é denominada malolática, onde as leveduras lácticas do tipo *Lactobacillus*, *Leuconostoc* e *Pediococcus* convertem o ácido málico em ácido láctico, liberando gás carbônico, contribuindo para a estabilização do vinho, diminuição da acidez e aumento do aroma. Essa operação, ocorre antes da segunda *trasfega*, e é induzida pela adição de SO_2 e CaCO_3 (GAUTO; ROSA, 2011).

Finalmente, o vinho é encaminhado para o envelhecimento, em recipientes de madeira, preferencialmente carvalho, onde ficarão por seis meses. Após este tempo, é clarificado (por adição de claras de ovos, ou proteína do leite), filtrado, envasado em recipientes fechados de vidro e deixado para mais um período de envelhecimento na garrafa. Este período de envelhecimento na garrafa, varia de acordo com o tipo de vinho, com o fabricante, entre outros fatores (GAUTO; ROSA, 2011).

6.3.3 Cerveja

6.3.3.1 A cerveja no Brasil

De acordo com dado estatístico fornecido por SEBRAE (2012), a cerveja é a bebida alcóolica mais consumida no Brasil.

Mas, nem sempre foi assim. Até o século XIX, as bebidas mais consumidas no país, eram cachaça e vinho. A cerveja, popularizou-se com a vinda da família real portuguesa e o decreto da abertura dos portos feita por Dom João, que possibilitou a

comercialização de cerveja, antes, monopolizada pela Inglaterra (HISTÓRIA DA CERVEJA, [201-]).

O mesmo autor relata, que o primeiro registro de fabricação de cerveja no Brasil, foi no ano de 1836 e após este fato, surgiram várias fábricas produtoras da bebida. A partir daí, a produção e consumo, aumentaram muito no país, e atualmente, o Brasil está entre os quatro principais países produtores de cerveja do mundo.

6.3.3.2 Mercado

Segundo a Associação Brasileira da Cerveja CERVBRASIL (2017), o setor cervejeiro, é um dos mais tradicionais do Brasil, e está presente em todas as cidades do país, seja na produção da bebida, no agronegócio para produção de insumos, até mesmo a mesa do bar onde é servida.

Segundo Anuário de 2016, divulgado pela Associação Brasileira da Cerveja CERVBRASIL (2017), este ramo de atividade, emprega mais de 2,2 milhões de pessoas, além de ser responsável por 1,6% do PIB do país. O faturamento anual do setor, no ano, foi de R\$77 bilhões, chegando a arrecadar R\$23 bilhões em tributos, para os cofres públicos.

Quanto à produção, de acordo com a mesma entidade, no ano de 2016, as indústrias brasileiras foram capazes de produzir 14 bilhões de litros de cerveja. A FIG. 18 representa um resumo de todos os dados da cadeia produtiva da cerveja no Brasil.

Figura 18 - Cadeia produtiva do setor cervejeiro no Brasil



Fonte: CERVBRSIL, 2017, p. 15

6.3.3.3 A bebida e suas classificações

“Cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo.” (BRASIL, 2009)

Além dos ingredientes pré-estabelecidos na legislação brasileira, é permitido e usual, que se misture outros insumos para alteração das propriedades organolépticas da cerveja (BRASIL, 2009).

A cerveja, assim como o vinho, é classificada, no decreto-lei 6.871 de 04 de junho de 2009. Sua classificação quanto a fermentação é estabelecida como baixa ou alta fermentação. Se diferenciam pela forma como as leveduras se comportam durante o processo fermentativo. Na alta fermentação, também conhecida como

lager, as leveduras são suspensas, e flutuam na parte superior do mosto, na temperatura entre 18 e 22° C, enquanto na fermentação baixa, denominada *ale*, as leveduras tendem a decantar, formando uma “borra” no fundo do fermentador, apelidada “lama”, na faixa de temperatura 7 a 15 °C. (SIROMA, 2013). Em ambas formas de fermentação, são utilizadas leveduras do tipo *Saccharomyces*. Na fermentação tipo *lager*, emprega-se o uso das *Saccharomyces uvarum*, e na fermentação *ale*, a fermentação fica a cargo da *Saccharomyces cerevisiae* (GAUTO; ROSA, 2011).

Outras classificações determinadas pelo decreto 6.871, são: (BRASIL, 2009)

Quanto ao extrato primitivo:

- Cerveja leve;
- Cerveja comum;
- Cerveja extra;
- Cerveja forte.

Quanto a cor:

- Cerveja clara;
- Cerveja escura;

Quanto ao teor alcóolico:

- Cerveja sem álcool;
- Cerveja com álcool: Teor alcóolico superior a 0,5% em volume;
- I- Cerveja de baixo teor alcóolico: de 0,5% a 2,0% de álcool;
- II- Cerveja de médio teor alcóolico: de 2,0% a 4,5% de álcool;
- III- Cerveja de alto teor alcóolico: de 4,5% a 7% de álcool;

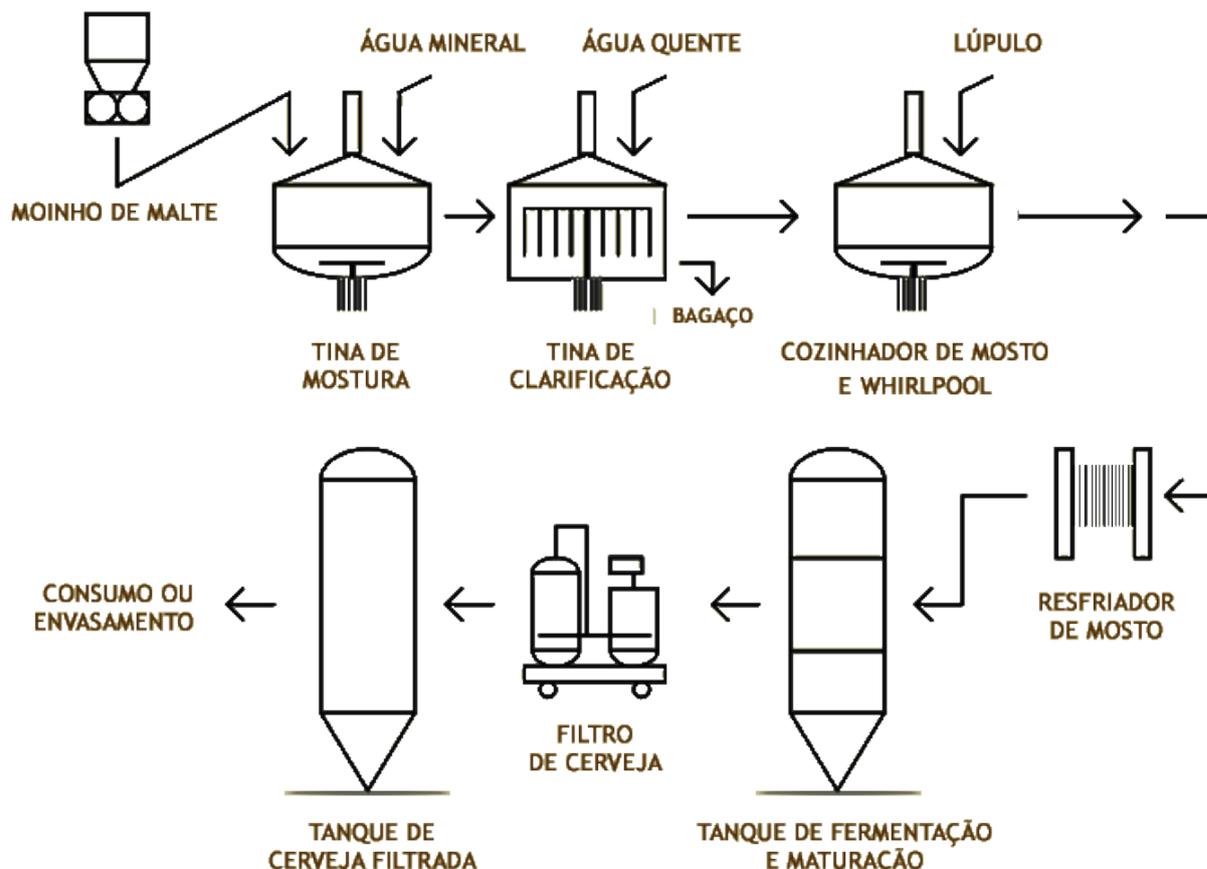
Quanto a proporção do malte de cevada:

- Cerveja puro malte;
- Cerveja;
- Cerveja com o nome do vegetal predominante.

6.3.3.4 O processo de produção

A FIG. 19 mostra o esquema simplificado do processo de produção de cerveja.

Figura 19 - Fluxograma de processo de produção de cerveja



Fonte: DORTMUND [201-]

Tanto para a produção em escala industrial, quanto escala artesanal, o processo de produção de cerveja, é semelhante. A grande diferença, é que na escala industrial, o processo é automatizado e conta com o uso de equipamentos industriais. A matéria-prima, também é um pouco distinta, pois nas grandes companhias cervejeiras, a composição de seu mosto, conta com adjuntos como cereais não-maltados, substituindo, ou complementando o malte de cevada. Estes adjuntos geralmente são o arroz e o milho. É uma vantagem no custo, pois tais cereais, tendem a ser mais baratos no mercado que o próprio malte de cevada, porém podem interferir nas propriedades organolépticas, como aroma, sabor, amargor, textura, entre outros (SIROMA, 2013).

Quando se fala em cerveja artesanal, a ideia, é apresentar uma cerveja melhor elaborada, com produção restrita (mas não necessariamente pequena), a fim de resultados mais interessantes e diversificados.

6.3.3.4.1 Matérias-primas

Como já mencionado, as matérias-primas essenciais de uma cerveja de qualquer tipo, são: água, malte, lúpulo e leveduras (SIROMA, 2013).

O mesmo autor afirma que nas produções artesanais, não é de costume o uso de ingredientes adjuntos como cereais de milho ou arroz. Mas, é usual, o acréscimo de especiarias como frutas, castanhas, pimentas, chocolate, para criação de novas receitas. Tudo depende da criatividade do cervejeiro.

Água: A água, é o principal componente da cerveja em termos de volume. Sendo que 92 a 95% da cerveja, é água. A purificação da água, não é um processo que preocupa tanto, pois esta, será submetida a uma fervura em altas temperaturas, o que matará todos os micro-organismos indesejáveis (ROSA, 2014).

Apesar disso, esta matéria-prima, deve ser de qualidade, apresentar teores de sair adequados, para que não haja alterações nas características da cerveja e apresentar pH ideal (SIROMA, 2013).

Malte de cevada: O malte de cevada, consiste na germinação controlada dos grãos de cevada. Para realização da germinação, conduz-se o grão a temperatura, umidade e aeração adequadas. A germinação é interrompida antes do início da criação de um novo vegetal. Após o processo, o amido do grão malteado se encontrará em cadeias menores, o que facilita sua solubilidade (ROSA, 2014).

A cevada é o cereal mais apropriado para preparo do mosto, pois nela, há alto teor de proteínas que fornecerão aminoácidos necessários para o consumo da levedura (SIROMA, 2013).

“O malte é a base do fornecimento de açúcares fermentescíveis pela quebra por ação enzimática das moléculas de amido. Ele também é responsável pela cor da cerveja de acordo com o nível de torrefação do grão, além de outras propriedades organolépticas.” (SIROMA, 2013, p. 15)

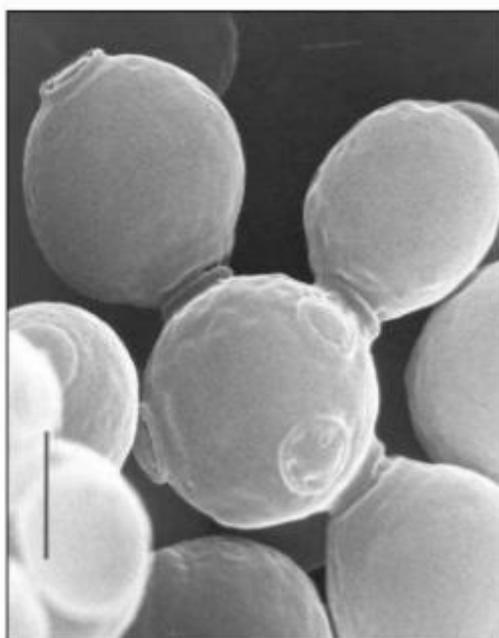
Lúpulo: O lúpulo é o que dá o amargor presente na cerveja. O amargor, vem da substância lupulina, que está presente nas flores fêmeas dos lúpulos, que são plantas do tipo *Humulus lupulus* tipicamente de clima frio (ROSA, 2014).

De acordo com o mesmo autor, este pode ser comercializado in natura, em forma de pellets ou sob forma de extrato. Além do amargor, esse componente também contribui com o aroma, e atua como conservante natural por ter função bactericida (SIROMA, 2013).

Adjuntos: São produtos que substituem e/ou complementam o malte de cevada, empregados, visando viabilidade econômica, por terem o custo inferior. Os mais comuns, são cereais de milho, arroz, cevada, trigo e sorgo (ROSA, 2014).

Leveduras: Leveduras são fungos unicelulares que se reproduzem assexuadamente por brotamento ou por fissão (BAMFORTH, 2003 apud ROSA, 2014, p. 21)⁷. Na FIG. 20, pode-se visualizar a levedura *Saccharomyces cerevisiae*.

Figura 20 - Levedura vista em microscópio.



Fonte: ROSA, 2014, p. 21)

Este microrganismo é responsável por sintetizar o álcool, por meio do consumo de açúcares em busca de energia (COUTINHO, 2013).

⁷ BAMFORTH. C. **Beer: Tap into the Art and Science of Brewing**, New York: Oxford University Press, 2003.

Existem disponíveis no mercado, diversas cepas de leveduras, onde cada uma pode fazer alterações nas características da cerveja, de acordo com os produtos por elas excretado (SIROMA, 2013).

Siroma (2013), ainda afirma que o principal gênero de levedura utilizada nos processos cervejeiros, é a *Saccharomyces*. Mais especificamente a *Saccharomyces cerevisiae*, pois as cervejas mais populares, são as do tipo *ale*.

6.3.3.4.2 Produção do mosto

De acordo com Siroma (2013), o processo de obtenção do mosto, que consiste na mistura das matérias-primas cervejeiras, sob altas temperaturas com várias transformações químicas, é denominado brassagem ou mosturação.

Nesta etapa, são misturados em um recipiente, primeiramente a água e o malte, e conduzidos a alta temperatura, com finalidade de extrair o máximo dos açúcares presentes necessários para a fermentação. Quando o malte é hidratado e a mistura é aquecida, ocorre a ativação das enzimas e assim, o amido é convertido em açúcar fermentável e as proteínas, convertidas em nutrientes. Porém, para que esse processo ocorra de forma satisfatória, deve-se efetuar um rigoroso controle de temperatura, controle de pH. Além disso, a proporção de malte para a água deve ser coerente com a literatura (SIROMA, 2013).

O mesmo autor narra que durante a sacarificação, ocorre a quebra dos açúcares maiores, em menores. Essa quebra fica a cargo das enzimas alfa-amilase e beta-amilase.

Uma técnica simples é usada para saber se a conversão do amido em açúcares fermentáveis está completa. Retira-se uma amostra e são inseridas algumas gotas de iodo. O iodo reage com o amido, mas não com os açúcares formados. Então, se o iodo reagir, e apresentar uma coloração roxo-azulada, quer dizer que a conversão não estará completa (ROSA, 2014).

Posteriormente, é realizada filtração, juntamente com a “lavagem do malte”. Nesse processo, todo o caldo é filtrado e um jato de água é atirado sobre o malte, com a finalidade de extrair o máximo de açúcares convertidos, como também diluir o mosto cervejeiro, conseqüentemente, clareando-o (SIROMA, 2013).

O próximo passo é a inserção do lúpulo e fervura do mosto, a fim de inibir qualquer microrganismo indesejável, e aproximadamente 60 minutos de fervura, o

mosto deve ser rapidamente resfriado, para ser submetido à fermentação alcóolica (ROSA, 2014).

6.3.3.4.3 Fermentação alcóolica

Para STEINLE (2013), a fermentação é a parte bioquímica mais importante do processo. É a etapa crucial, que garantirá a qualidade do produto final. Para tal fim, devem-se seguir as condições de fermentação necessárias às leveduras, visando um ótimo rendimento do processo, e propriedades organolépticas agradáveis ao paladar.

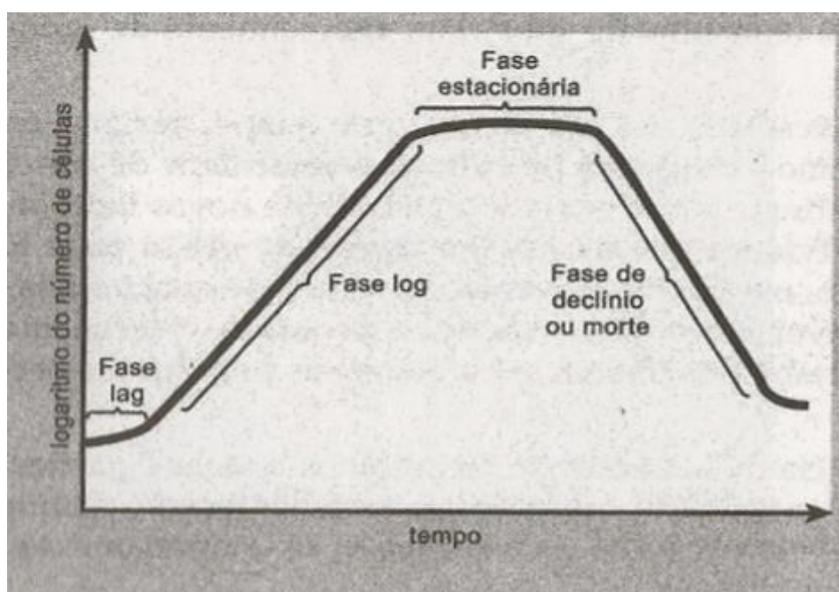
Primeiramente, o mosto, é submetido à aeração, para fornecer oxigênio para as leveduras, que inicialmente, precisam deste para multiplicar-se (ROSA, 2014).

O mesmo autor cita que, depois, é inserido no fermentador, que deve ser bem vedado. Após poucas horas, todo o oxigênio presente é consumido, e as leveduras iniciam o processo de fermentação alcóolica, anaerobicamente, por meio da equação global:



SANTOS (2016) afirma que existem quatro fases distintas, durante a fermentação: fase lag, fase log, fase estacionária e fase de declínio ou morte.

Figura 21 - Crescimento microbiano



Fonte: SANTOS (2016, p. 14)

A fase lag, também é conhecida como fase preliminar. Esta, inicia-se ao adicionar-se as leveduras ao mosto cervejeiro. Todo o substrato consumido nessa fase, é utilizado na reprodução das leveduras (STEINLE, 2013).

Já a fase log, é a de maior duração, onde a conversão dos açúcares em etanol, é intensa (STEINLE, 2013).

O mesmo autor narra que na fase estacionária, já não há substrato suficiente para a quantidade de microrganismos presentes no mosto. Logo, não há significativa conversão dos açúcares fermentescíveis.

Por fim, na fase de declínio, os microrganismos morrem, por falta de substrato. Steinle (2013) ainda narra que já não há mais conversão, e indica que o processo de fermentação terminou, e seu período de duração, varia de acordo com o tipo de levedura, e matérias-primas utilizadas no mosto.

6.3.3.4.4 Filtração e maturação

Com a fermentação completa, o fermento tende a decantar (ou flutuar, dependendo do tipo de cerveja). A bebida, deve ser retirada do fermentador, com muita cautela, pois todos os sólidos e substâncias insolúveis, devem ficar no fermentador, para posterior sanitização. O líquido a ser retirado, deve ser o mais limpo e homogêneo possível, para ser induzido ao processo de maturação, após passar pela filtração (SIROMA, 2013).

A maturação, tem como propósito, propor a clarificação e saturação da cerveja, bem como melhorar seu aroma e sabor e ainda evitar que ocorra oxidações da bebida. (AQUARONE, 2001 apud ROSA, 2014, p. 24)⁸

O mesmo autor afirma, que essa etapa pode ser realizada com a cerveja já envazada. Neste período, é realizado o *priming* que consiste na adição de açúcar invertido ao mosto, que servirá de substrato para os microrganismos ainda presentes na cerveja, realizando a carbonatação.

⁸ AQUARONE, E ; BORZANI, W.; SHMIDELL, W.; DE ALMEIDA LIMA, U. **Biotechnologia Industrial**. Vol. 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2001.

6.3.3.4.5 Envase

Finalmente, após todos estes processos mencionados, Rosa (2014) afirma que a cerveja pronta (ou em processo de maturação) é envasada, rotulada e comercializada.

7 FATORES QUE INTERFEREM NA FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA

Assim como nos outros processos de produção, durante a fermentação alcoólica do mosto cervejeiro, deve-se ter muita cautela, pois vários fatores físicos, químicos e biológicos, podem interferir no processo, prejudicando o rendimento e alterando as características do produto final (SHREVE; BRINK, 2014).

7.1 Agentes de fermentação

O desempenho do processo fermentativo, pode ser afetado pelo tipo de levedura. As leveduras determinadas a iniciar a fermentação, são selecionadas, adquiridas como culturas puras, em instituições especializadas. Mas, durante a produção, podem aparecer outros microrganismos indesejáveis, como as leveduras selvagens (COUTINHO, 2016).

O mesmo autor ainda afirma que tais leveduras, se infiltram no processo. Podem vir de diversos lugares, por isso, é essencial assepsia de todo o material a ser usado no processo, e até mesmo, das pessoas envolvidas diretamente na produção.

Os prejuízos causados por tais contaminantes, podem ser desde a queda da velocidade de fermentação, até mesmo morte das cepas fermentadoras. (ROSA, 2014)

7.2 Nutrição mineral e orgânica

A fonte de energia das leveduras, está nos carboidratos. O substrato fornecido a elas, deve conter suas exigências nutricionais, para que a fermentação alcoólica não seja interferida (COUTINHO, 2016).

“Algumas vitaminas, como tiamina e ácido pantotênico, também são exigidas. O meio deve igualmente fornecer nitrogênio, fósforo, enxofre, potássio, magnésio, cálcio, zinco, manganês, cobre, ferro, cobalto, iodo” (LIMA; BASSO; AMORIM, 2014, p. 16), entre outras substâncias, em menores quantidades. É importante que tais elementos estejam presentes, nas concentrações exatas, para um rendimento ótimo de fermentação alcoólica.

7.3 Temperatura

Este parâmetro, deve ser rigorosamente controlado, não só na fermentação, mas ao longo de todo o processo de produção. Ele é determinante para o rendimento da fermentação alcoólica (LIMA; BASSO; AMORIM, 2014).

Desde o processo de brassagem, ocorre a quebra do amido e conversão em açúcares menores. Nesta etapa, é essencial o correto manuseio, pois cada enzima presente no malte, é ativada em uma temperatura diferente. A Beta-amilase, é ativada entre os 55 e 65° C, já a alfa-amilase, na faixa de 68 a 72° C. Caso essas duas enzimas não sejam ativadas, não haverá conversão total do amido em açúcares fermentáveis (SIROMA, 2013).

O mesmo autor narra, que, além do processo de brassagem, é necessário rigoroso controle da temperatura, no momento da fervura, a fim de matar ou inibir qualquer microrganismo indesejável presente no meio.

Após a fervura, mais uma vez a temperatura é fator crucial no processo. Ela deve ser abaixada rapidamente à temperatura ótima para as leveduras. Usa-se trocadores de calor do tipo chiller para acelerar o resfriamento, a fim de evitar contaminação microbiana (DORTMUND [201-]).

Por fim, de acordo com Lima, Basso e Amorim (2014), no momento da fermentação, a temperatura deve ficar em constante monitoramento, pois se não estiverem em sua temperatura ótima de fermentação, as leveduras não conseguirão efetuar a conversão do substrato em etanol, com a eficiência esperada.

7.4 pH

Assim como a temperatura, este fator deve ser controlado em cada etapa do processo de produção da cerveja (ROSA, 2014).

Rosa (2014) ainda afirma que na brassagem, algumas enzimas só são ativadas em determinadas faixas de pH. Preferencialmente, em pH ácido, na faixa de 5 a 5,5.

Na fermentação, as leveduras iniciam o processo em pH médio, terminam em meio ácido, na faixa de 3,5 a 4. De acordo com Lima, Basso e Amorim (2014, p. 16), “a tolerância a acidez é uma característica importante para as leveduras industriais.”

7.5 Concentração de açúcares

Conforme Lima, Basso e Amorim (2014), em meio a grande concentração de açúcares, a levedura vai aumentar a produtividade de etanol, conseqüentemente, irá diminuir sua taxa de reprodução rapidamente. Além disso, leveduras submetidas a elevados teores de açúcar, estão propensas a estresse osmótico.

7.6 Concentração do inóculo

Uma grande quantidade de microrganismos presente no mosto, pode acelerar a produtividade e propiciar maior controle sobre as bactérias contaminantes. Em contrapartida, exigem maior gasto de substrato e maior consumo de açúcar para mantê-los vivos. Em decorrência do fato, a viabilidade do fermento irá reduzir, pois as leveduras irão competir pelos minerais e vitaminas presentes no meio (LIMA; BASSO; AMORIM, 2014).

7.7 Antissépticos e antibióticos

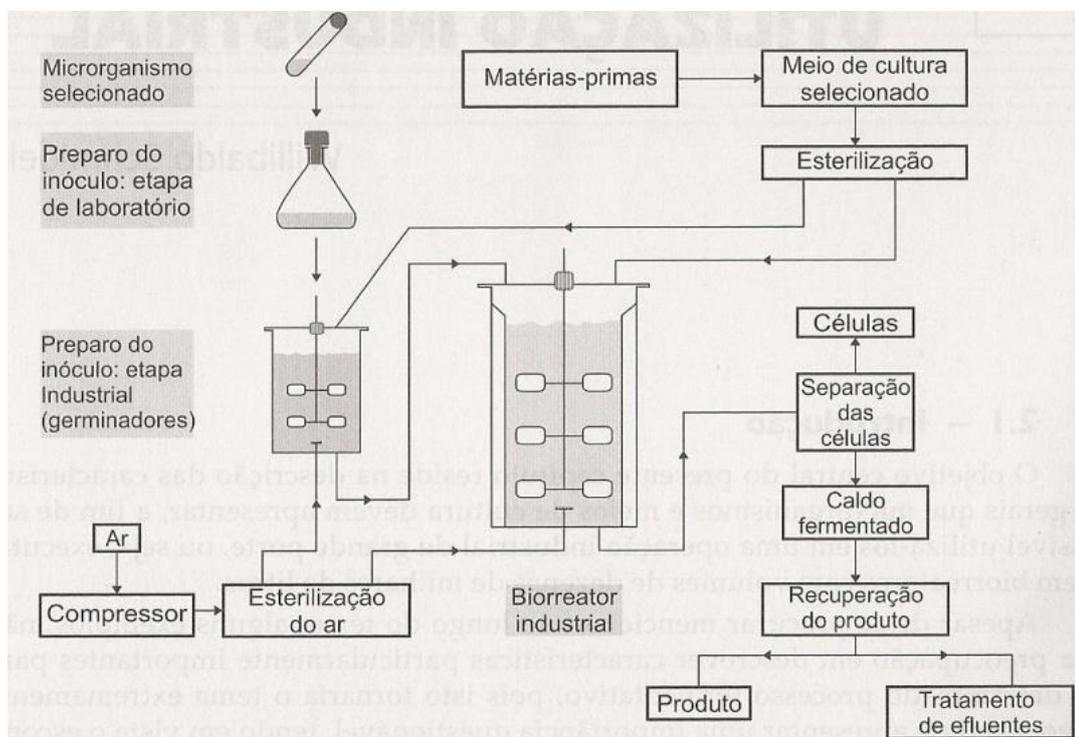
Lima Basso e Amorim (2014) afirmam que a sanitização e esterilização feita nos equipamentos, também pode afetar a fermentação alcoólica. Os produtos antissépticos e os antibióticos utilizados, inibem o crescimento microbiano de bactérias indesejáveis. Porém, podem restar vestígios destes produtos nos equipamentos, que, ao entrarem em contato com as leveduras fermentadores, irão inibir sua capacidade de fermentação.

8 MICRORGANISMOS E MEIOS DE CULTURA

Microrganismos e meios de cultura a serem utilizados em processos fermentativos, devem possuir certas características, para obter-se bom rendimento no processo e qualidade no produto final (SCHMIDELL, 2014).

A FIG. 22, demonstra de forma sucinta, todo o conteúdo abordado neste estudo. Trata-se de um esquema generalizado de um processo de fermentação alcóolica.

Figura 22 – Esquema geral de um processo fermentativo



Fonte: (SCHMIDELL, 2014, p. 6)

(Schmidell, 2014) afirma, que um processo de fermentação, depende basicamente de quatro pontos básicos, que se interagem de forma conjunta:

- O microrganismo;
- O meio de cultura;
- A forma de condução do processo fermentativo;
- Etapas de recuperação do produto.

Tais pontos devem ser observados atenciosamente, levando em consideração aspectos biológicos e econômicos, ou seja, “sempre se pretende

empregar meios de cultura baratos, mas deve-se lembrar que o microrganismo deve encontrar neste meio condições adequadas para realizar a conversão pretendida.” (SCHMIDELL, 2014)

O mesmo autor cita que espera-se das leveduras responsáveis pela fermentação em geral, incluindo fermentação alcoólica, as seguintes características:

- Apresentar eficiência elevada na conversão do substrato em produto;
- Permitir o acúmulo do produto no meio, obtendo-se assim, a concentração elevada do produto no caldo fermentado;
- Não produzirem substâncias incompatíveis com o produto de interesse;
- Terem comportamento fisiológico constante;
- Não exigir condições complexas durante o processo;
- Não exigir meios cultura dispendiosos;
- Permitir que o produto seja liberado para o meio, rapidamente.

Schmidell (2014) ainda afirma, que tais leveduras, podem ser obtidas, pelas seguintes fontes:

- Isolamento a partir de recursos naturais (solo, água, plantas, etc);
- Compra em coleções de cultura;
- Obtenção de mutantes naturais;
- Obtenção de mutantes induzidos por métodos convencionais;
- Obtenção de microrganismos recombinantes por técnicas de engenharia genética.

E quanto aos meios de cultura, o autor narra que também há características importantes, desejáveis, para melhor desenvolvimento dos microrganismos ali presentes:

- Não ser oneroso;
- Atender às necessidades nutricionais das leveduras;
- Assessorar no controle do processo (evitar grandes alterações de pH, evitar formação de espuma);
- Não causar impasses no momento da recuperação do produto;
- Componentes devem permitir tempo de armazenagem para que estejam disponíveis a todo tempo;
- Ter relativamente fixa;
- Não atrapalhar no tratamento do efluente.

Contudo, a adequada definição de qual microrganismo se empregar a que meio de cultura, é parte primordial do processo, e deve estar em constante análise, pesquisa e desenvolvimento, para a busca da otimização do processo.

9 ESTERILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Um dos fatores que pode afetar a fermentação alcóolica em qualquer segmento da indústria, é a presença de microrganismos indesejáveis, denominados “contaminantes” (STEINLE, 2013).

O mesmo autor afirma, que tais microrganismos, se encontram presentes na maioria dos processos, caso não haja a sanitização correta. Tanto em larga escala, como pequenos produtores.

“Esterilizar um equipamento, significa eliminar todas as formas de vida de seu interior ou superfície.” (URENHA; PRADELLA; RODRIGUES, 2014, p. 19) Porém, em determinados processos, inclusive o fermentativo, a eliminação parcial, já é o suficiente. Desse modo, foram desenvolvidos processos de desinfecção, que garantem assepsia adequada, sem esterilizar o equipamento.

Urenha, Pradella e Rodrigues (2014), afirmam que há diferença entre os termos desinfecção e esterilização. Desinfecção é um processo de eliminação de microrganismos menos rigoroso (patogênicos, por exemplo), que não elimina todos os microrganismos do meio, mas apenas os prejudiciais, pela ação dos agentes químicos desinfetante e/ou germicida. Tais produtos são utilizados em temperatura ambiente, na forma líquida.

Já a esterilização, segundo os mesmos autores, pode ser um processo físico ou químico, que provoca a morte ou inativação de toda forma de vida presente no meio.

9.1 Processos físicos de esterilização

O calor úmido, é uma forma de esterilização, que implica um dos métodos mais eficazes para a morte dos microrganismos. Neste procedimento, é fornecido alto grau de umidade em forma de vapor d'água saturado, associada a altas temperaturas, inativando os microrganismos pela desnaturação de suas proteínas. É utilizado em tubulações e reatores carregados ou não, com meio de cultura. Não é um processo oneroso, e é de fácil manuseio (URENHA; PRADELLA; RODRIGUES, 2014).

Outro método de esterilização de um meio, é o calor seco. Este, é menos eficiente e mais devagar que o calor úmido. Destrói os microrganismos oxidando

seus constituintes químicos. É empregado na assepsia de vidrarias, metais e sólidos resistentes ao calor (SANTOS, 2016).

De acordo com Urenha, Pradella e Rodrigues (2014) a irradiação por luz ultravioleta, também é utilizada para esterilização de equipamentos. Esta, é aplicada com frequência, à esterilização de vidraria, utensílios metálicos, embalagens, entre outros. As biomoléculas, principalmente os ácidos nucleicos absorvem a radiação Ultra Violeta (UV), onde ocorrem lesões, proporcionais às doses aplicadas.

Os mesmos autores narram que a radiação ionizante eletromagnética, é outra maneira de esterilizar-se um meio. Os raios alfa, beta, gama, raios x, raios catódicos, entre outros, produzidos por cobalto 60 ou césio 137, são absorvidos pelas moléculas de DNA, inviabilizando-o, podendo causar diversos danos, até a mutação.

9.2 Esterilização por agentes químicos

O emprego do calor úmido, na esterilização é predominante. Entretanto, em algumas situações não é possível utilizar essa técnica. Nestes casos, se faz necessário o uso de agentes químicos para efetuar-se a esterilização do meio (SANTOS, 2016).

Germicidas químicos, são produtos líquidos que agem em temperatura ambiente, necessitando muito tempo de contato para o efeito desejado. Sua eficácia depende muito das propriedades físicas do material a ser tratado, bem como as condições do meio (ph, dureza da água, etc.). São exemplos de germicidas, o peróxido de hidrogênio, soluções de glutaraldeído, formaldeído, fenóis, entre outros (URENHA; PRADELLA; RODRIGUES, 2014).

É primordial, conhecer o processo, e o contaminante que se deseja eliminar, para a devida prática ser aplicada na sanitização. Essa etapa do processo é de suma importância, na fermentação alcoólica (SANTOS, 2016).

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no estudo realizado, pode-se concluir, que a ciência da fermentação alcoólica, é um processo bioquímico complexo, proveniente de uma sequência de reações químicas, onde em sua etapa final, as leveduras produzem o etanol e o CO₂, além da ATP.

É interessante ressaltar, que os microrganismos realizam a fermentação, apenas com o propósito de obter energia em forma de ATP. O etanol é excretado pelas leveduras como um subproduto, e não tem utilidade nenhuma para as que o produzem.

Uma vez inutilizado pelas leveduras, é muito valioso para o homem.

Opção de biocombustível, não sendo necessário combustível fóssil para sua produção. É sustentável e tem o preço acessível ao consumidor final.

Após os estudos, pode-se considerar que a fermentação alcoólica possui vasta aplicabilidade na indústria. Além do etanol como combustível, o outro composto produzido pelas leveduras, o CO₂ é consideravelmente empregado na fabricação de pães e massas. E ainda, o foco maior deste estudo, que é o uso da fermentação na fabricação de bebidas alcoólicas. Uma ampla variedade de bebidas são produzidas por via fermentativa.

Apesar de ser uma ciência complexa no ponto de vista bioquímico, é considerada simples sua prática. Por esse motivo, cada vez mais produtores se envolvem na área. Como foi apresentado, a fermentação alcoólica vem atraindo os pequenos produtores, para a confecção de produtos artesanais, mais elaborados.

Contudo, para se conseguir praticar a fermentação alcoólica, seja em escala industrial, ou pequena escala, deve-se atentar aos diversos fatores que ali interferem e praticar tal ciência com todo o respeito e cuidado que ela requer.

Em possíveis estudos futuros em relação à fermentação alcoólica, seria oportuna a abordagem aos parâmetros específicos durante o processo de produção de cerveja, como por exemplo, o tipo de malte utilizado para cada variedade de cerveja. Ou ainda, um estudo generalizado sobre as variáveis de processo que podem prejudicar o processo fermentativo nas grandes indústrias.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CERVEJA CERVBRAZIL. **Anuário. Anuário 2016.** Disponível em: < http://cervbrasil.org.br/arquivos/anuario2016/161130_CervBrasil-Anuario2016_WEB.pdf>. Acesso em 05 jun. 2017.

BORZANI, W. Algumas aplicações industriais. In: BORZANI, W. SCHIMIDELL, W.; LIMA, U. de A.; AQUARONE, E.; **Biotecnologia Industrial – v. 1.** 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2014. p. 253-254.

BORZANI, W. Engenharia bioquímica: uma aplicação *sui generis* da engenharia química. In: SCHIMIDELL, W.; LIMA, U. de A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. **Biotecnologia Industrial – v. 2.** 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2014. p. 01 a 03.

BRASIL. **Decreto nº 6.871**, de 04 de junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Brasília, DF, 2009. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6871.htm>. Acesso em: 05 jun. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Portaria nº 76** de 26 de novembro de 1986. Dispõe sobre os métodos analíticos de bebidas e vinagre. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 28 nov. 1986. Seção 1, pt. 2.

BRASIL. **Resolução nº 90, de 18 de outubro de 2000.** Adotou Resolução de Diretoria Colegiada. Brasília, DF, 2000. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/2000/90_00rdc.htm>. Acesso em: 05 jun. 2017.

CARVALHO, G. B. M. de; BENTO, C. V.; SILVA, J. B. de A. Elementos biotecnológicos fundamentais no processo cervejeiro: 1ª parte: as leveduras. **Revista Analytica**, Lorena, n. 25, p. 36-42, out./nov. 2016. Disponível em: <http://bizuando.com/material-apoio/processos-qi2/Artigo_Analitica_1_As_Leveduras.pdf>. Acesso em: 01 maio 2017.

CERVEJARIA DORTMUND. Cervejaria. **Fabricação.** Disponível em: <<http://www.dortmund.com.br/fabricacao.php>>. Acesso em: 02 out 2017.

CERVEJAS NO MUNDO. **História da cerveja no Brasil.** Disponível em: <<http://www.cervejasdomundo.com/Brasil.htm>>. Acesso em 05 jun. 2017.

COUTINHO, G. M. P. **Produção artesanal de cachaça de alambique: Estudo de casos em pequenos produtores.** 2013. 67 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química)-Universidade de São Paulo, Lorena, 2013.

CROCOMO, O. J.; GUTIERREZ, L. E. Caminhos Metabólicos. In: BORZANI, W. SCHIMIDELL, W.; LIMA, U. de A.; AQUARONE, E.; **Biotecnologia Industrial – v. 1.** 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2014. p. 177-196.

DEPEC – DEPARTAMENTO DE PESQUISAS E ESTUDOS ECONÔMICOS
BRADESCO. **Indústria de Bebidas**. Abr. 2017. Disponível em:
<https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_industria_de_bebidas.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2017.

GAUTO, A. G.; ROSA, G, R. Vinho. In: _____. **Indústria Química**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2011. p. 373-701.

GUERRA, C. C. et al. Conhecendo o essencial sobre uvas e vinhos. **Empresa brasileira de pesquisa agropecuária EMBRAPA uva e vinho**. 2005. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/540128/1/Doc48.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

HARVEY, R. A.; FERRIER, D. R. Glicólise. In: _____. **Bioquímica ilustrada**, 5. ed. Porto Alegre: Artmed Editora S. A, 2012. cap. 8, p. 89-108.

INSTITUTO DA CERVEJA BRASIL. Blog. Novidades. **Cervejarias Artesanais no Brasil**. Disponível em:
<<https://www.institutodacerveja.com.br/blog/n113/novidades/cervejarias-artesanais-no-brasil>>. Acesso em: 01 maio 2017.

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, 2010. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142010000100017&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 05 jun. 2017.

LIMA, U. de A.; BASSO, L. C.; AMORIM, H. V. de. Produção de Etanol. In: LIMA, U. de A.; AQUARONE, E.; SCHIMIDELL, W.; BORZANI, W. **Biotecnologia Industrial – v. 3**. 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2014. p. 01-43.

MATTOS, C. **Desenvolvimento de pão fonte de fibras a partir do bagaço do malte**. 2010. 40 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

NELSON, D. L.; COX, M. M. Glicólise, Gliconeogênese e Via das Pentoses-Fosfato. In: _____. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**, 5. ed. Porto Alegre: Artmed Editora S. A., 2011. cap. 14, p. 527-568.

NELSON, D. L.; COX, M. M. Glicólise, Gliconeogênese e Via das Pentoses-Fosfato. In: _____. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**, 6. ed. Porto Alegre: Artmed Editora S. A., 2014. cap. 14, p. 543-585.

ROSA, M. H. S. **Produção artesanal de uma cerveja tipo Pilsen e análise da etapa de fermentação visando à identificação de possíveis melhorias no processo**. 2014. 41 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química)-Universidade de São Paulo, Lorena, 2014.

SANTOS, F. A. et al. Potencial da palha de cana-de-açúcar para a produção de etanol. **Química nova**, Viçosa, v. 35, n.5, p. 1004-1010. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol35No5_1004_24-RV11835_cor.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2017.

SANTOS Jr, A. J. **Caminhos metabólicos de interesse industrial**. Santo Antônio do Monte, 2016.

SCHIMIDELL, W. Microrganismos e meios de cultura para utilização industrial. In: c; LIMA, U. de A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. **Biotecnologia Industrial – v. 2**. 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2014. p. 05 a 18.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO A MICRO E PEQUENAS EMPRESAS-SEBRAE. Ideias de Negócio. **Como montar uma padaria**. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/Como-montar-uma-padaria>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

SHEREVE, R. N.; BRINK JR., J. A. Indústrias de fermentação. In: _____. **Indústria de Processos Químicos**. 4. ed. São Paulo: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2014. Cap. 31, p. 469 – 486.

SIROMA, T. **Estudo de variações na fermentação e propriedades organolépticas na produção de cerveja com diferentes maltes**. 2013. 36 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química)- Universidade de São Paulo, Lorena, 2013.

SOUZA, L. M. de, et al. **Produção de cachaça de qualidade**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2013. Disponível em: <<http://www.appca.com.br/publication.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

STEINLE, L. A. **Fatores que interferem na fermentação alcoólica**. 2013. 51 p. Dissertação (Pós-Graduação em Gestão do Setor Sucroenergético – MTA)- Universidade Federal de São Carlos, Sertãozinho, 2013

URENHA, L.C.; PRADELLA, J. G. da C.; RODRIGUES, M. F. de A. Esterilização de equipamento. In: SCHIMIDELL, W.; LIMA, U. de A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. **Biotecnologia Industrial – v. 2**. 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2014. p. 19 a 38.