



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

GLEYSON BATISTA DE OLIVEIRA

**BEBIDA À BASE DE MEL DE ABELHA COM ADIÇÃO DE SUCO-DE  
ABACAXI PÉROLA E HORTELÃ: ESTUDO DA CINÉTICA DE  
FERMENTAÇÃO**

POMBAL – PB  
2022

GLEYSON BATISTA DE OLIVEIRA

**BEBIDA À BASE DE MEL DE ABELHA COM ADIÇÃO DE SUCO-DE  
ABACAXI PÉROLA E HORTELÃ: ESTUDO DA CINÉTICA DE  
FERMENTAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Unidade Acadêmica de Tecnologia de Alimentos (UATA), do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Pombal, como requisito necessário para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof.D.Sc. Adriano Sant'Ana  
Silva

POMBAL - PB  
2022

O48b Oliveira, Gleyson Batista de.

Bebida à base de mel de abelha com adição de suco de abacaxi pérola e hortelã: estudo da cinética de fermentação / Gleyson Batista de Oliveira. – Pombal, 2022.

71 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2022.

“Orientação: Prof. Dr. Adriano Sant’Ana Silva”.

Referências.

1 Bebida mista. 2. Fermentação alcoólica. 3. Bebida alcoólica. 4. Hidromel. 5. Produção de bebida. I. Silva, Adriano Sant’Ana. II. Título.

CDU 663.8(043)

## DECLARAÇÃO DE AUTENTICIDADE

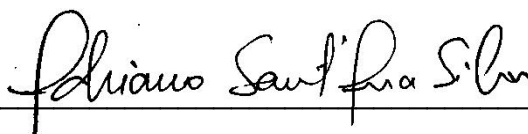
**GLEYSON BATISTA DE OLIVEIRA**

### **BEBIDA À BASE DE MEL DE ABELHA COM ADIÇÃO DE SUCO-DE ABACAXI PÉROLA E HORTELÃ: ESTUDO DA CINÉTICA DE FERMENTAÇÃO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado visando à obtenção de grau de graduada, e aprovada na forma final pela Banca Examinadora designada pela Coordenação da Unidade Acadêmica de Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campus Pombal-PB.

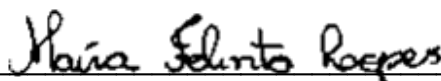
Aprovado em: 22 de julho de 2022

#### **BANCA EXAMINADORA:**



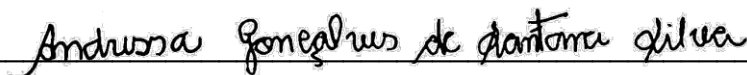
---

**Orientador:** Prof<sup>o</sup> D.Sc. Adriano Sant'Ana Silva  
CCTA/UATA – UFCG



---

**2º Examinador:** Prof<sup>a</sup> D.Sc. Máira Felinto Lopes  
CCTA/UATA – UFCG



---

**3º Examinador:** M.Sc. Andressa Gonçalves de Santana Silva  
Engenheira de Alimentos

POMBAL-PB

2022

Aos meus pais Damião Batista da Silva e  
Marilene Nunes de Oliveira;

Ao meu irmão Matheus Batista;

As minhas avós Hilda Maria e Francisca  
Bezerra *in memoriam*;

Aos meus avôs José Paulino e Pedro Macário  
*in memoriam*.

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente a Deus por tudo que me foi concebido, desde o início da minha vida até no momento de hoje, essa conclusão, representa uma grande vitória em minha vida pessoal e profissional. Louvo e agradeço pela proteção de Nossa Senhora nos momentos mais difícil da minha caminhada.

Aos meus pais Damião Batista da Silva e Marilene Nunes de Oliveira, pelo o apoio, amor, educação, confiança e por crerem que um dia eu estaria realizando um sonho, sem isso nada disso teria acontecido.

Ao Prof<sup>o</sup>. Dr. Adriano Sant'Ana Silva, pela orientação e olhar construtivo durante esse tempo que estivemos juntos. A sua presença foi de crucial importância para minha caminhada e vivencia acadêmica. Foi através da sua pessoa que pude desenvolver um olhar mais crítico e de constante aprendizado.

Aos meus amigos Ranyelly Wellen, Heduarda Alexandre, Antônio Vitor que durante esse período de graduação foram pilares de sustentação, ombro e braço amigo, irmão/irmã e antes de qualquer coisa FAMILIA. Serei eternamente grato pelos os momentos que vivemos, foram inúmeros aprendizados que tirei e levarei de cada um.

De maneira especial agradeço a Bruno Ferreira e Glória Louine, por aceitarem ser mais que amigos, foram família e irmãos nos momentos que mais precisei. Sem a participação de vocês durante essa trajetória muita coisa não teria acontecido, e como o universo foi bondoso comigo em presentear essas duas pessoas incríveis para permanecerem em minha vida.

A todos os meus colegas e amigos: Lis Marinho, Leonam Kevin, Amanda Oliveira, Camila Maria, Williany Santos, Erica Nunes, Larissa, Andressa Santana e Celsulla Dantas que estiveram comigo, me ajudando a enfrentar as dificuldades, tornando minha caminhada menos sinuosa. Obrigada pelos momentos compartilhados que ficarão guardados na memória.

## LISTAS DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANAVA – Análise de Variância

ART – Açúcares Redutores Totais

ATP – Adenosina Trifosfato

CCTA – Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar

DNS – Ácido 3,5 Dinitro Salicílico

EMPASA – Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

HMF – Hidroximetilfurfural

IAL – Instituto Adolfo Lutz

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

NR – Não Registrado

PET - Polietileno tereftalato

$R^2$  – Coeficiente de determinação

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SST – Sólidos Solúveis Totais

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Via metabólica da fermentação alcoólica em levedura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (Fonte: RODRIGUES et al., 2018 – Adaptado).....	23
<b>Figura 2:</b> As curvaturas tradicionais X, P e S utilizadas para representar uma cinética de fermentação idealizado. ....	24
<b>Figura 3:</b> Fluxograma de obtenção do suco de abacaxi.....	25
<b>Figura 4:</b> Fluxograma de preparo do mosto e fermentação.....	28
<b>Figura 5:</b> Biorreatores utilizados na fermentação alcoólica contendo suas respectivas concentrações de folhas e suco. ....	28
<b>Figura 6:</b> Diagrama de Pareto para os efeitos das variáveis independentes sobre a produtividade em etanol. ....	46
<b>Figura 7:</b> Gráfico da probabilidade normal dos valores obtidos nos experimentos. .	48
<b>Figura 8:</b> Curva de contorno obtida para produtividade em etanol no processo fermentativo da bebida alcoólica de mel de abelha adicionada de suco de abacaxi e folhas de hortelã.....	49
<b>Figura 9:</b> Perfil da variação do pH e acidez total do mosto no processo fermentativo. Experimento 1, 2, 3 e 4. ....	50
<b>Figura 10:</b> Perfil da variação do pH e acidez total do mosto no processo fermentativo. Experimento 5, 6 e 7. ....	53
<b>Figura 11:</b> Cinética fermentativa referente aos experimentos do planejamento experimental. Experimento 1, 2, 3 e 4.....	54
<b>Figura 12:</b> Perfil da concentração de substrato, biomassa e produto no mosto durante o processo fermentativo. Experimento 5, 6 e 7. ....	57



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Níveis reais e codificados das variáveis utilizadas no estudo da fermentação alcoólica do mosto de mel de abelha adicionado de suco de abacaxi e folhas de hortelã. ....	34
<b>Tabela 2:</b> Caracterização físico-química do mel de abelha com valores de média $\pm$ desvio padrão. ....	35
<b>Tabela 3:</b> Caracterização físico-química do suco de abacaxi com valores de média $\pm$ desvio padrão. ....	38
<b>Tabela 4:</b> Caracterização físico-química das folhas de hortelã com valores de média $\pm$ desvio padrão. ....	42
<b>Tabela 5:</b> Matriz de planejamento com os valores reais e resultados respectivos para Produtividade em etanol (g/L.h). ....	45
<b>Tabela 6:</b> Análise de variância simplificada para a resposta de produtividade em etanol. ....	47

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
2.1. Objetivo Geral .....	16
2.2. Objetivos Específicos .....	16
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>17</b>
3.1. Mel de Abelha .....	17
3.2. Produtos derivados das abelhas .....	18
3.3. Hidromel .....	19
3.4. Abacaxi .....	20
3.5. Hortelã.....	21
3.6. Fermentação Alcoólica.....	22
<b>4. MATÉRIAS E MÉTODOS</b> .....	<b>25</b>
4.1. Área de Estudo.....	25
4.2. Obtenção das Matérias-Primas.....	25
4.3. Preparo do Mosto e Fermentação .....	26
4.4. Caracterização Físico-Química do Mel de Abelha.....	29
4.4.1. Análise de Acidez Total Titulável .....	29
4.4.2. Análise de Açúcares Redutores .....	29
4.4.3. Análise de pH .....	29
4.4.4. Análise de Cinzas .....	29
4.4.5. Análise de Sólidos Solúveis Totais.....	29
4.4.6. Análise de Hidroximetilfurfural (HMF).....	30
4.4.7. Teor de água .....	30
4.5. Caracterização Físico-Química do Suco de Abacaxi .....	30
4.5.1. Análise de pH .....	30
4.5.2. Análise de Acidez Total Titulável .....	30
4.5.3. Análise de Cinzas .....	30
4.5.4. Análise de Açúcares Redutores .....	31
4.5.5. Análise de Sólido Solúveis Totais.....	31
4.5.6. Teor de água .....	31
4.6. Caracterização Físico-Química das Folhas do Hortelã.....	31
4.6.1. Análise de Ácido Ascórbico .....	31
4.6.2. Análise de Acidez Total Titulável .....	31

4.6.3. Análise de Sólidos Solúveis Totais .....	31
4.6.4. Análise de pH .....	31
4.6.5. Análise de Cinzas .....	31
4.6.6. Análise de Carotenoides Totais .....	31
4.6.7. Teor de água .....	32
4.7. Caracterização Físico-Química da Cinética de Fermentação .....	32
4.7.1. Análise de Acidez Total Titulável .....	32
4.7.2. Análise de Sólidos Solúveis Totais .....	32
4.7.3. Análise de pH .....	32
4.7.4. Análise de Açúcares Redutores Totais.....	32
4.7.5. Análise de Concentração Celular .....	32
4.7.6. Análise de Teor Alcoólico .....	33
4.7.7. Produtividade em Etanol .....	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
5.1. Caracterização físico-química do mel de abelha.....	35
5.2. Caracterização físico-química do suco de abacaxi.....	38
5.3. Caracterização físico-química das folhas de hortelã.....	42
5.4. Planejamento experimental.....	44
5.5. Processo cinético fermentativo .....	50
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	58
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59

OLIVEIRA, G.B. **Bebida à Base de Mel de Abelha com Adição de Suco de Abacaxi Pérola e Hortelã: Estudo da Cinética de Fermentação**. 2022. f. 71. Monografia (Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2022.

## RESUMO

O mel de abelha (*Apis mellifera L.*) é considerado um alimento muito rico quando se é avaliado o potencial nutricional, além de apresentar elevado valor energético. É constituído de diferentes açúcares, sendo base para a produção de outros alimentos, o mesmo apresenta uma vasta disponibilidade de produtos que podem se originar a partir do seu beneficiamento, entre eles o hidromel, que se trata de um produto fermentado à base de mel largamente conhecidos e consumidos na Europa. Existem diversas variações desta bebida em relação ao seu processo de produção que são o melomel; metheglin e o capsicumel. Diante disso, o estudo objetivou produzir uma bebida alcoólica a base de suco de abacaxi pérola e hortelã, e estudar a cinética de fermentação alcoólica para a produção da bebida. Para o processo fermentativo utilizou-se um planejamento experimental  $2^2$  com 3 pontos centrais, tendo como variáveis independentes o suco de abacaxi e folhas de hortelã e variável dependente a produtividade de etanol do fermentado. O mel de abelha, suco de abacaxi e folhas de hortelã foram caracterizados fisicoquimicamente quanto a pH, acidez total, teor de água, sólidos solúveis, açúcares redutores, cinzas, hidroximetilfurfural, ácido ascórbico, carotenoides totais. Para a cinética de fermentação foram analisadas alíquotas nos tempos 0, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 168 e 216 horas quanto a teor alcoólico, açúcares redutores totais, concentração de células, pH e acidez total. Foi observado que altas concentrações de suco de abacaxi e folhas de hortelã proporcionaram aumento na produtividade de etanol na bebida, produzindo uma bebida com teor alcoólico dentro do preconizado pela legislação. O produto final mostrou-se com um grande potencial para o setor de apicultura, beneficiando produtores localizados na região do sertão paraibano, possibilitando a produção de uma bebida com boas condições econômicas e grande valor agregado.

**Palavra chave:** Especiarias; Frutas; Hidromel; Planejamento experimental.

## ABSTRACT

Honey from bees (*Apis mellifera* L.) is considered a very rich food when the nutritional potential is evaluated, besides presenting high energy value. It is composed of different sugars, being the basis for the production of other foods, the same presents a wide availability of products that can originate from its processing, including mead, which is a fermented honey-based product widely known and consumed in Europe. There are several variations of this beverage in relation to its production process, which are melomel, metheglin, and capsicumel. In view of this, the study aimed to produce an alcoholic beverage based on pearl pineapple juice and mint, and to study the kinetics of alcoholic fermentation for the production of the beverage. For the fermentation process a 2<sup>2</sup> experimental design with 3 central points was used, having as independent variables the pineapple juice and mint leaves, and the dependent variable the ethanol productivity of the fermented beverage. The bees honey, pineapple juice and mint leaves were physicochemically characterized for pH, total acidity, water content, soluble solids, reducing sugars, ash, hydroxymethylfurfural, ascorbic acid, total carotenoids. For fermentation kinetics, aliquots were analyzed at 0, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 168 and 216 hours for alcohol content, total reducing sugars, cell concentration, pH and total acidity. It was observed that high concentrations of pineapple juice and mint leaves provided an increase in the productivity of ethanol in the beverage, producing a beverage with an alcohol content within the legal requirements. The final product proved to have a great potential for the beekeeping sector, benefiting producers located in the sertão region of Paraíba, enabling the production of a beverage with good economic conditions and great added value.

**Key words:** Spices; Fruits; Mead; Experimental planning.

## 1. INTRODUÇÃO

Buscar estratégias para melhor explorar o consumo do mercado interno brasileiro com o mel de abelha e, também, seus derivados é de fundamental importância, tendo em vista que o consumidor brasileiro de mel elevou seus padrões de exigência quanto aos padrões de higiene, qualidade, valores nutricionais e poder aquisitivo.

O mel de abelha é um do produto de origem natural, proveniente da apicultura, com amplo consumo no Brasil e no mundo, rico em compostos bioativos e com propriedades bacteriostáticas, que pode ser utilizado na produção de diversos produtos, como por exemplo, bebida alcoólica e não alcoólica, derivados de leite, produtos farmacêuticos, cosméticos, entre outros. Durante séculos o mel foi extraído da natureza de forma extrativista e sem um manejo adequado das colmeias, o que compromete a qualidade tanto físico-química, quanto microbiológica do mel extraído, contudo, nos últimos anos essa prática, vem sendo substituída pela instalação de apiários, com o objetivo de ampliar a produção e melhorar a qualidade deste produto extraído, além de introduzir um manejo adequado quanto à criação de abelhas.

A Paraíba, a produção de mel é mais significativa no sertão do estado, onde a cidade de Cajazeiras é a maior produtora (IBGE, 2019). Associado a qualidade dos méis produzidos na região do sertão paraibano é possível listar alguns problemas que apresentam interação com o alimento comprometendo a qualidade, afetando as propriedades e composição do produto final.

É comum encontrar variações nos valores das propriedades físicas e químicas, pois vários fatores interferem na sua qualidade, como espécie de abelha, disponibilidade de recursos florais, composição química do solo, condições climáticas da região, processamento e condicionamento (GÓIS *et al.*, 2013). Ao colocarmos os méis a exposição constante em altas temperaturas durante o armazenamento, sem o controle das condições de acondicionamento (temperatura e umidade), este fator fará com que a qualidade seja comprometida, ocasionando mudanças na composição do produto e conseqüentemente reduzindo sua qualidade para posterior comercialização.

De 2017 a 2019, em média, foram produzidos por ano mais de 41 mil toneladas de mel de abelha no Brasil, representando assim um valor médio de mais

de 490 milhões de reais (IBGE, 2021).

Diante disso, desenvolver novos produtos a partir do mel de abelha de forma a agregar ainda mais valor é uma das propostas desta pesquisa, ou seja, produzir a bebida mista (hidromel), produto este conhecido no Brasil e no mundo, porém de baixo consumo devido à falta de conhecimento por parte da maioria dos consumidores e até mesmo pela baixa profissionalização e infraestrutura dos apicultores.

O mel de abelha é um edulcorante natural e energético, tendo como carboidratos predominantes a glicose, frutose e sacarose (70% de carboidratos), além de água. (AROUCHA *et al.*, 2008). Tal característica permite que este produto seja transformado em diversos produtos de alto valor agregado, como é o caso do hidromel, aguardente, vinagre, kombucha, bebidas alcoólicas mistas, entre outros.

No caso do hidromel, este fermentado alcoólico possui mercado ascendente no Brasil, o que pode representar uma fonte de renda certa para o pequeno e médio apicultor e até mesmo para cooperativas. Visando agregar ainda mais valor ao hidromel, outras variantes podem ser obtidas, como por exemplo, o hidromel envelhecido em barris de madeira, hidromel com sabores frutados, por meio da adição de polpa de frutas, frutas, suco de frutas, hidromel com especiarias, pela adição de especiarias e/ou seus extratos aquosos ou alcoólicos.

Diante disso, um dos objetivos da presente proposta é desenvolver um produto não existente no mercado, um fermentado alcoólico de mel de abelha ou hidromel, com sabor e aroma frutado de abacaxi, e com perfil residual aromático e refrescante da hortelã.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Produzir uma bebida alcoólica à base de suco de abacaxi pérola e hortelã da folha miúda, e estudar a cinética de fermentação alcoólica para a produção da bebida.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Caracterizar físicoquimicamente o mel de abelha, suco de abacaxi e das folhas de hortelã;
- Produzir uma bebida mista de mel de abelha com suco de abacaxi e folhas de hortelã;
- Avaliar os efeitos da concentração do suco de abacaxi e da concentração das folhas de hortelã, por meio de planejamento experimental, no processo fermentativo;
- Avaliar a cinética de fermentação alcoólica da bebida.



### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Mel de Abelha

Tem-se o mel, por definição, como sendo um produto natural de abelhas obtido a partir do néctar das flores (mel floral), de secreções de partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de partes vivas das plantas (mel de melato) (CAMPOS; MODESTA, 2000).

Dentro deste contexto o mel apresenta diferentes propriedades físicas e químicas dos quais são oriundos a partir do néctar das plantas coletados, e por isso a sua produção depende da abundância e da qualidade da flora existentes no raio de ação das abelhas. Conforme a flor de que o néctar foi obtido pelas abelhas, bem como de sua localização geográfica, o mel resultante terá características diferentes, principalmente quanto à cor, sabor e aroma. Por isso, a caracterização regional e o estabelecimento de padrões são de grande importância, considerando a diversidade botânica e a variação climática de cada região (ALVES, 2008; PEREIRA *et al.*, 2003).

O mel de abelha (*Apis mellifera L.*) é considerado um alimento muito rico quando se é avaliado o potencial nutricional, além de apresentar elevado valor energético, sendo este consumido mundialmente e tido como de extrema importância para a saúde do organismo humano quando puro, por apresentar diversas propriedades entre elas: antimicrobiana, curativa, calmante, regenerativa de tecidos, estimulante, dentre outras (BIZZARIA & FILGUEIRAS, 2003).

Com a Instrução Normativa (INM 11) nº 11 de 20 de outubro de 2000, publicada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2000), que define o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel de Abelha, e a instalação da Câmara Setorial da Cadeia Produtiva do Mel e Produtos Apícolas por parte do Governo Federal em 2006, foi possível introduzir programas de controle de qualidade e medidas corretivas quanto ao manejo e beneficiamento do mel de abelha por parte do apicultor, o que proporcionou uma melhoria na qualidade do mel brasileiro levando este a ser comercializado com competitividade no mercado europeu e norte americano.

Atualmente, o Brasil possui a maior capacidade de produção de mel orgânico do mundo, o Nordeste, em particular, tem elevada competitividade no mercado mundial de produtos apícolas. O diferencial do mel nordestino está na baixa contaminação por pesticidas e por resíduos de antibióticos, pois grande percentual

do mel produzido na Região é proveniente da vegetação nativa. Além disso, a baixa umidade do ar dificulta o aparecimento de doenças nas abelhas, dispensando o uso de medicamentos (VIDAL, 2020).

Conforme descrição do Codex Standard For Honey (2001), o mel é constituído de diferentes açúcares, predominando os monossacarídeos glicose e frutose. Apresenta também teores de proteínas, vitaminas, aminoácidos, enzimas, ácidos orgânicos, substâncias minerais, água, pólen, sacarose, maltose, malesitose e outros oligossacarídeos, além de pequenas concentrações de fungos, algas, leveduras e outras partículas sólidas resultantes do processo de obtenção do mel. A coloração do mel varia de quase transparente a castanho escuro. A sua consistência pode ser fluída, viscosa ou cristalizada (BERTOLDI *et al.*, 2004). Estes atributos dependem do clima, da fonte floral e de práticas de apicultura individuais (RACOWSKI *et al.*, 2007).

Em 2020, o Brasil exportou 45,7 mil toneladas de mel natural, com faturamento de US\$ 98,560 milhões. Os Estados Unidos são considerados os responsáveis por 72% das aquisições de mel do Brasil. Em 2020, foram exportados para o país 34 mil toneladas de mel, com US\$ 71,2 milhões (MAPA, 2021).

### **3.2. Produtos derivados das abelhas**

Analisando o mel de abelha como matéria-prima base para a produção de outros alimentos o mesmo apresenta uma vasta disponibilidade de produtos que podem se originar a partir do trabalho operário das abelhas bem como o beneficiamento destes produtos, entre eles destaca-se a própolis, a geleia real, o pólen apícola, o hidromel e a cera de abelha.

A própolis é o produto oriundo de substâncias resinosas, gomosas e balsâmicas, colhidas pelas abelhas, de brotos, flores e exsudato de plantas, nas quais as abelhas acrescentam secreções salivares, cera e pólen para elaboração do produto final (BRASIL, 2001; BRASIL, 2017), portanto sua composição é basicamente resina, produtos balsâmicos, cera, óleos essenciais, pólen e microelementos (BRASIL, 2001).

Entre os países tropicais, o Brasil tem a mais ampla diversidade química de tipos de própolis, por isso sua produção vem sendo cada vez mais incentivada. O país ocupa a terceira posição no ranking mundial da produção de própolis, produzindo aproximadamente 150 toneladas por ano; dois terços dessa produção são destinados à exportação, principalmente a países como o Japão (SEBRAE, 2017).

A geleia real é um dos produtos apícolas mais valorizados, que pode ser utilizado tanto na alimentação humana, como suplemento alimentar, quanto nas indústrias farmacêutica e cosmética. A geleia real é produzida pelo sistema glandular cefálico em *Apis mellifera*, a partir das secreções das glândulas hipofaríngeas e mandibulares de operárias jovens, denominadas abelhas nutrizes (WINSTON, 1991). Os principais constituintes da geleia real são: água (60% a 70%), açúcares (7% a 18%), proteínas (12% a 15%), lipídios (3% a 8%) e pequenas quantidades de minerais e vitaminas (LIU *et al.*, 2008).

Entre os produtos providos da atividade das abelhas, o pólen apícola, é um alimento completo e de alto valor nutricional, em especial quando considerado seu teor proteico, composto também por lipídeos, açúcares, fibras, sais minerais, aminoácidos e vitaminas. Portanto, considerando a crescente demanda dos consumidores – cada vez mais preocupados com saúde e qualidade de vida – por produtos naturais, a produção de pólen apícola pode representar uma importante fonte de renda para os apicultores, por se tratar de um produto com alto valor agregado (FERREIRA; DE ASSIS, 2020).

A cera de abelhas é um dos principais insumos da produção apícola, possuindo um papel importante tanto para a colmeia quanto para o retorno econômico da produção (RODRIGUES *et al.*, 2018). Segundo o censo agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (IBGE, 2017), o Brasil, em 2017, possuía 4.369 estabelecimentos produtores de cera de abelha registrados, que venderam, nesse mesmo ano, um total de 387 toneladas de cera, gerando uma receita de aproximadamente 12 milhões de reais para a produção apícola.

A cera é uma substância sólida, maciça, de consistência escorregadia, graxa, de caráter lipídico e bastante hidrofóbico. A cera pura, tal como é encontrada nas lâminas recém- produzidas pelas abelhas, possui mais de 300 componentes, que podem ser resumidos em monoésteres (35%), hidrocarbonetos (14%), diésteres (14%), ácidos livres (12%), hidroxipoliésteres (8%), hidroximonoésteres (4%), triésteres (3%), ácidos poliésteres (2%), ácidos monoésteres (1%) e outros componentes não identificados (7%) (NOGUEIRA; COUTO, 2006).

### **3.3. Hidromel**

De acordo como a legislação brasileira, hidromel é a bebida com graduação

alcoólica de quatro a quatorze por cento em volume, a 20 °C, obtida pela fermentação alcoólica de solução de mel de abelha, sais, nutrientes e água potável, devendo possuir acidez fixa (mínima de 30 meq.L<sup>-1</sup>), acidez total (mínima 50 e máximo 130 meq.L<sup>-1</sup>), acidez volátil (máxima 20 meq.L<sup>-1</sup>), cinzas (mínima de 1,5 g.L<sup>-1</sup>), extrato seco reduzido (mínimo 7 g.L<sup>-1</sup>) e teor de açúcar (3 g.L<sup>-1</sup>) (BRASIL, 2009 ; BRASIL, 2012).

Produtos fermentados à base de mel, como o hidromel, são largamente conhecidos e consumidos na Europa. Porém, no Brasil, produtos com esta característica ainda são pouco populares, talvez pela falta de conhecimento e/ou estudos tecnológicos para sua obtenção (MATTIETTO *et al.*, 2006). O hidromel é uma bebida reconhecida como das mais antigas consumidas pelo homem, talvez mesmo antes do vinho e é provavelmente a precursora da cerveja (PEREIRA, 2008). O vinho do mel (hidromel) trata-se de uma bebida fermentada à base de mel, água e levedura, podendo ser adicionado ervas, especiarias e frutas (PAULO & MILESKI, 2016).

Existem diversas variações desta bebida em relação ao seu processo de produção que são o melomel; hidromel com adição de frutas; metheglin, hidromel com adição de ervas e/ou especiarias; e o capsicumel, hidromel com adição de pimenta (GOMES, 2008). O melomel como citado anteriormente é um termo utilizado para diferenciar um hidromel a base de frutas. Este é uma bebida elaborada com maior quantidade de compostos em comparação ao hidromel, pois não são determinados só pelo mel, mas também pela fruta ou combinação de duas ou mais frutas que forem utilizadas (BERGER *et al.*, 2016).

Portanto, de acordo com Roberto *et al.* (2015) foi possível observar em experimento a produção de hidromel considerando os parâmetros físicos, químicos e sensoriais para analisar o comportamento da bebida. Cavanholi (2020) observou da mesma forma, analisando a produção/desenvolvimento de hidromel com extrato de erva-mate e avaliando seu comportamento.

### **3.4. Abacaxi**

O abacaxi ou ananás, nomes utilizados tanto para a fruta como para a planta, pertence à família *Bromeliaceae* e gênero *Ananás* Moinho. Esse gênero é vastamente distribuído nas regiões tropicais por intermédio da espécie *Ananas comosus* (L.) Merr., a qual abrange todas as cultivares plantadas de abacaxi (GIACOMELLI, 1981).

A produção brasileira de abacaxi é, em sua maioria, destinada ao mercado

interno de frutas frescas (menos de 1% do total produzido é exportado). O crescimento nas exportações brasileiras de frutos de abacaxi será favorecido pelo aperfeiçoamento dos sistemas produtivos praticados no país, com a utilização de tecnologias que promovam a melhoria quantitativa e qualitativa da produção, e pela regularidade da oferta a preços competitivos no mercado internacional (HAROLDO *et al.*, 2000). Uma das frutíferas de destaque no Brasil, estando entre as três principais frutas em produção e valor na fruticultura brasileira, garante ao país foco mundial como segundo maior (MARTINS *et al.*, 2019).

No cenário nacional, a região Nordeste destaca-se como maior produtora da cultura, com produção de 687.759 toneladas, sendo a Paraíba o maior Estado produtor, contribuindo com 337.832 toneladas, e seguido pelo Pará com 225.860 toneladas. (BEZERRA *et al.*, 2018).

Para que o fruto se apresente em condições ideais para colheita é possível realizar de acordo com a norma de classificação do abacaxi, estabelecida pela Instrução Normativa nº 1, de 1º de fevereiro de 2002, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2002), no qual define quatro subgrupos de acordo com a coloração da casca, a) Verde ou verdoso - Fruto com casca completamente verde; b) Pintado - Fruto com casca pouco amarela, com essa cor geralmente restrita aos centros dos frurilhos (cultivar Pérola) e/ou à base do fruto (cultivar *Smooth Cayenne*); c) Colorido - Fruto com até 50% da área da casca com coloração amarela; d) Amarelo - Fruto com mais de 50% até 100% da área da casca com coloração amarela (EMBRAPA, 2007).

Portanto, Parente *et al.* (2014) analisaram a produção e as características do fermentado alcoólico de abacaxi da variedade "Pérola", e Luiz & Eduardo (2013) analisaram as características físicas e químicas do umbu fermentado com álcool.

Dangui (2020) produziu melancia fermentada em álcool com própolis e avaliou os compostos fenólicos e antioxidantes antes de adicionar à própolis.

### **3.5. Hortelã**

A hortelã pertence ao gênero *Mentha* composto por cerca de 25 a 30 espécies difundidas em zonas temperadas do hemisfério norte e hemisfério sul. É uma planta perene caracterizada por sua cor verde, com um cheiro pungente, formato alongado e profundamente nervurados com veios muito próximos (GRISI *et al.*, 2006).

Desde a antiguidade, a *Mentha spicata* L., devido ao aroma característico, tem sido utilizada em diversos produtos como: aromatizantes, temperos, remédios etc. É também usada para o tratamento de algumas doenças como analgésico estomacal e intestinal e estimulante das funções cardíacas (KIANI; MINAEI; GHASEMI-VARNAMKHAZI, 2018).

Por ser uma erva altamente polimórfica em genética, assim como em morfologia, compreende trinta espécies e centenas de subespécies ou variedades (ZHAO *et al.*, 2013).

A hortelã contém vitaminas A, C e minerais como cálcio e ferro, além de exercer uma função tônica e estimulante no aparelho digestivo; portanto estaria acrescentando ao produto qualidades nutricionais e um sabor refrescante a este (DAMIANI *et al.*, 2011). Dentre os principais componentes das folhas de hortelã estão os ácidos graxos, como o ácido linoleico, linolênico e palmítico (URIBE *et al.*, 2016).

Em relação ao açúcar solúvel total (sacarose + glicose + frutose) uma amostra de 100 g de hortelã fresca possui cerca de 2552 mg/100 g de massa seca (URIBE *et al.*, 2016).

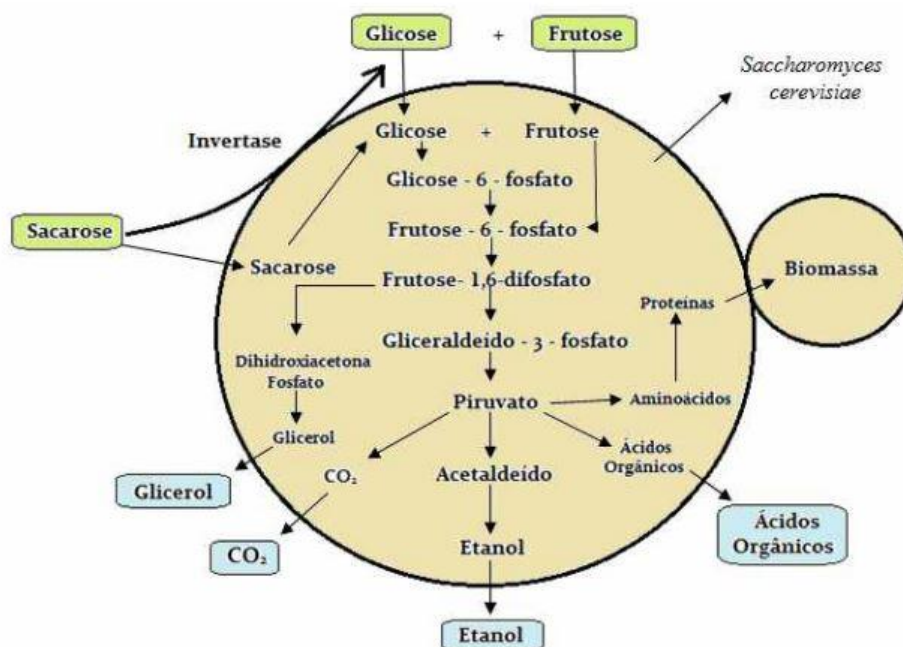
Lima *et al.* (2018), em um experimento, foi desenvolvida e caracterizada a produção de fermentado alcoólico de abacaxi com menta. Souza (2017) também utiliza especiarias, principalmente pimenta, nas formulações de aguardentes, a seguir, os caracteriza para observar o comportamento quando adicionados às bebidas.

### **3.6. Fermentação Alcoólica**

A transformação de açúcares fermentescíveis em etanol e gás carbônico pela ação de microrganismos é conhecida como fermentação alcoólica (LIMA e MARCONDES, 2002). A Figura 1 representa um diagrama simplificado do sistema metabólico da fermentação alcoólica.

Inicialmente, a sacarose é convertida em dois monossacarídeos, glicose e frutose, em uma consequência de hidrólise catalisada pela enzima invertase (BAEYENS *et al.*, 2015). Em seguida, glicose e frutose são transformados em piruvato através da glicólise, e o piruvato é metabolizado em etanol e dióxido de carbono em um processo de dois etapas. O piruvato é descarboxilado e o acetaldeído é gerado na primeira etapa. O acetaldeído é oxidado a etanol na segunda etapa (NELSON e COX, 2008). Biomassa celular e outros produtos como glicerol (KUTYNA *et al.*, 2012) e ácidos orgânicos também são produzidos durante a fermentação (RAMON-PORTUGAL *et al.*, 1999).

**Figura 1:** Via metabólica da fermentação alcoólica em levedura *Saccharomyces cerevisiae*.



**Fonte:** RODRIGUES *et al.*, 2018 – Adaptado.

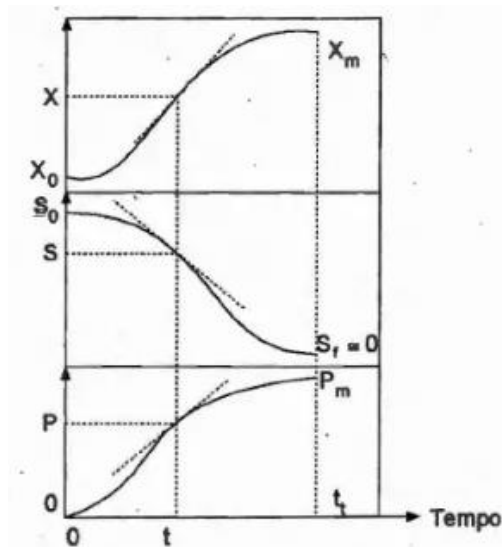
Os humanos vem utilizando o processo de fermentação há cerca de décadas desde a sua criação, de modo que permitiu ao longo dos anos que as sociedades civis descobrissem métodos e formas de como produzir e elaborar alimentos a partir das fontes de açúcar disponíveis na natureza. Dentre esses alimentos estão as bebidas alcoólicas, produzidas a partir do mel de abelha como fonte de energia e nutriente permitindo o aproveitamento de sua microbiota natural, o qual destaca-se como sendo uma das primeiras fontes utilizadas em sua criação (GOMES, 2016).

O estudo da cinética dos processos fermentativos consiste inicialmente na

análise da evolução dos valores de concentração de um ou mais componentes do sistema de cultivo, em função do tempo de fermentação. Entende-se por componentes o microrganismo ou concentração celular ( $X$ ), os produtos do metabolismo ( $P$ ) e os nutrientes ou substrato ( $S$ ) que compõem o meio de cultura (BORZANI, 2001).

Os valores de concentração experimental, quando plotados em função do tempo, permitem o rastreamento de curvas de ajuste, conforme mostrado na Figura 2, e podem ser denotados por  $X = X(t)$ ,  $P = P(t)$  e  $S = S(t)$ .

**Figura 2:** As curvaturas tradicionais  $X$ ,  $P$  e  $S$  utilizadas para representar uma cinética de fermentação idealizado.



**Fonte:** SCHMIDELL NETTO, LIMA e AQUARONE (2001).

De acordo com Silva (2009), deve-se observar também nos processos fermentativos, parâmetros físicos (temperaturas), parâmetros químicos (pH, sólidos solúveis totais) e biológicos (biomassa).



## 4. MATÉRIAS E MÉTODOS

### 4.1. Área de Estudo

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Operações Unitárias e Fenômenos de Transporte da Unidade Acadêmica de Tecnologia de Alimentos (UATA), Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus Pombal.

### 4.2. Obtenção das Matérias-Primas

O mel de abelha multifloral utilizado nos experimentos foi proveniente da região do município de Cacimba de Areia, município do Sertão Paraibano. O mel utilizado para este estudo encontrava-se armazenado por período superior a um ano em entreposto apícola desativado, ao abrigo de luz, mas exposto as oscilações de temperatura ambiente.

O abacaxi pérola e a hortelã da folha miúda foram adquiridos na Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas (EMPASA) no município de Campina Grande. Preferencialmente o abacaxi foi obtido em estágio de maturação classificado como amarelo, de acordo como classificado pela Embrapa (2007), isto é, fruto com mais de 50% até 100% da área da casca com coloração amarela.

Inicialmente houve a remoção da coroa do fruto, em seguida foi feita uma lavagem. A lavagem com água corrente e sabão neutro, com auxílio de escova, para remoção de sujidades. A sanitização dos frutos foi por imersão em água com 100 ppm de cloro ativo por 15 minutos. Após a sanitização dos frutos, estes foram enxaguados para remoção do cloro residual, em seguida foram descascados para o início da extração do suco.

**Figura 3:** Fluxograma de obtenção do suco de abacaxi.



Fonte: Autoria Própria (2022).

O suco de abacaxi foi obtido mediante fatiamento da polpa (polpa + eixo central) em pedaços, e processamento em extrator de suco por centrifugação, (Philips Walita®). O bagaço do fruto remanescente foi ainda submetido a prensagem manual em tecido de algodão para uma maior extração do suco.

O suco de abacaxi foi acondicionado em garrafas de polietileno tereftalato (PET) de coloração âmbar, as quais foram estocadas em congelador “freezer” vertical (Consul®) a -22 °C para posterior uso nos experimentos.

Os ramos de hortelã foram lavadas em água corrente para remoção de sujidades e, posteriormente, foram sanitizados por imersão em água com 80 ppm de cloro ativo por 15 minutos. Após este tempo, os ramos foram lavados em água corrente, centrifugados em centrífuga manual de verduras e tiveram suas folhas removidas manualmente. Logo após as folhas foram acondicionadas em embalagens de polietileno de alta densidade (30x38 cm) e armazenadas em geladeira a 8 °C, no máximo cinco dias, para posterior uso nos experimentos.

### 4.3. Preparo do Mosto e Fermentação

Para a implantação da etapa de fermentação, foram utilizados biorreatores confeccionados em polipropileno de grau alimentício de volume útil de 5 litros, sendo o volume operacional de 3,5 litros para cada experimento. Para a fermentação foi utilizada a levedura CA-11® (*Saccharomyces cerevisiae*) da LNF®.

Para o preparo do mosto, inicialmente, o mel de abelha foi pré-diluído, para um teor de sólidos solúveis totais (SST) de 26°Brix, com água potável da rede pública esterilizada, triplamente filtrada em filtro de carvão ativado, retenção de cloro C-I (redução de cloro > 75%) e retenção de partículas P-III (≥5 a <15 mm).

Com o auxílio da Eq. 01, o mosto pré-diluído de mel de abelha, com SST de 26 °Brix, foi misturado ao suco de abacaxi, conforme os percentuais delineados no planejamento experimental, de forma a se obter um mosto final com SST de 22 °Brix para cada experimento.

$$C = \frac{C' \cdot V' + C'' \cdot V''}{V' + V''} \quad (\text{Eq. 01})$$

C= SST final do mosto;

C' = SST do mosto de mel de abelha pré-diluído (26 °Brix);

C'' = SST do suco integral de abacaxi;

V' = Volume do mosto de mel de abelha pré-diluído; e

V'' = Volume do suco integral de abacaxi.

Para cada experimento, isto é, cada biorreator contendo 3,5 litros de mosto final a 22 °Brix, foram adicionados 40 ppm de SO<sub>2</sub>, tendo o metabissulfito de potássio enológico (K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) da VÊNETO®, como fonte e 1 g de nutriente enológico comercial (fosfato de amônia dibásico - 23%; sulfato de amônio E517 - 63%; cloridrato de tiamina - 0,2% e excipiente perlita). O pH do mosto final também foi corrigido, com carbonato de potássio (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), para valores entre 5,2 a 5,6.

Antes da inoculação, a levedura foi preparada em duas etapas, sendo a primeira etapa a propagação em meio sintético (ativação da célula) e a segunda etapa a propagação em meio complexo (mosto real) (adaptação ao meio real).

A primeira etapa de propagação foi realizada mediante a dispersão de 1,0 g de levedura em Erlenmeyer de 1000 mL com 400 mL de substrato esterilizado, contendo 50 g/L de glicose anidra, 20 g/L de peptona e 10 g/L de extrato de levedura, a 30 °C, por 24 horas e sob agitação. Após 24 horas a suspensão de células foi assepticamente centrifugada (10 minutos a 5000 RPM, temperatura de 16 °C) e lavada com água deionizada esterilizada (100 mL para cada lavagem), para minimizar a transferência de nutriente. O processo de lavagem e centrifugação foi realizado duas vezes. Após o segundo processo de lavagem a massa de célula foi suspensa em 100 mL de solução esterilizada de NaCl a 0,9%.

A segunda etapa de propagação foi realizada mediante a dispersão dos 100 mL da suspensão de células em solução de NaCl a 0,9% em Erlenmeyer de 1000 mL contendo 500 mL do mosto esterilizado (mosto de mel de abelha + suco de abacaxi) de forma a se obter uma concentração de SST de 8° Brix. O processo foi realizado a 22 °C, por 24 horas e sob aeração.

Transcorrida a segunda etapa de propagação, foram retiradas alíquotas, as quais foram inoculadas em cada biorreator contendo 3,5 litros de mosto, conforme a Figura 3, a 22 °Brix, uma concentração de células de 2x10<sup>9</sup> células/mL. Antes e após cada etapa de propagação houve a contagem de células por microscopia óptica com auxílio de câmara de Neubauer (WHITE, 2010). Com a levedura inoculada, as folhas

de hortelã, em estado *in natura*, foram adicionadas aos biorreatores conforme o delineamento do planejamento experimental.

**Figura 4:** Fluxograma de preparo do mosto e fermentação.



**Fonte:** Autoria Própria (2022).

Após a inoculação, alíquotas de 80 mL foram coletadas em frascos tipo PET nos tempos 0, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 168 e 216 horas, para as análises físico-químicas e armazenados em câmara de congelamento (-22°C). Cada experimento foi conduzido de forma aleatória em câmara de fermentação a 23 °C.

**Figura 5:** Biorreatores utilizados na fermentação alcoólica contendo suas respectivas concentrações de folhas e suco.



**Fonte:** Autoria Própria (2022).

## **4.4. Caracterização Físico-Química do Mel de Abelha**

### **4.4.1. Análise de Acidez Total Titulável**

A acidez total titulável foi medida por titulação da amostra dissolvida em 50ml de água destilada com NaOH 0,1 N padronizado de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

### **4.4.2. Análise de Açúcares Redutores**

Foram realizadas seguindo o método descrito pelo Instituto Adolf Lutz (2008). Este método baseia-se na redução do cobre em solução cúprica (soluções de Fehling A e B) pelos açúcares. Para determinar os açúcares redutores, uma solução contendo 10 ml de cada solução de Fehling em 40 ml de água foi titulada com a amostra diluída até atingir o ponto de viragem, que é o desaparecimento da cor azul e a formação de precipitado vermelho ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) no fundo do recipiente. O resultado é expresso em porcentagem de glicídios redutores em glicose. Para determinar os açúcares não-redutores, a amostra passará por uma hidrólise ácida em banho-maria a  $100^\circ\text{C} \pm 2$  por 30 minutos, sendo posteriormente neutralizada com solução de hidróxido de sódio a 30% m/v. A titulação foi feita da mesma forma que para a determinação dos açúcares redutores, e o resultado expresso em porcentagem de glicídios não-redutores em sacarose.

### **4.4.3. Análise de pH**

A medida do pH foi conduzida introduzindo-se o eletrodo do pHmetro de bancada, previamente calibrado, diretamente na amostra homogênea, sendo a leitura realizada em quatro repetições (IAL, 2008).

### **4.4.4. Análise de Cinzas**

A determinação de cinzas presente nas amostras ocorreu através da incineração das amostras em mufla aquecida a  $550^\circ\text{C}$ , até obtenção de um resíduo isento de carvão, com coloração branca acinzentada (IAL, 2008).

### **4.4.5. Análise de Sólidos Solúveis Totais**

O teor de sólidos solúveis totais (SST) foi determinado por refratometria,

utilizando-se refratômetro digital de bancada, à temperatura ambiente, e os resultados foram expressos em °Brix (IAL, 2008).

#### **4.4.6. Análise de Hidroximetilfurfural (HMF)**

Pesou-se 5,0 g de amostra de mel, em seguida diluiu-se para que posteriormente fosse aferido para balão volumétrico de 50 mL. Foi adicionado 0,5 mL da solução de Carrez I e homogeneizou-se. Em seguida, adicionou-se 0,5 mL da solução de Carrez II e completou-se o volume do balão com água destilada. Esse volume foi filtrado em papel de filtro, descartando os primeiros 10 mL. Foram pipetados 5 mL do resto do filtrado em cada um dos dois tubos de ensaio. Adicionou-se 5 mL de água destilada em um dos tubos (amostra) e 5 mL da solução de bissulfito de sódio a 2% no outro tubo (referência). Esses tubos foram levados ao banho de ultrassom por 3 min, para sua total homogeneização, e em seguida, foi determinada a absorbância da amostra em espectrofotômetro nos comprimentos de onda a 284 nm e a 336 nm em cubeta de quartzo de 1 cm (Ferreira *et al.*, 2014).

#### **4.4.7. Teor de água**

O teor de água foi realizado por refratometria de acordo com a metodologia de Lanara (1981). Fez-se a leitura dos sólidos solúveis totais conforme foi descrito no item 4.4.5, logo depois a escala da leitura dos SST (% Brix) é transformada em teor de umidade de acordo com a tabela de Chataway.

### **4.5. Caracterização Físico-Química do Suco de Abacaxi**

#### **4.5.1. Análise de pH**

Seguindo em conformidade com a metodologia descrita no item 4.4.3.

#### **4.5.2. Análise de Acidez Total Titulável**

Seguindo em conformidade com a metodologia descrita no item 4.4.1.

#### **4.5.3. Análise de Cinzas**

Seguindo em conformidade com a metodologia descrita no item 4.4.4.

#### **4.5.4. Análise de Açúcares Redutores**

Seguindo em conformidade com a metodologia descrita no item 4.4.2.

#### **4.5.5. Análise de Sólido Solúveis Totais**

Seguindo em conformidade com a metodologia descrita no item 4.4.5.

#### **4.5.6. Teor de água**

Seguindo em conformidade com a metodologia descrita no item 4.4.7.

### **4.6. Caracterização Físico-Química das Folhas do Hortelã**

#### **4.6.1. Análise de Ácido Ascórbico**

A determinação de vitamina C foi realizada pelo método titulométrico, utilizando 2,6 diclorofenol indofenol até a coloração persistir por 15 segundos seguindo a metodologia da AOAC (1997).

#### **4.6.2. Análise de Acidez Total Titulável**

Seguindo em conformidade com a metodologia descrita no item 4.4.1.

#### **4.6.3. Análise de Sólidos Solúveis Totais**

Seguindo em conformidade com a metodologia descrita no item 4.4.5.

#### **4.6.4. Análise de pH**

Seguindo em conformidade com a metodologia descrita no item 4.4.3.

#### **4.6.5. Análise de Cinzas**

Seguindo em conformidade com a metodologia descrita no item 4.4.4.

#### **4.6.6. Análise de Carotenoides Totais**

O conteúdo de carotenoides foi determinado por meio da metodologia de Arnon (1949) adaptada. Para determinação, foram colocados em tubos Falcon aproximadamente 0,5 g de hortelã com adição de 10 mL de acetona 80%. Em seguida, a mistura foi centrifugada (5000 rpm por 5 min), o sobrenadante foi filtrado, coletado em um balão e a extração foi repetida até o resíduo se tornar incolor. Posteriormente,

foram realizadas as leituras de absorvância em espectrofotômetro em três comprimentos de onda: 480, 645 e 663 nm. A determinação do teor de carotenoides totais (expressos em mg/g de massa seca) foram calculadas usando a equação Eq. 02:

$$C = [A_{480} + 0,114.(A_{663}) - 0,638.(A_{645})] \cdot \frac{V}{1000.W} \quad (\text{Eq. 02})$$

Onde o V: volume da amostra (mL); W: massa fresca da amostra (g); C: carotenoides e A: valores de absorvância nos componentes de ondas usados.

#### **4.6.7. Teor de água**

Seguindo em conformidade com a metodologia descrita no item 4.4.7.

### **4.7. Caracterização Físico-Química da Cinética de Fermentação**

As amostras coletadas no estudo cinético de fermentação, nos tempos pré-estabelecidos, foram caracterizadas quanto:

#### **4.7.1. Análise de Acidez Total Titulável**

Seguindo em conformidade com a metodologia descrita no item 4.4.1.

#### **4.7.2. Análise de Sólidos Solúveis Totais**

Seguindo em conformidade com a metodologia descrita no item 4.4.5.

#### **4.7.3. Análise de pH**

Seguindo em conformidade com a metodologia descrita no item 4.4.3.

#### **4.7.4. Análise de Açúcares Redutores Totais**

A análise de açúcares redutores totais (ART), foi conduzida pelo método descrito por Vasconcelos, Pinto e Aragão (2013), que trata da redução da glicose pelo composto ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS).

#### **4.7.5. Análise de Concentração Celular**

Foram coletadas alíquotas da amostra, a qual foi utilizada a câmara de Neubauer, com o deposito da amostra sobre a superfície da câmara e colocado no



microscópio, com o auxílio das objetivas é possível a determinação da contagem de célula (células/mL) (WHITE, 2010).

#### **4.7.6. Análise de Teor Alcoólico**

O teor alcoólico foi determinado por ebulliometria. De início se faz a calibração do ebuliômetro. Para tanto, o condensador do ebuliômetro é cheio com água fria, o queimador é aceso e colocados diretamente sob o braço do ebuliômetro. Uma vez que a água ferve e a leitura da temperatura mantém-se estável, observa-se a temperatura e associa-se a 0° GL na régua de acompanha o equipamento. O processo é repetido com a amostra de fermentado. Verificou-se a temperatura em que a leitura permanece constante. Na régua, verificar a graduação alcoólica referente a temperatura de ebulição determinada (JACOBSON, 2006).

#### **4.7.7. Produtividade em Etanol**

A determinação da produtividade em etanol foi calculada mediante conhecimento sobre a formação de produto em decorrer do tempo. Para saber a quantidade de álcool em um determinado tempo, em hora, é utilizado a seguinte equação (Eq. 03) matemática:

$$\text{Produtividade em Etanol} \left( \frac{g}{L.h} \right) = \frac{P \left( \frac{g}{L} \right)}{T (h)} \quad (\text{Eq. 03})$$

Onde temos que P é a concentração de etanol (g/L) e T é o tempo de fermentação (h) (MUNIZ, 2009).

#### **4.8. Planejamento Experimental**

Para o estudo do processo de fermentação alcoólica do mosto de mel de abelha adicionado de suco de abacaxi e folhas de hortelã, utilizou-se um planejamento experimental de composto central rotacional 2<sup>2</sup>. Três pontos centrais foram adicionados para se verificar se existe relação não linear entre as variáveis de estudo e a resposta. Com este planejamento objetiva-se avaliar os efeitos das variáveis Percentual de suco de abacaxi (%) e Concentração de folhas de hortelã (g/L), sobre a respostas de Produtividade em etanol (g/h.L).

Na Tabela 01 encontram-se, respetivamente, os níveis reais e codificados das variáveis Percentual de suco de abacaxi e Concentração de folhas de hortelã. Os

níveis reais foram estabelecidos mediante testes laboratoriais.

**Tabela 1:** Níveis reais e codificados das variáveis utilizadas no estudo da fermentação alcoólica do mosto de mel de abelha adicionado de suco de abacaxi e folhas de hortelã.

Variáveis	Níveis reais e codificados		
	-1	0	+1
Concentração de suco de abacaxi (%) (v/v)	10	20	30
Concentração de folhas de hortelã (g/L)	1	3,5	6

Fonte: Autoria Própria (2022).

Para a análise dos efeitos das variáveis sobre a resposta, os resultados que foram obtidos ao software Statistica v. 5.0 (STATSOFT, 1997), o qual permitiu a obtenção do gráfico de Pareto, a análise de variância (ANAVA) e a geração dos gráficos de superfície de resposta (RODRIGUES; IEMMA, 2005). Foi utilizado o software OriginPro v. 9.0 para a obtenção dos gráficos conforme analisados os parâmetros cinético fermentativo (pH, acidez total titulável, açúcares redutores totais e concentração celular).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Caracterização físico-química do mel de abelha

Na Tabela 2 abaixo é observado os resultados referentes as análises físico-químicas do mel de abelha utilizado para a elaboração do da bebida, fazendo uso da legislação vigente (BRASIL, 2000) que estabelece os parâmetros e padrão de qualidade para o mel de abelha, para avaliar se o mesmo se encontra dentro do estabelecido. Na mesma, encontram-se os valores médios referentes quanto à acidez total titulável, pH, açúcares redutores, teor de água, sólidos solúveis, cinzas e hidroximetilfurfural (HMF).

**Tabela 2:** Caracterização físico-química do mel de abelha com valores de média  $\pm$  desvio padrão.

Parâmetros	Média $\pm$ DP	Legislação (BRASIL, 2000)
Acidez total (meq/kg)	70,5 $\pm$ 2,35	Máx. 50 meq/kg
pH	3,25 $\pm$ 0,05	*NR
Açúcares redutores (%)	83,2 $\pm$ 1,34	Mín. 65%
Teor de água (%)	19,4 $\pm$ 0,0	Máx. 20%
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	80,6 $\pm$ 0,0	NR
Cinzas (%)	0,05 $\pm$ 0,02	Máx. 0,6%
Hidroximetilfurfural (mg/kg)	92,7 $\pm$ 1,03	Máx. 60 mg/kg.

**Fonte:** Aatoria Própria (2022). \*NR – Não registrado

Para acidez total, foi determinado valor médio de 70,5 meq/kg, no qual podemos observar que o mesmo se encontra fora das recomendações propostas pelo padrão de identidade e qualidade de méis brasileiro. Na legislação brasileira para este parâmetro é determinado que o seu valor máximo seja de 50 meq/kg.

Este comportamento é ocasionado devido a uma série de mudanças no mel, que se relaciona com o grau de deterioração do produto frente a variação nos fatores extrínsecos, que vai desde a coleta do produto até sua comercialização e armazenamento. De acordo com Soares *et al.* (2017), a acidez é tida como um dos parâmetros de avaliação do estado de maturação e deterioração do mel, sabendo-se que quando o mel apresenta certas mudanças em sua composição desencadeará uma série de reações e alterações, entre elas a fermentação. Como consequência desta ação a acidez tende a aumentar. Segundo Parpinelli (2016), os maiores valores

de acidez podem ser devidos à fermentação por microrganismos que convertem os açúcares da oxidação de ácidos carboxílicos em álcoois, enquanto a alta umidade e altas temperaturas favorecem esses tipos de reações químicas.

Desse modo, é possível determinar que o mel, em sua etapa de armazenamento para comércio, não apresentou condições ambientais ideais para manter sua preservação e qualidade durante a estocagem.

Para o pH, foi encontrado valor médio de 3,25. Na legislação vigente não há indicativo de faixas de valores para este parâmetro, embora seja considerado como importante na determinação da qualidade do produto. O pH é uma variável auxiliar na determinação da qualidade do mel, visto que sua análise permite indicar o grau a deterioração e adulteração caso o produto tenha sido submetido. Valores próximos foram observados por Santos *et al.* (2021) onde verificaram valores para pH entre 3,05 a 3,91, Carvalho (2005) relatou variação de 3,15 a 3,83 para o respectivo parâmetro.

Em determinação aos açúcares redutores, foi verificado valor médio de 83,2%. Estando dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2000), onde determina que o valor mínimo seja de 65%. Parpinelli (2016) expressa que os açúcares redutores presentes no mel são compostos por frutose e glicose, apresentando capacidade de reduzir íons de cobre em solução alcalina. Um outro destaque para os méis nativos é por mostrarem menor teor de açúcar e o sabor doce de forma marcante. A frutose irá atuar no mel como componente a favorecer a doçura, já a glicose como agente de cristalização. Valores aproximados aos do presente estudo foram encontrados por Santos *et al.* (2021) ao analisarem méis nativos, apresentando resultados em torno 59,9 a 70,9 %. De modo semelhante foi observado por Santos *et al.* (2019) obtendo valores na faixa de 51,8 a 62,1% para o respectivo parâmetro.

Para teor de água, o valor médio determinado foi de 19,4%, apresentando conformidade com os padrões determinados pela legislação brasileira (BRASIL, 2000) no qual estabelece valor máximo de 20% para o respectivo parâmetro. Valores próximos foram encontrados por Lucena (2020) em estudos de méis do curimataú paraibano variando entre 19,4 a 19,8%. Um aspecto preocupante nos resultados determinados trata-se do valor que se aprestou próximo ao limite permitido, pois a umidade é o fator de qualidade que determina a capacidade atual do mel de abelha permanecer estável e livre de fermentação. Quanto menor a umidade, menor a

probabilidade de o mel fermentar ao longo de seu período de armazenamento (CRANE, 1985; VARGAS, 2006).

Igualmente ao pH, os sólidos solúveis totais (°Brix) também não é indicado pela legislação brasileira. O valor médio observado foi de 80,6 °Brix, valor este próximo ao encontrado por Oliveira et al., (2019) que verificaram uma faixa de variação de 67,50 a 77,50 °Brix para méis produzidos no Pará. No entanto, tal estudo foi necessário para obter o valor inicial em °Brix e realizar os procedimentos de diluições de acordo com os experimentos deste trabalho dispostos na Tabela 2.

O percentual do teor de cinzas foi observado e obteve valor médio de 0,05%. Segundo a legislação vigente (BRASIL, 2000) este valor se encontra dentro dos padrões estabelecidos, no qual determina que o conteúdo de cinzas para mel floral seja no máximo até 0,6%. A análise de cinzas permite detectar algumas irregularidades do mel, como falta de higiene, falha na decantação, falha na filtragem ou aquisição do mel através da prensagem dos favos (ANACLETO, 2007). De acordo com Krolow *et al.* (2020) foi encontrado valores próximos ao do presente estudo, variando de 0,04 a 0,78%, Santos *et al.* (2021) obtiveram valores que variaram de 0,09% a 1,41% para méis de abelhas nativas do Acre.

Para hidroximetilfurfural (HMF) o valor observado foi de 92,7 mg/kg, este resultado indica não conformidade com os padrões preconizados pela legislação brasileira (BRASIL, 2000), onde estabelece valor máximo de 60 mg/kg para o parâmetro em estudo. HMF é considerado um indicador de deterioração da qualidade, indicando que o produto pode ser antigo ou que tenha sido submetido à adulteração. No mel recém-colhido, sua concentração às vezes é tida como ausente, a depender das condições a qual o produto foi armazenado, ou seja, não se apresenta no mel. Entretanto, sua concentração tende a aumentar com o tempo de armazenamento uma vez quando exposto a fatores extrínsecos (luminosidade, umidade, oxigênio e calor) (CRANE, 1983).

Conforme abordado anteriormente, a presença deste componente não se relaciona exclusivamente à adulteração do produto. Quando analisado a presença deste componente nos alimentos, em especial aquele cujo apresenta em sua composição valores considerados de carboidratos (glicose e frutose), uma vez que é submetido a processamento térmico ocasionará na formação do furfural e hidroximetilfurfural.

Souza (2017) e Lucena (2020) encontraram valores próximos aos do presente estudo, variando de 23,18 a 82,90 mg/kg, 29,74 a 169,30 mg/kg, respectivamente, em pesquisas de méis.

## 5.2. Caracterização físico-química do suco de abacaxi

Os resultados das análises físico-químicas do suco de abacaxi utilizadas para a elaboração do referido produto são apresentados na Tabela 3 abaixo, utilizando a legislação vigente (BRASIL, 2018) que estabelece os parâmetros e padrões de qualidade para o suco de abacaxi, para fazer uma comparação e verificar se o mesmo se enquadra nos parâmetros estabelecidos. Inclui valores médios relativos à acidez total titulável, pH, açúcares redutores, teor de água, sólidos solúveis totais e cinzas.

**Tabela 3:** Caracterização físico-química do suco de abacaxi com valores de média  $\pm$  desvio padrão.

Parâmetros	Média $\pm$ DP	Legislação (BRASIL, 2018)
Acidez total (g/100g)	0,42 $\pm$ 0,02	Min. 0,3 g/100g
pH	4,07 $\pm$ 0,01	*NR
Açúcares redutores (%)	63,4 $\pm$ 0,84	NR
Teor de água (%)	88,0 $\pm$ 0,0	NR
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	12,5 $\pm$ 0,0	Min. 11°Brix
Cinzas (%)	0,002 $\pm$ 0,0	NR

**Fonte:** Autoria Própria (2022). \*NR – Não registrado.

Para a acidez total, o valor médio obtido foi de 0,42g/100g, o que podemos observar que está dentro da faixa recomendada pelas características e padrões de qualidade para o suco integral, principalmente para o suco de abacaxi (BRASIL, 2018).

Quando analisado de forma particular os ácidos presentes no suco de abacaxi, o que apresenta de modo majoritário e predominante trata-se do ácido cítrico. Portanto, quando quantificado a acidez deste produto, especificamente, sua determinação é expresso nessa unidade devido à presença deste constituinte em maior predominância. A determinação da acidez para suco de frutas permite conhecer a composição e condição da maturação do fruto, bem como entender como este parâmetro irá influenciar quando utilizado e aplicado em outros processos

tecnológicos.

Valores próximos aos encontrados no estudo foram descobertos por Borges *et al.* (2011), ao determinar para o respectivo parâmetro valor médio de 0,43 g/100g em suco de abacaxi da variedade “pérola”. Já Bamidele e Fasogbon (2017) obtiveram em determinação de suco de abacaxi valor de 0,78g/100g para acidez total. Tal aumento se justifica devido a interferência de fatores como clima, composição do solo, variedade do fruto e condições de colheita. Mudanças como essas afetam diretamente na composição do abacaxi.

Para o parâmetro de pH foi apresentado valor médio de 4,07. Não há indicação de escalas de valor na legislação vigente para este parâmetro, apesar de ser considerado crucial na determinação da qualidade de produtos e para a aplicação em derivados. De forma particular, quando se deseja adicionar sucos e polpas de frutas ao processo de fermentação alcoólica, objetivando-se a formação de produto (etanol), o estudo deste parâmetro se apresenta como sendo de grande importância para o desenvolvimento e execução do processo.

Durante a maioria dos processos de fermentação, o pH do meio afeta o crescimento e a formação do produto. A maioria dos microrganismos tem uma faixa estreita de pH dentro da qual o crescimento e a formação do produto ocorrem em altas taxas e, portanto, são controlados durante a maioria dos processos de fermentação (PARENTE *et al.* 2014). Entretanto, conhecer a matéria-prima que se deseja adicionar ao processo torna-se de grande relevância para o estudo, uma vez que possibilitará entender o seu comportamento no decorrer da fermentação. De acordo com Aquarone *et al.* (1983), uma faixa de pH de 3,8 a 4,0 permite uma rápida fermentação alcoólica ao mesmo tempo que previne o crescimento de bactérias indesejáveis.

Valores aproximados ao do estudo foram encontrados por Anjos (2019) ao caracterizar suco de frutas *in natura*, entre eles o abacaxi. Foi determinado valores variando entre 3,92 a 4,13. Cadengue *et al.* (2017) ao analisar físico-quimicamente suco de abacaxi para elaboração de vinho foi identificado valor de 3,52 para o respectivo parâmetro.

Para os açúcares redutores, foi encontrado valor médio de 63,4%. Apesar de ser um parâmetro não acobertado pela legislação vigente, é tido como um dado importante quando se deseja utilizar sucos e polpas de frutas para fins de processamento tecnológico, ou até mesmo avaliar a sua contribuição para estudos

biotecnológicos como fermentação alcoólica, especificamente, e/ou outros métodos de conversão de substrato em produto. Os açúcares redutores comumente conhecido como carboidratos subdivide-se em classes, entre elas os monossacarídeos (glicose, frutose e galactose) e alguns dissacarídeos como a maltose (glicose + glicose) e lactose (glicose + galactose). São considerados como agentes fornecedores de energia para o metabolismo das células, de modo que são utilizados no processo metabólico das células como substrato para a sua manutenção por meio das vias metabólicas com a formação de moléculas de adenosina trifosfato (ATP).

Desta maneira, a determinação deste parâmetro possibilita conhecer as condições na qual a matéria-prima se encontra (estádio de maturação) e de que forma a mesma contribuirá para a utilização na produção de outros alimentos derivados. Quando se estuda isoladamente o processo de fermentação alcoólica, o conhecimento sobre a quantificação deste parâmetro para a matéria-prima a ser utilizada é compreendido como sendo de considerada relevância, uma vez que possibilitará analisar sobre o fruto quanto as concentrações deste substrato e de que maneira o mesmo contribuirá para o meio fermentativo.

Os açúcares presentes no abacaxi são tidos como um componente importante quando deseja-se consumir o fruto na sua forma *in natura*, uma vez que estará atribuindo ao mesmo boas características sensoriais associada ao sabor e aroma. A sacarose compõe uma média de 66% dos açúcares em frutas maduras. O abacaxi é uma das frutas com maior teor de sacarose (GORGATTI NETTO et al.; 1996).

Em termos de teor de água, descobriu-se um valor médio de 88%. Semelhante ao parâmetro anterior, não são encontrados valores na legislação vigente que determine a faixa máxima ou mínima.

Quando se trata da qualidade do produto, especialmente para sucos de frutas, a análise desse parâmetro é fundamental, pois a capacidade de proliferação dos microrganismos está diretamente relacionada à disponibilidade de água e nutrientes no ambiente. Desse modo, temos a suscetibilidade de alimentos ou bebidas ao desenvolvimento de microrganismos quando se tem alto teor e atividade de água.

Valor aproximado ao do estudo foi encontrado por Miranda *et al.* (2015) ao caracterizar o suco de abacaxi determinando valor de 84,82%. O abacaxi (polpa), da variedade *Ananas comosus L.*, possui 86 % de teor de umidade, segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011).



Para teor de sólidos solúveis totais foi determinado valor médio de 12,5 °Brix. De acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2018), a mesma estima valor mínima para este parâmetro em 11 °Brix. A avaliação deste parâmetro nos permite conhecer sobre a concentração de sólidos solúveis presente no alimento, nos quais envolve em a presença de carboidratos, proteínas, sais e ácidos orgânicos. De forma majoritária, os açúcares e ácidos orgânicos são os que apresenta em maior concentração e representação.

Segundo Parente *et al.* (2014), o conhecimento sobre o teor de sólidos solúveis é muito importante tanto para o consumo *in natura* quanto para o processamento industrial, pois altos níveis desses componentes na matéria-prima significam menos adição de açúcar, menor tempo de evaporação da água, menor consumo de energia e maior rendimento do produto, resultando em mais economia de em processamento. Nessa perspectiva, é possível apreciar sua importância em processos biotecnológicos, em que sólidos solúveis são transformados em produtos fermentáveis como etanol e dióxido de carbono na grande maioria dos casos.

Santos *et al.* (2010) reforça o argumento anterior confirmando que frutos com altos teores de sólidos solúveis são preferidos tanto para consumo *in natura* quanto para industrialização, por proporcionarem maior rendimento no processamento.

Valor próximo aos achados no estudo foram descobertos por Cadengue *et al.* (2017) identificando para o respectivo parâmetro valor de 13,40 °Brix. Já Couto (2008) ao avaliar a qualidade de suco de abacaxi determinou em sua pesquisa valor de 11°Brix.

O teor de cinzas apresentou valor médio de 0,002%, o que está de acordo com os parâmetros mencionados anteriormente que não são contemplados pela legislação brasileira vigente.

Desse modo, podemos compreender este parâmetro de acordo com a definição de Zambiasi (2010) no qual o mesmo refere-se ao teor de cinzas em uma amostra de alimento como a representação do teor total de minerais e pode, portanto, ser usado como uma medida geral de qualidade e identificação em alimentos. Para alimentos ricos em determinados minerais, o teor de cinzas torna-se importante, o que implica em seu valor nutricional.

Ressalta-se que o valor das cinzas do suco de abacaxi se encontrou abaixo quando comparado com valor divulgado pela Tabela Brasileira de Composição de

Alimentos que é de 0,4% para abacaxi *in natura* (TACO, 2011). De acordo com resultados apresentados por Miranda et al. (2015), foi determinado para o teor de cinzas valor de 0,144%, valor este encontrado acima do apresentado pelo presente estudo, o qual se justifica devido à presença e interferência de fatores extrínsecos durante a colheita.

### 5.3. Caracterização físico-química das folhas de hortelã

Os resultados da análise físico-química das folhas de hortelã fresca usadas para preparar a bebida estão listados na Tabela 4 abaixo. Valores médios para acidez total titulável, pH, teor de água, sólidos solúveis totais, cinzas, carotenóides totais e ácido ascórbico estão incluídos.

**Tabela 4:** Caracterização físico-química das folhas de hortelã com valores de média  $\pm$  desvio padrão.

Parâmetros	Média $\pm$ DP
Acidez total (g/100g)	1,81 $\pm$ 0,13
pH	6,54 $\pm$ 0,31
Teor de água (%)	97,2 $\pm$ 0,0
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	2,8 $\pm$ 0,0
Cinzas (%)	0,015 $\pm$ 0,0
Carotenoides Totais (mg/100g)	278,25 $\pm$ 4,89
Ácido Ascórbico (mg/100g)	31,28 $\pm$ 0,54

**Fonte:** Autoria Própria (2022).

Ao analisar o parâmetro de acidez total foi determinado valor médio de 1,81g/100g. De acordo com Souza *et al.* (2010) o mesmo explica que alterações na acidez dos alimentos são decorrentes de transformações que ocorrem após a colheita e estão diretamente relacionadas ao metabolismo oxidativo causado pela respiração celular, enquanto que a acidez é tido como o resultado da junção dos ácidos orgânicos presentes nos alimentos, causados por alterações entre elas bioquímicas presente no mesmo.

Com valores próximos ao do presente estudo, Silva *et al.* (2020) encontrou em folhas de manjeriço valor de 1,06g/100g. Em contrapartida, Soares (2020) ao

analisar amostras de condimentos e especiarias, estando entre eles a hortelã, determinou para o respectivo parâmetro valor de 0,500g/100g. Perfil e composição nutricional do solo, nível de precipitação de chuva durante o período de colheita são considerados fatores que influenciam na caracterização dos alimentos, ou especiarias, em seu estado *in natura* para consumo.

Para o pH, foi encontrado valor médio de 6,54. Em faixa de pH contendo estes valores há a necessidade de um armazenamento de forma adequada e com controle dos fatores extrínsecos. Promovendo com essa ação uma melhor conservação, bem como retardando a atividade de microrganismos indesejáveis que venham a se proliferar em faixas como esta.

Soares (2020) ao realizar estudos em especiarias e condimentos *in natura* identificou valor próximo ao do presente estudo, apresentando-se variação para o parâmetro de 5,84 a 6,47.

De acordo com a Tabela 4, o valor médio do parâmetro teor de água foi determinado em 97,2%. O conhecimento do teor de água dos alimentos permite avaliar sua suscetibilidade ao desenvolvimento de microrganismos, bem como as condições em que eles podem crescer.

Alimentos com alto teor de água ou umidade elevada possuem condições ideais para a multiplicação de microrganismos presentes na flora microbiana de frutas e hortaliças. Com isso, métodos físicos e químicos podem ser utilizados durante o processo de manejo para reduzir os danos causados pela atividade desses microrganismos nos alimentos. A secagem/desidratação é um dos métodos que vem sendo utilizado.

De acordo com Silva (2018), a redução do teor de umidade observado nas ervas desidratadas elimina a possibilidade de degradação microbiológica e reduz significativamente a taxa de reações deteriorantes.

Em comparação com a literatura, Soares (2020) e Silva *et al.* (2020) encontraram um valor próximo ao do estudo, com valor mediano de 91,03 e 88,67%, respectivamente.

Ao analisar o teor de sólidos solúveis totais foi verificado valor médio de 2,8 °Brix. Resultados próximos ao do estudo foi encontrado por Silva *et al.* (2020) e Ferreira *et al.* (2015), 4,90 e 2,95 °Brix, respectivamente.

O parâmetro de teor de cinzas teve um valor médio de 0,015%. A análise de

cinzas possibilita a avaliação da composição da especiaria em relação às substâncias inorgânicas (CARRIJO, 2012). O teor de cinzas está associado à abundância de minerais presentes em ervas e especiarias como potássio, ferro, cálcio, fósforo, magnésio, enxofre e sódio.

Em termos de carotenoides totais, descobriu-se um valor médio de 278,25 mg/100g. Segundo alguns autores, o teor de carotenóides em vegetais frescos varia de 36 a 186 mg/100 g de massa seca (BEN-AMOTZ; FISCHLER, 1998). Outras fontes vegetais de carotenóides incluem folhas verdes como espinafre e hortelã, bem como frutas como laranja e manga (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2008).

O teor de carotenoides obtido por Silva (2021) foi de 126,55 mg/100 g para a hortelã *in natura* sem branqueamento, valor este encontrando-se abaixo do verificado no presente estudo. Em folhas de *Mentha Spicata*, Straumite, Kruma e Galoburda (2015) encontraram um teor de carotenoides de 73,57 mg/100g (base seca). As baixas quantidades estão relacionadas com a pigmentação, de acordo com Madeira (2015).

Ao analisar o parâmetro de ácido ascórbico foi determinado valor médio de 31,28 g/100g. A composição química aproximada das folhas de hortelã, incluindo o ácido ascórbico, varia de acordo com a espécie e pode ser afetada por fatores relacionados ao meio ambiente, incluindo irradiação, umidade relativa do ar, solo e clima (MAHBOUBI, 2018). Trata-se de um componente que apresenta alta susceptibilidade quando expostos a fatores adversos (oxigênio, temperatura elevada, presença de água, luminosidade entre outros).

Portanto, de acordo com o abordado, Soares (2020) em estudo com especiarias determinou para o respectivo parâmetro valor de 50,98 g/100g em hortelã. Com tal característica, foi verificado por Silva *et al.* (2020) valor médio de 267,71 mg/100g. Conforme TABNUT (2016), o mesmo propõem que a cada 100g de hortelã é encontrado uma média de 13 g de ácido ascórbico.

#### **5.4. Planejamento experimental**

A Tabela 5 mostra a matriz de planejamento experimental <sup>22</sup>, tendo como variáveis independentes o suco de abacaxi e a concentração de folhas de hortelã e produtividade em etanol como resposta.

**Tabela 5:** Matriz de planejamento com os valores reais e resultados respectivos para Produtividade em etanol (g/L.h).

<b>Experimentos</b>	<b>Suco de Abacaxi (v/v)</b>	<b>Folhas de Hortelã (g/L)</b>	<b>Produtividade de Etanol (g/L.h)</b>
<b>1</b>	10	1,0	0,358
<b>2</b>	10	6,0	0,410
<b>3</b>	30	1,0	0,424
<b>4</b>	30	6,0	0,446
<b>5</b>	20	3,5	0,402
<b>6</b>	20	3,5	0,391
<b>7</b>	20	3,5	0,391

Fonte: Autoria Própria (2022).

Durante o processo fermentativo, foi observado valores para a resposta de produtividade em etanol variando entre os experimentos 1 a 7 (0,358 a 0,446 g/L.h). Quando analisamos isoladamente as variáveis de estudo, visualizamos a influência do suco de abacaxi e das folhas de hortelã na fermentação. A medida que se aumenta a concentração destas variáveis observa-se o comportamento crescente no valor da produtividade em etanol. Este parâmetro por si próprio expressa o teor de etanol produzido em determinado intervalo de tempo, ou seja, o teor de etanol produzido ao decorrer do processo de fermentação.

Uma vez que analisado o efeito das variáveis sobre a resposta, identificamos que na presença de baixas concentrações o mesmo não confere ao processo fermentativo elevação na produtividade em etanol. Em contrapartida, temos que em um mosto contendo maiores concentrações do suco de abacaxi e folhas de hortelã mostram melhor adaptação da levedura, proporcionando o aumento da taxa de produtividade de etanol. Este fato pode ser justificado devido a presença de constituintes químicos presente na matéria-prima que contribuíram na otimização do processo como por exemplo a presença de vitaminas e minerais. O uso de abacaxi para a produção de fermentado tem sido estudado por vários autores, devido à presença de açúcares fermentáveis, sabor e aroma característico (LIMA *et al.*, 2018). O abacaxi possui um alto teor de vitaminas B1, B2 e Niacina, também é bem provido em minerais como cálcio, fósforo e ferro (FIGUEIRÊIDO *et al.*, 2003), tais constituintes

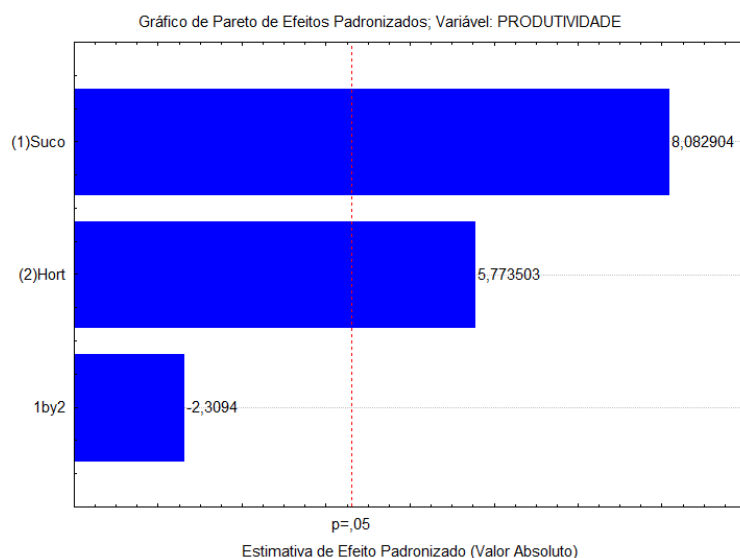
podem agir durante a fermentação como agentes catalisadores, fornecendo meios de substratos para otimizar o processo.

Quando comparado os dados obtidos no presente estudo com os encontrados em literatura temos alguns autores que identificaram valores próximos a pesquisa em questão. Brandão *et al.* (2018) ao analisar o estudo cinético de hidromel com diferentes cepas de *Saccharomyces* obtiveram valor de 0,3635 g/L.h. Igualmente foi encontrado por Sampaio (2019) ao analisar hidromel adicionado de graviola (0,385 g/L.h). Por outro lado, Anunciação *et al.* (2017) encontrou em estudo de hidromel contendo polpa de tamarindo valor acima do estudo (1,91 g/L.h).

A variação do parâmetro cinético observado em diversos estudos pode ser atribuída a diversos fatores, dentre eles: cepas de leveduras, operação do reator, temperatura e concentração do substrato.

A Figura 6 é representado o gráfico de Pareto, o qual permite analisar quais variáveis possuem maior efeito significativo, sobre a produtividade em etanol, com nível de confiança de 95%.

**Figura 6:** Diagrama de Pareto para os efeitos das variáveis independentes sobre a produtividade em etanol.



**Fonte:** Autoria própria (2022).

Ao analisar o gráfico de Pareto (Figura 6), observa-se que a produtividade em etanol do processo, é diretamente afetada pela concentração de suco de abacaxi, seguido da concentração de folhas hortelã. Além disso, observa-se que tanto a concentração do suco quanto a de folhas de hortelã, apresentam efeitos positivos na

produtividade em etanol, isto é, ao variarmos do menor valor para o maior valor destas variáveis, constate-se o aumento de 8,08 g/L.h para o suco de abacaxi, e 5,77 g/L.h para as folhas de hortelã.

Observando o efeito isolado das variáveis sobre a resposta de produtividade em etanol, visualizamos entre as variáveis que o suco de abacaxi apresenta predominância no aumento da produtividade. Com isso, identificamos que o mesmo contribui para o processo positivamente com relação a formação/produção de etanol. Portanto, quando avaliamos o efeito da variação das concentrações saindo da menor para a maior, compreendemos melhor sua influência. Em concentração mais alta de suco de abacaxi no mosto, maior é a valor de produtividade em etanol. Ou seja, quando se realizada a variação na concentração desta variável de 10 para 30 v/v é possível visualizarmos a sua influência no produto final, e conseqüentemente gerando maiores teores alcoólico a bebida ao fim do processo. Essa fundamentação é confirmada quando verificado seu comportamento no gráfico acima.

Em contrapartida, quando avaliada a variável concentração de folha de hortelã, saído de 1 a 6 g/L, a mesma apresenta efeito significativo e positivo, entretanto, não é tão expressivo quanto a variável suco de abacaxi.

O quadro de análise de variância para o planejamento experimental utilizado neste estudo, considerando a resposta de produtividade em etanol, bem como o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), pode ser visto na Tabela 6.

**Tabela 6:** Análise de variância simplificada para a resposta de produtividade em etanol.

	<b>SQ</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F<sub>cal</sub></b>	<b>F<sub>tab</sub></b>	<b>F<sub>cal</sub>/F<sub>tab</sub></b>	<b>R<sup>2</sup> (%)</b>
<b>REGRESSÃO</b>	0,0042	3	0,0014	9,33	9,28	1,005	90,32
<b>RESÍDUO</b>	0,0004	3	0,0001				
<b>FALTA DE AJUSTE</b>	0,0004	1	0,0004				
<b>ERRO PURO</b>	0,0001	2	0,0000				
<b>TOTAL</b>	0,0046						

Fonte: Autoria Própria (2022).

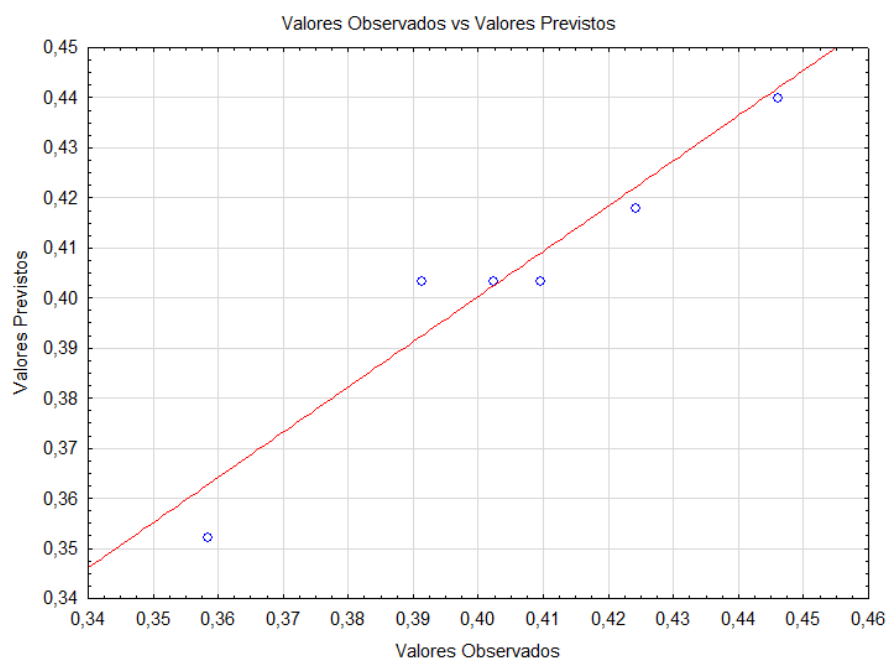
Com base nos resultados, o modelo de resultante de primeira ordem apresentou um coeficiente de determinação de regressão abaixo de 98,5%, indicando que explicou 90,32% da variação dos dados para o presente estudo. Conforme Barros

Neto, Scarminio e Bruns (1995), coeficiente de determinação da proporção da resposta global na resposta explicada pelo modelo. Portanto, quanto mais próxima de 1 estiver a linha de regressão, menor será o erro e melhor será o modelo.

Além disso, o valor de  $F_{\text{calculado}}$  é 1,005 vezes maior que o de  $F_{\text{tabulado}}$ , indicando que o modelo obtido, além de estatisticamente significativo, também é preditivo dentro da faixa experimental estudada, conforme Box *et al.* (1978) e Barros Neto, Scarminio e Bruns (1995), para que a regressão não seja apenas estatisticamente significativa, mas também válida para fins de previsão, o mesmo deve apresentar a conformidade com o valor de  $F_{\text{calculado}}$  sendo pelo menos 4 a 5 vezes o valor de  $F_{\text{tabulado}}$  e/ou  $R^2$  deve ser maior ou igual a 60%.

A probabilidade dos valores dos experimentos sobre a bebida de mel de abelha adicionado de suco de abacaxi e folhas de hortelã pode ser mostrada na Figura 7.

**Figura 7:** Gráfico da probabilidade normal dos valores obtidos nos experimentos.



**Fonte:** Autoria Própria (2022).

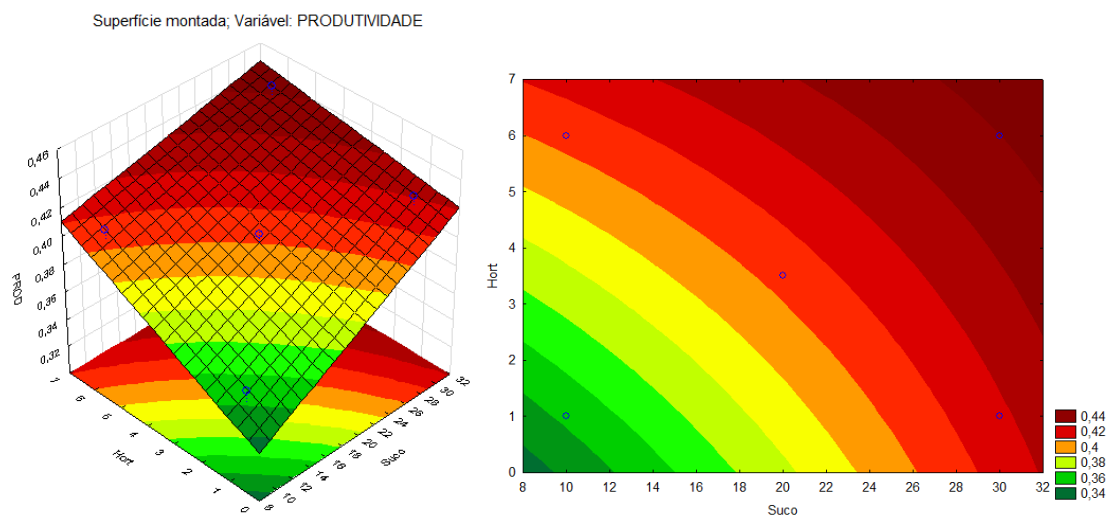
Observando o gráfico gerado acima é compreendido o comportamento de probabilidade dos valores obtidos no estudo comparando com os previstos. Segundo Calado e Montgomery (2003), a probabilidade residual permite determinar se um erro experimental apresenta normalidade, a mesma afirmação explica ainda que quanto mais próximos os pontos experimentais estiverem da linha contínua, mais plausível será a hipótese de normalidade. Diante dessa afirmação, é possível afirmar que os



dados experimentais obtidos são confiáveis, pois contêm resíduos e valores que seguem uma distribuição normal. Por outro lado, se os resíduos descobertos estiverem muito distantes dessa faixa/linha contínua, caracteriza-se como tal pela presença de "outliers", ou pontos significativamente diferentes dos demais dados experimentais.

Através da validação do estudo pelo modelo proposto, foi possível construir uma curva de contorno (Figura 8), ou gráfico de superfície de resposta, no qual apresenta a funcionalidade de identificar a região de máxima obtenção da resposta analisada, produtividade em etanol, pela variação das variáveis: suco de abacaxi e folhas de hortelã.

**Figura 8:** Curva de contorno obtida para produtividade em etanol no processo fermentativo da bebida alcoólica de mel de abelha adicionada de suco de abacaxi e folhas de hortelã.



Fonte: Autoria Própria (2022).

A partir do observado na figura de curva de contorno, é visualizada de forma notória a influência da concentração do suco de abacaxi no aumento da produtividade de etanol no fermentado. Quando avaliado concentrações de 20 a 30 v/v é visto que o mesmo confere condições máximas favoráveis para a aumento do valor de produtividade em etanol, igualmente é observado para as concentrações de folhas de hortelã.

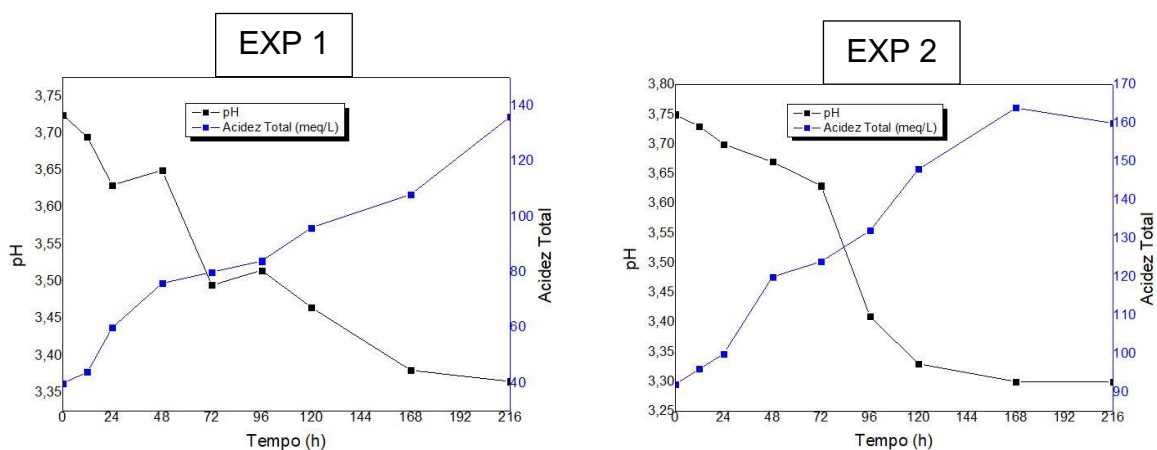
Ao analisar a contribuição das folhas de hortelã para o processo fermentativo é visto que a mesma também fornece condições para o aumento da resposta estudada.

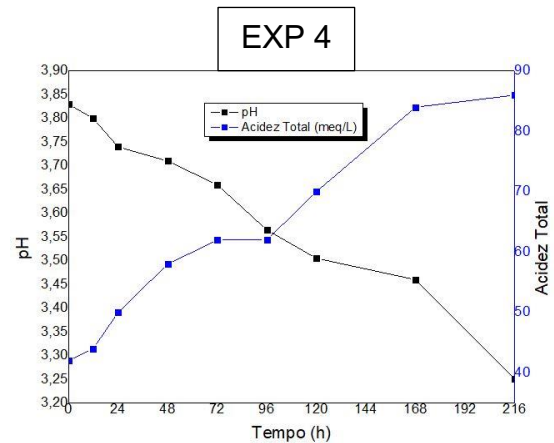
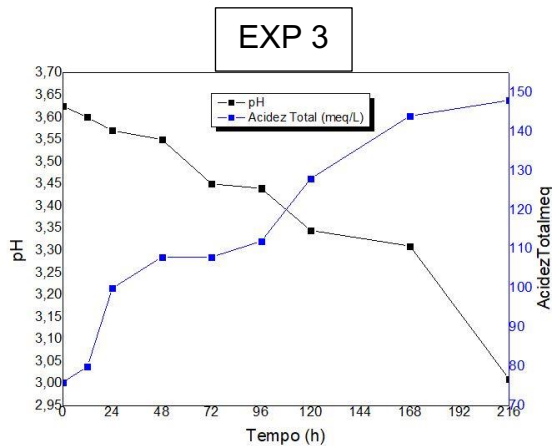
Logo, para a faixa de concentração de 5 a 6 g/L é obtido maiores valores de produtividade em etanol. Portanto, ao levar em consideração a resposta estudada, tendo em mente concentrações de suco de abacaxi e folhas de hortelã, quando se desejar maiores valores de produtividade em etanol é recomendado o uso das concentrações máximas das variáveis. Em concentrações baixas não há a influência significativa das variáveis no processo de fermentação, nem tão pouco na resposta estudada.

### 5.5. Processo cinético fermentativo

A Figura 9 e Figura 10 mostra a variação de pH e acidez total para os experimentos 1 a 7 que foram conduzidos conforme o planejamento experimental em um período de 216 horas. Esse período de tempo foi escolhido para permitir a análise dos dados no planejamento experimental do processo de fermentação. Dependendo da quantidade de açúcar e da concentração de inóculo administrada ao processo fermentativo, sua duração pode variar de 3 a 12 dias (FELLOWS, 2006).

**Figura 9:** Perfil da variação do pH e acidez total do mosto no processo fermentativo. Experimento 1, 2, 3 e 4.





Fonte: Autoria Própria (2022)

Por meio dos gráficos obtidos acima é possível observar o comportamento similar para os experimentos de 1 a 4 durante a cinética de fermentação. Inicialmente, é observado que ambos os experimentos apresentaram decréscimo do pH durante o processo fermentativo, sendo obtido como valor mínimo para o respectivo parâmetro o experimento 3 (Figura 9), apresentado valor de 3,01. Já o valor máximo para o pH obtido no processo fermentativo foi obtido no experimento 1 (Figura 9) com 3,37. O decréscimo do pH durante o processo se dar devido a formação de ácidos orgânicos pelo metabolismo das leveduras, portanto, ocasionará com a formação desses produtos a redução do parâmetro. O comportamento do perfil de pH está diretamente associado com a acidez total, tratando-se de um parâmetro que mostra relação inversa.

Em estudo específico à Figura 9, é visualizada que durante as primeiras 12 horas de fermentação os experimentos, com exceção do experimento 1 (Figura 9), apresentam uma redução lenta, entretanto, ao passar deste tempo é visto que na sua redução é apresentada com uma queda rápida até o seu comportamento se mostrar constante. De acordo com Gomes (2015), essa queda brusca no pH evidencia o início da fase de fermentação principal ou tumultuosa, caracterizada pela intensa liberação de gás carbônico, pela elevação da acidez do mosto e, conseqüentemente a redução do pH no meio.

Valor próximo aos achados no presente estudo foram encontrados por Oliveira *et al.* (2020) ao analisar o processo cinético de hidromel tipo doce, obtendo como resultados valores de 3,5, 2,8 e 2,8. Analogamente, foi encontrado por Santos (2019), ao analisar a produção artesanal de hidromel valores para o respectivo parâmetro

variando de 3,30 a 3,20.

Ao analisar o comportamento da acidez total para os experimentos representados no gráfico acima (Figura 9), observamos o perfil com evolução crescente ao avanço da fermentação.

Observando as curvas dispostas no gráfico visualizamos o aumento gradativo da acidez total ao longo da fermentação, possibilitando compreender a formação de ácidos orgânicos durante o processo o que desencadeia a construção deste perfil. A qualidade dos méis utilizados em processos biotecnológicos é um fator que influencia no beneficiamento do produto frente ao processamento que será submetido.

Méis que apresentam alta acidez, conseqüentemente, irão afetar na qualidade do produto final, ou seja, contribuirá para que a acidez ao fim do processo se apresente em altos índices. Essa justificativa se consolida ao analisarmos a Tabela 2 da referida pesquisa e verificamos que a acidez total do mel utilizado no estudo apresenta valor elevado.

Portanto, a aplicação de méis contendo índices elevados de acidez total comprometerá os valores do respectivo parâmetro ao fim do processo fermentativo, e com isso alterando a composição final do produto. Outros fatores que podem ocasionar influencia no aumento da acidez são a origem floral e a época de colheita do mel (DE RODRIGUEZ, 2004).

Os resultados mostraram que a acidez da bebida ao fim da fermentação ficou entre 86 e 160 meq/L (Figura 9), respectivamente. Esses valores são elevados (com exceção do experimento 4 – Figura 9), em comparação com a legislação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para fermentados mistos de frutas, que estipula que o nível de acidez total deve estar na faixa de 50 a 130 meq/L (BRASIL, 2010).

De acordo com Borzani e Boralle (1983), a produção de ácidos orgânicos como os ácidos láctico, acético e succínico é provavelmente o que causa o aumento da acidez e diminuição do pH ao longo do processo de fermentação.

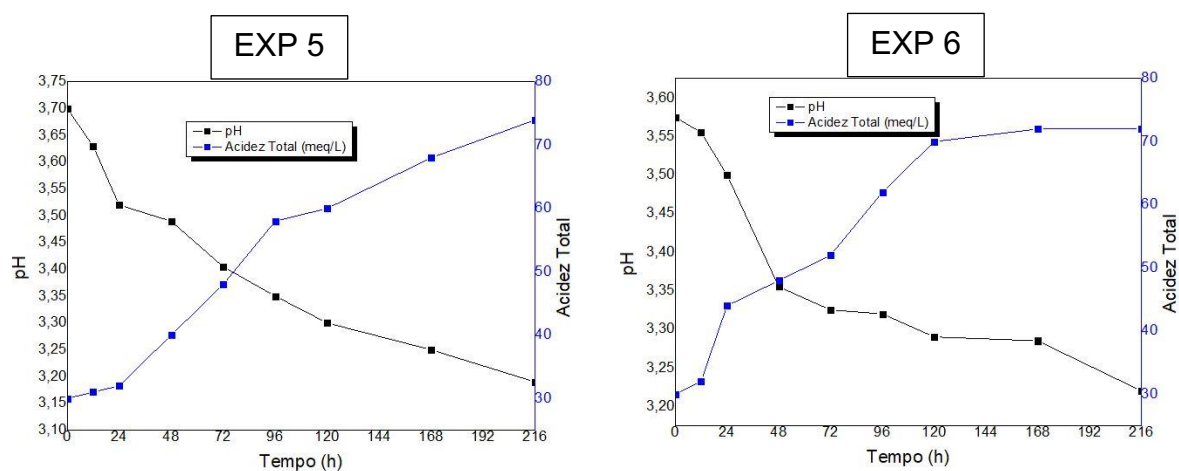
Valores aproximados ao do estudo foram encontrados por Dantas (2016) no qual avaliaram a qualidade de hidroméis obtendo valores que variaram de 51,6 a 93,3 meq/L durante o processo. No desenvolvimento do estudo de Matos *et al.* (2020), observou-se acidez de 50,6 e 89,5 meq/L para hidromel e hidromel com alho preto, o que é semelhante ao encontrado neste trabalho.

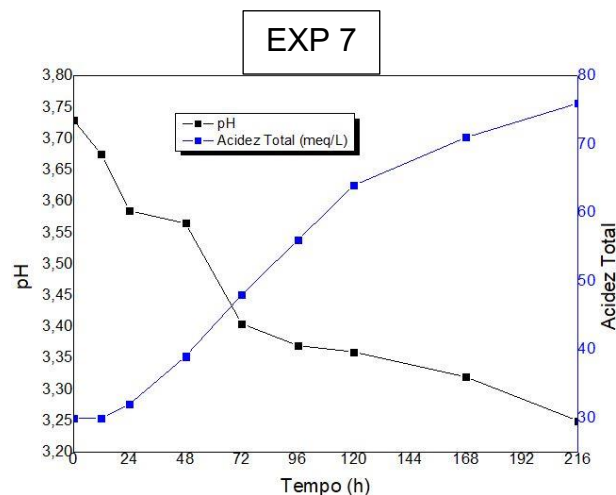
Na Figura 10 está representado os gráficos para os pontos centrais conforme é distribuído no planejamento experimental. Nele estão dispostos os experimentos 5, 6 e 7 com os respectivos perfis de pH e acidez total durante o processo fermentativo.

Igualmente aos experimentos anteriores, para os pontos centrais também foi observado o comportamento de decréscimo do pH ao decorrer da fermentação e uma evolução inversamente proporcional à acidez total. Dentre os experimentos representados acima ambos apresentam evolução gráfica similar, ou seja, mostra-se coerente tendo em vista que os mesmos se encontram com as mesmas condições de concentração do suco de abacaxi e as folhas de hortelã.

Ao analisarmos o parâmetro de pH é possível visualizar que ao fim da fermentação apresentou variação de 3,19 a 3,22 (Figura 10), respectivamente. Valores estes semelhantes ao encontrado por Santos (2019) e Oliveira *et al.* (2020) como mostrando em citações anteriores.

**Figura 10:** Perfil da variação do pH e acidez total do mosto no processo fermentativo. Experimento 5, 6 e 7.





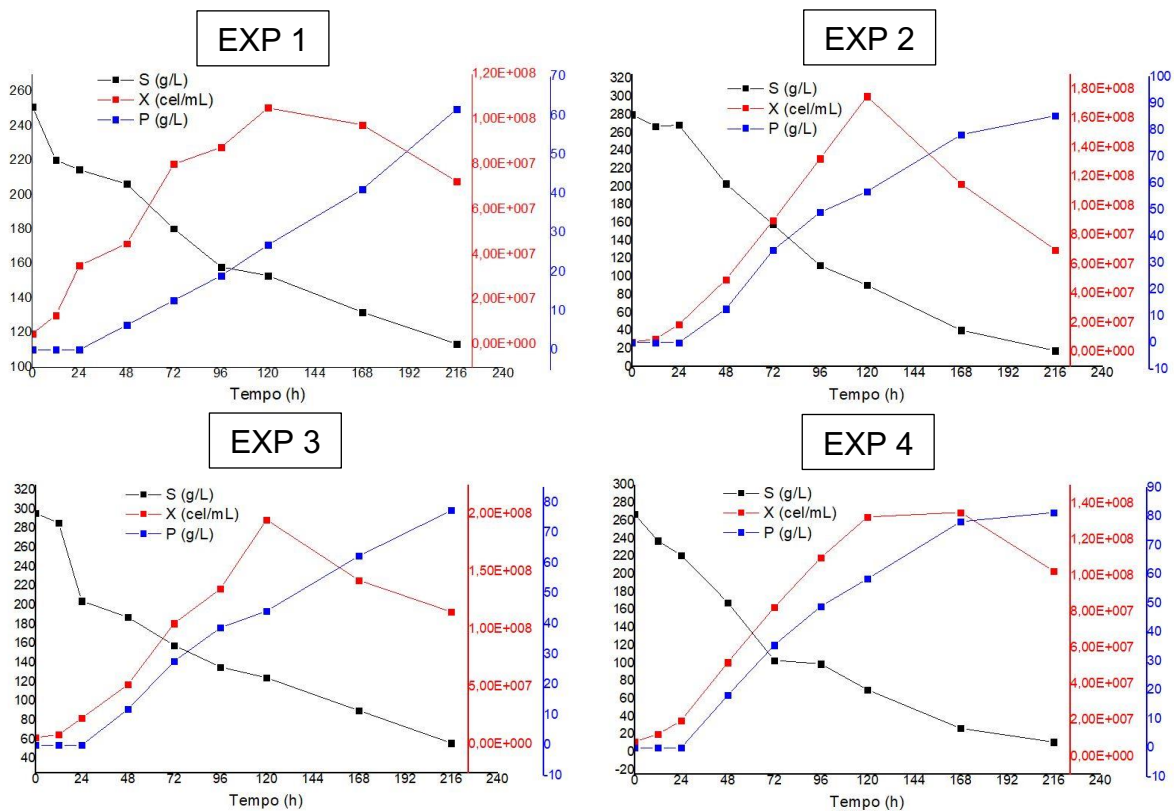
**Fonte:** Autoria Própria (2022)

Para a acidez total, o valor máximo obtido quando finalizado o processo de fermentação variou entre 72 a 76 meq/L. Este valor quando comparado com o determinado pela legislação vigente para fermentado misto de frutas (BRASIL, 2010) o mesmo estabelece que para o parâmetro de acidez total esteja na faixa de 50 a 130 meq/L. Portanto, quando avaliado o produto ao fim da fermentação é possível determinar que este se encontra dentro dos padrões preconizado pela legislação. Entretanto, uma ressalta pode ser colocada ao estudo, após o fim da fermentação a bebida recém-formada é submetida ao processo de maturação, através deste processo transformações químicas e biológicas podem ocorrer à bebida, e desse modo algumas características, dentre elas a acidez, pode ser afetada.

De acordo com Almeida (2018) ao analisar a cinética de fermentação de hidroméis com diferentes leveduras o mesmo obteve resultado próximo ao do presente estudo, valores estes que variaram de 42 a 72 meq/L. Igualmente, Santos *et al.* (2021) ao estudar a produção de hidroméis a acidez apresentou variações e se manteve entre 5,26 e 66,9 meq/L.

Os valores dos dados experimentais relacionados às variações na concentração do substrato, concentração do produto (etanol) e concentração de levedura durante o processo fermentativo são mostrados na Figuras 11.

**Figura 11:** Cinética fermentativa referente aos experimentos do planejamento experimental. Experimento 1, 2, 3 e 4.



Fonte: Aatoria Própria (2022). S: Açúcares Redutores Totais; X: Concentração Celular; e P: Teor Alcoólico.

Conforme a Figura 11, é possível observar o comportamento dos experimentos 1 a 4 sobre as condições de fermentação, no qual é visto que apresentaram evoluções diferentes, porém, com perfil semelhante de consumo do substrato e transformação em produto e aumento da concentração celular.

De acordo com a representação gráfica acima, observou-se que os experimentos que de acordo com o planejamento experimental foi atribuído maiores concentrações de suco de abacaxi verificou-se maiores teores de açúcares redutores totais, conseqüentemente esse valor está relacionado a constituição dos nutrientes presente no fruto. Essa afirmação justifica-se ao observarmos na Tabela 3 e verificamos que para o respectivo suco de abacaxi utilizado no estudo é encontrado valor médio de 63,4%. Aos demais experimentos observou-se que essa consideração afeta no valor inicial do respectivo parâmetro, além disso, a concentração deste constituinte presente nas folhas de hortelã também contribui para a composição final do substrato que foi utilizado durante o processo fermentativo.

Ao decorrer da fermentação observou-se o consumo do substrato de forma gradativa, tendo um consumo mais expresso após as primeiras 12 horas. Essa fase inicial no processo é caracterizada pelo período de adaptação das leveduras ao

meio que estão inseridas, portanto, o seu consumo se apresenta lenta. Após esse tempo é visto uma acentuada queda para todos os experimentos. Logo, a partir deste momento o consumo do substrato se apresenta de forma gradativa até a completa estabilização e/ou transformação dos açúcares em produto.

Obtém-se ao fim da fermentação alcoólica valores de substrato residual variando de 11,41 a 113,50 g/L, (Figura 11), respectivamente. Valores próximos ao do presente estudo foram encontrados por Brandão *et al.* (2018) ao avaliar a produção de hidroméis com diferentes cepas obtidos variação de 49,60 a 157,45 g/L.

Quando analisamos a formação de produto (etanol) obtém-se ao fim do processo fermentativo valores com variação que vai de 61,62 a 85,32 g/L, (Figura 11), respectivamente. Ao longo do processo visualiza-se a evolução gradativa na formação do produto, resultado do metabolismo das leveduras. Quanto maior a concentração de biomassa (levedura) no mosto, maior a progressão na produção de etanol.

Quando avaliado os valores obtidos para produto formado, e comparando com os padrões estabelecidos pela legislação vigente (BRASIL, 2008), observou-se que estes se encontram dentro do preconizado. A mesma estabelece que o produto final apresente valor na faixa 31,6 a 110,6 g/L (4 a 14 %v/v).

As concentrações de suco de abacaxi bem como as folhas de hortelã contribuíram para a formação de etanol durante o processo, os nutrientes e sais minerais presente na matéria-prima são agentes que fornece condições favoráveis para a evolução do perfil etanoico durante a cinética.

Ao decorrer das primeiras 24 horas um comportamento comum aos quatro experimentos é mostrado, todos eles não apresentam formação de produto. Devido a fase de adaptação dos microrganismos ao meio complexo a formação de etanol apresenta perfil lento e tumultuoso. De acordo com Dantas (2018), em estudo a hidroméis produzidos no Ceará com diferentes méis foi obtido como resultado valor final para o respectivo parâmetro variação de 70,31 a 88,56 g/L, resultado este dentro da faixa determinada no presente estudo.

Ao se tratar do crescimento das células, ou seja, analisando a curva de concentração celular ao decorrer da fermentação constatou-se perfil semelhante a formação de produto. Trata-se de um parâmetro correlato a produção de etanol que ocorre durante a fermentação.

Observou-se que nas primeiras 24 horas de processo fermentativo que o

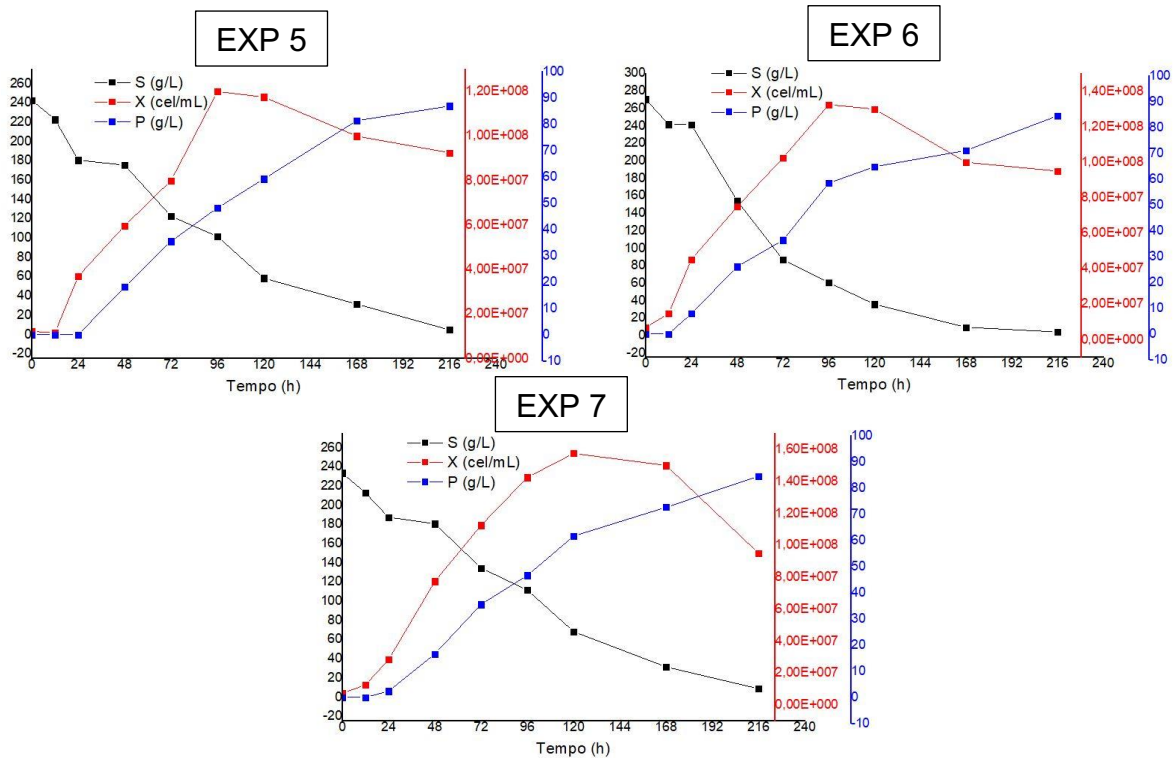


comportamento de crescimento celular é lento, isso se explica devido a fase de adaptação ou tumultuosa das leveduras ao meio. Constatou-se também que o tempo com maior concentração celular (pico de crescimento) para os quatros experimentos foi com 120 horas de fermentação, com variação dos  $1,05 \times 10^8$  a  $1,95 \times 10^8$  cel/mL, (Figura 11), respectivamente. Após esse tempo observou-se que houve um declínio na curva, ou seja, ocorreu a interrupção do processo decorrente pela falta de substrato no meio ocasionando assim a morte das leveduras e consequentemente reduzindo a carga de células no mosto.

Valores próximo ao do presente estudo foram obtidos em pesquisas de Balogu e Towobola (2017) e Sampaio (2019) com valores finais para o respectivo parâmetro de  $16 \times 10^7$  e  $15,0 \times 10^7$  cel/mL, respectivamente. Os estudos avaliaram o acompanhamento da produção de hidroméis contendo água de coco e graviola com feijão-caupi.

A Figura 12 mostra um gráfico dos pontos centrais da distribuição no delineamento experimental. Ele contém os experimentos 5, 6 e 7, com os respectivos perfis de substrato, biomassa e concentrações de produto durante a fermentação.

**Figura 12:** Perfil da concentração de substrato, biomassa e produto no mosto durante o processo fermentativo. Experimento 5, 6 e 7.



Fonte: Autoria Própria (2022).

Ao analisar a representação gráfica acima nota-se no comportamento cinético aspectos que o caracteriza como sendo perfil ideal da fermentação, de maneira análoga aos experimentos apresentados anteriormente. É observado que as curvas se mostram com representação desejada, caracterizando o consumo do substrato ao decorrer da fermentação em seguida da transformação em produto (etanol) ao mesmo tempo com a aumento representativo/gradativo da concentração celular. Igualmente aos experimentos 1, 2, 3 e 4 apresentados anteriormente é observado a fase de adaptação nas primeiras 24 horas de processo.

A variável suco de abacaxi e folhas de hortelã apresenta influencia significativa no comportamento dos parâmetros cinéticos. De modo que é possível através do estudo aprimorar o objetivo do processo, se deseja a obtenção de teor alcoólico mais elevado, o emprego de altas concentrações dessas variáveis pode ser aplicado ao processo. Com isso, estará conferindo ao produto final aspectos organolépticos e nutricionais mais atrativos e com predominância das características oriundas das folhas de hortelã tendo vista a composição de compostos voláteis em maiores concentrações.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Desse modo, pode-se concluir com o estudo que a variável suco de abacaxi e folhas de hortelã apresentaram influência significativa positiva sobre a produtividade em etanol, indicando que sua variação durante o processo afeta diretamente no desenvolvimento da fermentação da bebida, e conseqüentemente no produto final.

Quanto a caracterização físico-química da matéria-prima: mel de abelha, suco de abacaxi e folhas de hortelã, verificou-se conformidade com os padrões preconizados pela legislação vigente, com exceção para o parâmetro de hidroximetilfurfural e acidez total. Essa não padronização se justifica devido as condições climáticas do sertão paraibano em que o produto foi submetido, bem como o acondicionamento ao longo do armazenamento. Apesar de apresentar essa não conformidade a matéria-prima se encontra apta para uso tecnológico e transformação em novos produtos.

Foi observado ao decorrer da cinética de fermentação comportamento desejável, com a transformação dos açúcares fermentescíveis em produto (etanol),

bem como foi visto que em concentrações de suco de abacaxi é obtidos maiores teores alcoólico.

Destacando um ponto sobre as concentrações das folhas de hortelã, as mesmas analisadas separadamente afetaram positivamente na produtividade de etanol, o que promoveu o aumento no teor alcoólico da bebida, mostrando-se com potencial para incorporação em produtos derivados de mel de abelha direcionado a fermentação alcoólica.

Foi possível com o estudo apresentar alternativas viáveis de beneficiamento para méis que não apresenta condições tidas como ideal para comercialização como mel de mesa. Logo, aplicação de técnicas biotecnológica como fermentação alcoólico é tido como forma viável para destinação destes méis e conseqüentemente a elaboração de bebidas com valor agregado por meio de combinação de frutas e especiarias.

O produto final mostrou-se com um grande potencial para o setor de apicultura e de bebidas, beneficiando produtores localizados na região do sertão paraibano, possibilitando a produção de uma bebida com boas condições econômicas e grande valor agregado.

## **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**ALMEIDA, J.M. Acompanhamento da fermentação na produção de hidromel com utilização de *Saccharomyces cerevisae* e *Sacchoromyses boullardii*. /**

Jaqueline Milagres de Almeida. – Rio Pomba, 2018. x, 35f.: il. Orientador: Prof<sup>a</sup>.

Fabíola Cristina de Oliveira. Trabalho de Conclusão de Curso - Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais - Campus Rio Pomba.

**ALVES, E.M. 2008. Identificação da flora e caracterização do mel orgânico de abelhas africanizadas das Ilhas Floresta e Laranjeira, do Alto Rio Paraná. 63 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PA**

**ANJOS, A.I.M. Determinação de acidez em sucos de frutas e elaboração de cartilha educativa sobre o tema / Antônia Isabelly Monteiro dos Anjos. - 2019. 66f.: il. Monografia (Graduação em Nutrição) - Universidade Federal do Rio Grande do**

Norte, Faculdade de Ciências da Saúde do Trairi, Santa Cruz, RN, 2019.

ANUNCIAÇÃO, A.S.; MARTINS, J.A.B.; AMORIM, T.S.; CARVALHO, G.B.M.; MARTINEZ, E.A. POLPA DE TAMARINDO (*TAMARINDUS INDICA L.*) NA PRODUÇÃO DE HIDROMEL. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**. v. 7, n. 2, 2017.

AQUARONE, E.; LIMA, U.A.; BORZANI, W. **Alimentos e bebidas produzidas por fermentação**. São Paulo: Edgard Blucher, 1983. v.5. 243p.

BADINO, A.C.; BERNARDO, A.; CRUZ, A.J.G.; SONEGO, J.L.S.; RODRIGUES, K.C.S. Modeling and simulation of continuous extractive fermentation with CO<sub>2</sub> stripping for bioethanol production. **Chemical Engineering Research and Design**. v. 132, p. 77–88, 2018.

BAEYENS, J.; KANG, Q.; APPELS, L.; DEWIL, R.; LV, Y.Q.; TAN, T.W. Challenges and opportunities in improving the production of bio-ethanol. **Prog. Energy Combust. Sci.** v. 47, p. 60–88, 2015.

BAMIDELE, O.P.; FASOGBON, M.B. Chemical and antioxidant properties of snake tomato (*Trichosanthes cucumerina*) juice and Pineapple (*Ananas comosus*) juice blends and their changes during storage. **Food Chemistry**, v. 220, p. 184-189, 2017.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. 2 ed. Campinas: Ed. UNICAMP, 1995. 299 p.

BERGER, C.; CONTO, L. C.; PINTO, L. D. A.; NEVES, L. F. (2016). Avaliação Físico-química e Sensorial do Melomel produzido com Mel de Bracatinga e Polpa de Mirtilo. **Anais do XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, Fortaleza.

BIZZARIA, D. K.; FILGUEIRAS, C. T. Análise microbiológica de mel de abelha, consumido no município de Campo Grande - MS. **Hig. Alim.**, v. 17, p. 104-105, 2003.

BORZANI, W.; BARALLE, S. B. Correction of results obtained in laboratory-scale studies of batch fermentation kinetics. **Biotechnology and Bioengineering**, v.25, p.3201-3206, 1983.

BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistics for experiments: na introduction to design, data analysis and model building**, New York:Wiley e Sons Inc, 1978, 653p.

BRANDÃO, L.G.; BARROSO, V.H.; LOBATO, A.K.C.L. ESTUDO CINÉTICO DA PRODUÇÃO DE HIDROMEL PELAS CEPAS *Saccharomyces cerevisiae* LALVIN 71b 1122 e *Saccharomyces bayanus* RED STAR PREMIER BLANK. In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA. 2018. São Paulo-SP. **Anais** [...] São Paulo: USP, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 03, de 19 de janeiro de 2001**. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Apitoxina, Cera de Abelha, Geleia Real, Geleia Real Liofilizada, Pólen Apícola, Própolis e Extrato de Própolis. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 janeiro 2001, Seção 1, p. 18.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. **Instrução normativa / SARC nº 001, de 01 de fevereiro de 2002**. Divisão de Classificação de Produtos Vegetais.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 05, de 14 de fevereiro de 2017**. Estabelece os requisitos para avaliação de equivalência ao Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária relativos à estrutura física, dependências e equipamentos de estabelecimento agroindustrial de pequeno porte de produtos de origem animal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 fevereiro 2017, Seção 1, p. 3

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa**,

**Nº 37 de 01 de outubro de 2018.** Estabelece em todo o território nacional a complementação dos Padrões de Identidade e Qualidade de Suco e Polpa de Fruta.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº. 35, de 16 de novembro de 2010.** Padrões de identidade e qualidade para as bebidas alcoólicas por mistura. Diário Oficial da União, Brasília, 17 nov 2010. Seção 1, p. 2.

BRASIL. **Portaria n. 64 de 23 de abril de 2008**, que aprova os Regulamentos Técnicos para a Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para as Bebidas Alcoólicas Fermentadas: Fermentado de Fruta, Sidra, Hidromel, Fermentado de Cana, Fermentado de Fruta Licoroso, Fermentado de Fruta Composto e Saquê. Brasília: Ministério da Agricultura e de Abastecimento.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009) Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 julho de 1994. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. (**Decreto nº 6.871, de 04 de junho de 2009**). Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2012). Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade das bebidas fermentadas: fermentado de fruta; fermentado de fruta licoroso; fermentado de fruta composto; sidra; hidromel; fermentado de cana; saquê ou sake. (**Instrução Normativa nº 34, de 29 de novembro de 2012**). Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

BEN-AMOTZ, A.; FISCHLER, R. Analysis of carotenoids with emphasis on 9-cis  $\beta$ -carotene in vegetables and fruits commonly consumed in Israel. **Food Chemistry**, v. 62, p. 515–520, 1998.

BERTOLDI, F.C.; GONZAGA, L.; REIS, V.D.A. **Características físico-químicas do mel de abelhas africanizadas (*Apis mellifera scutellata*), com florada predominante de hortelã-do-campo (*Hyptis crenata*), produzido no Pantanal.** In: **Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do pantanal**, 4., Anais...,

Corumbá - MS. p. 1- 4, 2004.

BEZERRA, F. S. **Crescimento de brotações do abacaxizeiro 'vitória' pelo método do seccionamento do caule em diferentes ambientes de cultivo.**

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.

BORGES, P.R.S.; CARVALHO, E.E.N.; BOAS, E.V.B.V.; LIMA, J.P.; RODRIGUES, L.F. ESTUDO DA ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE SUCO DE ABACAXI "PÉROLA", **Ciênc. agrotec**, n. 4, p. 742–750, 2011.

BORZANI, W.; BARALLE, S. B. Correction of results obtained in laboratory-scale studies of batch fermentation kinetics. **Biotechnology and Bioengineering**, v.25, p.3201-3206, 1983.

CADENGUE, T.P.N.; SILVA, G.C.; SILVA, J.H.F.; GOMES, G.M.S; RIBEIRO, D.S. Avaliação Sensorial do Vinho de Abacaxi e Gengibre Obtido a Partir de Suco Clarificado. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**. v. 7, n. 2 (2017).

CALADO, V. e MONTGOMERY, D. C. 2003. **Planejamento de experimentos usando o Statistica**. Rio de Janeiro: E-papers Serviços editoriais, 260 p.

CAMPOS, G.; MODESTA, R. C. D. Diferenças sensoriais entre mel floral e mel de melato. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 59, n. 1-2, p. 7-14, 2000.

CARRIJO, K.F.; PRAXEDES, C.I.S.; NOBRE, F.S.D.; FRASÃO, B.S.; DUARTE, M.T.; CUNHA, F.L. **Condimentos e especiarias empregados no processamento de alimentos: considerações a respeito de seu controle físico-químico.**

PUBVET, Londrina, v. 6, n. 26, Ed. 213, Art. 1417-1422, 2012.

CAVANHOLI, M.G. **Caracterização de Hidromel Elaborado com Diferentes Extratos Aquosos de Erva-Mate** (*Ilex paraquariensis* À. St. Hil.) / Monnix Gandin Cavanholi; orientador, Carlise Bediim Fritzen Freire, 2020. 44 p.

CODEX STANDARD FOR HONEY. Revised Codex Standard for Honey 12-1981, Rev.1 (1987), Rev.2 (2001). Disponível em: <<http://www.ipfsaph.org/id/codexCodexstan12>>. Acesso em: 15 de março de 2022.

COUTO, D.S. **Avaliação da qualidade de suco de abacaxi (*Ananas comosus L. merr cv. Smooth Cayenne*) concentrado por osmose inversa** / Daniel Simões Couto. – 2008. 60 f.: il. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia, 2008.

DAMIANI, C.; SILVA, F. A.; AMORIM, C. C. M.; SILVA, S. T. P.; BASTOS, I. M.; ASQUIERI, E. R.; VERA, R. Néctar misto de cajá-manga com hortelã: caracterização química, microbiológica e sensorial. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.3, p.299-307, 2011.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.; FENNEMA, O. R. **Fennema's food chemistry**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2008. 1144 p.

DANGUI, A.Z. et al., Elaboração de Fermentado Alcoólico de Melancia (*Citrullus Lanatus*) com Própolis e Verificação dos Compostos Fenólicos e Antioxidantes, **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, v. 4, n. 2, 2020.

DANTAS, T.M.O. **Avaliação cinética da fermentação alcoólica de mel industrial como substrato para produção de hidromel**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia de Alimentos. Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba, 2016.

DANTAS, C.E.A. **Produção e caracterização de hidroméis elaborados a partir de meis de abelha africanizada (*Apis melífera*) e jandaíra (*Melipona subnitida*) produzidos no estado do Ceará, safra 2017** / Carlos Eduardo Alves Dantas, – 2018. 78 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Tecnologia de Alimentos, Campus Limoeiro do Norte, 2018.



DE RODRÍGUEZ, Graciela Ojeda et al. Characterization of honey produced in Venezuela. **Food Chemistry**, v. 84, n. 4, p. 499-502, 2004.

EMBRAPA. **Abacaxi: pós-colheita** / editora técnica, Neide Botrel; Embrapa Agroindústria de Alimentos - 2. ed. rev. atual. – Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

FERREIRA, L.L.; DOS SANTOS, E.C.; LIMA, R.K.B.; DA SILVA, H.E.R.; PORTO, V.C.N. Análise físico-química de olerícolas condimentares produzidas em sistema de produção convencional e orgânico. **Educação Ambiental em Ação**, v. 51, 2015.

FERREIRA, B.P.; DE ASSIS, D.C.S. **Os produtos apícolas: produção e características do pólen apícola**. In: RODRIGUES, M. V. Os produtos apícolas: produção e características do pólen apícola. 96. ed. Minas Gerais: Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia, 2020. p. 96-102. *E-book*.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Artmed, p. 608, 2006.

FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; NORONHA, M. A. S. Armazenamento de abacaxi minimamente processado. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, Especial, n. 1, p. 95-103, 2003.

GIACOMELLI, E.J.; PY, C. **Abacaxi no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1981. 101 p.

GÓIS, G. C.; LIMA, C. A. B.; SILVA, L. T.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A. Composição do mel de *Apis mellifera*: requisitos de qualidade. **Acta Veterinaria Basilica**, v. 7, n. 2, p. 137-147, 2013.

GOMES, F.S. **Processo fermentativo de bebida alcoólica mista de mel de abelha e lúpulo** / Flávia Simone Gomes. 68 f.: Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de

Ciências e Tecnologia Agroalimentar – Pombal, 2015.

GOMES T. **Produção de Hidromel: efeito das condições de fermentação** [Mestrado em Biotecnologia]. Instituto Politécnico de Bragança; 2008.

GORGATTI NETTO, A. G. et al. **Abacaxi para exportação: procedimento de colheita e pós-colheita**. Brasília, DF: Embrapa – SPI, 1996. 41p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 23).

GRISI, M. C. C., **Avaliação de Genótipos de Menta (Mentha spp) nas condições do Distrito Federal**, Brasília. Ver. Bras. Pl. Med., Botucatu, v.8, n.4, p.33-39, 2006.

HAROLDO, D. et al., **ABACAXI: Produção Aspectos Técnicos**, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Mandioca e Fruticultura Ministério da Agricultura e do Abastecimento, [s.l.];, 2000.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Senso Agropecuário 2017: Tabela 6935 - Número de estabelecimentos agropecuários com apicultura e venda de produtos. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6935>>. Acesso em: 15 mai. 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa da pecuária municipal. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/74>>. Acesso em: 16 jul. 2020.

KIANI, S.; MINAEI, S.; GHASEMI-VARNAMKHASTI, M. Real-time aroma monitoring of mint (*Mentha spicata* L.) leaves during the drying process using electronic nose system. **Measurement: Journal of the International Measurement Confederation**, v. 124, p. 447–452, 2018.

KUTYNA, D. R.; VARELA, C.; STANLEY, G. A.; BORNEMAN, A. R.; HENSCHKE, P. A.; CHAMBERS, P. J. Adaptive evolution of *Saccharomyces cerevisiae* to generate strains with enhanced glycerol production. **Appl. Microbiol. Biotechnol.** v. 93, p.

1175–1184, 2012.

LANARA - Laboratório Nacional de Referencia Animal. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes: II - métodos físicos e químicos**. Brasília: Ministério da Agricultura, 1981.

LIMA, L.R.; MARCONDES, A.A.; **Álcool Carburante: Uma Estratégia Brasileira**, Editora UFPR: Curitiba, p. 248, 2002.

LIMA, A.T.; GOMES, A.A.; MOTA, M.M.A.; GOUVEIA, D.S.; SOUSA, S.; JÚNIOR, J.B.S. **Elaboração e Caracterização do Fermentado Alcoólico de Abacaxi com Hortelã [...]**. [S. l.]: Galoá, 2018. p. 7.

LIU, J.R.; YANG, Y.C.; SHI, L.S.; PENG, C.C. Antioxidant properties of royal jelly associated with larval age and time of harvest. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.56, n.23, p.11447-11452, 2008.

LUIZ, J.; EDUARDO, C., Fermentado Alcoólico de Umbu: Produção, Cinética de Fermentação e Caracterização Físico-Química, **HOLOS**, v. 2, n. 0, p. 108–121, 2013.

MADEIRA, A.M.B. **Extração e quantificação de carotenoides proveniente de diferentes cultivares de *Capsicum Annuum* L. com interesse para a indústria farmacêutica**. Dissertação [Mestrado em Ciências Farmacêutica], Porto, 2015.

MAHBOUBI, M. *Mentha spicata* L. essential oil, phytochemistry and its effectiveness in flatulence. **Journal of Traditional and Complementary Medicine**, v. 8, p. 341-436, 2018.

MAPA - Políticas do Mapa incentivam a produção nacional de mel. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/politicas-do-mapa-incentivam-a-producao-nacional-de-mel>>. Acesso em: 15 de março de 2022.

MARTINS, D. O. **Propagação Vegetativa Do Abacaxi Por Meio Do Fracionamento Do Caule.** (Trabalho de Conclusão de Curso). Faculdade Evangélica De Goianésia. Goianésia. n. 13, p. 13, 2019.

MATTIETTO, R. A.; LIMA, F.C. C.; VENTURIERI, G. C.; ARAÚJO, A. A. Tecnologia para obtenção artesanal de Hidromel do tipo doce. **Embrapa**. Comunicado Técnico 170, p.1-5, 2006.

MATOS, P. A., OLIVEIRA, H.L.M., BANDEIRA, S.F. Produção de hidromel saborizado com alho negro. **Research, Society and Development**, v. 9, n.8, p. 1-9,2020.

MIRANDA, D.S.A.; PESSOA, T.; FIGUÊREDO, R.M.F; GURJÃO, F.F.; PINHEIRO, R.M.M.; MARTINS, A.G.L.A. Elaboração e caracterização de néctar de abacaxi pérola adoçado com glucose de milho. **Revista AGROTEC**, v. 36, n. 1, p. 82-87, 2015.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Glycolysis, Gluconeogenesis, and the Pentose Phosphate Pathway: Lehninger - Principles of Biochemistry**, 5a ed. W. H Freeman and Company, New York, 2008.

NOGUEIRA-COUTO, R. H. N; COUTO, L. A. **Apicultura: manejo e produtos**. 3. ed. Jaboticabal: Funep, 2006.

OLIVEIRA, I.V.; OKANEKU, B.M.; ROLIM, C.S.S.; ARAUJO, D.L.; ROLIM, L.R.; RODRIGUES, E.C.; SANTOS, W.G. Produção e caracterização do hidromel tipo doce. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 11176-11191, mar. 2020.

PARENTE G. D. L.; ALMEIDA, M. M; SILVA, J. L.; SILVA, C. G.; ALVES, M. F. Cinética da produção do fermentado alcoólico de abacaxi 'pérola' e caracterização da bebida. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Mossoró, v 9, n. 2, p. 230 - 247, 2014.

PAULO, J.; MILESKI, F., Dissertação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, mestrado profissional em tecnologia de alimentos, **produção e caracterização de hidromel utilizando diferentes cepas de leveduras *Saccharomyces***, [s.l.]: , 2016.

PEREIRA, F.M.; LOPES, M.T.R.; CAMARGO, R.C.R.; VILELA, S.L.O. 2003. Produção de mel. **Embrapa Meio Norte, sistemas de produção**, 3, Versão eletrônica, jul 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeprodução.cnptia.embrapa.br/Fontes/Mel/index.htm.2002>>. Acesso em: 15 de março de 2022.

PEREIRA, S.B.L. **Análise físico-química de suco com potencial funcional de abacaxi e couve**. / Sara Beatriz Lima Pereira. -- Barretos, 2016. 21f.

RACOWSKI, I.; SILVAS, F.P.C.; TAKUSHI, D.T.T.; SILVA, D.W.G.; MIRANDA, P.S. Ação antimicrobiana do mel em leite fermentado. **Revista Analytica**, p. 115– 117, 2007.

RAMON-PORTUGAL, F.; SEILLER, I.; TAILLANDIER, P.; FAVAREL, J. L.; NEPVEU, F.; STREHAIANO, P. Kinetics of production and consumption of organic acids during alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. **Food Technol. Biotechnol.** v. 37, p. 235–240, 1999.

RICCIO, D.P. **Obtenção, caracterização e microencapsulação de extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis*)**. 2019. 58 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul – PR, 2019.

ROBERTO, M.; ANDRESSA B.C.; DOMINGUES, F., Produção de Hidromel: Análise Físico-Química e Sensorial, **Revista Unimar Ciências**, v. 24, n. 1-2, 2015.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos: uma estratégia sequencial de planejamentos**. Campinas, SP: Casa do Pão Editora. Campinas, SP. 2005.

SAMPAIO, K.F. **Produção de hidromel utilizando graviola (*Annonamuricata* L.) e feijão-caupi (*Vignaunquiculata* (L.) Walp.) como suplementos** / Kayque Frota Sampaio. – 2019. 131 f.: il. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Feira de Santana, 2019.

RODRIGUES, B. N.; OLIVEIRA, D. A. G.; GRAMACHO, K. P. **Evaluation of the production of africanized honey bee wax (*Apis mellifera* L.) quadrienno 2015-2018 in the semiarid pontigur. III Congresso Internacional das Ciências Agrárias – COINTER – PDVAGRO. 2018.**

SANTO, S.M.B.; CARDOSO, R.L.; FONSECA, A.A.O.; CONCEIÇÃO, M.N. Caracterização e qualidade de frutos de umbu-cajá (*Spondias tuberosa* X *S. mombin*) provenientes do recôncavo sul da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1089-1097, 2010.

SANTOS, A.C.A. **PRODUÇÃO ARTESANAL DE HIDROMEL A PARTIR DE MEL COLETADO NA REGIÃO SUL DO ESTADO DO TOCANTINS COMO UMA FONTE ALTERNATIVA DE RENDA PARA O APICULTOR FAMILIAR.** / Ana Carolina Abreu dos Santos. 43 f. Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Gurupi - Curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, 2019.

SANTOS, E.A.S.; ARAGÃO, G.S.; SILVA, J.A.O.; SANTOS, M.J.R.; RESENDE, F.M.; FONTES, R.F. Desenvolvimento e caracterização Físico-Química do Hidromel. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.6, p.57775-57787, jun. 2021.

SCHMIDELL NETTO, W.; LIMA, U.A.; AQUARONE, E. **Biotecnologia industrial: engenharia bioquímica.** São Paulo: Edgard Blucher. 2001.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Estudo de mercado de agronegócios: produção de própolis. Bahia. 2017. Disponível em:

<<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/BA/Anexos/Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20pr%C3%B3polis%20na%20Bahia.pdf>>. Acesso em: 15 de março de 2022.

SILVA, W.J.S.; SANTOS, M.G.A.; LISBOA, C.C. Caracterização físico-química de folhas de manjeriço (*Oximum basilicum* L.) proveniente de cultivo orgânico. In: **Congresso Internacional da Agroindústria, CIAGRO. Recife. 2020.**

SILVA, J.L. **Secagem e caracterização da hortelã (*Mentha spicata* L.) pelo método cast-tape drying** [recurso eletrônico] / Jaqueline Luisa Silva. Patos de Minas - 2021.

SILVA, J.A.S.L. **Desidratação de ervas condimentares: análise do processo de secagem.** Vitória de Santo Antão. Trabalho de Curso de Graduação. Universidade Federal de Pernambuco. UFPE; 2018.

SOARES, V.G. **Teor de composto fenólicos e análises físico-químicas em diferentes condimentos in natura e desidratado de alecrim, hortelã, manjeriço e orégano.** / Vandelicia Gomes Soares. - Morrinhos, GO: IF Goiano, 29 f., 2020.

SOUZA, L. M.; CORREIA, K. C.; SANTOS, A. D.; BARRETO, L. P.; NETO, E. B. Comparação de metodologias de análise de pH e acidez titulável em polpa de melão. In: **X Jornada de ensino, pesquisa e extensão, UFRPE: Recife, 2010.**

SOUZA, J.M. **Preparação e caracterização físico-química de aguardente de pimenta.**- / Jacilene Moraes de Souza. – São Cristóvão, 2017. 26 f.

STATSOFT. **Statistica for Windows** v. 5.0 (Data analysis software system). Tulsa, USA, 1997.

STRAUMITE, E.; KRUMA, Z.; GALO BURDA, R. Pigments in mint leaves and stems. **Agronomy Research**, v. 13, n. 14, p. 1104-1111, 2015.

TABNUT: **Tabela de composição química dos alimentos**. São Paulo, 2016.  
Disponível em: <http://tabnut.dis.epm.br/alimento/02065/hortela-fresco>. Acesso em:  
22 jul. 2022.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição Nutricional de Alimentos**. 3. ed.  
Campinas: Núcleo de estudo e pesquisas em alimentação, 2011. 114p.

URIBE, E.; MARÍN, D.; VEGA-GÁLVES, A.; QUISPE-FUENTES, I.; RODRÍGUES, A.  
Assessment of vacuum-dried peppermint (*Mentha piperita* L.) as a source of natural  
antioxidants. **Food Chemistry**, v. 190, p. 559-565, 2016.

WINSTON, M. **The biology of the honey bee**. Cambridge: Harvard University  
Press, p. 294, 1991.

ZAMBIAZI, R.C. **Análise Físico Química de Alimentos**. Pelotas: Editora  
Universitária/UFPEL, 202p. 2010. SAS Institute. System for Information, versão 8.0.  
Cary, 2007. 1 CD Rw.

ZHAO, D. et al. Variation of essential oil of *Mentha haplocalyx* Briq. and *Mentha*  
*spicata* L. from China. **Industrial Crops and Products**, v. 42, n. 1, p. 251–260,  
2013.