

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

GABRIEL ROMANO GOMES

**ESTUDO COMPARATIVO DA FERMENTAÇÃO DE HIDROMEL COM
DIFERENTES MASSAS DE LEVEDURA**

POÇOS DE CALDAS/MG

2025

GABRIEL ROMANO GOMES

**ESTUDO COMPARATIVO DA FERMENTAÇÃO DE HIDROMEL COM
DIFERENTES MASSAS DE LEVEDURA**

Produto de Conclusão do PIEPEX-PCP apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal de Alfenas.

Orientador: Marlus Pinheiro Rolemberg

POÇOS DE CALDAS /MG

2025

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Campus Poços de Caldas

Gomes, Gabriel Romano.

Estudo comparativo da fermentação de hidromel com diferentes massas de levedura / Gabriel Romano Gomes. - Poços de Caldas, MG, 2025.

40 f. : il. -

Orientador(a): Marlus Pinheiro Rolemberg.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, MG, 2025.

Bibliografia.

1. Hidromel. 2. Fermentação alcoólica. 3. Levedura. 4. Inóculo. 5. Nutrição. I. Rolemberg, Marlus Pinheiro, orient. II. Título.

GABRIEL ROMANO GOMES

**ESTUDO COMPARATIVO DA FERMENTAÇÃO DE HIDROMEL COM
DIFERENTES MASSAS DE LEVEDURA**

O Presidente da banca examinadora abaixo assina a aprovação do Produto de Conclusão do PIEPEX-PCP apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Fermentação

Aprovada em: 05 de Dezembro de 2025

Prof. Dr. Marlus Pinheiro Rolemberg (Orientador)
Universidade Federal de Alfenas

Assinatura:

Prof. Dr. Rodrigo Corrêa Basso (Avaliador)
Universidade Federal de Alfenas

Prof. Dr. Daniel Juliano Pamplona da Silva (Avaliador)
Universidade Federal de Alfenas

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), pela estrutura e pelo corpo docente que possibilitaram esta jornada.

Ao meu orientador, Marlus Pinheiro Rolemberg pela orientação essencial, paciência e apoio técnico fundamentais para a realização deste trabalho.

Aos meus pais, por serem minha base, pelo amor incondicional e por todo o incentivo ao longo da minha vida.

Aos meu amor e meus amigos, pelo companheirismo, pelas palavras de ânimo e por tornarem a caminhada mais leve.

A todos que contribuíram para esta conquista, minha sincera gratidão.

RESUMO

O hidromel, bebida fermentada ancestral obtida da diluição de mel em água, tem vivenciado um ressurgimento significativo impulsionado pelo mercado artesanal. Contudo, a produção caseira frequentemente carece de padronização científica, especialmente no que tange à proporção ideal de inóculo de leveduras. O presente trabalho investigou a interferência da variação da massa inicial de levedura *Saccharomyces cerevisiae* no processo fermentativo de hidromel sem suplementação nutricional. Foram avaliados cinco processos com diferentes taxas de inoculação: dose padrão (Controle), reduções na massa de levedura de 15% e 30%, e aumentos na massa de levedura de 15% e 30%. O processo foi monitorado por meio de análises físico-químicas de densidade, pH e sólidos solúveis (°Brix), sendo o teor alcoólico final determinado com precisão via destilação e picnometria. Os resultados demonstraram que a relação entre massa de fermento e eficiência não é linear. O tratamento com redução de 15% na massa de inóculo (Controle -15%) apresentou desempenho superior, atingindo um teor alcoólico de 9,33% v/v, significativamente acima da média dos demais tratamentos (aproximadamente 7,0% v/v). As amostras com um aumento de inóculo (+30%) apresentaram os menores rendimentos, corroborando a hipótese de que a superpopulação inicial exacerba a competição por nutrientes limitados no mosto. Conclui-se que, para mostos de mel puro, a disponibilidade nutricional atua como fator limitante predominante, e a eficiência máxima reside em um ponto de equilíbrio estequiométrico inferior às dosagens comerciais padrão.

Palavras-chave: hidromel; fermentação alcoólica; levedura; inóculo; nutrição.

ABSTRACT

Mead, an ancestral fermented beverage derived from honey dilution, has experienced a significant resurgence driven by the artisanal market. However, home production often lacks scientific standardization, particularly regarding the ideal yeast pitching rate. This study investigated the interference of varying initial *Saccharomyces cerevisiae* yeast mass on the fermentation process of mead without nutritional supplementation. Five treatments with different inoculation rates were evaluated: standard dose (Control), reductions of 15% and 30%, and increases of 15% and 30%. The process was monitored through physicochemical analyses of density, pH, and soluble solids (°Brix), with the final alcohol content precisely determined via distillation and pycnometry. The results demonstrated that the relationship between yeast mass and efficiency is non-linear. The treatment with a 15% reduction in inoculum mass (Control -15%) showed superior performance, reaching an alcohol content of 9.33% v/v, significantly above the average of the other treatments (approximately 7.0% v/v). Samples with excess inoculum (+30%) showed the lowest yields, corroborating the hypothesis that initial overpopulation exacerbates competition for limited nutrients in the must. It is concluded that, for pure honey musts, nutritional availability acts as the predominant limiting factor, and maximum efficiency lies at a stoichiometric equilibrium point lower than standard commercial dosages.

Keywords: mead; alcoholic fermentation; yeast; inoculum; nutrition.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas da produção de hidromel	22
---	----

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Homogeneização do mosto	25
Fotografia 2 – Adaptação da tampa	26
Fotografia 3 – Termocirculador em operação.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização sensorial dos tipos de mel.....	17
Tabela 2 – Composição dos tipos de mel	18
Tabela 3 – Valores de densidade inicial e final.....	29
Tabela 4 – Valor de pH final.....	30
Tabela 5 – Valor de grau Brix.....	31
Tabela 6 – Valor de Teor Alcoólico Real.....	32
Tabela 7 – Comparativo entre teor alcoólico estimado e real.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABV	Alcohol By Volume
Bx	Brix (unidade de concentração de sólidos solúveis
Df	Densidade Final
Di	Densidade Original
FAN	Free Amino Nitrogen
pH	Potencial hidrogeniônico (indicador de acidez)
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-árido
v/v	volume por volume

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVOS GERAIS.....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	INSUMOS.....	15
3.1.1	Mel.....	15
3.1.2	Leveduras.....	19
3.1.3	Outros Insumos.....	20
3.2	HIDROMEL.....	21
4	METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	24
4.1	PREPARAÇÃO DO MOSTO.....	24
4.2	INOCULAÇÃO DAS LEVEDURAS.....	25
4.3	PERÍODO DE FERMENTAÇÃO.....	26
4.4	DESCUBA E ENVASE	26
4.5	PASTEURIZAÇÃO.....	27
4.6	MÉTODOS DE ANÁLISE.....	28
5	RESULTADOS.....	29
5.1	AVALIAÇÃO DA DENSIDADE.....	29
5.2	VERIFICAÇÃO DO PH.....	30
5.3	VERIFICAÇÃO DO TEOR DE GRAU BRIX.....	30
5.3	ANÁLISE DO TEOR ALCOÓLICO (MÉTODO DE DESTILAÇÃO)...	31
6	DISCUSSÃO	33
6.1	ANÁLISE DA ATENUAÇÃO E CONSUMO DE AÇÚCARES.....	33
6.2	ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO pH.....	34
6.3	ANÁLISE DO TEOR ALCOÓLICO REAL (DESTILAÇÃO).....	34
6.4	HIPÓTESE DA LIMITAÇÃO NUTRICIONAL.....	36
7	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

O hidromel, uma bebida fermentada historicamente elaborada a partir da diluição de mel em água, é frequentemente documentada como uma das mais antigas bebidas alcoólicas consumidas pela humanidade, com registros que atravessam diversas culturas e continentes. Apesar de sua popularidade ter diminuído ao longo dos séculos frente a outras bebidas, observa-se na atualidade um nítido ressurgimento do interesse pelo seu consumo e produção. Este fenômeno é parcialmente impulsionado por referências na cultura popular, como em séries e jogos de ambientação medieval, que reintroduziram a bebida a um novo público e fomentaram um crescente mercado de produção artesanal e caseira.

Este crescimento na produção caseira é frequentemente amparado por uma vasta gama de receitas e métodos empíricos, muitos dos quais carecem de uma fundamentação científica robusta e de padronização. Conforme apontado pela literatura, a própria escassez de publicações científicas dedicadas especificamente ao hidromel contribui para essa lacuna. A falta de controle nos processos, especialmente em um contexto não-industrial, leva a uma variabilidade significativa no produto final, dificultando a reprodutibilidade e o controle de qualidade.

Dentre as variáveis críticas do processo fermentativo, a levedura (*Saccharomyces cerevisiae*, na maioria dos casos) desempenha um papel central na conversão dos açúcares do mel em álcool e dióxido de carbono. A seleção da estirpe de levedura é um fator conhecido por influenciar o perfil sensorial da bebida. Contudo, outra variável de igual importância, e muitas vezes negligenciada ou definida de forma arbitrária em receitas caseiras, é a proporção de massa de fermento (inóculo) utilizada. A quantidade inicial de leveduras pode interferir diretamente na cinética da fermentação, na atenuação dos açúcares, no perfil de subprodutos gerados (como ésteres e álcoois superiores) e, conseqüentemente, no teor alcoólico final, sabor e aroma do hidromel.

Diante desse cenário, este Trabalho de Conclusão de Curso propõe-se a investigar experimentalmente a seguinte questão: qual é a real interferência da variação da proporção de massa de fermento no resultado do processo de fermentação caseira de hidromel? A justificativa para este estudo reside na necessidade de fornecer dados técnicos e científicos para a crescente comunidade de produtores caseiros, permitindo um maior controle sobre o processo e auxiliando

na padronização e otimização da produção artesanal.

2. OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa é verificar o impacto da variação da massa inicial de levedura no processo fermentativo do hidromel a partir do estudo comparativo entre diferentes quantidades de levedura inicial para o mesmo volume de mosto utilizado em uma fermentação.

2.1. Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo realizar um estudo comparativo do impacto da proporção de massa inicial de fermento em relação ao produto final no processo fermentativo do hidromel artesanal.

2.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- a) Avaliar a diferença no teor alcoólico de fermentações de hidromel com diferentes massas iniciais;
- b) Avaliar a diferença no teor de acidez de fermentações de hidromel com diferentes massas iniciais;
- c) Avaliar a diferença na densidade de fermentações de hidromel com diferentes massas iniciais.
- d) Avaliar a diferença na quantidade de sólidos solúveis de fermentações de hidromel com diferentes massas iniciais

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Apesar da reconhecida carência de literatura científica dedicada à produção e ao consumo de hidromel, a maioria dos artigos, pesquisas e trabalhos sugere que essa é uma das bebidas fermentadas mais antigas consumidas pelo homem (Gupta e Sharma, 2009).

Ao longo desta seção, o presente trabalho buscará apresentar as principais características acerca do hidromel, notadamente quanto à sua composição e quanto ao processo fermentativo pelo qual é produzido, a fim de, por meio de uma adequada revisão bibliográfica, estabelecer as bases teóricas acerca do experimento realizado.

3.1. INSUMOS

Os principais ingredientes presentes na preparação dos diversos tipos de hidromel são basicamente água potável, mel e leveduras; alguns outros ingredientes podem ser eventualmente adicionados a fim de potencializar e regular a fermentação e os processos químicos associados, para estimular efeitos benéficos à saúde ou para simplesmente proporcionar aromas e sabores específicos ao produto final (Gupta e Sharma, 2009, p. 346).

Sobre o tema, é pertinente apontar que determinados fatores podem fazer variar tanto as proporções relativas dos ingredientes quanto a própria composição dos referidos insumos. Tais fatores, por exemplo, incluem a presença de compostos azotados e carbonados no mosto, bem como a concentração inicial de água no mel utilizado como base, de modo que a falta de uniformidade do produto final acaba por se tornar um problema crônico na produção das bebidas, em especial aquelas produzidas de forma empírica ou artesanal (Pereira, 2008, p. 18).

3.1.1. Mel

O consumo humano de mel de abelhas remonta a milhares de anos. Segundo Allsop e Miller (1996), existem registros pré-históricos em pinturas rupestres em sítios arqueológicos na Espanha, com cerca de dez mil anos, representando atividades de coleta de mel em colméias selvagens. As autoras apontam que essa talvez seja a mais antiga comprovação da coleta dessa importante fonte nutricional, dentre incontáveis outras evidências espalhadas ao redor do mundo, literalmente disseminada em todos os continentes. Em seu estudo sobre a presença do mel nas

dietas humanas em períodos pré-industriais, durante os quais a disponibilidade de açúcar era relativamente muito mais baixa, Allsop e Miller (1996) associam a alta demanda por mel ao crescimento da apicultura, o que viria a facilitar o acesso das populações ao produto das colmeias domesticadas.

O mel é produzido e armazenado pelas abelhas melíferas como reserva energética, por meio de processos físico-químicos ocorridos em estruturas especializadas. Desde a coleta até seu acúmulo nas vesículas melíferas, os nutrientes obtidos pelas abelhas sofrem a ação de diversas enzimas, sendo as principais a invertase, a amilase e a glicose-oxidase, as quais acarretarão na gradativa transformação de sacarose em glicose e frutose, além da produção, em menor escala, de maltose, a partir do amido, e outros ácidos e peróxidos. Numa etapa posterior, esse produto é regurgitado para os alvéolos (“favos”), nos quais processos posteriores de maturação e desidratação levam o mel à sua consistência peculiar (Alvim, 2004).

Inúmeros fatores, tais como clima e floração, têm influência sobre a produção de mel – não obstante, um dos parâmetros mais significativos refere-se à fonte a partir da qual as abelhas melíferas absorvem os nutrientes que serão submetidos aos processos físico-químicos que acarretam a produção do mel. Essa distinção, denominada pela literatura especializada como classificação quanto à origem (Alvim, 2004), permite diferenciar o mel obtido exclusivamente a partir do néctar das flores, denominado mel floral, daquele obtido a partir da de secreções de partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de partes vivas das plantas, denominado mel de melato. Sobre o tema, Gisélia Campos e seus colaboradores oferecem o seguinte esclarecimento:

Melato é um vocábulo que, em biologia, refere-se às excreções, em forma de líquidos açucarados, de um grande número de espécies de homópteros que vivem como parasitas sugadores da seiva elaborada do floema das plantas. Estes líquidos açucarados, que são procurados e colhidos pelas abelhas como se fossem néctar, passam pelos mesmos processos enzimáticos. O produto final, entretanto, é diferente nas suas propriedades físico-químicas e constitui o mel de melato (Campos *et al*, 2003, p. 1).

Em decorrência da diversidade das fontes a partir das quais as abelhas se alimentam, é comum a ocorrência de mistura de mel floral com mel de melato. Considerando-se que proporções a partir de 5% de mel de melato no produto já acarretam diferenças sensoriais, como apontam Campos e Della Modesta (2000), é mister que se proceda à devida identificação da proporção de mel de melato nos produtos comercializados, não somente para atender exigências do mercado, mas

também em cumprimento à legislação vigente (Brasil, 2000).

Os diferentes tipos de mel possuem características próprias, as quais podem ser expressas em termos sensoriais, notadamente por avaliações organolépticas, bem como por meio de diversas testagens instrumentais objetivas, que incluem, dentre outros parâmetros, acidez, composição físico-química, carga microbiológica e índice de pureza. De acordo com pesquisadores da Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), no nordeste brasileiro, as características sensoriais incluem sabor, aroma, cor e consistência (viscosidade), estando os parâmetros descritos na Instrução Normativa nº 11, emitida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento em 20 de outubro de 2000 (Mendes *et al*, 2009). Em seu estudo sobre as diferenças sensoriais entre mel de floral e mel de melato, Campos e Della Modesta (2000) obtiveram resultados significativos quanto à caracterização, conforme demonstrado na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Caracterização sensorial dos tipos de mel

Mel	Aroma	Viscosidade	Sabor
Floral	Característico	Menos viscoso que o de melato Iniciando a cristalização	Característico Mais doce que o de melato Ligeiramente amargo (“ardido”) Residual amargo
Melato	Característico Fumaça	Mais viscoso que o floral	Levemente salgado Fumaça (forte) Lembra melado de cana Trava nas laterais da boca como fruta verde Mais amargo que o floral Menos doce, mas enjoativo Sabor “verde” Sabor residual de melado

Fonte: Campos e Della Modesta (2000, p. 9)

Em relação às análises físico-químicas com vistas ao controle de qualidade do mel, bem como à sua caracterização quanto à origem, os pesquisadores da UFERSA referem-se à supracitada Instrução Normativa, informando que estão incluídos os seguintes parâmetros: “quanto à maturidade (açúcares redutores, umidade, sacarose aparente), pureza (sólidos insolúveis em água, minerais ou cinzas, pólen), e deterioração (acidez livre, atividade diastásica e hidroximetilfurfural)” (Mendes *et al*, 2009, p. 9). Um sólido estudo sobre a composição do mel, realizado por pesquisadores do Centro Suíço para Pesquisas em Apicultura, apresenta os valores médios de referência da composição dos diferentes tipos de mel, conforme exposto na Tabela 2:

Tabela 2 – Composição dos tipos de mel

Componentes	Mel floral	Mel de melato
Água	17,2 %	16,3 %
Açúcares totais	79,7 %	80,5 %
Monosacarídeos		
Frutose	38,2 %	31,8 %
Glicose	31,3 %	26,1 %
Dissacarídeos		
Sacarose	0,7 %	0,5 %
Outros	5,0 %	4,0 %
Trissacarídeos		
Melezitose	< 0,1 %	4,0 %
Erlrose	0,8 %	1,0 %
Outros	0,5 %	3,0 %
Oligossacarídeos indeterminados	3,1 %	10,1 %
Minerais	0,2 %	0,9 %
Aminoácidos e proteínas	0,3 %	0,6 %
Ácidos	0,5 %	1,1 %

Fonte: Adaptado de Bogdanov *et al* (2008, p. 678)

É interessante destacar que a aplicação do mel de abelhas – bem como de outros produtos apícolas – vai além do seu uso como fonte nutricional. Diversos estudos apontam registros da utilização do mel, por exemplo, como componente essencial na preparação de manufaturados medicinais ou terapêuticos e produtos cosméticos, não somente de forma artesanal como em escala industrial e comercial de grande monta (Dantas *et al*, 2024). A apicultura constitui uma atividade econômica significativa, atendendo um mercado em franca expansão, devido ao constante desenvolvimento de novas áreas de pesquisa sobre a utilização dos produtos das abelhas. As aplicações medicinais do mel sustentam-se em comprovadas propriedades antiinflamatórias, antioxidantes, antifúngicas, antiparasitárias, antimicrobianas, antimutagênicas, analgésicas e cicatrizantes, conforme relatado em inúmeras pesquisas – algumas tão inovadoras que incluem o uso do mel como suplementação de meios diluentes para a conservação de gametas e embriões em reprodução animal *in vitro* (Bogdanov *et al*, 2008; Dantas *et al*, 2024, Daniel *et al*, 2024).

Em relação às aplicações para fins alimentares, a utilização do mel estende-se em uma ampla gama de possibilidades, desde o consumo *in natura* até a utilização no preparo de alimentos submetidos a variados processos, tais como cocção,

fermentação ou frituras, havendo tipos de mel mais apropriados para cada modo específico de consumo, como sugerido por Garcia-Cruz *et al* (1999).

Tratando-se especificamente da utilização do mel para fins de produção de hidromel, deve-se levar em consideração aspectos típicos, tais como a reduzida concentração de água, a microbiota própria e os efeitos antimicrobianos das enzimas e outros componentes, razão pela qual torna-se necessário dedicar especial atenção à correta seleção desse ingrediente essencial para o processo de fermentação.

3.1.2. Leveduras

As leveduras são definidas como organismos unicelulares, pertencentes ao reino *Fungi*, e compreendem literalmente mais de dez mil diferentes espécies. Sua utilização pelo ser humano, assim como o mel, remonta a tempos pré-históricos. Segundo Nicholas Money (2018), há registros de que a civilização suméria já observava os efeitos da fermentação há seis mil anos, antes mesmo que se compreendessem as cinéticas biológicas associadas ao processo – razão pela qual atribuíam o fenômeno à ação divina da deusa Ninkasi. Segundo esse autor, a invenção do microscópio no decorrer do Século XVII permitiu o desdobramento de novos horizontes na ciência, de modo que ainda em 1680 já houvesse registros de observação das leveduras em amostras de cervejas, embora, nesse momento, sequer fossem identificadas como organismos vivos. Com o decorrer do tempo, aperfeiçoamentos técnicos dos aparelhos e a melhor compreensão dos processos químicos e bioquímicos propiciaram o entendimento do papel fundamental das leveduras na fermentação de bebidas alcólicas.

Uma das leveduras mais utilizadas na fermentação e produção de bebidas, tanto em caráter artesanal quanto em escala industrial, é a *Saccharomyces cerevisiae*. Essa levedura é freqüentemente empregada devido a características como alta disponibilidade, custo reduzido e facilidade de obtenção, sendo assim “a mais indicada para a elaboração do hidromel, apresentando os maiores valores de rendimento e eficiência na conversão dos açúcares em álcool” (Fernandes, Locatelli e Scartazzini, 2009).

A *S. cerevisiae* forma produtos de significativo valor nutritivo, razão pela qual figura entre as leveduras mais utilizadas na indústria de fermentação alimentícia e de bebidas (Del Rio, 2004). Como informação complementar, é interessante destacar que

estudos recentes têm se dedicado a analisar a viabilidade e a eficiência da *Saccharomyces cerevisiae* em áreas distintas da aplicação alimentar humana. Os exemplos incluem, dentre outros, pesquisas sobre a utilização da *S. cerevisiae* na bioabsorção de metais pesados (Del Rio, 2004) e na otimização de dietas baseadas em grãos para ruminantes em confinamento (Díaz, 2017).

A respeito do uso de leveduras na produção de bebidas para consumo humano, a *Saccharomyces cerevisiae* é citada com uma das mais comumente utilizadas, devido a características como alta disponibilidade e relação custo benefício favorável. Pereira (2008) destaca ainda que essas leveduras não têm sua atuação inibida pela sacarose – fato extremamente relevante, uma vez que a presença desse dissacarídeo no mel pode indicar justamente a ação incompleta da enzima invertase na produção de frutose e glicose.

Complementarmente estudos sugerem que determinadas condições tem potencial de afetar negativamente o processo de fermentação, tais como atrasos no ciclo fermentativo ou até mesmo a produção de sabores e aromas indesejados (Pereira, 2008). Por esse motivo, a seleção apropriada de cepas de leveduras de boa qualidade representa um aspecto de destacada relevância para a produção de hidromel (Souza, 2022; Gupta e Sharma, 2009).

3.1.3. Outros insumos

A composição básica do hidromel – água, mel e leveduras – pode ocasionalmente ser acrescida de outros insumos, com os mais variados objetivos, quer funcionais, quer sensoriais.

Dentre os objetivos funcionais, destacam-se a adição de sais inorgânicos, ácidos e outros compostos químicos, com a finalidade de otimizar os processos químicos associados à atuação das leveduras na fermentação, bem como prevenir o surgimento de bactérias e outros subprodutos indesejados:

Sucos de frutas, sais e ácidos têm sido usados como aditivos para estimular a fermentação e melhorar o sabor [...]. O mel, embora contenha açúcares fermentáveis, é deficiente em nitrogênio, minerais e fatores de crescimento que estimulem a reprodução das leveduras e a fermentação. Esses problemas podem ser solucionados pela adição de fosfato diamônio e de bitartrato de potássio. Para ajustar a acidez, ácido tartárico ou ácido cítrico são adicionados [...] Para prevenir o crescimento de bactérias lácteas, anidrido sulfuroso ou metabissulfito de potássio podem ser adicionados. (Gupta e Sharma, 2009, p. 347, tradução nossa).

Em relação aos objetivos sensoriais, a adição de ingredientes como sucos de

frutas e extratos de especiarias e ervas tem como finalidade tanto a fixação de odores e aromas específicos quanto a “cobertura” de sabores característicos indesejados, como apontam Fernandes, Locatelli e Scartazzini (2009). Segundo Piatz (2014), essa técnica produz variedades do hidromel com classificações próprias, tais como melomel (adição de frutas), *pymment* (adição de uvas), *hippocras* (adição de pimentas), *braggot* (adição de malte), *cyser* (adição de maçã) ou *metheglyn* (adição de especiarias).

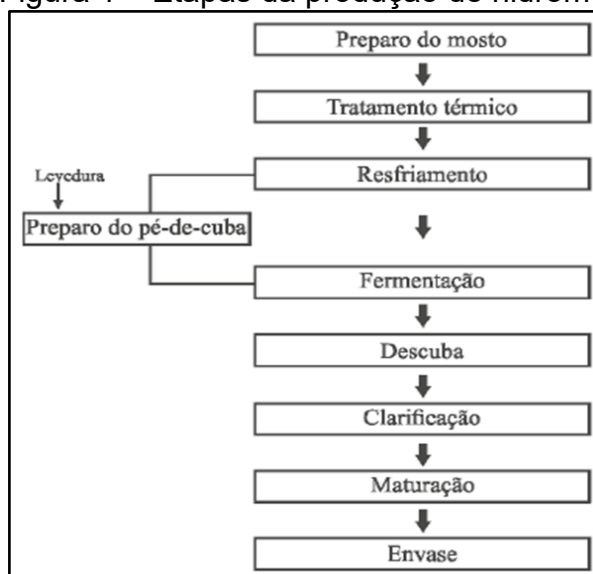
Tratando especificamente desta variedade, a adição de especiarias para a produção de *metheglyn* tem ainda como alegada finalidade a de inculir no produto final efeitos medicinais ou terapêuticos. Laura Angotti (2021, p. 17) destaca que a nomenclatura da bebida tem origem etimológica nas palavras célticas *meddyg* (“doutor”) e *lynn* (“bebida”), sendo classificada como uma beberagem medicinal mencionada em manuscritos gregos de posse da Sociedade Médica de Londres.

3.2. HIDROMEL

Tendo apresentado os ingredientes que compõem a bebida, é pertinente fazer um breve esclarecimento dos processos envolvidos na produção, bem como os parâmetros legais e físico-químicos de caracterização do hidromel.

De acordo com Schwarz (2018), a produção de hidromel é constituída basicamente por quatro etapas, a saber: preparação do mosto, fermentação alcoólica, estabilização e engarrafamento. Não obstante, etapas complementares podem ser descritas ou incorporadas ao processo de produção, visando a fins específicos, tais como a compartimentação e a análise de subprocessos. A Figura 1 abaixo, por exemplo, apresenta o fluxograma de produção utilizado em estudo sobre o acompanhamento do processo fermentativo de hidromel utilizando-se dois diferentes tipos de leveduras:

Figura 1 – Etapas da produção de hidromel



Fonte: Almeida, Oliveira e Silva, 2021

Uma das etapas iniciais na produção do hidromel consiste na preparação do mosto, isto é, na diluição do mel em água, até que seja atingida a concentração desejada. Embora a legislação brasileira não estabeleça valores limites para a concentração de sólidos solúveis (Oliveira *et al*, 2023), e práticas empíricas de produção dificultem a padronização dos produtos (Pereira, 2008), a literatura especializada sugere como ideais mostos com concentração variando entre 20°Bx e 23°Bx¹, podendo eventualmente atingir até 30°Bx. (Schwarz, 2018; Braga, 2024). A etapa de preparação do mosto pode requerer subprocessos como ajuste da acidez, por meio da adição de ácidos (cítrico, málico ou tartárico), a fim de obter o equilíbrio adequado, e o tratamento térmico (pasteurização), com a finalidade de eliminar eventuais microrganismos contaminantes.

O passo seguinte consiste na adição das leveduras ao mosto, visando a permitir o processo de fermentação, durante o qual os monossacarídeos presentes na mistura serão convertidos em etanol e dióxido de carbono (Fernandes, Locatelli e Scartazzini, 2009). Trata-se de uma etapa que requer um minucioso acompanhamento, haja vista que condições inadequadas tem potencial de prejudicar a ação das leveduras. Tais condições, normalmente denominadas como *stress*, podem eventualmente superar a resposta adaptativa das leveduras, retardando ou mesmo impedindo o processo fermentativo. Teresa Gomes (2010) sintetiza os problemas relacionados à fermentação:

¹ Brix é unidade de medição de sólidos solúveis (geralmente açúcares) em um líquido. Um grau Brix (°Bx) corresponde a um grama de sólidos a cada 100 gramas de líquidos.

Os atrasos e amuos nas fermentações, bem como a produção de *flavours* indesejados, são alguns dos problemas encontrados na produção de hidromel, normalmente associados com a incapacidade de resposta das leveduras para se adaptar às condições de *stress* desfavoráveis ao seu crescimento (Attfield, 1997; Bisson, 1999), causando efeitos negativos na comercialização do produto. Uma condição de *stress* é qualquer factor ambiental que possa exercer um efeito adverso no crescimento celular (Ivorra *et al.*, 1999). Alguns dos possíveis factores de *stress* são o choque térmico (calor ou frio), as limitações de nutrientes essenciais, o *stress* osmótico, o *stress* oxidativo, a privação de azoto e a toxicidade ao etanol. (Gomes, 2010, p. 16)

A estabilização representa, efetivamente, o encerramento do processo fermentativo, momento em que a taxa de variação dos sólidos solúveis atinge níveis reduzidos. A partir de então, sucessivos processos de remoção de borras e partículas, tais como decantação e filtração de elementos em suspensão, visam a eliminar possíveis fontes de contaminação e/ou produção de compostos com efeitos sensoriais indesejados (Matsuo e Steffen, 2018).

Uma vez eliminados os resíduos indesejados, o produto, devidamente transposto para outros recipientes, em processo conhecido como trasfega ou transvase, deve ser submetido à necessária maturação. A depender desse intervalo, novos depósitos de borra podem se formar, razão pela qual novos transvases podem ser necessários, até que o hidromel esteja pronto para o envase final (Matsuo e Steffen, 2018).

4. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Para a realização desse experimento a preparação do hidromel focou nas principais fases da fermentação do hidromel.

4.1. PREPARAÇÃO DO MOSTO

Como medida prévia à adição dos materiais, foi procedida a necessária sanitização de vidrarias e demais equipamentos, utilizando-se solução de álcool a 70%. Para o experimento a ser realizado, foram preparados cinco recipientes de vidro, com capacidade de 4,5 litros cada. Os recipientes de fermentação foram vedados com tampas adaptadas, munidas de válvulas de Müller, dispositivos também conhecidos por airlocks. Estes dispositivos foram empregados com a finalidade de permitir a saída do dióxido de carbono (CO_2) gerado durante o processo, aliviando a pressão interna e, simultaneamente, prevenindo a entrada de oxigênio e a contaminação do mosto por microrganismos exógenos.

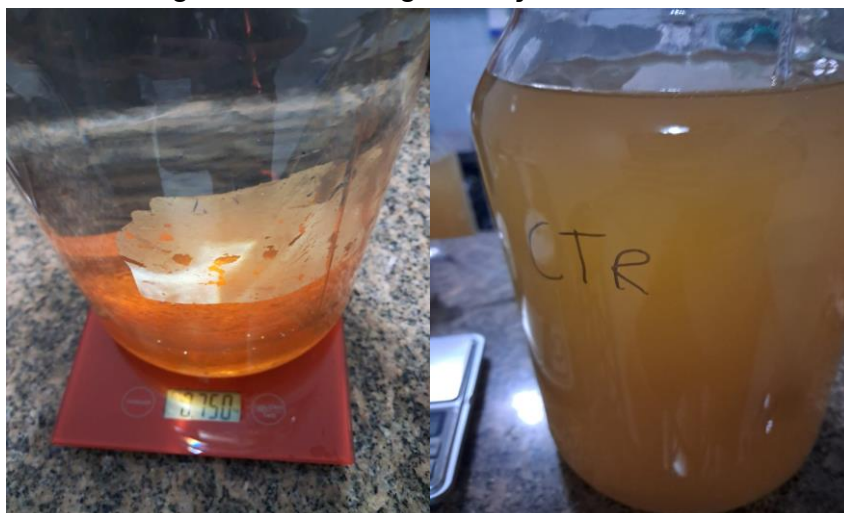
Visando a garantir a uniformidade e a reprodutibilidade do experimento, todos os cinco mostos foram preparados utilizando mel de mesma marca e lote, assegurando que o substrato inicial fosse idêntico para todos os tratamentos.

A adição dos insumos de mel e água foi realizada diretamente nos vidros de fermentação, na proporção de três partes de água e uma parte de mel, totalizando 2,25 Kg de água e 0,75 Kg de mel.

A formulação do mosto foi realizada por gravimetria. Em um recipiente adequado, mensurou-se uma massa de 2,25 kg de água; subsequentemente, a balança foi tarada, permitindo a adição precisa de 0,75 kg de mel.

Todas as misturas foram realizadas manualmente, a frio, até a obtenção da homogeneização total. A Fotografia 1 apresenta o aspecto das misturas antes e depois da homogeneização.

Fotografia 1 – Homogeneização do mosto



Fonte: Autor (2025)

4.2. INOCULAÇÃO DAS LEVEDURAS

Uma vez concluída a preparação do mosto, foi procedida a adição do fermento, etapa denominada como inoculação das leveduras. Para o experimento em questão, foi utilizada a levedura *Saccharomyces cerevisiae* da marca *Red Star*, estilo *Côte des Blancs*. O método de adição selecionado foi o de inoculação direta, conhecida como *dry pitching*, no qual as leveduras são despejadas sobre o mosto sem prévia hidratação. A levedura foi inoculada ao mosto logo após a homogeneização de cada mosto, e após isso os vidros já foram fechados.

Considerando-se o objetivo geral do experimento, de realizar um estudo comparativo de diferentes quantidades de leveduras para o mesmo volume de mosto, foi utilizada a proporção estabelecida pelo fabricante, de 0,025% de levedura para a preparação da mistura a ser mantida como controle. Para os demais recipientes, a adição de levedura à mistura teve acréscimos e decréscimos de 15% e 30% em relação ao valor inicial.

Em termos objetivos, isso representou a adição de 0,75 gramas de levedura aos 3 Kg de mosto no recipiente de controle, e esse recipiente foi identificado com a sigla CTR. Para os recipientes seguintes, a adição de fermento com valores reduzidos representou, respectivamente, a inoculação de 0,86 g relativas ao aumento de 15% e 0,98 g para o aumento de 30%. Da mesma forma, nos recipientes com adição reduzida de leveduras, os valores foram de 0,64 g e 0,53 g, e todos os recipientes foram identificados de acordo com a quantidade de fermento inicialmente adicionada à mistura.

4.3. PERÍODO DE FERMENTAÇÃO

Após inoculadas as leveduras no mosto, todos os vidros de fermentação foram fechados e acoplados às *airlocks*.

Fotografia 2 – Adaptação da tampa do vidro de fermentação



Fonte: Autor (2025)

O período de fermentação prolongou-se por trinta dias, durante os quais os recipientes foram mantidos em local seco e abrigado da incidência de luz. A fim de reduzir fatores intervenientes sobre o estudo em tela, todos os vidros foram mantidos nas mesmas condições de temperatura e umidade.

4.4 DESCUBA E ENVASE

Concluída a etapa de fermentação, os recipientes foram mantidos em repouso para permitir a sedimentação da biomassa de leveduras e outros sólidos, formando a "borra" no fundo dos fermentadores.

Iniciou-se, então, o processo de descuba, que consistiu na separação do hidromel clarificado (líquido sobrenadante) do sedimento. Esta operação foi realizada individualmente para cada produto da fermentação, utilizando-se um sifão para a transferência do líquido, com o cuidado de minimizar a perturbação e a ressuspensão da borra.

Para garantir a integridade do delineamento experimental e a rastreabilidade das amostras, o hidromel de cada tratamento foi engarrafado de forma independente e imediata. As amostras de cada fermentador (Controle, Aumentado/Diminuído $\pm 15\%$, etc.) foram acondicionadas em seus respectivos lotes de garrafas, que foram vedadas e devidamente rotuladas para as análises subsequentes.

4.5 PASTEURIZAÇÃO

Concluídas as etapas de fermentação, o hidromel foi submetido ao processo de pasteurização. O produto foi aquecido e mantido na temperatura de 65°C por um período de 30 minutos. Este tratamento térmico teve como objetivo a inativação de leveduras residuais e microrganismos deteriorantes, assegurando assim o fim da atividade fermentativa e a estabilidade microbiológica da bebida durante o armazenamento.

Fotografia 3 – Termocirculador em operação



Fonte: Autor (2025)

O processo foi realizado com um termocirculador acoplado a um reservatório e todas as garrafas do produto foram pasteurizadas ao mesmo tempo para garantir uniformidade do processo.

4.6 MÉTODOS DE ANÁLISE

As análises físico-químicas foram conduzidas utilizando instrumentação analítica de precisão. Para a determinação de sólidos solúveis, utilizou-se um refratômetro digital, modelo DR301-95, da marca Krüss. A verificação da acidez foi realizada através de um pHmetro digital de bancada, previamente calibrado com soluções tampão.

Para a etapa de destilação e densimetria, empregou-se um sistema de destilação simples acoplado a uma manta de aquecimento com controle de temperatura. A volumetria das amostras foi padronizada utilizando-se balões volumétricos de 100 mL, e a determinação da massa específica dos destilados foi realizada com auxílio de um picnômetro de vidro de 50 mL.

5. RESULTADOS

A avaliação do impacto da variação da massa do inóculo no produto final foi realizada por meio da análise de quatro parâmetros físico-químicos centrais. Os indicadores selecionados foram:

1. Teor de Sólidos Solúveis Totais (°Brix);
2. Acidez (Potencial Hidrogeniônico - pH);
3. Estimativa de Teor Alcoólico (% v/v).
4. Teor Alcoólico Real (% v/v).

5.1. AVALIAÇÃO DA DENSIDADE

A estimativa do teor alcoólico (% v/v) foi determinada indiretamente, baseando-se na variação da densidade do mosto (atenuação). As medições de densidade (g/mL) foram realizadas utilizando um densímetro de imersão. Foram aferidos os valores de Densidade Original, referente ao mosto pré-fermentação, e de Densidade Final, referente ao hidromel ao término do processo.

A Densidade Original foi aferida no mosto controle, registrando-se o valor de 1,080 g/mL. Este valor foi adotado como ponto inicial padrão para todos os tratamentos, visto que foram formulados com idêntica composição. As Densidades Finais, aferidas individualmente em cada tratamento, foram as seguintes.

Tabela 3 – Valores de densidade inicial e final

Amostra	Densidade Inicial (g/mL)	Densidade Final (g/mL)
Diminuído -30%	1,080	1,025
Diminuído -15%	1,080	1,010
Controle (CTR)	1,080	1,020
Aumentado +15%	1,080	1,019
Aumentado +30%	1,080	1,024

Fonte: Autor (2025)

5.2. Verificação do pH

A aferição da acidez foi realizada a partir do potencial hidrogeniônico (pH), foi conduzida utilizando-se um medidor de pH (pHmetro) previamente calibrado. Para a determinação do valor inicial (T0) foi analisado o mosto do tratamento controle antes da inoculação, registrando-se pH de 4,25.

Este valor foi adotado como o ponto de partida representativo para todos os tratamentos, em virtude da padronização metodológica na preparação dos mostos (mesmas massas de água e mel de mesmo lote).

Ao término do processo fermentativo, o pH foi aferido individualmente em cada tratamento. Os valores obtidos demonstram valores menores de pH em relação ao mosto antes do processo de fermentação, conforme segue:

Tabela 4 – Valor de pH final

Amostra	pH Final (Dia 30)
Diminuído -30%	2,84
Diminuído -15%	3,06
Controle	2,98
Aumentado +15%	2,95
Aumentado +30%	3,02

Fonte: Autor (2025)

5.3. VERIFICAÇÃO DO TEOR DE GRAU BRUX

A aferição do teor de sólidos solúveis totais, expressa em graus Brix (°Bx), foi realizada por meio de refratometria. Para a determinação do valor inicial, foi analisado o mosto do tratamento controle antes da inoculação da levedura, registrando-se 20,7°Bx. Este valor foi adotado como o ponto inicial representativo para todos os tratamentos, uma vez que todos os mostos foram preparados individualmente, mas sob condições padronizadas, utilizando massas idênticas de água e mel, provenientes do mesmo lote e marca.

Ao término do processo fermentativo, o °Bx final (Tf) foi mensurado individualmente para cada tratamento, obtendo-se os seguintes valores:

Tabela 5 – Valor de grau Brix

Amostra	Brix Final (°Bx)
Diminuído -30%	13,3
Diminuído -15%	10,7
Controle	13,1
Aumentado +15%	12,8
Aumentado +30%	12,8

Fonte: Autor (2025)

5.4 ANÁLISE DO TEOR ALCOÓLICO (MÉTODO DE DESTILAÇÃO)

A quantificação exata do teor alcoólico foi realizada através do método de destilação simples, visando separar o etanol e água das demais substâncias presentes no mosto (extrato) que interferem na leitura direta da densidade.

Para cada tratamento, uma alíquota de 100 mL de hidromel foi medida em balão volumétrico e transferida para o balão de destilação. O processo foi conduzido até a obtenção de aproximadamente 80% do volume inicial no frasco coletor. Posteriormente, o destilado foi restituído ao volume original de 100 mL com água destilada, obtendo-se uma solução hidroalcoólica pura.

A determinação da densidade desta solução foi realizada pelo método do picnômetro. Utilizou-se um picnômetro de vidro previamente calibrado com água destilada para aferir a massa do destilado a 20°C. As pesagens foram realizadas em balança analítica de precisão.

Para a conversão da densidade (g/ml) em teor alcoólico volumétrico (%v/v), utilizou-se como referência a Tabela Alcoométrica Internacional (baseada na recomendação). Visto que os valores de densidade obtidos experimentalmente se situavam entre os pontos tabelados inteiros, o teor alcoólico final foi determinado através de interpolação linear entre os valores de referência da tabela Internacional de Alcoometria (International Organisation of Legal Metrology², 1973) para a temperatura de 20°C.

² International Organisation of Legal Metrology Ou Organização Internacional de Metrologia Legal é uma organização voltada para desenvolver normas, documentações e recomendações para Instrumentos metrológicos

Os valores de densidade obtidos para os destilados e os respectivos teores alcoólicos reais calculados estão apresentados na Tabela 6

Tabela 6 – Valor de Teor Alcoólico real

Amostra	Densidade do Destilado (20°C)	Teor Alcoólico (% v/v)
Diminuído -30%	0,9863	6,96%
Diminuído -15%	0,9828	9,33%
Controle (CTR)	0,9861	7,09%
Aumentado +15%	0,9857	7,36%
Aumentado +30%	0,9865	6,83%

Fonte: O Autor (2025)

6. DISCUSSÃO

A partir dos dados obtidos e apresentados na seção anterior, é possível estabelecer uma análise crítica sobre o comportamento da levedura *Saccharomyces cerevisiae* (estilo *Côte des Blancs*) frente às diferentes taxas de inoculação em um mosto de hidromel sem suplementação nutricional.

A análise conjunta dos parâmetros de densidade (Tabela 3), pH (Tabela 4), Grau Brix (Tabela 5) e Teor Alcoólico Real (Tabela 6) revela um cenário não linear, refutando a hipótese inicial de que uma maior massa de fermento resultaria, necessariamente, em uma fermentação mais vigorosa ou completa.

6.1. ANÁLISE DA ATENUAÇÃO E CONSUMO DE AÇÚCARES

A atenuação, compreendida como a conversão de açúcares em álcool e CO₂, foi avaliada por três métodos distintos: densimetria, refratometria e destilação simples. Observou-se uma correlação direta e consistente entre os resultados de todas as medições.

O tratamento Diminuído -15% (0,64 g de inóculo) apresentou o desempenho fermentativo superior entre todas as amostras, atingindo a menor densidade final (1,010 g/mL) e o menor teor de sólidos solúveis (10,7 °Bx). Este dado indica um consumo de açúcares significativamente maior em comparação aos demais tratamentos, sugerindo que, para as condições específicas deste mosto (mel silvestre, sem nutrientes exógenos), esta proporção de inóculo aproximou-se do ponto ótimo de eficiência.

Em contrapartida, os tratamentos com maiores taxas de inoculação (Aumentados +15% e +30%) não resultaram em maior atenuação. Pelo contrário, estacionaram em densidades finais superiores (1,019 g/mL e 1,024 g/mL, respectivamente), indicando uma fermentação incompleta ou interrompida precocemente. O mesmo fenômeno de baixa atenuação foi observado no extremo oposto, na amostra Diminuída -30%, que apresentou a maior densidade final (1,025 g/mL).

6.2. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO pH

A variação do pH final também apresentou resultados que corroboram a complexidade do processo. Embora todas as amostras tenham partido de um pH

inicial de 4,25 e sofrido acidificação (comum à produção de ácidos orgânicos pela levedura), a intensidade dessa acidificação variou.

Observou-se que a amostra com maior eficiência fermentativa (Diminuído -15%) resultou no pH final mais elevado (3,06), ou seja, sofreu menor acidificação relativa. Inversamente, a amostra com menor eficiência fermentativa (Diminuído -30%) apresentou o pH final mais baixo (2,84).

Este comportamento sugere que o estresse celular ou a lise de leveduras em condições subótimas pode ter contribuído para uma alteração no perfil de acidez, embora análises mais aprofundadas dos ácidos orgânicos específicos fossem necessárias para determinar a causa exata.

6.3. ANÁLISE DO TEOR ALCOÓLICO REAL (DESTILAÇÃO)

A determinação do teor alcoólico via destilação e picnometria, conforme apresentado na Tabela 6, conferiu precisão analítica ao estudo. Este método corrigiu as estimativas indiretas obtidas anteriormente e permitiu isolar o etanol dos sólidos solúveis residuais para uma avaliação definitiva da eficiência fermentativa.

A interpretação destes resultados permite destacar três fenômenos centrais que caracterizam a cinética desta fermentação:

- a excepcionalidade da amostra -15%. O tratamento com redução de 15% na massa de inóculo (Diminuído -15%) apresentou uma eficiência muito superior às demais condições, atingindo um teor alcoólico de 9,33% v/v. Este resultado representa um incremento de mais de 2% de álcool em relação à média dos outros tratamentos (que ficaram em torno de 7%). Isso sugere que, nesta proporção específica, atingiu-se um ponto de equilíbrio ideal (sinergia) entre a biomassa inicial de leveduras e a disponibilidade de nutrientes do mel.

- a estabilidade do sistema basal. Observa-se que as amostras Controle, -30% e +15% convergiram para resultados muito próximos, situados em uma faixa estreita entre 6,96% e 7,36% v/v. Este dado demonstra que o sistema possui uma estabilidade intrínseca: pequenas variações na inoculação (para mais ou para menos), quando fora do ponto ótimo, não resultam em ganhos ou perdas drásticas de eficiência, mantendo-se em um patamar médio de produção.

- a Ineficiência por excesso de inóculo. A amostra com a maior carga de levedura (Aumentado +30%) apresentou o menor rendimento alcoólico do grupo

(6,83%), inferior inclusive à amostra com déficit de levedura. Este resultado corrobora a hipótese de estresse nutricional levantada na seção 6.3: a superpopulação inicial de leveduras, em um ambiente sem suplementação de nitrogênio, exauriu os recursos precocemente, levando à interrupção da fermentação antes que todo o açúcar pudesse ser convertido.

Não obstante a utilização de um densímetro, método relativamente preciso para a aferição da densidade do produto final no presente experimento, é necessário ter em mente que o objetivo do trabalho está relacionado com a produção caseira de hidromel. Isso posto, é pertinente destacar que os valores encontrados são consistentes com métodos empíricos normalmente utilizados na produção artesanal, como a fórmula citada por Piatz (2014), relacionada à multiplicação da diferença entre as densidades originais e finais por um fator de correção

$$ABV = (D_i - D_f) * 131,2 \quad (1)$$

Onde “ABV” é o teor alcoólico estimado, “Di” e “Df” são respectivamente as densidades original e final da fermentação.

Para corroborar a aplicabilidade do método de estimativa densimétrica no contexto de produção artesanal, a Tabela 7 estabelece um comparativo entre os valores calculados pela fórmula padrão e o teor alcoólico real obtido via destilação analítica.

Tabela 7 – Comparativo entre teor alcoólico estimado e real

Amostra	Álcool Estimado (% v/v)	Álcool Real (% v/v)
Diminuído -30%	7,22%	6,96%
Diminuído -15%	9,19%	9,33%
Controle (CTR)	7,88%	7,09%
Aumentado +15%	8,01%	7,36%
Aumentado +30%	7,35%	6,83%

Fonte: Autor (2025)

6.4. HIPÓTESE DA LIMITAÇÃO NUTRICIONAL

Os resultados obtidos permitem levantar uma hipótese central para este trabalho: em fermentações caseiras de hidromel onde não há correção de nutrientes Nitrogênio Assimilável Livre – (FAN)³, a disponibilidade nutricional torna-se o fator limitante predominante, sobrepondo-se à massa de inóculo.

Considerando que todos os mostos foram preparados com o mesmo lote de mel, mesma fonte de água, a oferta de nutrientes foi idêntica para todos. No entanto, a demanda por esses nutrientes variou de acordo com a biomassa inicial de leveduras:

- nos tratamentos com inoculações Aumentadas (+15% e +30%): a grande população inicial de leveduras provavelmente gerou uma competição severa e imediata pelos escassos recursos nutricionais do mel. Isso pode ter levado ao esgotamento rápido do nitrogênio disponível, causando estresse metabólico e a paralisação precoce da fermentação refletida nos altos valores de densidade final;

- no tratamento com inoculação Diminuída (-30%): a biomassa inicial pode ter sido insuficiente para vencer a pressão osmótica inicial e colonizar o mosto de forma eficaz antes que outros fatores de inibição atuassem;

- no tratamento com inoculação Diminuída (-15%): observou-se um equilíbrio. A quantidade de levedura foi suficiente para iniciar a fermentação vigorosa, mas não excessiva a ponto de esgotar os nutrientes antes do tempo, permitindo uma atividade metabólica mais prolongada e uma maior conversão de açúcares;

Portanto, infere-se que o "Ponto Ótimo" de inoculação para hidromel caseiro sem aditivos não é "quanto mais, melhor", mas sim uma quantidade que respeite a capacidade de suporte nutricional do mel utilizado.

³ Fan do termo original Free amino nitrogen é uma forma de nitrogênio presente em aminoácidos que Leveduras são capazes de consumir e utilizar em seu crescimento

7. CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou analisar a interferência da variação da proporção de massa de fermento no processo de fermentação caseira de hidromel. A partir da triangulação dos dados físico-químicos e da destilação final, conclui-se que:

Quanto ao teor alcoólico (Objetivo Específico a), identificou-se que a relação entre a massa de inóculo e a produção de etanol não é linear. Enquanto a maioria das taxas de inoculação resultou em um patamar médio de aproximadamente 7,0% v/v, a redução estratégica de 15% na massa de fermento (Diminuído -15%) foi capaz de elevar a produção para 9,33% v/v. Este resultado refuta a noção empírica de que "mais fermento gera mais álcool" e demonstra que a eficiência máxima pode residir em dosagens menores que as recomendadas pelos fabricantes para mostos sem suplementação.

Quanto ao consumo de açúcares e acidez (Objetivos Específicos b e c), os dados corroboraram a superioridade da amostra "-15%", que apresentou a maior atenuação (menor densidade final e menor Brix). Adicionalmente, verificou-se que a eficiência fermentativa influenciou o perfil de acidez, resultando em um pH final menos ácido (3,06) na amostra mais eficiente, sugerindo um metabolismo mais equilibrado.

Conclui-se, portanto, que em mostos de hidromel preparados exclusivamente com mel e água, a disponibilidade nutricional (especialmente nitrogênio) atua como um fator limitante crítico. O estudo comprovou a existência de um ponto de equilíbrio fino identificado neste experimento em -15% da dose padrão onde a biomassa de levedura é suficiente para conduzir uma fermentação vigorosa, mas não excessiva a ponto de exaurir os recursos nutricionais precocemente.

Para a produção artesanal e trabalhos futuros, recomenda-se a replicação deste delineamento experimental com a adição controlada de nutrientes, a fim de isolar a variável da massa de fermento e verificar se, em um ambiente nutricionalmente rico, o comportamento das taxas de inoculação mais elevadas se alteraria positivamente.

REFERÊNCIAS

ALLSOP, Karen A.; MILLER, Janette B. Honey revisited: a reappraisal of honey in pre-industrial diets. **British Journal of Nutrition**, n. 75, p. 513-520. Sidney: University of Sidney, 1996.

ALMEIDA, Jaqueline M.; OLIVEIRA, Fabíola C.; SILVA, Roselir R. Acompanhamento da fermentação na produção de hidromel com utilização de *Saccharomyces cerevisiae* e *Saccharomyces boulardii*. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 11, n. 1, p. 22-28, [s.l.]: 2021

ALVIM, Nivaldo C. O mel e suas características. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, n.3. ISSN 1679-7353. [s.l.]: 2004. Disponível em http://www.faeF.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/ktzYyE7wkOTdgp_k_2013-5-20-10-0-38.pdf. Acesso em 08 out. 2025.

ANGOTTI, Laura. 15th Century English mead: initial review of hydromel, metheglin, and melomel recipes in Wellcome MS.MSL.136. [s.l.]: 2021. Disponível em https://drive.google.com/file/d/1MPs_T8itvIGZcihENDVHyGlgwnYxl-9F/view. Acesso em 15 out. 2025.

BOGDANOV, Stefan; JURENDIC, Tomislav; SIEBER, Robert; GALLMANN, Peter. Honey for nutrition and health: a review. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 27, n. 6, p. 677-689. London: Routledge, 2008.

BRAGA, Bruna M. A. Análise cinética da fermentação da produção de hidromel com diferentes leveduras. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado). Rio Verde: IFG, 2024. Disponível em <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/4343>. Acesso em 31 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretária de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa n. 11, de 20 de outubro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do mel. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil** de 23 de outubro de 2000, Seção I, p. 16-17. Brasília: 2000.

CAMPOS, Gisélia; DELLA MODESTA, Regina C. Diferenças sensoriais entre mel floral e mel de melato. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, n. 59, p. 7-14. ISSN 1983-3813. [s.l.]: 2000.

CAMPOS, Gisélia; DELLA MODESTA, Regina C.; SILVA, T. J. P.; BAPTISTA, K. E.; GOMIDES, M. F.; GODOY, Ronel L. Classificação do mel em floral ou de melato. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 23, p. 1-5. Campinas: SBCTA, 2003. ISSN 0101-2061.

DANIEL, Rafaeli F.; ANDREAZZI, Marcia A.; CAVALIERI, Fabio L.; EMANUELLI, Isabele P.; GASPAROTTO, Francielli; BENTO, Iamara C. S. Estudo sobre as aplicações do mel nas biotecnologias da reprodução animal. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 17 Especial. [s.l.]: 2024. ISSN 2176-9168.

DANTAS, Tereza C. D.; MARACAJÁ, Patrício B.; MEDEIROS, Aline C.; MELO,

Wyara F.; DANTAS., Maria F. D.; GOMES, Michael M. A.; ARRUDA, Amélia E. P.; GOMES, Matheus F. A.; SANTOS, Sângela M. P. Produtores apícolas e seu uso crescente na atualidade. **Journal of Agroindustry Systems**, v. 7, n. 1, p. 225-233. [s.l.]: GVAA, 2024. ISSN 2674-7464.

DEL RIO, Danielle T. Bioabsorção de cádmio por leveduras *Saccharomyces cerevisiae*. Dissertação (mestrado). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura, 2004. Disponível em <https://repositorio.usp.br/item/001391813>. Acesso em 31 out. 2025.

DÍAZ, Tatiana G. Uso de leveduras vivas (*Saccharomyces cerevisiae*) e mananoglucosacarídeos em dietas à base de grãos para ruminantes. Tese (doutorado). Maringá: Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, 2017. Disponível em <https://pesquisa.bvsalud.org/porta1/resource/pt/vtt-206120>. Acesso em 12 out. 2025.

FERNANDES, Denise; LOCATELLI, Gabriel O.; SCARTAZZINI, Luiz S. Avaliação de diferentes estirpes da levedura *Saccharomyces cerevisiae* na produção de hidromel, utilizando méis residuais do processo de extração. *Evidência*, v.9, n. 1-2, p. 29-42. [s.l.]: 2009. Disponível em <https://periodicos.unoesc.edu.br/evidencia/article/view/1879>. Acesso em 31 out. 2025.

GARCIA-CRUZ, Crispin H.; HOFFMANN, Fernando L.; SAKANAKA, Lyssa S.; VINTURIM, Tânia M. Determinação da qualidade do mel. **Alimentos e Nutrição**, n. 10, p. 23-35. São Paulo: UNESP, 1999.

GOMES, Teresa M. C. Produção de hidromel: efeito das condições de formatação. Dissertação (mestrado). Bragança: Escola Superior Agrária / IPB, 2010. Disponível em <https://agris.fao.org/search/en/providers/125517/records/67497afd7625988a3722370>. Acesso em 31 out. 2025.

GUPTA. J.K.; SHARMA, Rajesh. Production technology and quality characteristics of mead and fruit-honey wines: a review. **Natural Product Radiance**, v.8, n. 4, p. 345-355. Himachal Pradesh: University of Horticulture and Florestry, 2009.

INTERNATIONAL ORGANISATION OF LEGAL METROLOGY. **International alcoholometric tables**. Paris: International Bureau of Legal Metrology, 1973.

MATSUO, Nilson. Y.; STEFFEN, Renato. Efeito do processo fermentativo na cinética e qualidade de hidromel. [s.l.] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

MENDES, Carolina G.; SILVA, Jean B. A.; MESQUITA, Luciene X.; MARACAJÁ, Patrício B. As análise de mel: revisão. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 2, p 7-14. Mossoró: UFERSA, 2009.

MONEY, Nicholas P. **The rise of yeast**: how the sugar fungus shaped civilization. New York: Oxford University, 2018.

OLIVEIRA, Moisés R.; MAGALHÃES, Alex U.; PEREIRA, Rúbner G.; CARVALHO,

Julio C. Desenvolvimento e determinação [de] sólidos totais (°Brix) de hidromel melomel. Anais da 15ª Jornada Científica e tecnológica / 12º Simpósio de Pós-graduação JOSIF2023. [s.l.]: IFSULDEMINAS, 2023. ISSN 2319-0124.

PEREIRA, Ana P. R. Caracterização de Mel com vista à Produção de Hidromel. Dissertação (mestrado). Bragança: IPB / Escola Superior Agrária de Bragança, 2008. Disponível em <https://bibliotecadigital.ipb.pt/entities/publication/f398b1bc-963d-402f-9f9f-943a77630769>. Acesso em 10 out. 2025.

PIATZ, Steve. **The complete guide to make mead**. Minneapolis: Voyageur Press, 2014.

SCHWARZ, Luisa V. Hidromel: suplementação nutricional, efeito de leveduras e caracterização de “moscato-pyment”. Dissertação (mestrado). Caxias do Sul: Programa de Pós-graduação em Biotecnologia da Universidade de Caxias do Sul, 2018. Disponível em <https://repositorio.uces.br/xmlui/handle/11338/4778>. Acesso em 31 out. 2025.

SOUZA, Handray F. Produção de hidromel por levedura probiótica. Dissertação (Mestrado). Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos / USP, 2022. Disponível em <https://doi.org/10.11606/D.74.2022.tde-29072022-135949>. Acesso em 15 out. 2025.