

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

JONNATAS EVARISTO DOS SANTOS

**PRODUÇÃO DE HIDROMEL UTILIZANDO REATORES DE CÉLULAS
LIVRES**

JOÃO PESSOA – PB

2024

JONNATAS EVARISTO DOS SANTOS

PRODUÇÃO DE HIDROMEL UTILIZANDO REATORES DE CÉLULAS LIVRES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química.

Orientador(a): Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva

Coorientador(a): Prof. Dr. Kelson de Carvalho Lopes

JOÃO PESSOA – PB

2024

Catálogo na publicação Seção de

S237p Santos, Jonnatas Evaristo dos.

Produção de hidromel utilizando reatores de células livres / Jonnatas Evaristo dos Santos. - João Pessoa, 2024.
58 f. : il.

Orientação: Flávio Luiz Honorato da Silva. Coorientação: Kelson de Carvalho Lopes.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT/PPGEQ.

1. Hidromel - Produção. 2. Apicultura. 3. Fermentação alcoólica. 4. Mel de abelha - Aproveitamento. I. Silva, Flávio Luiz Honorato da. II. Lopes, Kelson de Carvalho. III. Título.

UFPB/BC

CDU 663.393(043)

Catálogo e Classificação

JONNATAS EVARISTO DOS SANTOS

PRODUÇÃO DE HIDROMEL UTILIZANDO REATORES DE CÉLULAS LIVRES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba em cumprimento dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química.

Aprovada em 30 de agosto de 2024.

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

FLAVIO LUIZ HONORATO DA SILVA

Data: 30/09/2024 09:44:54-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato – PPGEQ/CT/UFPB
(Orientador)



Documento assinado digitalmente

KELSON CARVALHO LOPES

Data: 29/09/2024 18:31:05-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Kelson de Carvalho Lopes – DTS/CTDR/UFPB
(Coorientador)



Documento assinado digitalmente

ERIKA ADRIANA DE SANTANA

Data: 30/09/2024 09:27:51-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Erika Adriana de Santana – DTS/CTDR/UFPB
(Examinadora externa)



Documento assinado digitalmente

MARTA SUELY MADRUGA

Data: 28/09/2024 22:39:12-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Marta Suely Madruga - PPGEA/CT/UFPB
(Examinadora externa)



Documento assinado digitalmente

LEANDERSON TULIO MARQUES LEMOS

Data: 27/09/2024 19:00:11-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Leanderson Túlio Marques Lemos – (PDJ INCT- CiMol) /CT/UFPB
(Examinador externo)

As minhas mães e avô,

Dedico

AGRADECIMENTOS

Gostaria, antes de tudo, agradecer a todas as forças do bem que regem esse e outros universos, as quais não podemos ver e nem tocar, mas que podemos sentir.

Agradecer a minha mãe Jurcaci Corina pela dádiva da vida e pela oportunidade de acreditar em mim e no meu sonho de chegar cada vez mais longe através do conhecimento.

À minha companheira Thayná Santos pela parceria em todos os momentos, por não me deixar fraquejar, por acreditar em mim até mesmo em momentos em que eu não acreditei, obrigado por tudo.

Ao meu orientador Dr. Flávio Luiz Honorato, pela oportunidade de fazer parte deste projeto desafiador que me fez aprender muita coisa nova que eu nem sonhava ter a oportunidade de aprender, muito obrigado pelos ensinamentos.

Ao meu coorientador Dr. Kelson de Carvalho Lopes, que esteve sempre disposto a me ajudar no que foi necessário para que conseguisse executar os experimentos e sempre esteve comigo nas empreitadas nos laboratórios, o senhor foi fundamental, muito obrigado pela parceria.

Agradecer a Leanderson Túlio Marques Lemos pela parceria e paciência, você foi fundamental para que eu conseguisse vencer essa batalha, eu tenho certeza que você será um excelente profissional no futuro.

Agradecer ao meu colega de turma Ruan Dionízio pela parceria durante nossa empreita pela pós-graduação, foi muito bom dividir essa jornada com o amigo.

Agradecer a Rayane Lycia Ferreira Duvalé pela parceria no laboratório, que foi primordial para o desenvolvimento do trabalho.

Agradecer a Jessica Moreira de Carvalho por toda atenção e parceria nas dúvidas que surgiram.

Agradecer aos meus colegas de turma, que sempre foram muito gentis e solícitos em tudo, vocês sempre tornaram as aulas mais agradáveis.

Aos técnicos de laboratório do CTDR-UFPB, em especial, para Hebert, que sempre me deu um grande apoio durante a realização dos experimentos.

Agradecer aos queridos que fazem parte da secretaria da PPGEQ, Fabrício e Nícolas, sempre muito solícitos, educados e atenciosos, vocês são demais.

Agradecer a FAPESQ-PB pelo financiamento da minha bolsa de pós-graduação, que me proporcionou fazer uma caminhada mais amena pelo processo.

Agradecer ao MCTI/CNPq e a Associação A.B.E.L.H.A. (Chamada CNPq/MCTI/

Associação ABELHA nº27/2021, processo nº 401167/2014-3), pelo financiamento do projeto.

A vida me ensinou a lutar pelo que é meu.

Charlie Brown Jr.

RESUMO

A apicultura, praticada globalmente, é influenciada por variações nas espécies de abelhas, clima e desenvolvimento econômico. A integração de métodos tradicionais e modernos é essencial para aprimorar a produção de mel, que possui cerca de 200 componentes, incluindo hidratos de carbono, nutrientes e antioxidantes naturais. A qualidade do mel depende de sua origem botânica, cor, aroma e composição química, o que também influencia a produção de hidromel, uma bebida fermentada a partir do mel. O hidromel, uma das bebidas alcoólicas mais antigas, é uma alternativa atrativa para diversificar os produtos apícolas, especialmente em regiões com potencial apícola, como Catolé do Rocha-PB. A produção de hidromel em reatores de células livres, que pode ser otimizada variando parâmetros como concentração de mel, temperatura e fonte de nitrogênio, oferece uma valiosa oportunidade para agregar valor à cadeia produtiva, estimular o desenvolvimento de microempresas e gerar empregos. Foi utilizado a metodologia de planejamento experimental fatorial 2^3 + configuração estrela (Delineamento de Composto Central Rotacional-DCCR) para verificar as influências das variáveis de entrada: açúcares iniciais (°Brix); temperatura e fonte de nitrogênio (N) sobre a resposta: razão de etanol produzido na fermentação de produção do hidromel por açúcares iniciais (E/B). Verificou-se, com os resultados, que com aumento da fonte de nitrogênio e com temperatura acima de 24 °C, com concentração de açúcar no mel, em 17,5 °Brix, obtém-se valores maximizados da relação E/B, ou seja, maiores produções de etanol no processo fermentativo. Observou-se que a elaboração de hidromel com o mel (MIEL-O) proveniente da região de Catolé do Rocha, PB, se faz viável tecnicamente tendo como base no processo de cinética fermentativa com células livres, apenas precisando de uma pequena correção do pH, pois os outros parâmetros se mantiveram dentro dos padrões de identidade esperados para se produzir a bebida em escala comercial.

Palavras-chave: apicultura; abelha; mel; hidromel.

ABSTRACT

Beekeeping, practiced globally, is influenced by variations in bee species, climate and economic development. The integration of traditional and modern methods is essential to improve the production of honey, which has around 200 components, including carbohydrates, nutrients and natural antioxidants. The quality of honey depends on its botanical origin, color, aroma and chemical composition, which also influences the production of mead, a fermented drink made from honey. Mead, one of the oldest alcoholic drinks, is an attractive alternative to diversify beekeeping products, especially in regions with beekeeping potential, such as Catolé do Rocha-PB. The production of mead in free-cell reactors, which can be optimized by varying parameters such as honey concentration, temperature and nitrogen source, offers a valuable opportunity to add value to the production chain, stimulate the development of micro-enterprises and generate jobs. Research has shown that manipulating these parameters can improve ethanol production and mead quality, making it an economically viable option for beekeepers. The 2^3 factorial experimental design methodology + star configuration (Rotational Central Compound Design-DCCR) was used to verify the influences of the input variables: initial sugars ($^{\circ}\text{Brix}$); temperature and nitrogen source (N) on the answer: ratio of ethanol produced in the mead production fermentation to initial sugars (E/B). It was verified, with the results, that with an increase in the nitrogen source and with a temperature above 24°C , with a sugar concentration in the honey, at 17.5°Brix , maximum values of the E/B ratio are obtained, or that is, greater ethanol production in the fermentation process. It was observed that the preparation of mead with honey (MIEL-O) from the region of Catolé do Rocha, PB, identified as marmeleiro flower honey, is technically viable based on the process of fermentative kinetics with free cells, only requiring a small pH correction, as the other parameters remained within the identity standards expected to produce the drink on a commercial scale.

Keywords: beekeeping; bee; honey; mead.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conversão do açúcar em etanol pelo processo fermentativo.	23
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Especificações físico-químicas estabelecidas pela legislação brasileira para análise de mel.	20
Tabela 3.2 - (Instrução Normativa Nº 34, de 29 de novembro de 2012)	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1 APICULTURA	18
3.1.1 Mel	18
3.1.2 Hidromel	20
3.1.2.1 História do hidromel	20
3.1.2.2 Legislação brasileira para o hidromel	21
3.1.2.3 Produção de hidromel	22
3.1.2.4 Fermentação	23
3.1.2.5 Mercado	24
4 METODOLOGIA	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1 ARTIGO 1: OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE HIDROMEL UTILIZANDO CÉLULAS LIVRES VARIANDO OS PARÂMETROS DE FERMENTAÇÃO	28
5.2 ARTIGO 2: ESTUDO CINÉTICO DA OBTENÇÃO DE HIDROMEL PRODUZIDO COM MEL DE ABELHA (APIS MELLÍFERA) DA FLORADA MARMELEIRO (CROTON SONDERIANUS), NA REGIÃO DO SERTÃO PARAIBANO	43
6 CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

A apicultura é amplamente praticada em todos os continentes, embora suas nuances variem significativamente com base na espécie de abelha criada, nas condições climáticas e no nível de desenvolvimento econômico da região em questão. Esta atividade representa uma fusão entre métodos tradicionais, como a fumigação, e abordagens modernas, exemplificadas pela inseminação artificial (SANTOS, 2015).

Ao longo da extensa história da humanidade, o mel tem desempenhado um papel fundamental não apenas como fonte de nutrição, mas também como um medicamento terapêutico (SANTOS et al., 2019). O mel de abelha, com fins medicinais, desfrutou de extenso uso por civilizações antigas, incluindo egípcios, assírios e chineses. Essas culturas empregavam o mel em combinação com diversas ervas para tratar feridas e condições intestinais. Além disso, os gregos destacaram-se na aplicação terapêutica do mel de abelha (SANTOS, 2015).

O mel é uma substância complexa, composta por aproximadamente 200 componentes, com os principais sendo os hidratos de carbono. Além disso, contém minerais, proteínas, vitaminas, lipídios, ácidos orgânicos, aminoácidos, compostos fenólicos, enzimas e outros fitoquímicos que exibem uma ampla gama de efeitos biológicos, atuando como antioxidantes naturais. A qualidade do mel é determinada por meio de avaliação de suas propriedades sensoriais, características físicas e composição química. Estas propriedades são influenciadas pela origem botânica do néctar e do pólen, cor, aroma, umidade, e teor de proteínas e açúcares (PEREIRA, 2008). A utilização do mel na produção de alimentos representa uma oportunidade complementar para o aumento da renda de apicultores, ao mesmo tempo em que acrescenta valor aos produtos. Isso é alcançado por meio da implementação de tecnologias relativamente simples que facilitam a comercialização de produtos artesanais (SANTOS, 2022).

No mundo tem-se variados tipos de méis e a partir deles pode-se produzir o hidromel, que é uma bebida fermentada alcoólica que ainda é pouco difundida no Brasil, mas que se considera a bebida proveniente de processo fermentativo mais antiga conhecida pelo homem (GUPTA & SHARMA, 2009).

A história do hidromel é pontilhada por lacunas, mas é na era medieval que esta bebida começa a ganhar reconhecimento e destaque notáveis. Nesse período, o hidromel era considerado bebida destinada à nobreza, em grande parte devido ao seu alto valor como produto de luxo. No entanto, à medida que o tempo avançava, o hidromel viu sua

popularidade diminuir devido à ascensão de bebidas mais fáceis de produzir e economicamente acessíveis, como a cerveja e o vinho, o que levou a uma perda de participação de mercado (CASTRO, 2021).

Embasado no que diz Brasil (2009), hidromel é uma bebida fermentada que tem em sua composição o mel de abelha, água e sais nutrientes, variando em teor alcoólico de 4% até 14% a 20°C. Por se tratar de uma bebida que não tem um elevado teor alcoólico, pode ser bem aceita entre aquelas pessoas que não gostam de uma bebida mais forte, podendo assim optar por uma mais suave e que pode agradar bem ao paladar.

O hidromel pode ser categorizado em tipos diferentes com base em sua técnica de produção. Essas categorias incluem hidromel seco, hidromel licoroso, hidromel doce e hidromel espumante. Essa classificação é influenciada por fatores como o período de fermentação, a quantidade e a qualidade do mel utilizado na mistura, a escolha da levedura e o teor alcoólico resultante (MILESKI, 2016).

O mel pode sofrer fermentação natural e gerar o hidromel, considerando-se leveduras selvagens já presentes no próprio mel, sendo elas responsáveis por produzir compostos benéficos para a bebida, como o sabor e aroma, onde no processo fermentativo natural, as leveduras presentes no mel, convertem o açúcar em etanol (TEIXEIRA, 2023). As leveduras são capazes de metabolizar carboidratos de frutas, cereais, seivas e mel através de um processo biológico (fermentação alcoólica), as convertendo em etanol e gás carbônico (QUEIROZ et al., 2014).

A fabricação dessa bebida geralmente ocorre de maneira artesanal e em pequena escala, e é uma prática comum entre apicultores. Eles frequentemente se dedicam à produção do hidromel de forma informal, considerando-a uma atividade complementar à sua principal produção de mel, proporcionando uma fonte adicional de renda. A produção de hidromel pode ser vista como uma oportunidade que agrega valor à região, ao incorporar as características distintivas de um mel notavelmente aromático, saboroso e único, ampliando assim os ganhos dos apicultores (BRUNELLI, 2015).

O presente projeto visa oferecer aos apicultores da região de Catolé do Rocha – PB uma alternativa inovadora e sustentável para o aproveitamento do mel de abelha, especialmente aquele de menor qualidade ou excedente da produção de melhor qualidade. Ao transformar esse mel em uma bebida fermentada, poderemos agregar valor a um produto que, de outra forma, poderia ser subvalorizado ou desperdiçado.

Além disso, a condução de análises de °Brix e teor alcoólico na cinética de fermentação, monitorando a interferência nos parâmetros como: pH e acidez, contribuirá para

garantir a qualidade e a consistência do produto final. Isso não só otimizará as condições de produção, ampliando as possibilidades de mercado para os apicultores locais, como também fortalecerá o uso de matéria-prima regional em um produto que já possui uma aceitação significativa no mercado europeu. Com base no exposto, este trabalho se propõe a produzir hidromel de acordo com métodos tradicionais, ou seja, produzir hidromel com células livres para um melhor controle da fermentação alcoólica, que se trata de uma escolha atraente para diversificar os produtos derivados do mel. Sua fácil industrialização e aceitação comercial o tornam uma alternativa valiosa para apicultores que desejam aproveitar parte de sua produção, especialmente durante épocas de baixa demanda pelo mel *in natura*.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Produzir hidromel tradicional em retores com células livres para um melhor controle da fermentação alcoólica, variando os parâmetros de °Brix, temperatura e fonte de nitrogênio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aumentar as opções do aproveitamento do mel, visando agregação de valor, avaliando o processo de produção de hidromel, utilizando células livres (fermentação alcoólica).
- Caracterizar físico-quimicamente o mel (cor instrumental, umidade, açúcares, acidez, °Brix, pH e Hidrometilfurfural - HMF).

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 APICULTURA

Embora a apicultura seja uma atividade econômica significativa e que também se alinha aos princípios da sustentabilidade, sua história muitas vezes permanece pouco conhecida, apesar da existência de inúmeros trabalhos publicados que abordam as características químicas do mel e o manejo das abelhas, o que tem levado à persistência de equívocos que continuam a ser repetidos, sem que tenha sido realizada uma análise histórica mais aprofundada (SANTOS, 2015).

A apicultura, ou criação de abelhas, é uma atividade econômica de baixo impacto ambiental. Requer investimentos relativamente baixos, mas tem o potencial de gerar renda significativa e contribuir para o reforço da segurança alimentar e nutricional das comunidades rurais, especialmente aquelas que dependem amplamente de produtos florestais para sua subsistência (Fao, 2020).

As abelhas desempenham um papel de extrema importância na preservação da vida no planeta, sendo responsáveis pela polinização em ecossistemas agrícolas e naturais, mas mesmo com sua relevância, esses polinizadores estão enfrentando um declínio preocupante devido a uma série de atividades humanas que prejudicam seus habitats e, em grande parte, motivadas por interesses econômicos (Barbosa, 2017).

3.1.1 Mel

O momento exato em que os seres humanos descobriram o mel como fonte de alimento não pode ser determinado com precisão. Acredita-se que essa descoberta tenha ocorrido por meio da observação de outros animais que consumiam mel. É amplamente aceito que, mesmo antes de desenvolverem suas primeiras ferramentas, os primeiros seres humanos já haviam incluído o mel em sua dieta. Isso se baseia na ideia de que, nos primórdios de sua história, os humanos eram principalmente caçadores-coletores, e o mel representava uma fonte de alimento valiosa disponível na natureza (BELLÉS, 1997).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, no ano de 2022 o Nordeste teve uma produção de 23.578.493 quilogramas de mel, o que rendeu R\$ 349.882,00, ajudando assim na movimentação da economia regional (IBGE, 2022).

Conforme a Instrução Normativa nº 11, datada de 20 de outubro de 2000, o mel é

definido como o produto alimentício resultante da ação das abelhas melíferas, que coletam néctar de flores, secreções de partes vivas das plantas ou excreções de insetos sugadores de plantas que se encontram em partes vivas de plantas. As abelhas coletam essas substâncias, transformam-nas, combinam-nas com substâncias específicas próprias, armazenam-nas nos favos da colmeia e permitem que amadureçam (BRASIL, 2000).

O mel é uma solução aquosa supersaturada que contém diversos carboidratos, tais como frutose, glicose, maltose, sacarose e outros oligo e polissacarídeos. Ele é composto principalmente por açúcares, representando cerca de 70-85% de sua composição, sendo que a maioria, que corresponde a 85-95%, consiste em açúcares simples, principalmente frutose e glicose (SAKAC, 2019; AL-FARSI, 2018). Além dos carboidratos, o mel também contém uma complexa mistura de enzimas, aminoácidos, ácidos orgânicos, minerais, substâncias aromáticas e grãos de pólen. Em certos casos, pode incluir vestígios de cera de abelhas provenientes do processo de extração (BRASIL, 2000).

O mel, um alimento naturalmente adocicado, é produzido pelas abelhas da espécie *Apis mellifera*, a partir da coleta de néctar de várias plantas, assim como da melada (SATJOS, 2019). O aroma do mel de abelha é diretamente influenciado pela composição da fração volátil, a qual por sua vez é determinada pela composição do néctar e pela origem floral. O mel de origem unifloral é frequentemente mais valorizado comercialmente, destacando a importância da identificação das flores predominantes e da certificação de sua origem, o que desempenha um papel crucial no controle de qualidade (CUEVAS-GRORY, 2007).

Este produto é amplamente consumido em todo o mundo e desempenha um papel significativo na dieta humana. Além disso, é utilizado nas indústrias alimentícia, farmacêutica e de cosméticos (PEREIRA, 2008; MILESKI, 2016). O mel é historicamente reconhecido por suas propriedades antimicrobianas, sendo um agente não tóxico e altamente eficaz com um amplo espectro de ação (AGGAD, 2014).

Segundo pesquisa realizada pelo IBGE (2020) a produção anual de mel de abelha bateu a marca de 51.507.862 quilogramas, superando assim anos anteriores, o que demonstra que o mercado brasileiro vem em uma constante crescente, podendo suprir o mercado interno e ir cada vez mais se consolidando na exportação do produto.

O Brasil no ano de 2017 se encontrava em 11º lugar na produção mundial de mel, com 41,5 mil toneladas, mas em 2019 conseguiu subir essa marca em 10,60%, o que acabou

sendo insuficiente para entrar no top 10 mundial de produtores (ABELHA, 2021).

O controle de qualidade é uma etapa crucial para garantir que o produto seja comercializado com suas propriedades naturais preservadas, possua características que facilitem sua utilização e apresente uma conservação e aparência adequadas (LACERDA et al., 2010).

No Brasil existe a Instrução Normativa MAPA nº 11, de 20 de outubro de 2000, a qual tem os critérios técnicos de qualidade do mel dispostos na Tabela 1.

Tabela 3.1 - Especificações físico-químicas estabelecidas pela legislação brasileira para análise de mel.

Parâmetro	Mel Floral(especificações)	Mel de Melato (especificações)
Umidade	Máximo 20%	
Açúcar redutores	Mínimo 65%	Mínimo 60%
Sacarose aparente	Máximo 6%	Máximo 15
Sólidos insolúveis	Máximo 0,1%	
Minerais	Máximo 0,6%	Máximo 1,2%
Acidez	Máximo mEq/Kg	
Índice de diástase	Mín. 8 na escala Gothe ou 3 se HMF inferior a 15mg/Kg	
Hidroximetilfurfural (HMF)	Máximo 60 mg/Kg	

Fonte: BRASIL, 2000.

3.1.2 Hidromel

3.1.2.1 História do hidromel

O hidromel é considerado uma das primeiras bebidas alcoólicas da humanidade, precedendo até mesmo a cerveja e o vinho, mesmo não se tendo tantos estudos arqueológicos que embasem fortemente essa teoria. Existem registros que apontam a utilização de mel para o desenvolvimento de bebidas fermentadas entre 2600 – 2350 antes de Cristo, mas também pode ser datada em cerca de 1400 antes de Cristo nas savanas africanas, pois nela havia incontáveis colmeias de abelha que tinham seu mel misturado às águas da chuva onde ocorria um processo espontâneo de fermentação dando origem assim a bebida (PELIGRINI, 2020; INVEST, 2016).

De acordo com Barbosa e Martins (2017) o hidromel fez parte da história de civilizações antigas, tais como Romanos, Gregos, Chineses e fortemente entre os povos Nórdicos, sendo de grande importância para elas. Entre os Romanos a bebida era conhecida como “água mulsum”, enquanto para os Gregos ela era um vinho de mel chamado “melikatron”, mas para as culturas celtas, saxões e vikings, o hidromel era a bebida favorita dos deuses (RIBEIRO JUNIOR et al., 2015).

Um fato importante que deve ser mencionado a respeito da produção de hidromel, é que no sul da Europa houve uma diminuição quando se passou a utilizar as uvas como uma fonte menos cara e mais previsível para a produção de bebidas alcoólicas. Entretanto, nos países do norte, onde elas eram menos disponíveis por não ter condições favoráveis ao desenvolvimento das uvas, o hidromel continuou sendo popular até o mercado de vinhos se tornar mais popular através das importações chegando a baixo custo (IGLESIAS et al., 2014; Pereira, 2008).

Ainda segundo Pereira (2008), aliada as dificuldades para se produzir o hidromel, segue também a evolução e descoberta de novas tecnologias para a fabricação de vinhos e cervejas, o que as tornaram mais abundantes e populares, isso foi retirando cada vez mais o hidromel da cultura de muitas das civilizações que faziam consumo dessa bebida.

Como destacado por Iglesias et al. (2014), também ocorreram avanços científicos na produção de hidromel, o que incluem, o desenvolvimento de formulações de aditivos, condições de fermentação e melhorias de processamento via ultrafiltração e pasteurização flash. Isso tornou a animar os produtores de mel, pois o hidromel passou a ser mais uma opção para o complemento de sua renda, mesmo a bebida não sendo tão conhecida em alguns países, inclusive o Brasil, mas que tem um bom potencial comercial.

3.1.2.2 Legislação brasileira para o hidromel

Como está expresso no Decreto nº 6.871 de 4 de julho de 2009, tem-se que “hidromel é a bebida com graduação alcoólica de quatro a quatorze por cento em volume, a 20° Celsius, obtida pela fermentação alcoólica de solução de mel de abelha, sais nutrientes e água potável” (BRASIL, 2009). Tem suas regras de padrões e identidade regidas pela INSTRUÇÃO NORMATIVA MAPA Nº 34, DE 29 DE NOVEMBRO DE 2012, que traz em suas observações que não é permitido o uso de açúcar, especificamente a sacarose, para elaboração da bebida. Pode ser classificada em suave ou seca, a depender da quantidade de açúcar na bebida (BRASIL, 2012). Logo abaixo se tem a Tabela 2, que lista os padrões de

identidade e qualidade do hidromel.

Tabela 3.2 - (Instrução Normativa Nº 34, de 29 de novembro de 2012)

tem	Parâmetro	Limite mínimo	Limite máximo
	Acidez fixa, em meq/L.	30	---
	Acidez total, em meq/L.	50	130
	Acidez volátil, em meq/L.	---	20
	Anidrido sulfuroso total,	---	0,35
em g/L.			
	Cinzas, em g/L	1,5	---
	Cloretos totais, em g/L.	---	0,5
	Extrato seco reduzido, em	7	---
g/L.			
% v/v	Graduação alcoólica, em	4	14
	a 20 ^o C.		
	Teor de açúcar em g/L	---	3

Fonte: Brasil, 2012

3.1.2.3 Produção de hidromel

De acordo com Ribeiro Júnior et al. (2015), o hidromel tem um processo produtivo relativamente simples, pois na composição básica do mosto entram apenas o mel, água e a levedura, essa para facilitar no processo fermentativo, pois o processo sendo espontâneo se torna bastante demorado e imprevisível. No processo de fermentação, além do etanol gerado, podem ser encontrados compostos aromáticos diferentes, pois eles vão depender do tipo de mel e flor onde as abelhas coletam o néctar.

O mel que é produzido pelas abelhas a partir do néctar das flores é benéfico tanto para a planta como para a própria abelha, pois produz o alimento que a sustentará e para as plantas ainda ajuda na perpetuação das espécies através da disseminação do pólen (BARBOSA, 2017). Pode ainda ser classificado de acordo com sua origem, segundo o procedimento de obtenção de mel do favo e segundo sua apresentação e/ou processamento, tendo em sua composição uma solução concentrada onde predominam a glicose e frutose, contendo também uma mistura complexa de outros hidratos de carbono, enzimas, aminoácidos, ácidos orgânicos, minerais, substâncias aromáticas, pigmentos e grãos de pólen, podendo conter cera de abelhas procedente do processo de extração (BRASIL, 2000).

A água é outro ingrediente de suma importância na receita do hidromel, e é primordial que ela esteja livre de agentes contaminantes, isenta de cloro (que pode

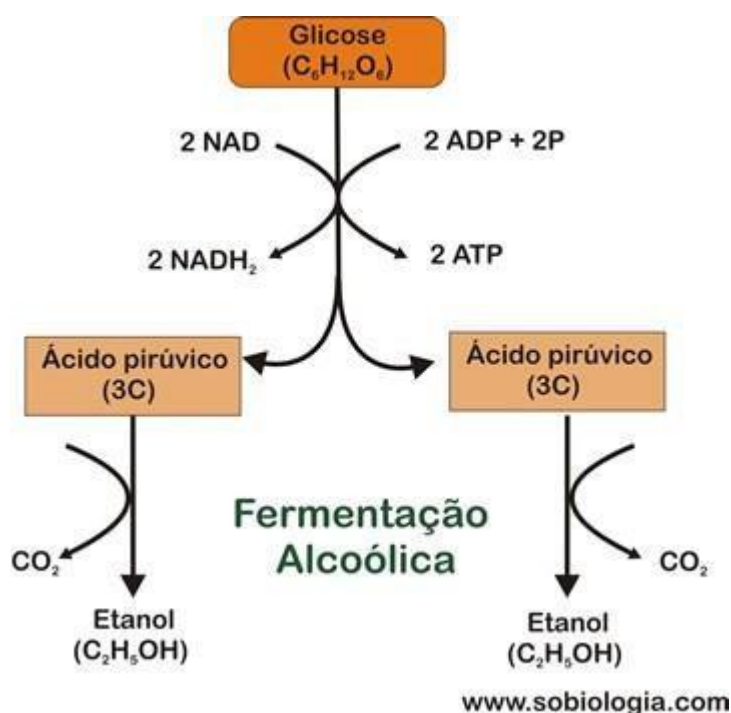
prejudicar a atividade das leveduras), esteja transparente e inodora, sendo proveniente de uma fonte confiável de captação (MORAES, 2018).

Para o preparo do mosto, é importante a diluição do mel com a água, e existem as diluições mais usuais, tais como 1:0,5; 1:1; 1:2 e 1:3 (mel: água), onde se ocorrer uma concentração muito elevada de mel, pode gerar a inibição da levedura no processo de conversão do açúcar em etanol por conta da pressão osmótica elevada se faz necessário o fracionamento do mel durante o processo de fermentativo (SROKA & TUSZYNSKI, 2007).

3.1.2.4 Fermentação

Na fermentação é onde ocorre o processo de conversão dos açúcares em etanol como pode ser observado na Figura 1, na forma de reações em sequência sendo catalisadas por uma enzima específica que está aprisionada no citoplasma do interior da célula que é onde se realiza a fermentação (BORZANI, 2001; MADIGAN et al., 2010).

Figura 3.1 - Conversão do açúcar em etanol pelo processo fermentativo.



Fonte: Madigan et al., 2010.

A concentração elevada de açúcar no mosto pode deixar a fermentação mais lenta, o que pode gerar certos transtornos, como a refermentação através de bactérias que gera ácido láctico e acético, que são compostos que acabam elevando a acidez e produzindo éteres voláteis (CASELLAS, 2005).

As leveduras contam com uma certa limitação no processo de conversão alcoólico, pois quando os níveis do produto gerado (etanol) chegam em torno de 18% v/v, elas não conseguem dar continuidade ao processo, mesmo as leveduras tendo sido bem selecionadas antes do processo o que pode levar ao seu ponto de estabilização (PEREIRA et al., 2009).

Finalizado o processo fermentativo, chega à etapa de trasfegar, que nada mais é que passar o hidromel de um fermentador para o outro, tendo a primeira passagem como o processo mais importante, pois deve ser realizada sem demora para não se ter a autólise das leveduras, tendo também o cuidado com a contaminação e o oxigênio (MORAES, 2018).

3.1.2.5 Mercado

Vários relatos através da história do homem apontam para o hidromel como sendo a bebida alcóolica mais antiga a ser produzida e consumida no mundo, a mãe das bebidas fermentadas, onde se tem registros históricos através dos continentes europeus, africanos e asiáticos (TOUSSAINT-SAMAT, 2009).

As pessoas que se interessam pela cultura geek acabaram por ressuscitar de vez o hidromel por se ter ela muito presente em filmes, como O Senhor dos Anéis, *Beowulf* e Harry Potter e seriados como *Vikings* e *Game of Thrones*, jogos como *Dungeons and Dragons*, *Skyrim* e *The Witcher* ajudaram na divulgação do hidromel e o seu reconhecimento histórico (PINHEIRO et al., 2019).

O hidromel permeia em estado de crescimento no mercado americano desde meados de 2013, conseguindo até desbancar bebidas como a cerveja artesanal, isso se devendo muito ao fato do crescimento de produtores de hidromel, que em 2013 contavam com 500 hidromelarias legalizadas e mais 200 no aguardo da licença para poderem funcionar e comercializar o produto, e isso veio a despertar o interesse também do mercado brasileiro (PINHEIRO et al., 2019).

De acordo com Nakada et al. (2020) o mercado de consumo de hidromel no Brasil está em crescente, tendo como principais consumidores homens e mulheres acima dos 20 anos e com parte da região sul e sudeste do Brasil centralizando esse consumo, o que se faz necessário a demanda de compras online para possibilitar a comercialização também para outras regiões do país.

No setor de produção de hidromel, não se faz necessário a exigência de trabalho braçal, como encontramos, por exemplo, na produção de cachaça, onde se faz necessário o

cultivo de lavou da cana-de-açúcar, mesmo assim, se torna gerador de milhares de empregos de forma direta e indireta, mas sendo desbancada de longe pela cerveja que foi responsável por 91,4% do consumo de bebidas alcólicas no Brasil no ano de 2019 (EUROMONITOR INTERNACIONAL, 2020a; VIANA, 2020).

O hidromel, por ser uma bebida ainda pouco explorada no Brasil, carece de maior disseminação devido à falta de conhecimento sobre ela. Para desenvolver sua presença no mercado interno e torná-lo mais popular entre os consumidores brasileiros, é crucial investir em estudos aprofundados para aprimorar sua produção e desenvolver tecnologias. Isso não apenas promoveria a liberdade do hidromel, mas também fortaleceria o desenvolvimento de novos produtos derivados do mel (OLIVEIRA et al., 2020).

4 METODOLOGIA

A metodologia de desenvolvimento deste trabalho está apresentada na forma de artigo científico submetido (artigo 1) e a ser submetido (artigo 2) aos periódicos listados a seguir:

Artigo 1 (já submetido): OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE HIDROMEL UTILIZANDO CÉLULAS LIVRES VARIANDO OS PARÂMETROS DE FERMENTAÇÃO (Periódico: Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana. Qualis: A4 em Engenharias II).

Artigo 2 (a ser submetido): ESTUDO CINÉTICO DA OBTENÇÃO DE HIDROMEL PRODUZIDO COM MEL DE ABELHA (*Apis mellífera*) DA FLORADA MARMELERO (Croton sonderianus), NA REGIÃO DO SERTÃO PARAIBANO (Periódico: Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana. Qualis: A4 em Engenharias II).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Resultados e Discussão obtidos neste trabalho estão apresentados na forma de artigos científicos submetido e a ser submetido aos periódicos listados a seguir:

Artigo 1: OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE HIDROMEL UTILIZANDO CÉLULAS LIVRES VARIANDO OS PARÂMETROS DE FERMENTAÇÃO (Publicado. Periódico: **Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana. Qualis: A4 em Engenharias II**).

Artigo 2: ESTUDO CINÉTICO DA OBTENÇÃO DE HIDROMEL PRODUZIDO COM MEL DE ABELHA (*Apis mellífera*) DA FLORADA MARMELEIRO (*Croton sonderianus*), NA REGIÃO DO SERTÃO PARAIBANO (A ser submetido. Periódico: **Revista Observatorio de La Economía Latinoamericana. Qualis: A4 em Engenharias II**).

5.1 ARTIGO 1: OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE HIDROMEL UTILIZANDO CÉLULAS LIVRES VARIANDOOS PARÂMETROS DE FERMENTAÇÃO

Otimização da produção de hidromel utilizando células livres variandoos parâmetros de fermentação

Optimization of mead production using free cells by varying fermentation parameters

JONNATAS EVARISTO DOS SANTOS

Tecnólogo em Produção Sucroalcooleira
Universidade Federal da Paraíba Campus - I
Lot. Cidade Universitaria, Castelo Branco, João Pessoa – PB
CEP: 58051-900
johnnevr@gmail.com

LEANDERSON TÚLIO MARQUES LEMOS

Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos Universidade
Federal da Paraíba Campus- I
Lot. Cidade Universitária, Castelo Branco, João Pessoa – PB
CEP: 58051-900
leanderson_tulio@hotmail.com
Bolsista PDJ do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em
Ciências Moleculares INCT–CiMol

FLÁVIO LUIZ HONORATO SILVA

Doutorado em Engenharia de Alimentos
Universidade Federal da Paraíba Campus- I
Lot. Cidade Universitaria, Castelo Branco, João Pessoa – PB
CEP: 58051-900
flavioluizh@yahoo.com.br

KELSON CARVALHO LOPES

Doutorado em Química Universidade
Federal da Paraíba Campus - I
Lot. Cidade Universitaria, Castelo Branco, João Pessoa – PB
CEP: 58051-900
kelsoncarvalholopes@yahoo.com.br

JOSILENE DE ASSIS CAVALCANTE

Doutorado em Engenharia Química Universidade
Estadual de Campinas (UNICAMP)
Lot. Cidade Universitária, Castelo Branco, João Pessoa – PB
CEP: 58051-900
josy_cavalcante@yahoo.com.br

MARTA SUELY MADRUGA

Doutorado em Food Science.
University of Reading
Reading, Inglaterra, UK
msmadruga@uol.com.br

RESUMO

O hidromel é uma bebida fermentada a partir do mel de abelha. A composição desta bebida pode conter água e sais, além do teor alcoólico que varia entre 4% e 14% (20 °C). Apesar do hidromel apresentar grande aceitação dos apreciadores de sabores mais suaves, é possível que esta bebida seja atrativa para um nicho maior de pessoas. Com isso, a produção de hidromel pode ser vista como uma oportunidade para agregar valor à cadeia produtiva da região do Catolé do Rocha - PB. Baseada na literatura, esta pesquisa teve como objetivo otimizar a produção de hidromel, variando os parâmetros de fermentação: concentração de mel, temperatura e teor da fonte de nitrogênio. O planejamento fatorial realizado ($2^3 + 3$ no ponto central + configuração estrela) indicou que o aumento da fonte de nitrogênio, com temperatura acima de 24 °C e concentração de açúcar no mel em 17,5 °Brix, possibilitou a obtenção de valores máximos na produção de etanol, relacionado com o °Brix inicial. Os parâmetros escolhidos influenciaram diretamente na eficiência de conversão do substrato em hidromel, com teor alcoólico dentro da concentração indicada pela legislação.

Palavras-chave: mel, fermentação, bebida alcoólica, hidromel, otimização.

ABSTRACT

Mead is a beverage fermented from honey. The composition of this beverage may contain water and salts, in addition to the alcohol content that varies between 4% and 14% (20 °C). Although mead is widely accepted by those who enjoy milder flavors, it is possible that this beverage is attractive to a larger niche of people. Therefore, the production of mead can be seen as an opportunity to add value to the production chain in the Catolé do Rocha - PB region. Based on the literature, this research aimed to optimize mead production by varying the fermentation parameters: honey concentration, temperature and nitrogen source content. The factorial design performed ($2^3 + 3$ at the central point + star configuration) indicated that increasing the nitrogen source, with a temperature above 24 °C and sugar concentration in the honey at 17.5 °Brix, made it possible to obtain maximum values in ethanol production, related to the initial °Brix. The chosen parameters directly influenced the efficiency of converting the substrate into mead, with an alcohol content within the concentration indicated by legislation.

Keywords: honey, fermentation, alcoholic beverage, mead, optimization.

RESUMEN

El hidromiel es una bebida fermentada a partir de miel de abeja. La composición de esta bebida puede contener agua y sales, además de que el contenido de alcohol varía entre el 4% y el 14% (20 °C). Aunque el hidromiel es ampliamente aceptado por los amantes de los sabores más suaves, es posible que esta bebida resulte atractiva para un nicho más amplio de personas. Por lo tanto, la producción de hidromiel puede ser vista como una oportunidad para agregar valor a la cadena productiva en la región de Catolé do Rocha - PB. Con base en la literatura, esta investigación tuvo como objetivo optimizar la producción de hidromiel variando los parámetros de fermentación: concentración de miel, temperatura y contenido de fuente de nitrógeno. La planificación factorial realizada ($2^3 + 3$ en el punto central + configuración en estrella) indicó que el aumento de la fuente de nitrógeno, con una temperatura superior a 24 °C y una concentración de azúcares en la miel de 17,5 °Brix, permitió obtener la máxima valores en la producción de etanol, relacionados con los °Brix

iniciales. Los parámetros elegidos influyeron directamente en la eficiencia de conversión del sustrato en hidromiel, con un contenido alcohólico dentro de la concentración indicada por la legislación.

Palabras clave: miel, fermentación, bebida alcohólica, hidromiel, optimización.

1. INTRODUÇÃO

O mel é uma substância complexa, composta por cerca de 200 componentes, sendo os hidratos de carbono os mais predominantes. Ele também contém minerais, proteínas, vitaminas, lipídios, ácidos orgânicos, aminoácidos, compostos fenólicos, enzimas e outros fitoquímicos, os quais apresentam uma ampla gama de efeitos biológicos e atuam como antioxidantes naturais (PEREIRA, 2008).

A qualidade do mel é determinada por meio da avaliação de suas propriedades sensoriais, características físicas e composição química. Essas propriedades são influenciadas pela origem botânica do néctar e do pólen, bem como por fatores de cor, aroma, umidade e teor de proteínas e açúcares (PEREIRA, 2008). Ao longo da história, o mel tem desempenhado um papel essencial como agente terapêutico, além da sua função como fonte de nutrição (SANTOS et al., 2019).

A utilização do mel na produção de alimentos oferece uma oportunidade significativa para aumentar a renda dos apicultores, agregando valor aos seus produtos. Essa possibilidade é viabilizada pela implementação de tecnologias de relativa simplicidade, que facilitam a comercialização de produtos artesanais (MATIETTO et al., 2006).

O hidromel pode ser produzido a partir dos diversos tipos de mel existentes no mundo. Esta bebida alcoólica fermentada é composta por mel de abelha, água e sais nutrientes, com teor alcoólico variando entre 4% e 14% a 20 °C (BRASIL, 2009). Apesar de ainda ser pouco difundida no Brasil, é considerada a bebida fermentada mais antiga conhecida pela humanidade (GUPTA; SHARMA, 2009).

Devido ao seu teor alcoólico moderado, o hidromel pode ser bem aceito por pessoas que preferem bebidas menos intensas, oferecendo uma opção mais suave que agrada ao paladar. Com base na técnica de produção, o hidromel pode ser categorizado como seco, licoroso, doce ou espumante. Essa classificação é influenciada pelo período de fermentação, a quantidade e a qualidade do mel utilizado, além da escolha da levedura e o teor alcoólico resultante (MILESKI, 2016).

A produção do hidromel geralmente ocorre de forma artesanal e em pequena

escala, sendo uma prática comum entre os apicultores. Muitos deles se dedicam à fabricação do hidromel apenas de maneira informal, como uma atividade complementar à sua principal produção de mel, o que proporciona uma fonte adicional de renda. Dessa forma, a produção de hidromel pode ser vista como uma oportunidade para agregar valor à cadeia produtiva da região, incorporando as características distintivas de um mel aromático, saboroso e único, e ampliando os ganhos dos apicultores (BRUNELLI, 2015). Com base no exposto, este estudo propõe a produção de hidromel utilizando métodos tradicionais, como a fermentação com células livres, visando um melhor controle do processo fermentativo. Essa abordagem se revela uma escolha atrativa para diversificar os produtos derivados do mel. A facilidade de industrialização e a aceitação comercial do hidromel o tornam uma alternativa valiosa para os apicultores que buscam aproveitar parte de sua produção, especialmente durante épocas de baixa demanda pelo mel in natura. Além disso, essa estratégia visa agregar valor ao mel, incentivando o surgimento de micro e pequenas empresas na região, o que, por sua vez, pode contribuir para a geração de empregos e a melhoria na qualidade de vida dos habitantes das áreas nordestinas com potencial apícola.

O objetivo geral da pesquisa foi buscar melhores condições do processo fermentativo, observando a parte técnica do estudo, ou seja, a cinética fermentativa onde se procurou maximizar a produção de etanol no hidromel (processo fermentativo), utilizando-se da ferramenta de planejamento fatorial (RODRIGUES e IEMMA, 2014).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. APICULTURA

A apicultura é uma atividade econômica de baixo impacto ambiental que requer investimentos relativamente baixos. Apesar disso, possui o potencial de gerar renda significativa e contribuir para a segurança alimentar e nutricional das comunidades rurais, especialmente aquelas que dependem amplamente de produtos florestais para sua subsistência (FAO, 2020).

As abelhas desempenham um papel crucial na preservação da vida no planeta, sendo responsáveis pela polinização em ecossistemas agrícolas e naturais. No entanto, apesar de sua importância, esses polinizadores enfrentam um declínio alarmante devido a diversas atividades humanas que degradam seus habitats, muitas das quais são impulsionadas por interesses econômicos (BARBOSA; MARTINS, 2017).

2.2. MEL

O mel é uma solução aquosa supersaturada, rica em frutose, glicose, maltose, sacarose e diversos oligo e polissacarídeos. Sua composição é majoritariamente de açúcares, representando cerca de 70-85% do total, dos quais 85-95% são açúcares simples, principalmente frutose e glicose (SAKAČ, 2019; AL-FARSI, 2018). Além dos carboidratos, o mel contém uma complexa mistura de enzimas, aminoácidos, ácidos orgânicos, minerais, substâncias aromáticas e grãos de pólen. Em alguns casos, pode incluir vestígios de cera de abelha resultantes do processo de extração (BRASIL, 2000). Como um alimento naturalmente adocicado, o mel pode ser produzido pelas abelhas da espécie *Apis mellifera* a partir da coleta de néctar de diversas plantas, bem como da melada, que é uma substância rica em açúcares que é excretada por insetos enquanto se alimentam da seiva das plantas (SATJOS, 2019). O aroma do mel de abelha é diretamente influenciado pela composição da fração volátil, que é determinada pelo néctar e pela origem floral. O mel de origem unifloral, frequentemente mais valorizado comercialmente, destaca a importância da identificação das flores predominantes e da certificação de sua origem, desempenhando um papel crucial no controle de qualidade (CUEVAS-GRORY, 2007).

2.2.1. HIDROMEL

2.2.1.1. História do hidromel

Segundo Barbosa; Martins (2017), o hidromel foi uma parte importante da história de várias civilizações antigas, como os Romanos, Gregos, Chineses e, especialmente, os povos Nórdicos. Para os Romanos, a bebida era conhecida como "Água mulsum"; para os Gregos, era chamada de "Melikraton", um vinho de mel. Já para as culturas celtas, saxãs e vikings, o hidromel era considerado a bebida favorita dos deuses (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2015).

No sul da Europa, sua produção diminuiu quando as uvas se tornaram uma fonte menos cara e mais viável para a produção de bebidas alcoólicas. Entretanto, nos países do norte, onde as condições climáticas não favoreciam o cultivo de uvas, o hidromel continuou popular até que o mercado de vinhos se expandiu através de importações a baixo custo (IGLESIAS et. al, 2014; PEREIRA, 2008).

2.2.1.2. Legislação brasileira para o hidromel

Como está expresso no Decreto nº 6.871 de 4 de julho de 2009, tem-se que

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 (BRASIL, 2009).

O hidromel tem suas regras de padrões e identidade regidas pela Instrução Normativa Nº 34, de 29 de novembro de 2012, que traz em suas observações para elaboração da bebida, que não é permitido o uso de açúcar, especificamente a sacarose. De acordo com o texto, a bebida pode ser classificada em suave ou seca, a depender da quantidade de açúcar (BRASIL, 2012). Na Tabela 1 são listados os padrões de identidade e qualidade do hidromel.

Tabela 2 - Padrões de identidade e qualidade do hidromel.

Item	Parâmetro	Limite mínimo	Limite máximo
1	Acidez fixa, em meq/L.	30	---
2	Acidez total, em meq/L.	50	130
3	Acidez volátil, em meq/L.	---	20
4	Anidrido sulfuroso total, em g/L.	---	0,35
5	Cinzas, em g/L	1,5	---
6	Cloretos totais, em g/L.	---	0,5
7	Extrato seco reduzido, em g/L.	7	---
8	Graduação alcoólica, em % v/v a 20 °C.	4	14
9	Teor de açúcar em g/L	---	3

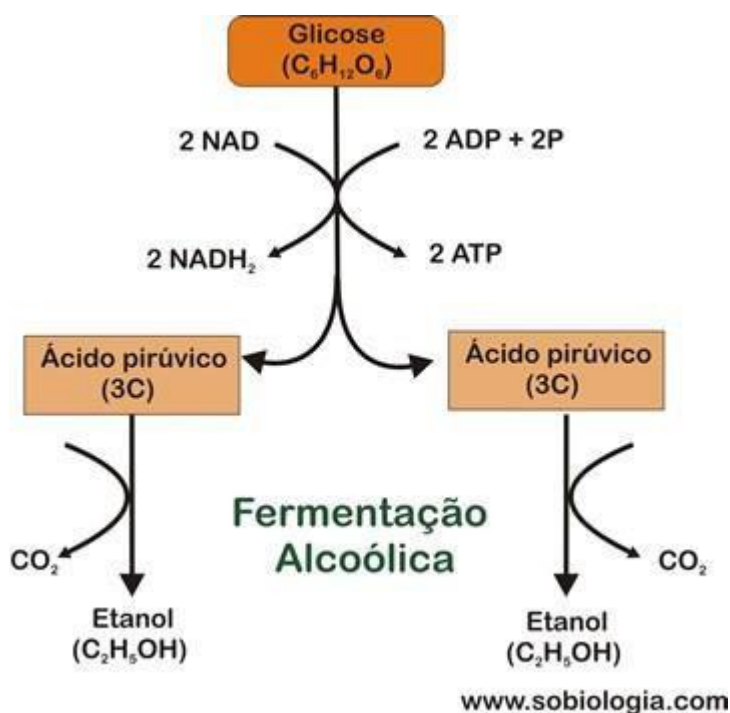
Fonte: BRASIL, 2012

2.2.2. Produção de hidromel

O processo de produção do hidromel é relativamente simples, pois a composição básica do mosto inclui apenas mel, água e levedura. A adição de levedura facilita o processo fermentativo, que, se fosse espontâneo, seria bastante demorado e imprevisível. Durante a fermentação, além do etanol, são gerados diversos compostos aromáticos que variam conforme o tipo de mel e a flor de onde as abelhas coletam o néctar (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2015).

Durante a fermentação ocorre a conversão dos açúcares em etanol, como ilustrado na Figura 1. Esse processo envolve reações sequenciais catalisadas por enzimas específicas presentes no citoplasma das células, onde a fermentação ocorre (BORZANI, 2001; MADIGAN et al., 2010).

Figura 2 - Conversão do açúcar em etanol pelo processo fermentativo.



Fonte: MADIGAN et al., 2010

A alta concentração de açúcar no mosto pode retardar a fermentação, o que pode levar a problemas como a refermentação por bactérias que produzem ácido lático e acético. Esses ácidos aumentam a acidez do mosto e geram éteres voláteis indesejados (CASELLAS, 2005). As leveduras têm uma limitação no processo de conversão alcoólica, pois quando os níveis de etanol alcançam cerca de 18% v/v, elas não conseguem continuar o processo. Mesmo quando as leveduras são bem selecionadas antes do início da fermentação, esse limite pode levar à estabilização do processo (PEREIRA et al., 2009).

2.2.3. Mercado

O mercado americano registrou um crescimento significativo do consumo de hidromel desde meados de 2013, superando até mesmo bebidas como a cerveja artesanal. Isso se deve, em grande parte, ao aumento do número de produtores de hidromel. Em 2013, havia 500 hidromelarias legalizadas nos Estados Unidos, com outras 200 aguardando licença para operar e comercializar o produto. Esse fenômeno despertou o interesse do mercado brasileiro nessa linha de produção (PINHEIRO et al., 2022).

O mercado de consumo de hidromel no Brasil está em constante crescimento, sendo predominantemente consumido por homens e mulheres com mais de 20 anos de idade. A região sul e sudeste do Brasil centraliza grande parte desse consumo. Diante desse

cenário, a demanda por compras online se torna essencial para possibilitar a comercialização do hidromel em outras regiões do país (NAKADA et al., 2020).

Contudo, o hidromel ainda é uma bebida pouco explorada no Brasil e necessita de maior divulgação devido à falta de conhecimento. Para expandir sua presença no mercado interno, e torná-lo mais popular entre os consumidores brasileiros, é fundamental investirem estudos aprofundados para aprimorar sua produção e desenvolver novas tecnologias. Isso não apenas promoveria a aceitação do hidromel, mas também fortaleceria o desenvolvimento de novos produtos derivados do mel (OLIVEIRA et al., 2020).

3. METODOLOGIA

3.1.MATÉRIA-PRIMA

A amostra de mel produzido por *Apis Mellifera* L., foi obtida junto a empresa MIEL-O, da região da cidade de Catolé do Rocha do estado da Paraíba (Latitude: - 6.34103, Longitude: -37.7496, 6° 20' 28" Sul, 37° 44' 59" Oeste).

3.2.MICRORGANISMOS

Os microrganismos utilizados nesta pesquisa foram linhagens de leveduras fermento Red star Premier Côte des Blancs, da espécie *Saccharomyces cerevisiae* adquiridas na PIQUIRI BREWSHOP, loja virtual de vendas de insumos.

3.3.PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Foi realizado um planejamento fatorial $2^3 + 3$ no ponto central + configuração estrela (Delineamento Composto Central Rotacional - DCCR) para verificar a influência das variáveis: açúcares iniciais (°Brix); temperatura e fonte de nitrogênio (N) e sobre a razão Etanol produzido na fermentação de produção do hidromel por açúcares iniciais (E/B). As respostas obtidas para todos os ensaios foram avaliadas quanto aos efeitos principais e as interações entre fatores através do programa Statistica, versão 7.0. Os níveis das variáveis de entrada reais e codificadas foram definidos como apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Variáveis e seus níveis do planejamento $2^3 + 3$ PC + configuração estrela (DCCR)

Variáveis	Níveis				
	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
Açúcares iniciais (°Brix)	13,30°	15,0°	17,5°	20,0°	21,70°
Temperatura (°C)	18	20,0	23,0	26,0	28
Fonte de N (g/mL)	0,32	1,0	2,0	3,0	3,68

N = Nitrogênio.

Fonte: Autor (2024)

A resposta de interesse foi definida observando quanto de açúcares foi convertido em etanol, de acordo com a Equação 1:

$$\text{Razão } E/B = \frac{\text{Concentração de etanol no mosto fermentado (°GL)}}{\text{Concentração de açúcares inicial (°Brix)}} \quad (1)$$

A conduta para análise de açúcares na fermentação (°Brix) foi realizada utilizando-se do refratômetro digital automático NOVA DR500 na temperatura de 20 °C. As formulações foram preparadas através da adição de mel de abelha, que apresentou 80,3 °Brix in natura e que foi diluído utilizando a Equação 2 para poder garantir que o açúcar inicial determinado pelo planejamento estivesse conforme os níveis reais e codificados da Tabela 2 e matriz de planejamento da Tabela 3. Após o cálculo da quantidade de mel, foi realizada a pesagem em balança analítica Want das quantidades necessárias, onde, posteriormente, foi medida a fração de água, que também foi calculada com a Equação 2, e medida em proveta de 500 mL.

$$C_1 \cdot v_1 = C_2 \cdot v_2 \quad (2)$$

Para as concentrações iniciais de fonte de nitrogênio foi utilizado o reagente Sulfato de amônio P.A (Nuclear), que com o auxílio de espátula foi pesado em balança analítica, onde foram obtidos os valores presentes na Tabela 2, que são diluídos em 500 mL de solução açucarada.

Foram preparadas formulações com 500 mL de mosto em Erlenmeyer e inoculado 0,15 g de levedura/L, sendo nomeados e deferidos os parâmetros conforme Tabela 3, o que determina o início da fermentação. No processo de fermentação o mosto foi analisado, em períodos regulares de 48 horas até a conclusão do processo em 18 dias (432 horas), quanto aos parâmetros como: concentração de açúcares, etanol, produção de células (biomassa).

Tabela 3: Matriz de planejamento fatorial $2^3 + 3$ pontos centrais + configuração estrela (DCCR)

Ensaios	Açúcares iniciais (°Brix)	Temperatura (°C)	Fonte de N (g/mL)
1	- (15,00)	- (20,00)	- (1,00)
2	- (15,00)	- (20,00)	+ (3,00)
3	- (15,00)	+ (26,00)	- (1,00)
4	- (15,00)	+ (26,00)	+ (3,00)
5	+ (20,00)	- (20,00)	- (1,00)
6	+ (20,00)	- (20,00)	+ (3,00)
7	+ (20,00)	+ (26,00)	- (1,00)
8	+ (20,00)	+ (26,00)	+ (3,00)
9	$-\alpha$ (13,30)	0 (23,00)	0 (2,00)
10	$+\alpha$ (21,70)	0 (23,00)	0 (2,00)
11	0 (17,50)	$-\alpha$ (18,00)	0 (2,00)
12	0 (17,50)	$+\alpha$ (28,00)	0 (2,00)
13	0 (17,50)	0 (23,00)	$-\alpha$ (0,32)
14	0 (17,50)	0 (23,00)	$+\alpha$ (3,68)
15	0 (17,50)	0 (23,00)	0 (2,00)
16	0 (17,50)	0 (23,00)	0 (2,00)
17	0 (17,50)	0 (23,00)	0 (2,00)

Fonte: Autor (2024)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. AVALIAÇÃO DA FERMENTAÇÃO

O acompanhamento da fermentação foi realizado a cada 48 horas, onde foi retirada amostra do mosto em fermentação para a leitura de °Brix realizada em refratômetro digital no decorrer de 18 dias. A Tabela 4 contém a matriz de planejamento fatorial $2^3 + 3$ no ponto central + configuração estrela (Delineamento Composto Central Rotacional - DCCR) com as respostas de cada ensaio de E/B.

Tabela 4: Matriz de planejamento fatorial $2^3 + 3$ pontos centrais + configuração estrela (DCCR) com resultados da fermentação do mosto de mel para produção de hidromel.

Ensaios	B (°Brix)	T (°C)	FN (g/mL)	E (°GL)	Resposta (E/B)
1	- (15,00)	- (20,00)	- (1,00)	4,5	0,300
2	- (15,00)	- (20,00)	+ (3,00)	4,0	0,267
3	- (15,00)	+ (26,00)	- (1,00)	5,3	0,351
4	- (15,00)	+ (26,00)	+ (3,00)	6,2	0,411
5	+ (20,00)	- (20,00)	- (1,00)	5,2	0,260
6	+ (20,00)	- (20,00)	+ (3,00)	3,9	0,195
7	+ (20,00)	+ (26,00)	- (1,00)	7,8	0,388
8	+ (20,00)	+ (26,00)	+ (3,00)	8,3	0,413
9	$-\alpha$ (13,30)	0 (23,00)	0 (2,00)	5,3	0,402
10	$+\alpha$ (21,70)	0 (23,00)	0 (2,00)	7,4	0,347
11	0 (17,50)	$-\alpha$ (18,00)	0 (2,00)	5,3	0,303
12	0 (17,50)	$+\alpha$ (28,00)	0 (2,00)	6,5	0,371
13	0 (17,50)	0 (23,00)	$-\alpha$ (0,32)	6,5	0,380
14	0 (17,50)	0 (23,00)	$+\alpha$ (3,68)	5,9	0,337
15	0 (17,50)	0 (23,00)	0 (2,00)	6,2	0,354
16	0 (17,50)	0 (23,00)	0 (2,00)	6,8	0,389
17	0 (17,50)	0 (23,00)	0 (2,00)	6,5	0,371

Onde: B = concentração inicial de açúcares no mosto (°Brix), T = temperatura inicial do mosto, FN = Fonte de nitrogênio, E = concentração de etanol no hidromel (°GL).

Fonte: Autor (2024)

Com a avaliação da relação entre a concentração inicial de açúcares no mosto e concentração de etanol no hidromel, os ensaios com o nível máximo de temperatura indicaram maior conversão do substrato, com os valores mais elevados nos ensaios 4 e 8. De acordo com Camargo e Vieira (2023), a temperatura é um dos fatores mais influentes na eficiência de obtenção do hidromel, sendo fator determinante no aproveitamento máximo do substrato.

O experimento 6, segundo os dados observados no planejamento experimental, ficou abaixo da graduação alcoólica permitida por norma (que seria entre 4%v/v e 14%v/v), o que indica que a levedura levaria mais tempo para realizar a conversão total no processo fermentativo. Segundo Oliveira et al. (2020), o teor alcoólico abaixo do esperado pode estar relacionado à forma de consumo da fonte de carboidrato utilizada pela levedura. Para o consumo do substrato, a *Saccharomyces cerevisiae* precisa hidrolisar os açúcares antes da conversão em etanol.

Outro fator relevante e que está relacionado ao maior tempo de conversão total do mel é a temperatura de fermentação estar no nível mínimo no ensaio citado. Apesar de a faixa de temperatura ideal ser entre 20 e 30 °C, temperaturas mais elevadas dentro desta faixa favorecem ainda mais o metabolismo da levedura (VITORINO-JUNIOR, 2024).

Por intermédio de uma regressão não linear dos dados das respostas da Tabela 4, foi observado os valores que dão origem a Equação 3, com os parâmetros estatisticamente significativos, com 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

$$E/B = 0,373 - 0,012C - 0,048T - 0,0062FN + 0,0189C \cdot FN + 0,023 T \cdot FN - 0,0194 T^2 \quad (3)$$

A Tabela 5 contém a análise de variância (ANOVA) do modelo de regressão não linear dos dados das respostas da Tabela 4 (Equação 3).

Tabela 5: Análise de variância (ANOVA).

Fonte de variação	Soma quadrática	Graus de liberdade	Quadrado médio
Regressão	0,045332	7	0,00648
C	0,013002	9	0,00144
Total	0,0058334	16	

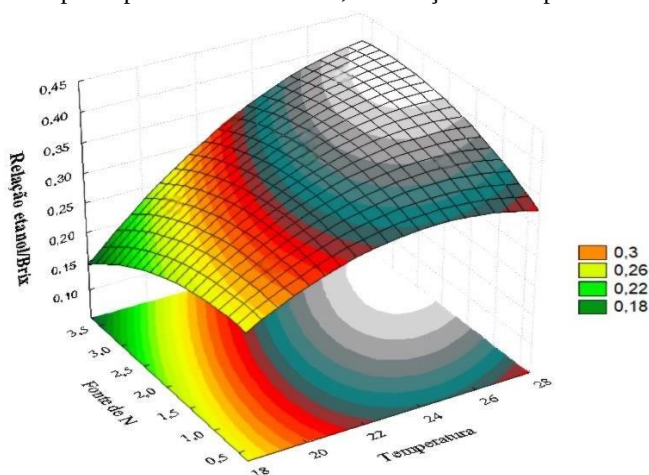
$$R^2 = 80\%; F_{\text{calculado}} = 4,5; F_{\text{tabelado}}(7,9) = 3,3$$

Fonte: Autor (2024)

Com os parâmetros estatisticamente significativos, $R^2 = 80\%$ e F calculado maior que F tabelado (o modelo é estatisticamente significativo com 95% de confiança),

construiu-se a superfície de resposta, Figura 2, para buscar a melhor condição que maximiza o processo fermentativo de hidromel, tendo como referência a melhor cinética de fermentação, ou seja, maior conversão de açúcares em produto (etanol).

Figura 2 – Superfície de resposta para o teor de etanol, em função da temperatura e fonte de nitrogênio.



Fonte: Autor

Verifica-se que com aumento da fonte de nitrogênio e com temperatura acima de 24 °C, com concentração de açúcar no mel, em 17,5 °Brix, obtém-se valores máximos da relação E/B, ou seja, maiores produções de etanol (região da superfície mais clara).

5. CONCLUSÃO

O controle dos parâmetros de fermentação na produção de hidromel permitiu aprimorar a qualidade do produto. A alteração da concentração do substrato, da temperatura do processo fermentativo e da concentração da fonte de nitrogênio foi capaz de variar o teor de etanol no hidromel.

Os ensaios realizados indicaram que, dentro das faixas do planejamento, as maiores temperaturas, aliadas aos maiores teores da fonte de nitrogênio possibilitaram a obtenção dos valores máximos da relação E/B. Os ensaios 4 e 8 possibilitaram a melhor conversão de substrato em etanol no hidromel.

REFERÊNCIAS

AL-FARSI, M. et al. Quality evaluation of Omani honey **Food Chemistry**, v. 262, p. 162-167, 2018.

BARBOSA, A. B.; MARTINS, E. A. 6º JORNACITEC, 2017, Botucatu – São Paulo, Brasil. **Produção Artesanal de Hidromel** [...]. [S. l.: s. n.], 2017.

BORZANI, W.; LIMA, U. A.; AQUARONE, E. **Biotecnologia Industrial**, v. 3. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 34, de 29 de novembro de 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**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 23 nov. 2012. Seção 1, p.3.

BRASIL. Casa Civil Subchefia de Assuntos Jurídicos. Decreto nº 6871, de 04 de junho de 2009. **Regulamento das bebidas alcóolicas fermentadas**. Brasília, DF, 04 de junho de 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa no 11, de 20 de outubro de 2000. Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 de outubro de 2000.

BRUNELLI, L. T. **Caracterização Físico-química, energética e sensorial de hidromel**. Tese (Tese em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP. Botucatu, SP. 2015.

CAMARGO, GABRIEL DALLA VECCHIA GARCIA; VIEIRA, RITA DE CÁSSIA. **HIDROMEL: processo de produção e predisposição da bebida no Brasil**. **Ciência & Tecnologia**, v. 15, n. 1, p. e1511-e1511, 2023.

CASELLAS, G. B. **Effect of low temperature fermentation and nitrogen content on wine yeast metabolism**. 2005. 240 f. Tese (Doutorado em Bioquímica e Biotecnologia) - Universitat Rovira i Virgili, Barcelona, Espanha, 2005.

CUEVAS-GLORY, L.F. et al. A review of volatile analytical methods for determining the botanical origins. **Food Chemistry**, v. 103, n. 3, p. 1032-1043, 2007.

FAO. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Estatísticas de Produção Mundial**, 2020. Disponível em: <<https://www.fao.org/sao-tome-e-principe/noticias/detail-events/en/c/1279132/>>. Acesso em: 16 outubro 2023.

GOMES, T.; DIAS, T.; CADAVEZ, V.; VERDIAL, J.; MORAIS, J. S.; RAMALHOSA,

E.; ESTEVINHO, L. M. (2015). "Influence of sweetness and ethanol content on mead acceptability". **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, Vol. 65, n. 2, p. 137- 142.

GUPTA, J. K.; SHARMA, R. Production technology and quality characteristics of mead and fruit-honey wines: A review. **Natural Product Radiance**, v. 8, n. 4, p. 345-355, July-August 2009.

IGLESIAS, N. et al. **Settings Open Access Review Developments in the Fermentation Process and Quality Improvement Strategies for Mead Production**. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1420-3049/19/8/12577/htm#B10-molecules-19-12577>>. Acesso em: 16 outubro 2023.

MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J.M.; DUNLAP, P.V.; CLARK, D.P. **Microbiologia de Brock**. 12. ed., Porto Alegre: Artmed, 2010. 1160 p.

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.

MILESKI, João Paulo Fernando. **Produção e caracterização de hidromel utilizando diferentes cepas de leveduras Saccharomyces**. 2016. [85] f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016.

NAKADA, J. P. et al. Viabilidade da implantação de uma indústria produtora de hidromel. **Interface Tecnológica**, [s. l.], v. 17, n. 1, 22 fev. 2020.

OLIVEIRA, I. V. et al. Produção e caracterização do hidromel tipo doce. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 11176-11191, 2020.

PEREIRA, A. P. et al. Mead production: selection and characterization assays of *Saccharomyces cerevisiae* strains. **Food and Chemical Toxicology**, v.47, p.2057-2063. Aug 2009.

PEREIRA, A. P. R. **Caracterização de Mel com Vista à Produção de Hidromel**. 2008. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar) - Escola Superior Agrária de Bragança, Bragança, 2008.

PINHEIRO, D. et al. **O consumo de hidromel vem crescendo no Brasil. Confirma mitos e verdades sobre a bebida**. [S. l.], 21 jun. 2022. Disponível em: <<https://leiamaisba.com.br/2019/09/26/consumo-de-hidromel-vem-crescendo-no-brasil-confirma-mitos-verdades-sobre-bebida>>. Acesso em: 16 outubro 2023.

RIBEIRO JÚNIOR, M. R. et al. Produção de Hidromel: Análise Físico-Química e Sensorial. **Revista Unimar Ciências**, [S. l.], p. 59-63, 2015.

RODRIGUES, M. I.; LEMMA, A. F. (2014). **"Planejamento de experimentos e otimização de processos"**. 3ª ed. Campinas: Editora Cárita. 325p.

SAJTOS, Z. et al. Elemental analysis of Hungarian Honey samples and bee products by MP-AES method. **Microchemical Journal**, v. 149, p. 103968, 2019.

SAKAČ, M. B. et al. Physicochemical properties and mineral content of honey samples from Vojvodina (Republic of Serbia) **Food Chemistry**, v. 276, p. 15-21, 2019.

VITORINO-JUNIOR, Jeferson S. et al. Sugar consumption profiles in mead production using accessible control analysis. **Kuwait Journal of Science**, v. 51, n. 2, p. 100204, 202

5.2 ARTIGO 2: ESTUDO CINÉTICO DA OBTENÇÃO DE HIDROMEL PRODUZIDO COM MEL DE ABELHA (APIS MELLÍFERA) DA FLORADA MARMELEIRO (CROTON SONDERIANUS), NA REGIÃO DO SERTÃO PARAIBANO

Estudo cinético da obtenção de hidromel produzido com mel de abelha (Apis mellífera) da florada marmeleiro (Croton sonderianus), na região do sertão paraibano

Kinetic study of obtaining mead produced with bee honey (Apis mellífero) from the flowering quince tree (Croton sonderianus), in the Sertão region of Paraíba

Estudio cinético de la obtención de hidromiel producido con miel de abeja (Apis mellífero) del membrillo en flor (Croton sonderianus), en la región del Sertão de Paraíba

JONNATAS EVARISTO DOS SANTOS

Tecnólogo em Produção Sucroalcooleira
Universidade Federal da Paraíba
Campus - I
Cidade Universitaria, Castelo Branco, João Pessoa – PB-
CEP: 58051-900
johnnevs@gmail.com

LEANDERSON TÚLIO MARQUES LEMOS

Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Universidade Federal da Paraíba
Campus- I
Cidade Universitária, Castelo Branco, João Pessoa – PB
CEP: 58051-900
leanderson_tulio@hotmail.com
Bolsista PDJ do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciências Moleculares (INCT-CiMol)

FLÁVIO LUIZ HONORATO SILVA

Doutorado em Engenharia de Alimentos
Universidade Federal da Paraíba
Campus- I
Cidade Universitaria, Castelo Branco, João Pessoa – PB
CEP: 58051-900
flavioluizh@yahoo.com.br

KELSON CARVALHO LOPES

Doutorado em Química
Universidade Federal da Paraíba
Campus - I
Cidade Universitaria, Castelo Branco, João Pessoa – PB

CEP: 58051-900

kelsoncarvalholopes@yahoo.com.br

JOSILENE DE ASSIS CAVALCANTE

Doutorado em Engenharia Química
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Cidade Universitária, Castelo Branco, João Pessoa – PB
CEP: 58051-900
josy_cavalcante@yahoo.com.br

MARTA SUELY MADRUGA

Doutorado em Food Science.
University of Reading
Reading, Inglaterra, UK
msmadruga@uol.com.br

RESUMO

O hidromel é uma bebida fermentada a partir do mel diluído em água, pela ação do metabolismo de leveduras. Na maioria dos processos, o hidromel é produzido com uso da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, que é capaz de metabolizar hidromel do tipo seco, suave e licoroso, a depender da proporção de açúcar utilizada em comparação à proporção de água.

De maneira geral, a produção de hidromel representa uma forma de aproveitamento de excedentes de mel; elaborada muitas vezes de maneira artesanal, e com processos pouco controlados. A obtenção desta bebida alcoólica é uma alternativa de renda extra para os apicultores. Com isso, a produção de hidromel pode ser vista como uma oportunidade para agregar valor à cadeia produtiva da região do Catolé do Rocha - PB. Esta pesquisa teve o objetivo de avaliar a viabilidade da produção de hidromel, com mel de *Apis Mellifera*, observando-se os resultados das cinéticas de °Brix, pH, acidez e etanol do processo fermentativo.

Palavras-chave: mel, fermentação, bebida alcoólica, hidromel, otimização.

ABSTRACT

Mead is a drink fermented from honey diluted in water, through the action of yeast metabolism. In most processes, mead is produced using the yeast *Saccharomyces cerevisiae*, which is capable of metabolizing dry, smooth and liqueur meads, depending on the proportion of sugar used compared to the proportion of water.

In general, mead production represents a way of using surplus honey; Often elaborated by hand, and with poorly controlled processes. Obtaining this alcoholic beverage is an extra income alternative for beekeepers. Therefore, mead production can be seen as an opportunity to add value to the production chain in the Catolé do Rocha - PB region. This research aimed to evaluate the viability of mead production, with *Apis Mellifera* honey, observing the kinetic results of °Brix, pH, acidity and ethanol of the fermentation process. **Keywords:** honey, fermentation, alcoholic beverage, mead, optimization.

RESUMEN

El hidromiel es una bebida fermentada a partir de miel diluida en agua, mediante la acción del metabolismo de la levadura. En la mayoría de los procesos, el hidromiel se produce

utilizando la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, que es capaz de metabolizar hidromiel seco, suave y licoroso, dependiendo de la proporción de azúcar utilizada respecto a la proporción de agua.

En general, la producción de hidromiel representa una forma de aprovechar los excedentes de miel; Muchas veces elaborados a mano, y con procesos poco controlados. La obtención de esta bebida alcohólica es una alternativa de ingresos extra para los apicultores. Por lo tanto, la producción de hidromiel puede ser vista como una oportunidad para agregar valor a la cadena productiva en la región de Catolé do Rocha - PB. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la viabilidad de la producción de hidromiel, con miel de *Apis Mellifera*, observando los resultados cinéticos de °Brix, pH, acidez y etanol del proceso de fermentación.

Palabras clave: miel, fermentación, bebida alcohólica, hidromiel, optimización.

1. INTRODUÇÃO

A apicultura é uma atividade que contribui diretamente com a economia da região envolvida com a cadeia de produtiva. A geração de empregos e circulação de capital aumenta a qualidade de vida das pessoas que desenvolvem a atividade apícola. A ação das abelhas também promove a manutenção e preservação do ecossistema local. Nessa atividade as características próprias do mel são determinadas por sua origem floral e pelas características físico-químicas e sensoriais, tornando assim o mel com características únicas em cada região. Essas características próprias do mel precisam ser preservadas para garantir a qualidade do alimento (Araújo et al., 2024).

O mel é um produto natural produzido por diversas espécies de abelhas. Esse alimento é produzido principalmente a partir do néctar das flores. Sua composição química é diversificada e com alto teor de nutrientes. Na produção do mel, as abelhas coletam a secreção de flores e outras partes das plantas e as transformam com a combinação de substâncias produzidas de forma natural por elas. Para a formação completa do mel comercial, o insumo é mantido pelos animais em um favo de mel a fim de promover a maturação necessária (Santos et al., 2023).

Para determinar a qualidade do mel e evitar a ocorrência de fraudes e adulterações, é necessário o controle rígido dos padrões estipulados pela legislação vigente. As alterações mais comuns podem ser identificadas através de análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais do mel. O mel de qualidade certificada aumenta a demanda e valoriza ainda mais o mel específico da região de origem (Fernandes et al., 2024).

A avaliação sobre a indústria do mel é que a destinação de todo o mel obtido pelos apicultores ainda é pouco explorada. A fabricação de bebidas é uma forma de aproveitar os produtos gerados pela apicultura, escoar a produção e agregar valor ao produto. Nesse

contexto, o hidromel vem se consolidando como uma alternativa com alta demanda de mercado por parte dos apreciadores de bebidas fermentadas (Santos; Dos Santos, 2023).

O hidromel é uma bebida fermentada a partir do mel diluído em água, com ação do metabolismo da levedura. Na maioria dos processos, o hidromel é produzido com uso da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, que é capaz de metabolizar hidromel do tipo seco, suave e licoroso, a depender da proporção de açúcar utilizada em comparação à proporção de água. Essa bebida tem grande aceitação por seu sabor único e suas funções nutricionais estão ligadas às propriedades do mel e dos produtos formados na fermentação (Silva; Coutinho, 2023).

De maneira geral, a produção de hidromel representa uma forma de aproveitamento de excedentes de mel. Feita muitas vezes de maneira artesanal, e com processos pouco controlados, a obtenção desta bebida alcoólica é uma alternativa de renda extra para os apicultores. Contudo os relatos científicos são escassos em comparação a outras bebidas alcoólicas e a cadeia produtiva necessita de pesquisas que possam adicionar conhecimento do processo de fabricação (Vitorino-Junior, 2024).

Com base nessa temática, esta pesquisa teve como proposta avaliar a cinética de fermentação quantos aos parâmetros determinantes da conversão do mel diluído pela ação da levedura *Saccharomyces cerevisiae* em hidromel. O acompanhamento ao longo da produção adiciona dados pertinentes para a indústria apícola e para futuras pesquisas sobre a produção dessa bebida fermentada.

2. METODOLOGIA

2.1. MATÉRIA-PRIMA

A amostra de mel produzido por *Apis Mellifera* L., foi obtida junto a empresa MIEL-O, da região da cidade de Catolé do Rocha do estado da Paraíba (Latitude: -6.34103, Longitude: -37.7496, 6° 20' 28" Sul, 37° 44' 59" Oeste).

2.2. ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO MEL

2.2.1. Umidade, sólidos solúveis e atividade de água

Para determinar a umidade e os sólidos solúveis, foi realizado pelo método refratométrico com medição do índice de refração (IR) e °Brix na temperatura de 20 °C, seguindo metodologia nº969.38 (AOAC, 2005).

Para a atividade de água, foi medido em um aparelho Aqualab 4TE (Decagon Devices Inc., Pullman, WA, EUA, onde o dispositivo foi calibrado usando uma solução

saturada de cloreto de sódio ($A_a = 0,760 \pm 0,003$). Uma alíquota (2 g) foi colocada na cubeta, e inserida na câmara de determinação, lida à temperatura ambiente após atingir o equilíbrio.

2.2.2. pH e acidez

O pH foi determinado através do método 962.19 (AOAC, 2005), utilizando um potenciômetro digital, em solução preparada com 10 g da amostra diluída em 75 mL de água destilada.

Para acidez livre, se quantificou por titulação de amostra (1 g diluída em 75 mL de água deionizada) com solução de NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ até pH 8,5, tendo seus valores expressos em mEq kg^{-1} (AOAC, 2005).

2.2.3. Cor instrumental

A determinação da cor instrumental foi definida por meio da medição das coordenadas L^* (luminosidade), a^* (componente verde-vermelho), b^* (componente amarelo-azul), h (tonalidade) e C^* (saturação) através de colorímetro digital (CR400, Konica Minolta Sensing Ink., Osaka, Japão). O instrumento é calibrado em placa de calibração branca ($Y = 92,84$ $X = 0,3136$, $y = 0,3201$).

2.2.4. Açúcares redutores e sacarose aparente

Para determinação de açúcares redutores e sacarose aparente utilizou-se o método titulométrico Lane-Eynon de acordo com a metodologia indicada pela AOAC (AOAC, 2005).

2.2.5. Hidroximetilfurfural (HMF)

A determinação do teor de hidroximetilfurfural do mel, foi realizado tratamento das amostras com agente de clarificação (Carrez) e a absorbância da solução medida nos comprimentos de onda de 284 e 226 nm em espectrofotômetro seguindo a metodologia padrão (AOAC, 2005).

2.2.6. Cinzas

Realizado através do princípio da determinação gravimétrica de um resíduo inorgânico, que é obtido a partir do aquecimento (carbonização e incineração) do mel a temperatura de 550° , assim como recomendado pelo método da AOAC, 2005.

2.2.7. Compostos fenólicos totais

A determinação dos compostos fenólicos totais, foi realizada de acordo com metodologia de Biluca et al. (2014), tendo algumas adaptações, que de forma resumida como: utilizou-se alíquotas de 50 µL de água ultrapura, 250 µL de Folin-Ciocalteu e 750µL de solução de carbonato de sódio (20% m/v), ajustado para balão volumétrico de 10 mL onde após repouso por cerca de 2 horas, protegida da luminosidade, a absorbância foi medida a 765 nm em espectrofotômetro UV-Vis (Drawell, DU8200, Brasil), e calculado por curva de calibração em ácido gálico ($R^2 = 0,9923$), utilizando-se uma curva padrão com diluições de 200 a 1000 µg mL⁻¹. Os resultados serão expressos em mg de equivalentes de ácido gálico (GAE) por 100 g de mel.

2.2.8. Determinação da atividade antioxidante

Para determinação de atividade antioxidante no mel, 1 mL de amostra é diluída com água na proporção [1:1, v/v] e [1:2, v/v] e as absorbâncias medidas em espectrofotômetro UV-Vis (Quimis, São Paulo, Brasil) onde a porcentagem de inibição dos radicais (DPPH*, ABTS*⁺) e do poder redutor do íon ferroso (FRAP) são utilizados usando a Equação 1, para AbsB e AbsA os valores de absorbância do controle (branco) e de cada amostra de mel e suas respectivas diluições no final da diluição (ANIBARRO- ORTEGA et al., 2020).

$$\% \text{ inibição} = \frac{[(\text{Absorbância do branco} - \text{absorbância da amostra}) * 100]}{\text{absorbância do branco}} \quad (1)$$

A capacidade de sequestro do radical ABTS*⁺ na amostra de mel e suas respectivas diluições é determinada através da metodologia de Re et al. (1999). Uma alíquota de 30 µL de mel e suas respectivas diluições é adicionada a tubos de ensaio, sendo adicionados 3,0 mL do radical ABTS*⁺, sendo utilizado álcool etílico como branco. Após realizar homogeneização, se realiza a leitura após 6 min em que os tubos foram mantidos em repouso e fora do alcance de luminosidade, onde produz um decréscimo da absorbância em 734 nm, em triplicata, tendo os resultados expressos em % de inibição do ABTS*⁺.

A capacidade de sequestro do radical DPPH* na amostra de mel e suas respectivas

diluições é determinada pela metodologia de Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995). Uma alíquota de 0,1 mL de mel e suas respectivas diluições é adicionada a tubos de ensaio, sendo adicionados 3,9 mL do radical DPPH* em metanol. Com o uso de metanol, acetona e água, uma solução controle é preparada, onde após homogeneizada, se realiza a leitura nos tempos de 0, 30 e 60 min. Os tubos foram deixados em repouso e longe de luminosidade, onde produz um decréscimo de absorbância em 515 nm, até o tempo de 30 min, em triplicata, tendo os resultados expressos em % de inibição do DPPH*.

O poder redutor do mel e suas respectivas diluições foram medidos pelo método descrito por Benzie e Strain (1999), onde uma alíquota de 90 µL de mel e suas respectivas diluições é adicionada 270 µL de água destilada e 2,7 mL do reagente FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power). Após realizar homogeneização, os ensaios em triplicatas são mantidos a 37 °C por 30 min, tendo o reagente FRAP utilizado como branco. A atividade redutora do mel e suas respectivas diluições, em reduzir o ferro (Fe^{3+}) à forma ferrosa (Fe^{2+}) foi verificada a 595 nm, em triplicata e os resultados expressos em % poder redutor (FRAP).

2.3.MICRORGANISMOS

Os microrganismos utilizados nesta pesquisa foram linhagens de leveduras fermento Red star Premier Côte des Blancs, da espécie *Saccharomyces cerevisiae* adquiridas na PIQUIRI BREWSHOP (loja virtual de vendas de insumos), a qual foi hidratada, reativada e adicionada em meio contendo um volume de inóculo de 5%(v/v), para que pudesse se adaptar a concentração de mel (17,5 °Brix).

2.4.PREPARO DO MOSTO E FERMENTAÇÃO

Para início do processo fermentativo, foi realizado o preparo do mosto, ao qual foi preparado através da diluição do mel com 80,3 °Brix (análise de açúcares na fermentação foi realizada utilizando-se do refratômetro digital automático NOVA DR500 na temperatura de 20 °C) em água potável até chegar às alíquotas de A = 17,7 °Brix, B = 17,6 °Brix e C = 17,6 °Brix, sendo calculados através da Equação 2 para a obtenção de 1500 mL de cada triplicata. Não se fez necessária a correção de pH ao final da diluição, pois as triplicatas apresentaram A = 3,8, B = 3,7 e C = 3,7, estando dentro do limite considerável de pH 3,7 a 4,0 (Ferraz, 2015).

$$c1.v1 = c2.v2 \quad (2)$$

Para a concentração de fonte de nitrogênio foi utilizado o reagente sulfato de amônio P.A (Nuclear), que com o auxílio de espátula foi pesado, em balança analítica, a alíquota de 6 g/mL, que são diluídos em 1,500 mL de solução açucarada.

Com a levedura devidamente reativa e ambientada em meio com 17,5 °Brix, foi adicionada em biorreator de 2000 mL, que deu início ao processo de fermentação, tendo o acompanhamento do processo fermentativo realizado em períodos regulares de 48 horas até a conclusão do processo em 18 dias (432 horas), quanto aos parâmetros como: concentração de açúcares, pH, acidez e etanol.

Para a verificação de concentração de açúcares, retirou-se uma pequena alíquota de amostra do fermentado com auxílio de uma pipeta de Pasteur e realizada a leitura, em triplicata, em refratômetro digital automático NOVA DR500.

Para a verificação do pH, adicionou-se 30 mL de mosto em béquer de 50 mL, em seguida mergulhando o eletrodo do pHmetro (Instrutherm PH-500), devidamente calibrado com solução tampão pH 4,00 +/- 0,02 (Dinâmica) e solução tampão pH 7,00 +/- 0,02 (Dinâmica), na solução açucarada realizando a leitura em triplicata.

Para a determinação da acidez, também realizada em triplicata, foi utilizado o método descrito pelo IAL (2008), onde foi adicionado 10 mL do mosto em erlenmeyers de 250 mL, 100 mL de água potável e 3 gotas de fenolfitaleína, sendo as amostras tituladas com solução de NaOH à 0,1 N até que a coloração rósea aparecesse permanecesse por mais de 30 segundos. Para se chegar ao resultado, foi utilizada a Equação 3 expressa em mEq.L^{-1} .

$$\text{Acidez total titulável} = \frac{n \cdot f \cdot N}{V} 1000 \quad (3)$$

Onde: n = volume em mL de solução de NaOH gasto na titulação; f = fator de correção da solução de NaOH; N = normalidade da solução de NaOH; V = volume da amostra em mL.

Para determinação de etanol, foi utilizada ebulliometria. Foi adicionado 50mL do mosto fermentado no ebuliômetro, que com o auxílio de lamparina de alumínio, aquece a amostra contida dentro da câmara onde esta contida a alíquota, que faz o termômetro de mercúrio marcar um determinado valor que será alcançado após estabilizar e posteriormente ser lido e convertido através de régua de graduação alcoólica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises físico-químicas do mel de marmeleiro apresentaram valores listados na Tabela 1, aos quais se enquadram no que pede a legislação Instrução Normativa Mapanº 11, de 20 de outubro de 2000 Brasil (2000).

Tabela 1 – Resultados análise físico-química do mel de marmeleiro.

Parâmetro	Resultado	Referência
Brix	82,83	-
Aa	0,63	-
pH	3,76	-
Acidez	21,58	Máximo mEq/Kg
Umidade	15,67	Máximo 20%
L*	53,03	-
a*	-0,43	-
b*	12,13	-
c*	12,14	-
h	92,07	-
Cinzas	0,12	-
HMF	4,34	Máximo 60 mg/Kg
Fenólicos totais	3704,01	-
DPPH	47,97	-
FRAP	12,78	-
ABTS	39,25	-
ART	83,50	Mínimo 65%
ANR Sacarose	0	-
AT	83,50	-

Fonte: Carvalho, 2024.

Os resultados referentes aos teores de °Brix e etanol presentes no hidromel deste trabalho estão presentes na Tabela 2 e mostram que os valores de açúcares consumidos durante o processo fermentativo foi considerável, e gerou um valor de etanol satisfatório de 6,50 g/L, e que se enquadra no permitido pela legislação Brasil (2009).

Tabela 2 – Teores de AR, ART e etanol no início e no final da fermentação.

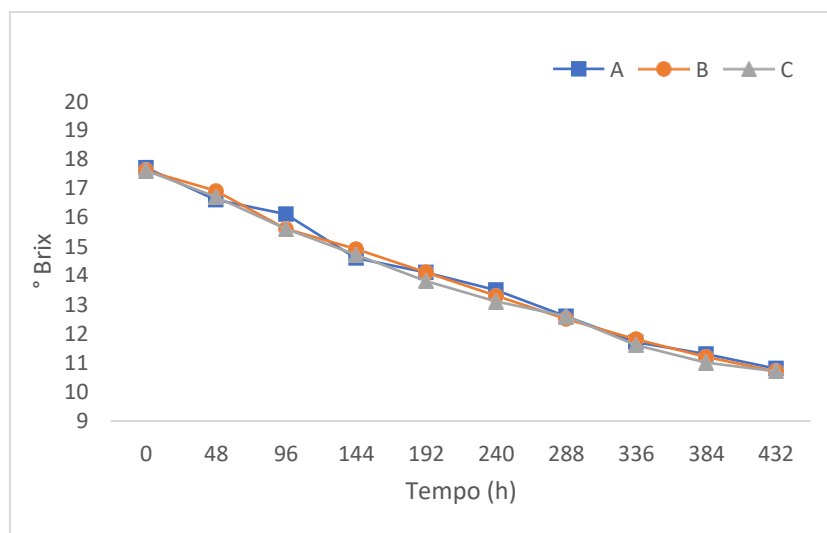
Amostra	AR inicial (g/L)	AR final (g/L)	ART inicial (g/L)	ART final (g/L)	Teor de etanol inicial (g/L)	Teor de etanol final (g/L)
A	139,25	39,59	137,24	29,81	0,00	6,50
B	124,20	44,63	134,39	28,97	0,00	6,50
C	136,87	44,61	144,28	28,39	0,00	6,50

Fonte: Autor.

Para os valores iniciais de açúcares da Figura 1 que estavam em torno de A =17,7 °Brix, B = 17,6 °Brix e C = 17,6 °Brix, apresentaram uma constante redução ao longo da

fermentação pelo consumo de substrato pelas leveduras, onde foi encerrado o processo fermentativo após 18 dias, obtendo-se os valores finais de A = 10,8 °Brix, B = 10,7 °Brix e C = 10,7 °Brix. Pode observar-se que as amostras estão apresentando semelhança de comportamento ao longo do processo fermentativo, havendo apenas uma leve diferença após 96 horas, onde o ponto A diferiu dos pontos B e C.

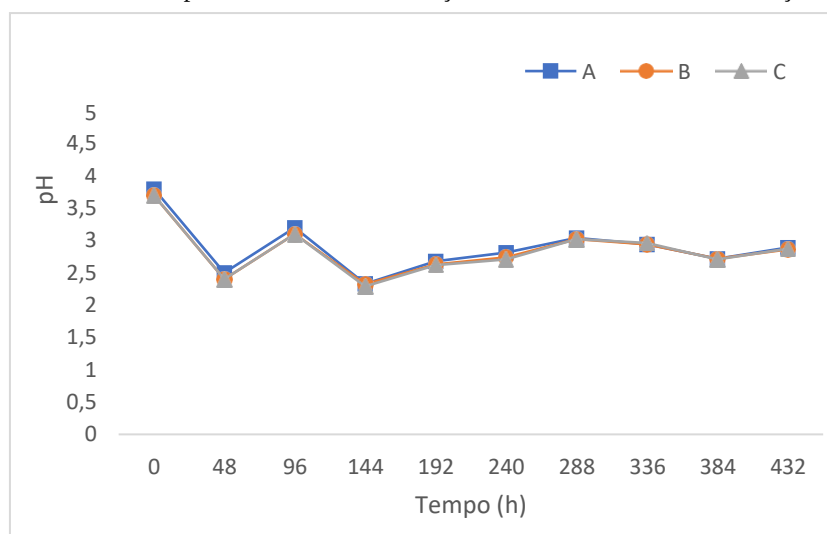
Figura 1 –Perfil da concentração de °Brix na obtenção do hidromel.



Fonte: Autor.

Observando a Figura 2, tem-se uma pequena desestabilização de pH nas primeiras 144 horas, onde logo após ele entra em constância até o encerramento da fermentação, estando assim um pouco abaixo da faixa que varia entre 3,42 e 6,10 para o hidromel (Queiroz et al., 2014). Comparados aos valores de pH encontrados por Silva et al. (2018), proveniente de hidromel feito de mel de abelhas sem ferrão (*Melipona scutellaris*), aos quais apresentaram valores de 3,1 e 3,2 (hidromel seco e suave), se faria uma pequena correção para se chegar a faixa ideal.

Figura 2 – Interferência do pH na velocidade de reação do °Brix durante a fermentação do hidromel.

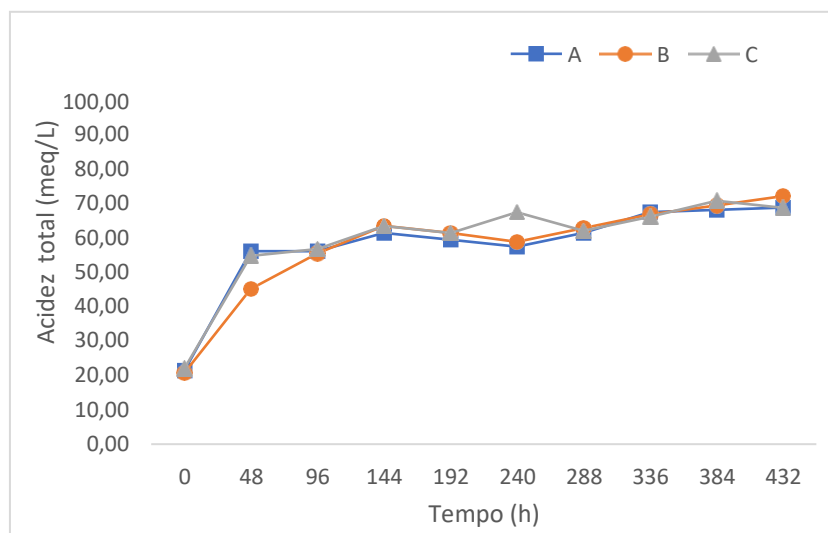


Fonte: Autor.

Valores de pH abaixo de 4,0 dão uma maior resistência a contaminações microbiológicas e ainda caracterizam o hidromel como uma bebida ácida (Matos; Oliveira; Bandeira, 2020). Durante o início da fermentação, são gerados os ácidos acético e succínico, que influenciam na redução do pH, deixando o processo praticamente estável até o encerramento (Sroka; Tuszyński, 2007).

Analizando a Figura 3, tem-se o aumento gradual da acidez total ao longo do tempo, correlacionando com a diminuição de pH, que pode estar ligada a produção de ácidos orgânicos nos primeiros dias do processo fermentativo (Almeida, 2021). De acordo com Martins (2007), valores de pH em hidromel que estão na faixa de 3,0 e 3,8, se equiparam ao pH do vinho, apenas dependendo do tipo de vinho, do cultivo e safra.

Figura 3 – Interferência da acidez total (meq/L) na obtenção do hidromel.



Fonte: Autor.

De forma inicial, o mosto não apresentava acidez com teor significativo, mas ao longo do processo, esse teor foi aumentando, mas se manteve dentro do que estabelece Portaria nº 64, de 23 de abril de 2008 (BRASIL, 2008), que tem como limites máximos de 130 e 20 meq.L⁻¹, para acidez total (53,66 a 66,66 meq.L⁻¹) e volátil (9,00 a 14,66 meq.L⁻¹).

4. CONCLUSÃO

A realização deste trabalho demonstrou que a elaboração de hidromel com o mel (MIEL-O) proveniente da região de Catolé do Rocha – PB, se faz viável tendo como base a cinética fermentativa, apenas precisando de uma pequena correção do pH, pois os outros parâmetros se mantiveram dentro dos padrões de identidade esperados para se produzir a bebida em escala comercial, agregando assim valor ao mel do produtor que assim o desejar fazer.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J.; OLIVEIRA, F.; SILVA, R. Acompanhamento da fermentação na produção de hidromel com utilização de *Saccharomyces cerevisiae* E *Saccharomyces boulardii*. 1. ed. *Local: Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável* (RBAS), 2021.22-28 p. v. 11.

Añibarro Ortega, Mikel & Pinela, José & Ciric, Ana & Martins, Valter & Rocha, Filomena & Soković, Marina & Barata, Ana & Carvalho, Ana & Barros, Lillian & Ferreira, Isabel. (2020). **Valorisation of table tomato crop by-products: Phenolic profiles and in vitro antioxidant and antimicrobial activities.** *Food and Bioproducts Processing.* 124. 307-319. 10.1016/j.fbp.2020.09.006.

ARAÚJO, R. D. *et al.* A apicultura no semiárido: Santa Luzia–PB–Brasil. **Revista Científica Integração**, v. 5, n. 1, p. 148-195, 2024.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). **Official Methods of Analysis.** 18 th ed. Maryland; 2005.

Benzie, I.F.; Strain, J.J. **Ensaio de poder antioxidante/redutor férrico: medida direta da atividade antioxidante total de fluidos biológicos e versão modificada para medição simultânea do poder antioxidante total e da concentração de ácido ascórbico.** *Métodos Enzymol.* 1999;299:15–27. doi: 10.1016/S0076-6879(99)99005-5. -DOI – PubMed

Biluca, F.C., Della-Betta, F., De Oliveira, G.P., Pereira, L.M., Gonzaga, L.V., Oliveira Costa, A.C., et al., 2014. **5-HMF and carbohydrates content in stingless bee honey by CE before and after thermal treatment.** *Food Chem.* 159, 244–249.

BRAND-WILLIAMS, A.; CUVELIER, M.; BERSET, C. **Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity.** *Food and Science Technology*, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Casa Civil Subchefia de Assuntos Jurídicos. Decreto nº 6871, de 04 de junho de 2009. **Regulamento das bebidas alcóolicas fermentadas.** Brasília, DF, 04 de junho de 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa no 11, de 20 de outubro de 2000. Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 de outubro de 2000.

FERNANDES, R. T. *et al.* Características de qualidade do mel de abelha sem ferrão (*Melípona fasciculata*) produzidos na baixada maranhense. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 41268-41275, 2020.

FERRAZ, F. De O. **Estudos dos parâmetros fermentativos, características físico-químicas e sensoriais de hidromel.** 2015. 129 p. (Tese de Doutorado em Biotecnologia Industrial) – USP – Escola de Engenharia de Lorena, Lorena, 2015.

LACERDA, J. J. J.; SANTOS, J. S.; SANTOS, S. A.; RODRIGUES, G. B.; SANTOS, M. L. P. Influência das características físico-químicas e composição elementar nas cores

de méis produzidos pro *Apis mellifera* no sudoeste da Bahia utilizando análise multivariada. **Química Nova**, v. 33, 2010.

MATOS, P.; OLIVEIRA., H.; BANDEIRA, S. Produção de hidromel saborizado com alho negro. 8. ed. *Local: Research, Society and Development*, 2020. 9 p. v. 9. ISBN 2525-3409.

QUEIROZ, J. C.; RAMOS, D. de F.; ALVES. A. S. S.; RODRIGUES, J. S. L.; SOUZA, J. W. de L. Produção de hidromel de forma artesanal e avaliação dos parâmetros durante o processo fermentativo. **Saúde e Ciência Online**. v. 3. p. 321-329, 2014.

Re, R.; Pellegrini, N.; Proteggente, A.; Pannala, A.; Yang, M.; Rice-Evans, C. **Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay**. Free Radic Biol Med. 1999 May;26(9-10):1231-7. doi: 10.1016/s0891- 5849(98)00315-3. PMID: 10381194.

SANTOS, S. S.; SANTOS, W. G. Fabricação de Melomel Saborizado com Taperebá (*Spondias mombin L.*). **Revista Perspectiva**, v. 47, n. 179, p. 83-92, 2023.

SANTOS, T. P. A. *et al.* Avaliação de adulteração em mel de *apis mellifera* do Pará através de variáveis físico-químicas. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 12, n. 1, 2023.

SILVA, M. R.; COUTINHO, A. P. C. Produção e caracterização de diferentes tipos de hidromel. **Environmental Science & Technology Innovation-ISSN 2965-1158**, v. 2, n. 2, 2023.

SROKA, P.; TUSZYŃSKI, T. **Changes in organic acid contents during mead wort fermentation**. Food Chemistry, [S.L.], v. 104, n. 3, p. 1250-1257, jan. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.046>.

VITORINO-JUNIOR, J. S. *et al.* Sugar consumption profiles in mead production using accessible control analysis. **Kuwait Journal of Science**, v. 51, n. 2, p. 100204, 2024.

6 CONCLUSÕES

Os resultados sugerem que, além de atender aos padrões técnicos, o mel de Catolé do Rocha possui propriedades que o tornam viável para a produção de hidromel em escala comercial. No entanto, a viabilidade econômica e operacional deste processo depende de uma análise mais aprofundada, considerando fatores como custo de produção, eficiência do processo fermentativo, e aceitação do mercado. Portanto, enquanto o potencial do mel como matéria-prima é claro, estudos adicionais são recomendados para validar sua viabilidade em um contexto industrial mais amplo, garantindo não apenas a qualidade do produto, mas também a sustentabilidade do processo de produção.

REFERÊNCIAS

- A.B.E.L.H.A. – Associação Brasileira de estudos das Abelhas. 21 de junho – **Dia do Mel – O Salto do Mel Brasileiro Passa Pela Ampliação da Produtividade das Colmeias**. 2021. Disponível em: < <https://abelha.org.br/o-salto-do-mel-brasileiro-passa-pela-ampliacao-da-produtividade-das-colmeias/>>. Acesso em: 16 outubro 2023.
- AGGAD H, G. D. Honey Antibacterial Activity. **Medicinal & Aromatic Plants**, v. 03, n. 02, p. 3-4, 2014.
- AL-FARSI, M. et al. Quality evaluation of Omani honey **Food Chemistry**, v. 262, p. 162-167, 2018.
- BARBOSA, A. B.; MARTINS, EDSON APARECIDO. 6º JORNACITEC, 2017, Botucatu – São Paulo, Brasil. **Produção Artesanal de Hidromel** [...]. [S. l.: s. n.], 2017.
- BARBOSA, D. B., CRUPINSKI, E. F., SILVEIRA, R. N., & LIMBERGER, D. C. H. As abelhas e seu serviço ecossistêmico de polinização. **Revista Eletrônica Científica Da UERGS**, Porto Alegre v. 3 n. 4, p. 694-703, dezembro 2017.
- BELLÉS, X. Los insectos y el hombre prehistórico. **Boletín de la S.E.A**, n. 20, 1997, pág. 321.
- BORZANI, W.; LIMA, U.A.; AQUARONE, E. **Biotecnologia Industrial**, v. 3. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa no 11, de 20 de outubro de 2000. Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 de outubro de 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Métodos Oficiais para Análise de Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2022.
- Brock**. 12. ed., Porto Alegre: Artmed, 2010. 1160 p.
- BRUNELLI, L. T. **Caracterização Físico-química, energética e sensorial de hidromel**. Tese (Tese em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP. Botucatu, SP. 2015.
- CASELLAS, G. B. **Effect of low temperature fermentation and nitrogen content on wine yeast metabolism**. 2005. 240 f. Tese (Doutorado em Bioquímica e Biotecnologia) - Universitat Rovira i Virgili, Barcelona, Espanha, 2005.
- CASTRO, MARÍLIA. **Pontos relevantes da produção de hidromel**. Orientador: Profa. Dra. Líbia Diniz Santos. 2021. 62 f. Monografia (Bacharel em Biotecnologia) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, PATOS DE MINAS, 2021.
- Coordenação de Agropecuária, Pesquisa da Pecuária Municipal. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?edicao=37928&t=resultados>>. Acesso em: 16.Outubro. 2023.

CUEVAS-GLORY, L.F. et al. A review of volatile analytical methods for determining the botanical origins. **Food Chemistry**, v. 103, n. 3, p. 1032-1043, 2007.

EUROMONITOR INTERNATIONAL. **Market Sizes: historical/forecast**. Brazil. London: Euromonitor International, 2020a.

FAO. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Estatísticas de Produção Mundial**, 2020. Disponível em: <<https://www.fao.org/sao-tome-e-principe/noticias/detail-events/en/c/1279132/>>. Acesso em: 16 Outubro 2023.

GUPTA, J. K.; SHARMA, R. Production technology and quality characteristics of mead and fruit-honey wines: A review. **Natural Product Radiance**, v. 8, n. 4, p. 345-355, July-August 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Pesquisas,

IGLESIAS, N. *et al.*, **Settings Open Access Review Developments in the Fermentation Process and Quality Improvement Strategies for Mead Production**. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1420-3049/19/8/12577/htm#B10-molecules-19-12577>>. Acesso em: 16 outubro 2023.

INVESTSP - Agência Paulista de Promoção de Investimentos e Competitividade. **Sorocaba tem a primeira fábrica de hidromel do país**. Disponível em: <<https://www.investe.sp.gov.br/noticia/sorocaba-tem-a-primeira-fabrica-de-hidromel-do-pais/#:~:text=O%20hidromel%20fabricado%20em%20Sorocaba,das%20melhores%2C%20dever%C3%A1%20se%20acentuar>>. Acesso em: 16 outubro 2023.

MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J.M.; DUNLAP, P.V.; CLARK, D.P. **Microbiologia de Brock**. 12. ed., Porto Alegre: Artmed, 2010. 1160 p.

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.

MILESKI, João Paulo Fernando. **Produção e caracterização de hidromel utilizando diferentes cepas de leveduras Saccharomyces**. 2016. [85] f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016.

MORAES, L. F. **O Guia do Hidromel Artesanal**. 1º. ed. São Paulo: LF, 2018.

NAKADA, J. P. *et al.* **Viabilidade da implantação de uma indústria produtora de hidromel**. *Interface Tecnológica*, [s. l.], v. 17, n. 1, 22 fev. 2020.

OLIVEIRA, I. V. *et al.* **Produção e caracterização do hidromel tipo doce**. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 11176-11191, 10 mar. 2020.

para obtenção artesanal de Hidromel do tipo doce. *Embrapa*. Comunicado Técnico 170, p.1-5, 2006.

PELIGRINI, A. **Introdução a história do Hidromel**. Disponível em: <<https://www.oldpony.com.br/introducao-a-historia-do-hidromel/>>. Acesso em: 16

outubro 2023.

PEREIRA, A. P. *et al.* **Mead production: Selection and Characterization Assays of *Saccharomyces cerevisiae* Strains.** Food and Chemical Toxicology, v.47, p.2057-2063. Aug 2009.

PEREIRA, A. P. R. **Caracterização de Mel com vista à Produção de Hidromel.** Dissertação (Dissertação em Qualidade e Segurança) - Instituto Politécnico. Bragança - Portugal, p. 68. 2008.

PEREIRA, A. P. R. **Caracterização de Mel com Vista à Produção de Hidromel.** 2008. Dissertação (Mestre em Qualidade e Segurança Alimentar) - Escola Superior Agrária de Bragança, Bragança, 2008.

PINHEIRO, D. *et al.* **O consumo de hidromel vem crescendo no Brasil. Confirma mitose verdades sobre a bebida.** [S. l.], 21 jun. 2022. Disponível em: <<https://leiamaisba.com.br/2019/09/26/consumo-de-hidromel-vem-crescendo-no-brasil-confirma-mitos-verdades-sobre-bebida>>. Acesso em: 16 outubro 2023.

RIBEIRO JÚNIOR, M. R. *et al.* **Produção de Hidromel: Análise Físico-Química e Sensorial.** Revista Unimar Ciências, [S. l.], p. 59-63, 2015.

SAJTOS, Z. *et al.* Elemental analysis os Hungarian Honey samples and bee products by MP-AES method. **Microchemical Journal**, v. 149, p. 103968, 2019.

SAKAČ, M. B. *et al.* Physicochemical properties and mineral content of honey samples from Vojvodina (Republic of Serbia) **Food Chemistry**, v. 276, p. 15-21, 2019.

SANTOS, J. O. **Um estudo sobre a evolução histórica da apicultura.** 2015. 95f. (Dissertação de Mestrado Profissional), Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande – Pombal – Paraíba – Brasil, 2015.

SROKA, P.; TUSZYŃSKI, T. **Changes in organic acid contents during mead wort fermentation.** Food Chemistry, Elsevier, v. 104, p. 1250–1257, 2007.

TEIXEIRA, H. A. D. **Produção e caracterização sensorial de hidromel.** Orientador: Profa. Dra. Adriana Crispim de Freitas. 2023. 17 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Maranhão, [S. l.], 2023.

TOUSSAINT-SAMAT, M. **A history of food.** New Expanded Edition. Translate by Anthea Bell. Wiley-Blackwell: A Jhon iley & Sons. Ltd. Publication, 2009.

VIANA, F. L. E. **INDÚSTRIA DE BEBIDAS ALCOÓLICAS.** Escritório Tecnico do Estudo Econômico do Nordeste, v. 5, n. 117, p. 1–11, 2020.