

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**TÁFANI LUIZE TULLIO**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DOS CEREAIS AVEIA E  
CENTEIO NO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DE GIN**

**PONTA GROSSA**

**2022**

**TÁFANI LUIZE TULLIO**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DOS CEREAIS AVEIA E  
CENTEIO NO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DE GIN**

**INFLUENCE OF DIFFERENT CONCENTRATIONS OF OATS AND RYE  
CEREALS ON THE FERMENTATION PROCESS TO OBTAIN GIN**

Trabalho de conclusão de curso de graduação para  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia de  
Bioprocessos e Biotecnologia da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sabrina Ávila Rodrigues

**PONTA GROSSA**

**2022**



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**TÁFANI LUIZE TULLIO**

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DOS CEREAIS AVEIA E  
CENTEIO NO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DE GIN**

Trabalho de conclusão de curso de graduação para  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia de  
Bioprocessos e Biotecnologia da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 22/novembro/2022

---

Sabrina Ávila Rodrigues  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Luis Alberto Chavez Ayala  
Mestrado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Kariane Donatti Kachinski  
Engenheira Química  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**PONTA GROSSA**

**2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus familiares, principalmente à minha mãe, Rosana, pelo carinho, atenção e as condições para eu atingir meus objetivos.

Aos meus amigos que sempre estiveram ao meu lado, me dando suporte sempre que era necessário.

À minha orientadora Dr<sup>a</sup> Sabrina Ávila Rodrigues, por aceitar como orientanda, por me dar a liberdade de escolher como conduzir o experimento, e por todo o suporte durante esse trabalho.

## RESUMO

O gin é uma bebida destilada proveniente da fermentação de cereais. Sua principal diferença entre outros destilados é a maceração com especiarias, sendo o zimbro obrigatório, durante a etapa de produção. Foram realizadas quatro fermentações distintas com diferentes concentrações de aveia e centeio. A fermentação 1 era composta de centeio (100%); a 2 de centeio (75%) e aveia (25%); a fermentação 3 de aveia (75%) e centeio (25%) e a 4 era composta apenas de aveia (100%). O processo fermentativo durou 144 horas, e a cada 48 horas era realizado a medição do °Brix e pH. Quando duas medidas consecutivas de °Brix foram iguais a fermentação foi encerrada. A produção do mosto seguiu a metodologia de produção de cerveja artesanal e se mostrou ineficiente. A quantidade de açúcar não redutor no final das fermentações era significativa, chegando a mais de 100g/L. O pH foi corrigido para se igualar a 5,2 no início de todas as fermentações, e o menor valor encontrado após o processo foi de 4,2 no mosto 3. O rendimento se mostrou abaixo do esperado, atingindo o máximo de 52,05% na produção de etanol no mosto composto apenas de aveia, enquanto nas destilarias atingem em média de 91% do rendimento teórico. A quantidade final de gin produzido variou entre 195 mL e 219 mL.

**Palavras-chave:** gin; fermentação alcoólica; leveduras; cereais.

## ABSTRACT

Gin is a distilled beverage from the fermentation of cereals. Its main difference from other spirits is the maceration with spices, with juniper being mandatory during the production stage. Four different fermentations were carried out with different concentrations of oats and rye. Fermentation 1 consisted only of rye (100%), the 2, rye (75%) and oats (25%). The fermentation 3, oats (75%) and rye (25%) and 4 was composed only of oats (100%). The fermentation process lasted 144 hours, and every 48 hours the measurement of the °Brix and pH. When two consecutive measurements of °Brix were the same fermentation was terminated. The wort production followed the artisanal beer production methodology and proved to be inefficient. The amount of non-reducing sugar at the end of the fermentations was very high, reaching more than 100g/L. The pH was corrected to equal 5,2 at the beginning of all fermentations, and the lowest value found after the process as 4,2 in wort 3. The yield was lower than expected, reaching a maximum of 52,05% in production of ethanol in the must composed only of oat, while in the distilleries they reach an average of 91% of the theoretical yield. The final amount of gin produced ranged from 195 mL and 219 mL.

**Keywords:** gin; alcoholic fermentation; yeasts; cereals.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma de produção do gin.....	14
Figura 2 - Glicólise .....	16
Figura 3 - Segunda etapa da fermentação alcoólica .....	17
Figura 4 - Perfil de concentrações de substrato, levedura e etanol em uma fermentação .....	17
Figura 5 - Esquema de um alambique simples .....	19
Figura 6 - Exemplo de um grão e suas camadas.....	20
Figura 7 - Ciclo de vida da <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	23
Figura 8 - Fluxograma do experimento .....	24
Fotografia 1 - Moinho de disco .....	25
Figura 9 - Tesde do Iodo: A) Negativo; B) Parcial; C) Positivo .....	26
Fotografia 2 - Galão de fermentação com airlock .....	27
Fotografia 3 - Embalagem do fermento.....	28
Fotografia 4 - Alambique de cobre .....	29
Fotografia 5 - Alcoômetro Gay-Lussac e Cartier .....	30

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

<b>Quadro 1 - Botânicos e característictica que adicionam ao gin.....</b>	<b>12</b>
<b>Quadro 2 - Principais compostos químicos presentes no gin .....</b>	<b>14</b>
<b>Tabela 1 - Composição média dos cereais .....</b>	<b>20</b>
<b>Tabela 2 - Proporção utilizada de cereais .....</b>	<b>25</b>
<b>Tabela 3 - Teor alcoólico das fermentações .....</b>	<b>33</b>
<b>Tabela 4 - Concentração de açúcares redutores no início e final da fermentação .....</b>	<b>35</b>
<b>Tabela 5 - Proporção entre etanol produzido e açúcar consumido .....</b>	<b>35</b>
<b>Tabela 6 - Solução de etanol e água recuperados da destilação.....</b>	<b>36</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1	Objetivo geral.....	11
1.2	Objetivos específicos.....	11
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>12</b>
2.1	<b>Gin</b> .....	<b>12</b>
2.1.1	Processo de produção.....	13
2.1.2	Mercado .....	14
2.2	<b>Fermentação alcoólica</b> .....	<b>15</b>
2.2.1	Destilação.....	18
2.3	<b>Cereais</b> .....	<b>19</b>
2.3.1	Aveia .....	21
2.3.2	Centeio .....	21
2.4	<b>Leveduras</b> .....	<b>22</b>
2.4.1	Saccharomyces cerevisiae.....	22
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
3.1	<b>Mosto</b> .....	<b>25</b>
3.1.1	Moagem .....	25
3.1.2	Brassagem e mosturação.....	26
3.1.3	Filtração e lavagem .....	26
3.1.4	Fervura do mosto .....	27
3.2	<b>Fermentação batelada</b> .....	<b>27</b>
3.2.1	Análises da fermentação .....	28
3.3	<b>Inóculo</b> .....	<b>28</b>
3.4	<b>Filtração</b> .....	<b>29</b>
3.5	<b>Destilação</b> .....	<b>29</b>
3.6	<b>Maceração com especiarias</b> .....	<b>30</b>
3.7	<b>Diluição</b> .....	<b>30</b>
3.8	<b>Água</b> .....	<b>30</b>
3.9	<b>Açúcares totais</b> .....	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>32</b>
4.1	Consumo do substrato e teor alcoólico .....	32
4.2	Análise de pH.....	33
4.3	Análise de turbidez.....	34

<b>4.4</b>	<b>Açúcares totais e rendimento .....</b>	<b>34</b>
<b>4.5</b>	<b>Rendimento da destilação .....</b>	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>37</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O gin é uma bebida destilada descoberta no século XVII pelo professor holandês de medicina Franciscus de la Boe com o objetivo de criar um remédio para tratar problemas renais. Ele desenvolveu uma maneira única de fornecer óleo de zimbro ao corpo, pois esse tem capacidade diurética (PEREIRA, 2018).

O nome gin surgiu do francês “genièvre” e do holandês “genever”, que significa zimbro (*Juniperus communis*). Esse é o seu principal diferencial comparado à outras bebidas destiladas como vodca, cachaça, entre outras. Além do zimbro podem ser adicionados outros botânicos como anis, raiz de angélica, canela, cascas de limão e/ou laranja. Essas especiarias são definidas pelo mestre destilador e tornam o gin único não sendo necessário ser submetido ao envelhecimento (MORAES, 2021).

Por ser uma bebida destilada, o etanol utilizado no gin é resultado de uma fermentação. Nesse processo são utilizados essencialmente cereais (trigo, cevada, centeio, entre outros) (AYLOOT, 1995; CHRISTOPH & BAUER-CHRISTOPH, 2007 apud PEREIRA, 2018). E durante a destilação em alambique são acrescentadas as especiarias.

Na fermentação alcóolica há a conversão dos açúcares simples em etanol e dióxido de carbono por via anaeróbica. Esse processo é feito por uma levedura, como a *Saccharomyces cerevisiae* (OLIVEIRA, 2015).

As leveduras são fungos unicelulares e dentro desse grupo a *Saccharomyces cerevisiae* se destaca por ser amplamente utilizada nas indústrias de alimentos e bebidas para fermentação alcoólica. Esse microrganismo se adapta bem às condições de fermentação e possui uma tolerância maior a condições de estresse, como variação do pH, temperatura e concentração de etanol (MORAIS *et al*, 2019).

## **1.1 Objetivo geral**

Avaliar a influência de diferentes concentrações dos cereais aveia e centeio no processo de fermentação para obtenção de gin.

## **1.2 Objetivos específicos**

- Avaliar o °Brix e teor alcoólico de cada fermentação;
- Avaliar o rendimento de cada fermentação após a destilação;
- Fazer a caracterização físico-química dos produtos obtidos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Gin

O gin é uma bebida destilada descoberta em 1650 pelo holandês Francisco de la Boe, com o objetivo de criar um remédio renal de baixo custo. Ele acrescentou óleo de zimbro ao etanol destilado, pois essa planta já era conhecida por sua capacidade diurética (PEREIRA, 2018).

De acordo com Alcarde (2016), no final do século XVII o gin foi levado à Inglaterra através de soldados que voltavam da guerra nos Países Baixos e começou a competir com as bebidas da época, como rum e conhaque. Como essas bebidas eram importadas das Índias Ocidentais e França, respectivamente, em 1688 o rei inglês William de Orange proibiu essas importações como uma forma de incentivar a produção doméstica de gin.

Com o impulso da Revolução Industrial no século XVIII, o gin se alastrou pelas classes mais populares. Porém como a produção era doméstica e não fiscalizada, havia muita contaminação, principalmente com metanol, levando a intoxicação de várias pessoas. Devido a isso, foi decretado o Gin Act que regulamentava e licenciava os produtos (BUGLASS, 2011).

O etanol utilizado no gin tem origem agrícola, geralmente através da fermentação de cereais como trigo, cevada, centeio. E após a destilação, que pode ser utilizado dois métodos o Blended Gin ou London Dry/Gin, adiciona-se as bagas de zimbro e outras substâncias aromatizantes exemplificadas no quadro 1.

**Quadro 1 - Botânicos e característica que adicionam ao gin**

<b>Botânico</b>	<b>Sabor</b>
Bagas de zimbro	Agridoce e picante
Raiz de Angélica	Almiscarado, amadeirado
Casca de laranja/ limão	Cítrico
Canela	Picante
Cardamomo	Picante e cítrico
Gengibre	Ardente
Alcaçuz	Amadeirado, agridoce

Fonte: Diffords guide (c2022).

A legislação brasileira regulamenta o gin no artigo 63 do decreto N° 6871 de 4 de junho de 2009

Art. 63. Gim ou gin é a bebida com graduação alcoólica de trinta e cinco a cinquenta e quatro por cento em volume, a vinte graus Celsius, obtida pela redistilação de álcool etílico potável de origem agrícola na presença de bagas de zimbro (*Juniperus communis*), com adição ou não de outra substância vegetal aromática, ou pela adição de extrato de bagas de zimbro, com ou sem outra substância vegetal aromática, ao álcool etílico potável de origem agrícola e, em ambos os casos, o sabor do zimbro deverá ser preponderante, podendo ser adicionada de açúcares até quinze gramas por litro (BRASIL, 2009).

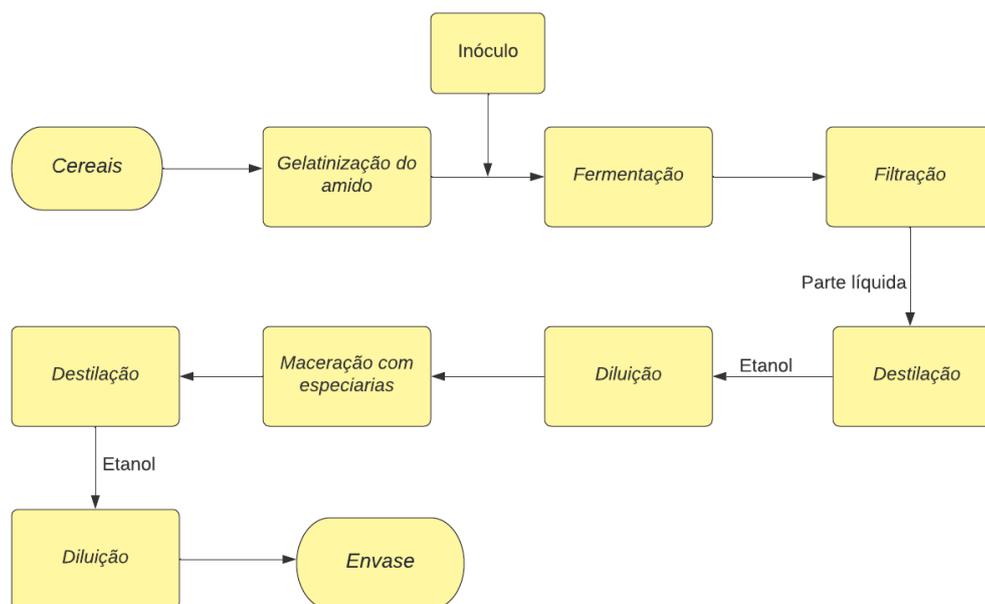
### 2.1.1 Processo de produção

O gin é uma bebida destilada composta principalmente de etanol agrícola, água e botânicos. O etanol agrícola é definido como um etanol sem sabor e sem odor acentuado que não interfere no gosto do gin. A água utilizada na diluição também deve estar limpa e pura para não comprometer a bebida (AYLOTT, 1995).

A primeira etapa da produção do gin é a fermentação dos cereais para a obtenção do etanol. Nessa etapa se gelatiniza o amido e acrescenta o microrganismo que irá converter a glicose em etanol e gás carbônico. Após a fermentação o mosto é filtrado e a parte líquida é destilada para a separação do etanol (ALCARDE, 2016).

Com o álcool etílico separado, há a diluição com água pura até se obter um teor alcoólico entre 40 e 60%, em volume. Em seguida é adicionado os botânicos (bagas de zimbro e especiarias) e deixado macerar. Posteriormente, essa mistura é levada ao alambique para uma destilação em uma temperatura controlada entre 70 e 80°C (AUMATTEL, 2012; AYLOTT, 1995).

Segundo Alcarde (2016), a primeira e última parte (cabeça e cauda) da destilação são descartadas. A segunda parte (corpo) corresponde ao gin, e é coletado até que o volume do destilado tenha um teor alcoólico médio de 80% (v/v). A última etapa é a diluição da parte destilada com água para atingir a concentração alcoólica regulamentada e o envase.

**Figura 1 - Fluxograma de produção do gin**

**Fonte: Autoria própria (2022).**

Os traços presentes no final da produção irão depender das especiarias utilizadas na maceração junto com as bagas de zimbro e, de acordo com Pereira (2018), os principais compostos químicos presentes no gin estão descritos no quadro 2, sendo eles monoterpenos, monoterpenos oxigenados e sesquiterpenos.

**Quadro 2 - Principais compostos químicos presentes no gin**

Monoterpenos	Monoterpenos oxigenados e ésteres	Sesquiterpenos
$\alpha$ - pineno	Linalol	Cadineno
$\beta$ - mirceno	$\alpha$ - terpineol	Cariofileno
Limoneno	4- terpineol	$\beta$ - elemeno
Terpineno	Acetato de bornilo	
Cimeno		

**Fonte: Pereira (2018).**

### 2.1.2 Mercado

O mercado internacional de bebidas alcoólicas cresceu 17% em 2021, superando o déficit que teve em 2020 devido a pandemia do COVID-19. Apenas no ano passado esse segmento movimentou mais de US\$ 1 trilhão, mesmo ainda não atingido o volume consumido na pré-pandemia (GUIA DA CERVEJA, 2022).

Esse crescimento mais tímido do mercado, que tem como grande representante a cerveja, se deve ao fato da diminuição do consumo desse produto. Nos últimos anos a cerveja vem perdendo espaço para as bebidas spirits (uísque, vodca, gin, aguardente) (VIANA, 2020).

Segundo Viana (2020), o maior consumo de bebidas destiladas se explica pela crescente cultura dos coquetéis, onde o consumidor procura por bebidas consideradas premium.

No cenário brasileiro há um crescente aumento no consumo do gin, sendo que entre os anos de 2016 e 2017 o consumo de gin no país aumentou 111%, segundo um levantamento da International Wine and Spirits Research (IWSR) (FIGUEIRAS, 2019). O que garantiu ao Brasil o 22º lugar no ranking mundial de consumidores, com uma movimentação de mais de 1,8 milhões de litros de gin no país (MORAIS *et al*, 2019).

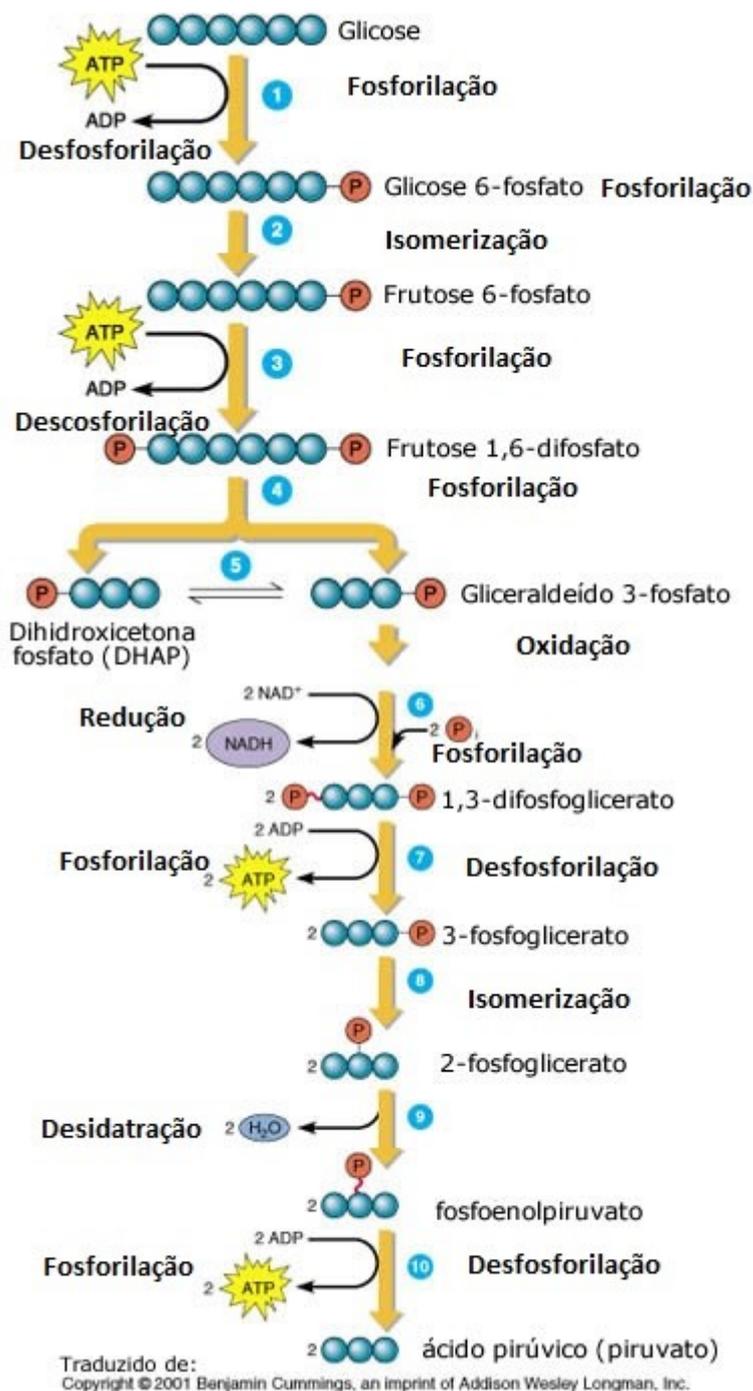
## **2.2 Fermentação alcoólica**

A fermentação alcoólica é o processo em que há a conversão da molécula de glicose em etanol e gás carbônico. Essa transformação é anaeróbica e acontece na presença de microrganismos, como as leveduras (OLIVEIRA,2015).

A produção do etanol é dividida em duas etapas, sendo a primeira delas a glicólise. Nessa etapa começa o catabolismo da glicose com um total de dez reações catabolizadas por enzimas. Ao final dessas reações há quebra da glicose em duas moléculas de piruvato ( $\text{CH}_3\text{COCO}_2^-$ ). Essa molécula é utilizada para a produção de etanol (McMURRY, 2016).

A glicólise (figura 2) é a primeira etapa do metabolismo e acontece de maneira anaeróbica no citoplasma. Essa fase é composta de um total de dez reações químicas (reversíveis e não reversíveis) onde há gasto de ATP. No final dessa etapa há um saldo positivo de 2 ATP (adenosina trifosfato) e duas moléculas de piruvato que são convertidas em etanol e gás carbônico (NELSON e COX, 2019).

Figura 2 - Glicólise



Fonte: Teodoro adaptado biomedicina em ação (2012).

Na segunda etapa o piruvato sofre uma descarboxilação produzindo o acetaldeído, essa reação é irreversível e catalisada pela enzima piruvato descarboxilase. O acetaldeído, através da ação da enzima álcool desidrogenase, é reduzido pela NADH a etanol (MADIGAN; MARTINKO; PARKER, 2008).



### 2.2.1 Destilação

A destilação é uma operação unitária de separação ou purificação de uma mistura de componentes líquidos com diferentes pontos de ebulição. Durante a separação é formada uma fase de evaporação, composta, em maior parte, pela substância mais volátil, essa passa por uma condensação se separando da mistura inicial (TADINI *et al*, 2019).

A mistura composta por água e etanol é chamada de azeótropo. De acordo com Tadini (2019), esse tipo de mistura se comporta como se fosse uma substância pura em relação a ebulição. Devido a isso, se torna muito difícil a separação total do etanol da água.

Na indústria é muito utilizado a destilação contínua, pela produção em larga escala. Esse tipo de destilação utiliza duas colunas, sendo a primeira para separar o etanol do caldo fermentado e a segunda para concentrar esse álcool (PEREIRA, 2018).

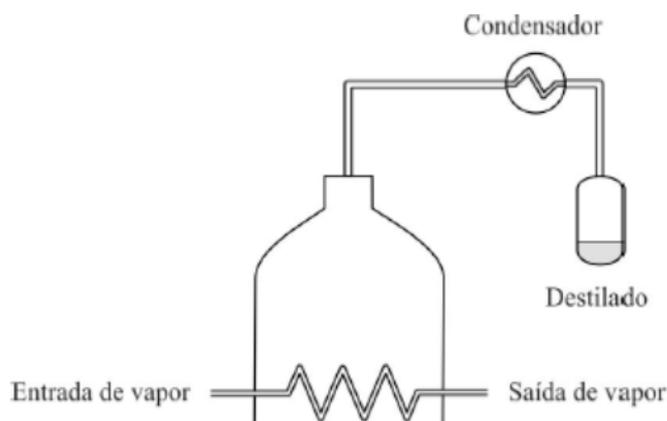
Em produções artesanais, como cacharias de médio e pequeno porte, é muito comum ser utilizado o alambique. Esse equipamento possui um funcionamento simples. Primeiramente se coloca a mistura a ser separada na caldeira de destilação e aumenta gradativamente a temperatura (MUTTON E MUTTON, 2016).

Segundo Mutton e Mutton (2016), a primeira parte destilada, chamada de cabeça, é rica em metanol, ésteres, aldeídos, acetaldeídos e demais compostos voláteis. Essa parte representa de 5 a 10% de volume total da destilação e deve ser descartado.

A segunda parte destilada é chamada de corpo da destilação e representa 80% do volume total. Essa é a melhor porção do destilado, por apresentar menor quantidade de substâncias indesejáveis. Essa porção é controlada por uma graduação alcoólica de 45 a 50% (v/v) na caixa de recepção e se faz o corte (ALCARDE, 2016; MUTTON E MUTTON, 2016).

A última parte, chamada de cauda, é composta de água, produtos mais pesados e menos voláteis. Essa porção corresponde a 10% do volume total do destilado e é coletado de uma graduação de etanol 38% (v/v) até 10% (v/v). A parte que fica na caldeira é denominado de vinhaça e deve ser descartada de forma correta (MUTTON E MUTTON, 2016).

Figura 5 - Esquema de um alambique simples



Fonte: Tadini (2019).

### 2.3 Cereais

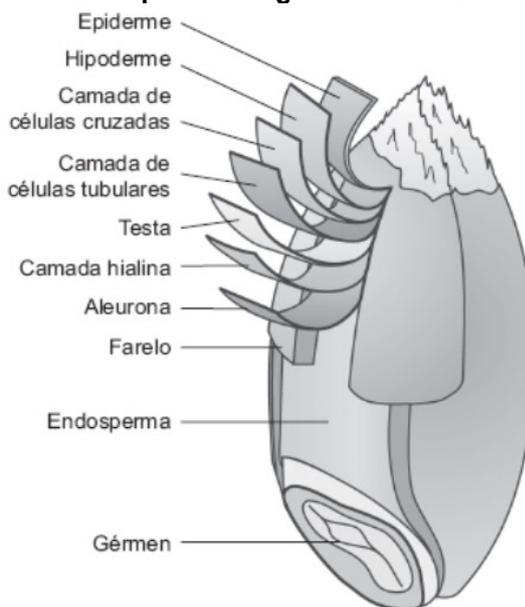
Os cereais são alimentos de origem vegetal em grãos. São muito utilizados por serem de fácil conservação, transporte, nutritivos e baixo custo. Os principais representantes são o arroz, trigo, milho, aveia, cevada, centeio e triticale (SILVA, 2018).

Essa categoria de alimentos possui uma grande capacidade energética e de proteína disponível para a humanidade. Em países pobres os cereais chegam a fornecer 75% das calorias da dieta, sendo na forma de grãos ou farinhas (DOMENE, 2022).

Segundo Domene (2022), as principais estruturas dos grãos são:

- Pericarpo: encobre o endosperma e é rica em fibra alimentar;
- Endosperma: maior concentração de amido;
- Gérmen: parte germinativa do grão, rico em proteínas diferenciadas de alto valor biológico e alta concentração de lipídios.

No endosperma estão os leucoplastos, organelas de reserva energética na forma de carboidratos, a forma com é feita a deposição do amido nos leucoplastos é única em cada vegetal e pode ser usada para identificação (DOMENE, 2022).

**Figura 6 - Exemplo de um grão e suas camadas**

**Fonte: Domene (2022).**

A composição química dos cereais (tabela 1) é muito semelhante, Cerca de 70% é carboidratos e 10% proteínas (SILVA, 2018). O principal carboidrato é o amido, um polímero formado por ligações glicosídicas entre moléculas de glicose (ORNELLAS, 2007).

O amido é composto por cadeias de amilose (linear) e amilopectina (estrutura ramificada). As diferentes proporções dessas cadeias são responsáveis pela particularidade do amido de cada grão e suas aplicações (ORNELLAS, 2007).

De acordo com Silva (2018), as principais fibras encontradas nos cereais são a celulose, hemicelulose, lignina e gomas. Outras características desses grãos é que eles apresentam uma grande quantidade de vitaminas e minerais.

**Tabela 1 - Composição média dos cereais**

Cereal	Umidade (%)	Proteína (%)	Carboidratos (%)	Lipídios (%)	Fibras (%)
Arroz	11	8	65	2	9
Trigo	11	13	69	2	3
Milho	11	10	72	4	2
Aveia	13	10	58	5	10
Cevada	14	12	63	2	6
Centeio	11	12	71	2	2
Quinoa	6,3	13,1	68,9	5,8	5,9

**Fonte: Ornellas (2007).**

### 2.3.1 Aveia

A aveia (*Avena sativa*) teve origem a aproximadamente 2000 a.C. no oriente médio. Possui uma alta demanda para o consumo humano por ter a melhor proteína entre os cereais (SERNA-SALDIVAR, 2010). Esse cereal é mais adaptado a regiões frias, e isso se reflete na concentração da produção no hemisfério norte, sendo a Rússia a principal produtora mundial (EMBRAPA, 2012).

A composição média do grão de aveia é de 13% de umidade, 10% de proteínas, 58% de carboidratos, 5% de lipídios e 10% de fibras (ORNELLAS, 2007). Devido a essa composição, há vários benefícios no consumo de aveia, como a redução de colesterol no sangue, diminuição da absorção da glicose, estimular funções imunológicas (LIMA, 2019).

Não foram localizados na literatura outros trabalhos utilizando a aveia como componente de fermentação de bebidas. Na cerveja ela é utilizada para melhorar a qualidade da espuma e sua textura, mas são usados outros maltes para a fermentação (PAYÁ *et al*, 2019).

Atualmente é utilizado a aveia para produzir um fermentado parecido com o iogurte convencional, que pode ser consumido por veganos, vegetarianos e pessoas com intolerância à lactose (RIBEIRO *et al*, 2022).

### 2.3.2 Centeio

O centeio (*Secale cereale*) é um grão resistente a invernos rigorosos, clima frio e falta de água. Ele se espalhou gradualmente por toda a Europa e chegou na América através dos colonizadores no século XVI (SERNA-SALDIVAR, 2010).

Devido ser um grão que suporta bem baixas temperaturas, os principais produtores mundiais são a União Europeia, seguido pela Rússia. Esses são os principais consumidores também (EMBRAPA, 2013).

O centeio é composto por 71% de carboidrato, aproximadamente, e, devido a essa característica, é muito utilizado para fermentação na área de panificação e produção alcoólica (cervejas) (ORNELLAS, 2007).

Na França é utilizada 75% de centeio para a fermentação alcoólica na produção do gin, e em outros países é usado em menor concentração (MORAES, 2021).

## 2.4 Leveduras

As leveduras já são utilizadas há muito tempo pela humanidade como fermento, mas foi em meados de 1800 que Louis Pasteur estabeleceu que o fermento era um organismo vivo. Essa descoberta possibilitou controlar com mais precisão a fermentação e separou um novo campo de estudo chamado bioquímica (WHITE E ZAINASHEFF, 2010).

Esses microrganismos são fungos unicelulares e podem se reproduzir de forma assexuada ou sexuada. São conhecidas mais de mil espécies de leveduras, mas a que possui maior interesse industrial são as do gênero *Saccharomyces* pela sua capacidade de conversão do açúcar em etanol e gás carbônico (RIBEIRO *et al*, 2018).

A utilização de leveduras para fermentação é a biotecnologia mais antiga conhecida e a espécie *Saccharomyces cerevisiae* domina a produção mundial de álcool. Cepas dessa espécie também são usadas nas destilarias, mas em culturas puras e selecionadas (TEIXEIRA & CRUZ, 2014; WALKER & STEWART, 2016).

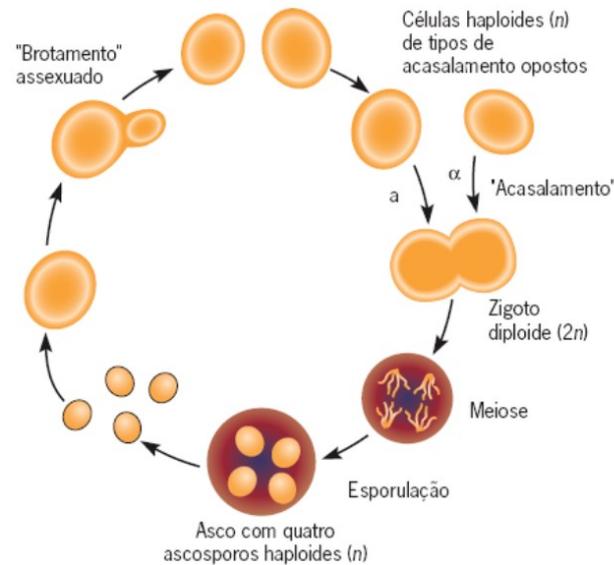
### 2.4.1 *Saccharomyces cerevisiae*

É classificada como um fungo ascomiceto unicelular de células ovais, esféricas ou cilíndricas. Sua reprodução pode ser assexuada ou sexuada, sendo a mais comum a divisão celular por brotamento (MADIGAN *et al*, 2016).

O brotamento é uma reprodução assexuada onde há a divisão mitótica do núcleo haploide. Depois dessa divisão o núcleo filho é encaminhado para um pequeno “broto” e se separa da célula mãe por citocinese (SNUSTAD e SIMMONS, 2020)

Na reprodução sexuada as células  $a$  e  $\alpha$  (predispostas geneticamente) se fundem formando uma célula diploide, em seguida passa por meiose e os quatro produtos haploides são criados em uma bolsa denominada asco. Ao abrir essa bolsa é possível separar os produtos da meiose em placas e iniciar uma nova colônia de leveduras (MADIGAN *et al*, 2016).

**Figura 7 - Ciclo de vida da *Saccharomyces cerevisiae***



Fonte: Snustad e Simmons (2020).

O genoma da *Saccharomyces cerevisiae* tem toda a sua sequência conhecida e contém  $14 \times 10^6$  pb. Ela é amplamente utilizada por ser de fácil cultivo e manutenção e incorporar genes de interesse para produção industrial através da técnica do DNA recombinante (NELSON E COX, 2019).

A *S. cerevisiae* é anaeróbia facultativa, ou seja, ela altera seu tipo de respiração celular de acordo com a necessidade. Quando há uma grande concentração de glicose no meio ela produz ATP através da fermentação, mesmo que haja oxigênio disponível (OTTERSTED *et al*, 2004; MERICO *et al*, 2007).

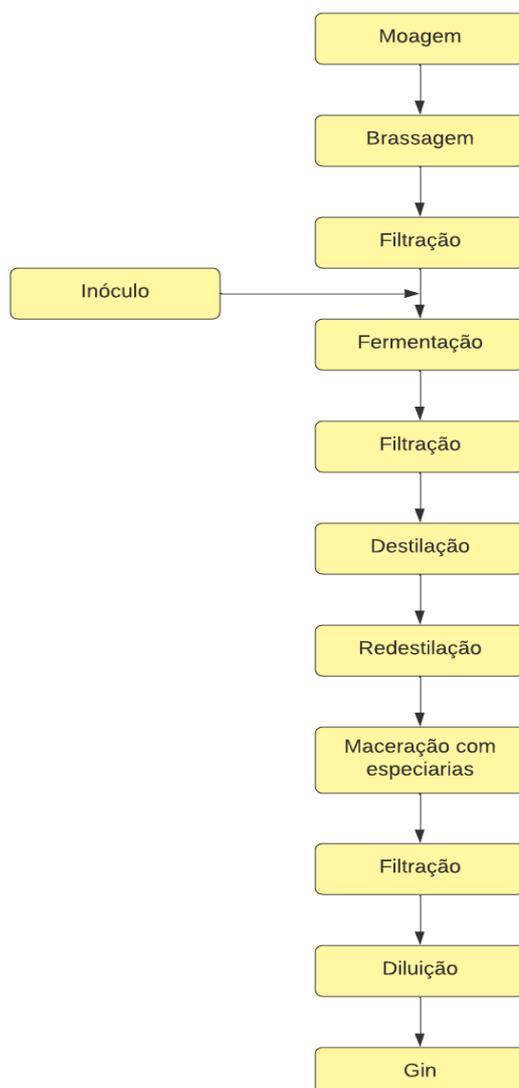
Segundo Salvadó *et al* (2011), uma das principais vantagens da espécie *S. cerevisiae* é ela ser a mais termotolerante, se comparado a outras leveduras, tendo um crescimento ótimo entre  $32,3^{\circ}\text{C}$  e  $45,4^{\circ}\text{C}$ .

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A produção artesanal do gin foi feita através da fermentação de grãos maltados de aveia e centeio. A escolha desses grãos foi para saber como a aveia se comporta em uma fermentação, pois não foram encontradas bebidas que usam esse cereal como fonte de carboidrato. O centeio foi utilizado para comparação, pois é usado para fermentação, principalmente de cerveja.

O experimento foi realizado no campus Ponta Grossa da UTFPR (Figura 7) nos laboratórios de sorvetes e D001. A aveia (Castle malting oat) e o centeio (Castle malting rye) foram adquiridos no site Estação Brew shop. E a levedura utilizada foi Stil Spirits para produção de vodca.

**Figura 8 - Fluxograma do experimento**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

### 3.1 Mosto

A preparação do meio para fermentação foi dividida em etapas como a moagem, a brassagem e a filtração. A proporção utilizada de aveia e centeio está demonstrada na tabela 2. No total foram quatro fermentações independentes com diferentes concentrações desses cereais e utilizou-se 1Kg de cereal para cada fermentação.

**Tabela 2 - Proporção utilizada de cereais**

Fermentação	% Aveia	% Centeio
1	0	100
2	25	75
3	75	25
4	100	0

Fonte: Aatoria própria (2022).

#### 3.1.1 Moagem

Essa operação unitária é utilizada para expor o endosperma do grão, composto em sua maioria por amido. Esse polissacarídeo é convertido em açúcar fermentável no processo de mosturação (PEREIRA, 2018). Foi utilizado um moinho de disco para a moagem dos grãos de cereais maltados.

**Fotografia 1 - Moinho de disco**



Fonte: Aatoria própria (2022).

### 3.1.2 Brassagem e mosturação

É o cozimento dos grãos para se fazer o mosto, meio onde as enzimas presentes no cereal convertem o amido em açúcares fermentescíveis (maltoses) ou não fermentescíveis (dextrinas) (MUXEL, 2016).

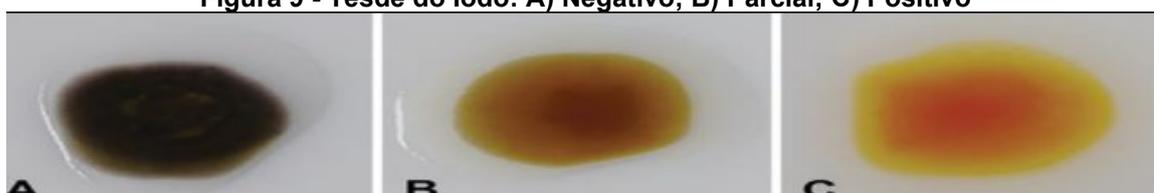
A quantidade de água utilizada foi de 3,5L/ Kg de cereal. De acordo com Palmer e Kaminski (2013), para produzir o mosto de cerveja são utilizados 2,5L/ Kg de cereal, mas durante a produção foi necessário aumentar essa quantidade pois o amido começou a gelatinizar e deixar o mosto mais espesso.

Os grãos moídos foram acrescentados na água a uma temperatura de 50°C e ficaram por no mínimo 15 minutos em uma temperatura entre 45°C e 55°C.

Após esse período a temperatura foi aumentada para uma faixa entre 60°C e 65°C. O tempo que cada mosto ficou nessa temperatura variou entre 40 minutos e 2 horas e 30 minutos.

Durante a mosturação foi realizado o teste do iodo para saber se o amido no mosto foi convertido em açúcar, em caso negativo o processo continuou. Na ausência da coloração roxo-azulada, a solução foi aquecida até 76°C por 10 minutos para inativar as enzimas (GUIMARÃES, 2020).

**Figura 9 - Tesde do Iodo: A) Negativo; B) Parcial; C) Positivo**



Fonte: Thesseling *et al* (2019) apud Guimarães (2021).

### 3.1.3 Filtração e lavagem

Essa etapa tem a função de deixar o mosto mais límpido e retirar as partes sólidas. Primeiro foi retirado a parte líquida do mosto com o auxílio de uma peneira.

Para a lavagem do cereal foi utilizada uma técnica chamada de Fly Sparge, onde a água é aquecida até 75°C e derramado aos poucos nos resíduos dos grãos. A água de lavagem saiu através da peneira e se juntou a primeira parte filtrada. Esse caldo foi colocado dentro de uma nova panela e entrou em fervura intensa por 60 minutos. (GUIMARÃES, 2020; MUXEL, 2016).

Seguindo a metodologia de Palmer e Kaminski (2013), foi usado aproximadamente 3,75 L de água por Kg de cereal para a etapa de lavagem.

#### 3.1.4 Fervura do mosto

Nessa etapa o mosto filtrado foi fervido por 60 minutos em panela aberta. Sua finalidade foi de inativar enzimas, evaporação de água excedente, coagulação proteica e esterilização do mosto. No final desse processo havia aproximadamente 4L de mosto para cada fermentação com pH de  $6,7 \pm 0,1$ .

### 3.2 Fermentação batelada

O volume de mosto utilizado em cada fermentação foi de 4L e 3,2 g da levedura *Saccharomyces cerevisiae* (fermento seco). No total foram quatro fermentações distintas.

As fermentações ocorreram dentro de galões de 6L equipados com o airlock na tampa. O processo aconteceu em 6 dias e a cada 48 horas eram tiradas alíquotas de 10 mL para a medição do pH e °Brix.

Os galões foram acondicionados dentro de um armário, para deixar o ambiente escuro. O processo ocorreu em temperatura ambiente (entre 18°C e 23°C) com um pH de  $5,0 \pm 0,2$ . Para a correção do pH foi utilizado ácido sulfúrico.

**Fotografia 2 - Galão de fermentação com airlock**



Fonte: Autoria própria (2022).

### 3.2.1 Análises da fermentação

O °Brix e o pH, foram medidos no início e final da fermentação e com intervalos de 48 horas. O refratômetro usado é do modelo LYT-330 (Boji) e o pHmetro de bancada PHS-3E (Even).

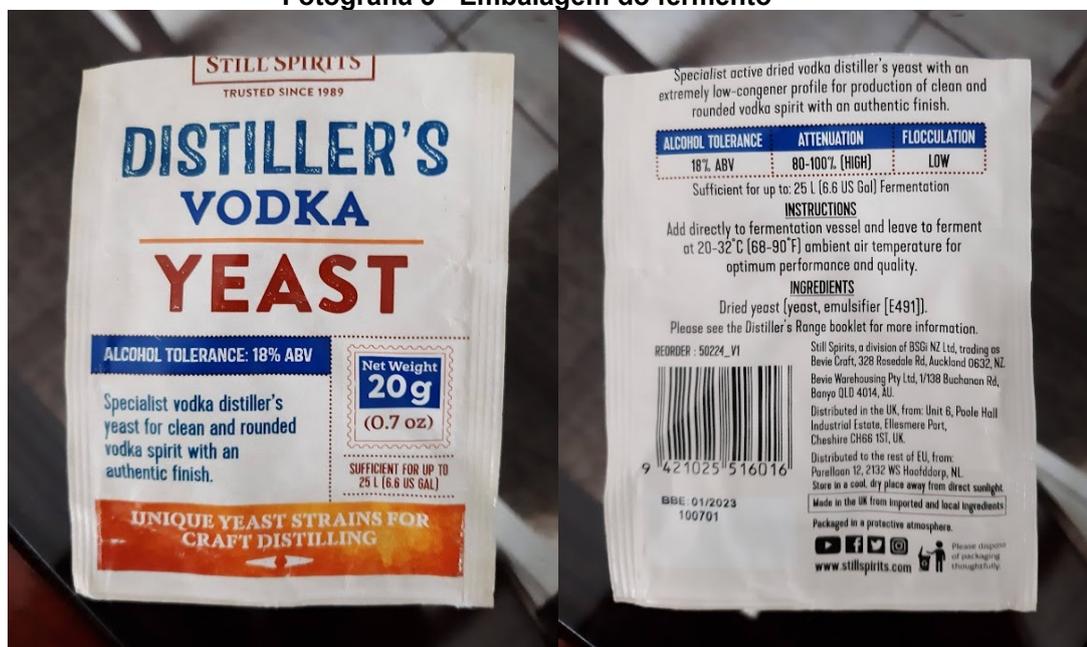
O rendimento de cada fermentação foi calculado pela relação entre a quantidade de etanol produzido pela concentração de açúcar consumido, utilizando a fórmula  $Y_{p/s} = \frac{\Delta P}{\Delta S}$ , onde o  $\Delta P$  é a variação da produção de etanol e  $\Delta S$  a variação do consumo de substrato.

A turbidez foi medida antes e depois da fermentação e foram utilizadas as mesmas amostras para a medida dos açúcares totais.

### 3.3 Inóculo

O fermento utilizado é para produção de vodca, pois ele possui maior tolerância ao álcool. Na especificação do fabricante, a levedura pode ser adicionada diretamente no mosto.

Fotografia 3 - Embalagem do fermento



Fonte: Autoria própria (2022).

### 3.4 Filtração

Após a fermentação é necessário separar a biomassa do caldo fermentado antes da destilação. Nessa etapa foi utilizado uma peneira e um pano branco para retirar o máximo de biomassa.

Na segunda filtração, para a separação das especiarias, foi utilizado um filtro de papel e funil.

### 3.5 Destilação

O caldo fermentado foi destilado uma vez para a separação do etanol do mosto e a redestilação para a concentração do etanol. O volume para a primeira destilação foi entre 3,7L e 3,8L.

Nessa etapa foi utilizada um alambique de cobre a uma temperatura de 78°C. Os primeiros 5 mL de cada destilação foram descartados e no final foram obtidos entre 0,130L e 0,146L de solução com teor alcoólico de 60 °GL, medido com um alcoômetro de Gay-Lussac e Cartier a 20°C.

**Fotografia 4 - Alambique de cobre**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

### 3.6 Maceração com especiarias

As especiarias utilizadas foram o zimbros e raiz de angélica. Em cada volume de destilado foi usado 1g de especiarias e macerado por 48 horas.

### 3.7 Diluição

Após a maceração e filtração foi feita a diluição para atingir o teor alcoólico de 40°GL, seguindo a legislação do gin. Como a graduação alcoólica era de 60°GL, foi calculado a quantidade de água necessária para acrescentar e atingir o teor alcoólico desejado.

Fotografia 5 - Alcoômetro Gay-Lussac e Cartier



Fonte: Autoria própria (2022).

### 3.8 Água

A água tem uma grande importância no preparo de bebidas, pois pode alterar o sabor e características da bebida. Nesse trabalho foi utilizado água mineral em todo o processo.

### 3.9 Açúcares totais

A quantificação de açúcares totais foi feita pelo método fenol-sulfúrico (DUBOIS, 1956) para calcular o rendimento das fermentações. No total foram

utilizados nove tubos de ensaio, quatro com amostras antes fermentação, quatro com amostras após a fermentação e um com o branco.

As amostras foram diluídas na proporção 1:1000, adicionando 0,1 mL de amostra em um balão volumétrico de 100 mL e completando com água destilada. Nos tubos de ensaio transferiu-se 0,5 mL das amostras e adicionou-se 0,5 mL de fenol 5% e em seguida, 2,5 mL de ácido sulfúrico PA.

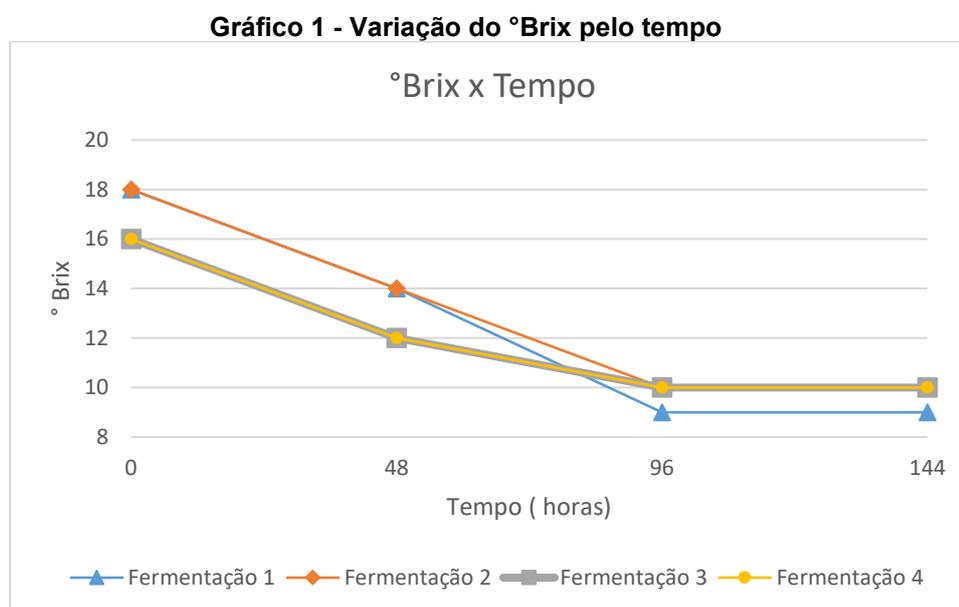
Após aguardar aproximadamente 15 minutos para as amostras esfriarem, mediu-se a absorbância em um comprimento de onda de 490 nm no espectrofotômetro modelo WV-M5 (Weblaborsp).

As medições foram feitas em triplicatas e feito uma média sobre os resultados. Os valores da absorbância foram utilizados para medir a concentração de açúcar nas amostras seguindo a curva de calibração  $abs = 0,0113x - 0,0351$ .

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Consumo do substrato e teor alcoólico

Durante o processo fermentativo foi feito seu acompanhamento medindo o °Brix e o pH com um intervalo de 48 horas. Quando duas medidas consecutivas de °Brix deram o mesmo valor a fermentação foi interrompida, pois os açúcares redutores já tinham sido consumidos, como mostrado no gráfico 1. O tempo total de fermentação foi de 144 horas.



**Fonte: Autoria própria (2022).**

A fermentação ocorreu em temperatura ambiente entre 18°C e 23°C. A fermentação 1, onde o mosto era composto apenas de centeio, apresentou o maior consumo de açúcar, começando com 18°Brix e terminando com 9°Brix. As amostras 3 e 4, onde o mosto era composto por 75% e 100% de aveia, respectivamente, apresentaram a mesma variação de °Brix. Começando com 16 e atingindo 10°Brix.

A maior concentração de açúcar nos mostos 1 e 2 pode estar relacionado com o malte de centeio, pois esses possuem 100% e 75% desse cereal. Na etapa de mosturação, o mosto de 100% centeio deu positivo para o teste do iodo com 40 minutos, enquanto o 100% aveia atingiu esse resultado com 2 horas e 30 minutos. Com esses resultados, acredita-se que o malte de centeio tinha uma quantidade maior de enzimas se comparado com o malte de aveia.

A medição do teor alcoólico utilizando um densímetro foi feita no começo e final da fermentação. Os resultados estão registrados na tabela 3.

**Tabela 3 - Teor alcoólico das fermentações**

Fermentações	Teor alcoólico (°GL)	
	0 horas	144 horas
1	0	2,25
2	0	2,15
3	0	2,00
4	0	2,00

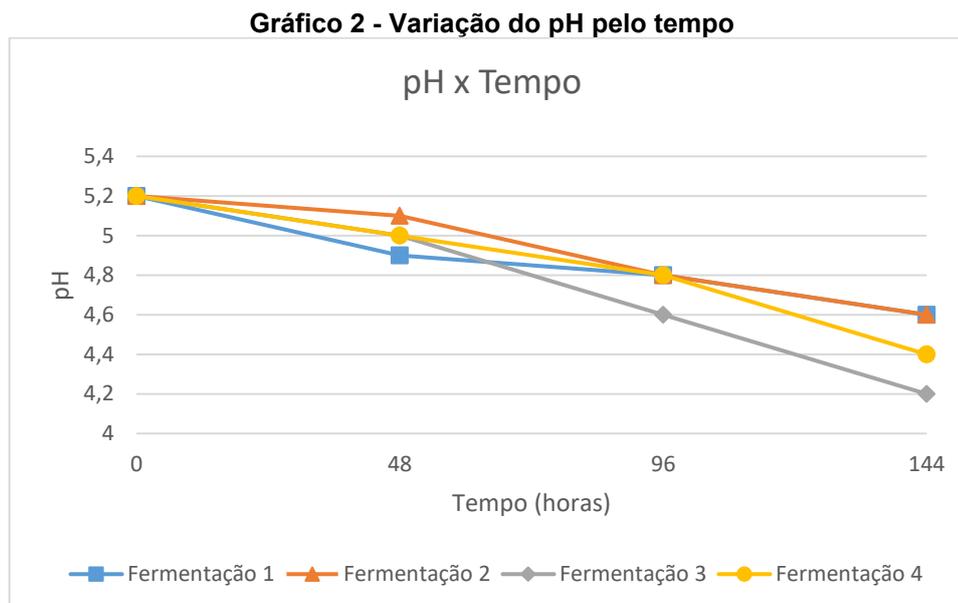
**Fonte: Autoria própria (2022).**

A porcentagem de etanol no mosto variou entre 2% e 3%, ficando abaixo do esperado de uma fermentação. Segundo Pgiggot (2017), a concentração de etanol no mosto fica entre 12% e 15%. Esse rendimento menor pode estar relacionado à uma falta de substrato necessário, como açúcares fermentáveis, ou a falta de nutrientes como nitrogênio. Para resolver esse problema seria necessário adicionar esses elementos antes ou durante a fermentação.

A vinhaça retirada após a destilação apresentava uma coloração marrom escuro, indicando que havia presença de açúcar no mosto. Para saber se eram pentoses (não fermentescíveis) ou hexose (fermentescíveis) seria necessário analisar esse resíduo.

## 4.2 Análise de pH

O perfil da variação do pH é apresentado no gráfico 2. Foi utilizado ácido sulfúrico para corrigir o pH até atingir 5,2 no início da fermentação. A maior variação foi na fermentação 3, onde atingiu o valor mínimo de 4,2. As fermentações 1 e 2 atingiram o valor mínimo de 4,6.



**Fonte: Autoria própria (2022).**

Durante o processo produtivo não houve muita alteração do pH e ele se manteve na margem ideal para a *Saccharomyces cerevisiae*. Para essa levedura o pH ótimo está entre 4,5 e 5,5 (COELHO, 2013).

### 4.3 Análise de turbidez

A turbidez foi medida no início e final das fermentações. O menor valor em NTU obtido no final do processo se deve ao fato das leveduras serem de baixa floculação e a amostra retirada foi da parte superior dos galões fermentativos.

Os valores de NTU encontrados antes da fermentação ficaram no intervalo de 400 e 500 NTU. Esse valor se deve ao fato de não ter sido clarificado o mosto antes da fermentação e de existir alguns resíduos das cascas dos cereais na solução.

Ao fim da fermentação o menor valor de turbidez encontrado foi o da fermentação 4, com 195 NTU. O maior foi o da fermentação 1, 214 NTU.

### 4.4 Açúcares totais e rendimento

As análises dos açúcares totais usando o método fenol-sulfúrico foram realizadas antes e após a fermentação e os resultados obtidos estão na tabela 4.

**Tabela 4 - Concentração de açúcares redutores no início e final da fermentação**

Fermentação	Concentração inicial (g/L)	Concentração final (g/L)
1	183,785	92,615
2	180,36	102,745
3	163,525	100,47
4	160,78	101,52

Fonte: Autoria própria (2022).

Houve uma redução na quantidade de açúcares ao longo das fermentações e a fermentação 1 foi a que mais consumiu os açúcares redutores, tendo uma variação de 91,17 g/L entre o início e final. A fermentação 2 consumiu 77,615 g/L, a 3 e a 4 consumiram 63,055 g/L e 59,26 g/L, respectivamente.

A variação no consumo de açúcares foi utilizada para calcular o rendimento da fermentação e depois comparar com o recuperado na destilação. Através da fórmula  $Y_{p/s} = \frac{\Delta P}{\Delta S}$ , onde o  $\Delta P$  é a variação da produção de etanol e  $\Delta S$  a variação do consumo de substrato. Os valores encontrados estão na tabela 5.

**Tabela 5 - Proporção entre etanol produzido e açúcar consumido**

Fermentação	$\Delta P$ (g/L)	$\Delta S$ (g/L)	$Y_{p/s}$ (g <sub>p</sub> /g <sub>s</sub> )
1	17,75	91,17	0,195
2	16,96	77,615	0,219
3	15,78	63,055	0,250
4	15,78	59,26	0,266

Fonte: Autoria própria (2022).

Observando o rendimento das fermentações percebe-se que todos ficaram muito abaixo do esperado. Na teoria, o rendimento da fermentação alcoólica é 0,511 gramas de etanol por grama de açúcar redutor consumido, no entanto, na prática as destilarias atingiram no máximo 91% desse valor (FINGUERUT, 2007).

O maior rendimento foi o da fermentação 4, correspondendo a 52,05% do teórico, e ainda muito abaixo da eficiência atingida atualmente nas destilarias. Essa diferença tão significativa pode estar relacionada com as condições do mosto (concentração de substrato, nutrientes) e da temperatura, não estarem nas ideais para a fermentação.

#### 4.5 Rendimento da destilação

Após a fermentação foram realizadas duas destilações. A primeira para separar o etanol do mosto e a segunda para concentrar o álcool. Na tabela 6 estão os resultados encontrados na destilação e redistilação.

**Tabela 6 - Solução de etanol e água recuperados da destilação**

<b>Fermentação</b>	<b>Mosto filtrado (L)</b>	<b>Etanol+ água (45°GL)</b>	<b>Etanol+água (60°GL)</b>
1	3,8	0,220L	0,146L
2	3,7	0,212L	0,125L
3	3,8	0,210L	0,132L
4	3,7	0,210L	0,130L

**Fonte: Autoria própria (2022).**

A destilação foi realizada em alambique de cobre em temperatura de 78°C e após a redestilação foi colocado em maceração com especiarias. Ao fim do processo, foi recuperado 146 mL de etanol 60°GL da fermentação 1, 125 mL da fermentação 2, 132 mL da fermentação 3 e 130 mL da fermentação 4.

Para atingir o teor alcoólico do gin obedecendo a legislação, foi adicionado água mineral até a medição de 40°GL. Ao final do processo foram produzidos 219 mL de gin na fermentação 1, 186 mL na fermentação 2, 198 mL na fermentação 3 e 195 mL na fermentação 4.

O mosto composto por 100% de centeio foi o que mais recuperou em etanol, no entanto seu rendimento foi o menor, em relação ao consumo de açúcar e produção de etanol. Um dos motivos disso ter acontecido, é que as condições do mosto não estavam ideais e a levedura realizou reações secundárias, não priorizando a produção de etanol.

## 5 CONCLUSÃO

A produção de gin utilizando os cereais centeio e aveia em diferentes concentrações em escala pequena se mostrou pouco eficiente. O rendimento de todas as fermentações foi abaixo do esperado, tendo a maior eficiência com o malte de aveia atingindo 52,05% do rendimento das destilarias.

A preparação do mosto, tendo como base o feito em cervejarias artesanais, não se mostrou o ideal. A quantidade de açúcar não fermentescível no meio fermentativo após a fermentação foi muito alta, o que acarretaria prejuízo na fabricação.

Observando os resultados das análises, recomenda-se, em uma etapa futura, maior atenção com o meio de fermentação. A utilização de enzimas para converter o amido em açúcar redutor, a adição de nutrientes (fontes de nitrogênio etc.), para criar um ambiente propício na produção de etanol.

## REFERÊNCIAS

- ALCARDE, A. R. Vodka e Gin. *In: FILHO, V.W.G. Bebidas Alcoólicas: ciência e tecnologia*. São Paulo: Editora Blucher, 2016. 2. ed. p. 521-529.
- AUMATELL, M. R. Gin: production and sensory properties. *In: PIGGOT, J. Alcoholic Beverages: Sensory evaluation and consumer research*, p. 267-280. 2012.
- AUMATELI, M. R. Sensory Analysis in Quality Control: The Gin as an Example. *In: AKYAR, I. Wide Spectra of Quality Control*. Intechopen, 2012.
- AYLOTT, R. I. (1995). Vodka, Gin and Other Flavoured Spirits. *In: LEA, A.G.H.; PIGGOT, J.R. Fermented Beverage Production*. 2. Ed. New York: Kluwer Academic/ Plenum Publishers, 2003. p. 289-308.
- BRASIL. **Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009**. Regulamenta a Lei n. 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõem sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização da bebida. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/decreto-no-6-871-de-4-de-junho-de-2009.pdf/view>>
- BUGLASS, A. J.; MCKAY, M.; LEE, C. G. **Handbook of Alcoholic Beverages: Technical, Analytical and Nutritional Aspects**. New Delhi: Willey, 2011. Cap. 3.
- CERVEJA, G. da. Mercado de bebidas Alcoólicas se recupera em 2021 e atinge US\$ 1, 17 trilhão. **Guia da Cerveja**. 2022. Disponível em: <<https://guiadacervejabr.com/mercado-bebidas-alcoolicas-2021-iwsr/>>
- COELHO, P. **Saccharomyces cerevisiae**: usos e variantes dessa levedura. Blog da engenharia química, 2013. Disponível em: <https://www.engquimicasantosp.com.br/2013/09/saccharomyces-cerevisiae.html#:~:text=cerevisiae%20s%C3%A3o%20el%C3%ADpticas%2C%20medindo%20cerca,%2C5%20e%205%2C5>.
- DIFFORD, S. **Gin botanicals**. c2022. Disponível em: <<https://www.diffordsguide.com/pt-br/g/1108/gin/gin-botanicals>>
- DOMENE, S.M.A. **Técnica Dietética: teoria e aplicações**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2022.
- DUBOIS, M. *et al.* Colorimetric method for determination of sugars and related compounds. **Analytical Chemistry**. v.28. n.3. p. 350-356, 1956.
- EMBRAPA. **A Aveia no Mundo**. Passo Fundo: 2012 Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do136\\_2.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do136_2.htm)>

EMBRAPA. **O centeio no mundo**. Passo Fundo: 2013 Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do142\\_3.htm#:~:text=Atualmente%2C%20o%20centeio%20%C3%A9%20uma,foi%20superior%20a%20de%20trigo](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do142_3.htm#:~:text=Atualmente%2C%20o%20centeio%20%C3%A9%20uma,foi%20superior%20a%20de%20trigo)>

FIGUEIRAS, I. Gin vira febre no Brasil. Por quê?. **Valor Investe**. São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://valorinveste.globo.com/mercados/renda-variavel/empresas/noticia/2019/07/27/gin-vira-febre-no-brasil-por-que.ghtml>>

FINGUERUTI, J.I. Workshop Tecnológico – Fermentando com eficiência e controle de perdas. UDOP. Araçatuba, 2007.

GUIMARÃES, C.M. **Manual prático para cervejeiros iniciantes**. TCC – Especialista em Tecnologia de bebidas alcoólicas. Instituição Federal de Santa Catarina. Urupema, 2020.

LIMA, U.M. Uma Análise sobre as Barreiras Fitossanitárias a partir do Método de Tarifas Equivalentes: o caso da aveia no Brasil. **Nexos Econômicos**. PPGE/UFBA. V.13. n.1. 2019. p. 93-121.

MADIGAN, M.T. *et al.* **Microbiologia de Brock**. 14.ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J.M.; PARKER, J. **Microbiologia de Brock**. São Paulo: Prentice-Hall, 2008.

McMURRY, J. **Química Orgânica**. Tradução de Noveritis do Brasil. v.2. 3.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

MERICO, A. *et al.* **Fermentative lifestyle in yeasts belonging to Sccharomyces complex**. FEBS Journal, v. 274. p.976-989, 2007.

MORAES, I.de O. **Biotechnologia Industrial**: Biotechnologia na produção de alimentos. V.4. 2.ed. São Paulo: Blucher, 2021.

MORAIS, M. S. N. de *et al.* **Avaliação da viabilidade da produção artesanal de gin no município de sumé-pb**. Anais I CONIMAS e III CONIDIS.Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/63265>>

MUTTON, M.J.S.; MUTTON, M.A. Aguardente de Cana. *In*: FILHO, V.W.G. **Bebidas Alcoólicas: ciência e tecnologia**. São Paulo: Editora Blucher, 2016. 2. ed. p. 308-348.

MUXEL, A. **Fundamentos da Fabriação de Cerveja**: dia de brassagem. UFSC, 2016. 105 slides. Disponível em: <[https://amuxel.paginas.ufsc.br/files/2017/03/Brassagem\\_SNCT\\_alunos.pdf](https://amuxel.paginas.ufsc.br/files/2017/03/Brassagem_SNCT_alunos.pdf)>

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 7.ed. Porto Alegre: Artmed, 2019.

OLIVEIRA, V. de G. **Processos Biotecnológicos Industriais**: produção de bens de consumo com o uso de fungos e bactérias. 1. ed. São Paulo: Érica, 2015.

ORNELLAS, L.H. **Técnica Dietética**: seleção e preparo de alimentos. 8.ed. São Paulo: Atheneu, 2007.

OTTERSTEDT, K. *et al.* **Switching the mode of metabolism in the yeast *Saccharomyces cerevisiae***. European molecular biology organization, v.5., 2004.

PALMER, J.; KAMINSKI, C. **Água**: um guia completo para fabricantes de cerveja. São paulo: Krater, 2013.

PAYA, A.L. *et al.* **Produção e caracterização de cerveja artesanal adicionada de aveia (*Avena sativa*)**. Revista Engenharia em ação Unitoledo, Toledo. V.4. n.2. 2019.

PEREIRA, A.R.F.B. **Produção de Bebidas Espirituosas Tendo Como Base a Destilação Artesanal**. Dissertação (mestrado) – Mestrado Integrado em Engenharia Biológica, Universidade do Minho, 2018.

PIGGOT, J.R. Whisky. *In*: PANDEY, A. *et al.* **Current Developments in Biotechnology and Bioengineering**: Food and Beverages Industry. Elsevier, 2017.

RIBEIRO, B.D. *et al.* **Microbiologia Industrial**: Alimentos. V.2. 1.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

RIBEIRO, G.P. *et al.* **Fermentação de extrato vegetal de aveia com cepas de *Lactobacillus acidophilus* LA-5, *Bifidobacterium animalis* BB-12 e *Streptococcus termophilus*: propriedades físico-químicas, microbiológicas e sensoriais**. Brazilian Journal of Development, Curitiba. V.8. n.3. p.18049-18066. 2022.

SALVADÓ, Z. *et al.* **Temperature adaptation markedly determines evolution within the genus *Saccharomyces***. Applied and Environmental Microbiology, v.77., p. 2292-2302, 2011.

SERNA-SALDIVAR, S.O. **Cereal grains**: Properties, Processing and Nutritional Attributes. Taylor & Francis Group, LLC. 2010.

SILVA, P.S.da. **Bioquímica dos Alimentos**. Sagah Educação SA, 2018.

SNUSTAD, D.P.; SIMMONS, M.J. **Fundamentos de Genética**. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2020.

TADINI, C.C. *et al.* **Operações Unitárias na Indústria de Alimentos**. V.2. 1.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

TEIXEIRA, J.; & CRUZ, J. Produção de cerveja. *In*: TEIXEIRA, J. *et al.* **Reatores Biológicos Fundamentos e Aplicações**. Lidel – Edições Técnicas Lda, 2014.

TEODORO, T.M. Via glicolítica ou glicólise. **Biomedicina em ação**. 2012. Disponível em :< <http://www.biomedicinaemacao.com.br/2012/04/via-glicolitica-ou-glicolise.html>>

VIANA, F. L. E. Indústria de Bebidas Alcoólicas. **Caderno Setorial ETENE**. Ano 5. N. 117, 2020.

WALKER, G.M.; STEWART, G.G. **Saccharomyces cerevisiae in the production of fermented beverages**. UK: Academic Editor, 2016.

WHITE, C.; ZAINASHEFF, J. **Yeast**: the practical guide to beer fermentation. Colorado: Brewers Publication, 2010.