



NÁTHILA ANGELA ALVES

**AVALIAÇÃO DE ALTERAÇÕES EM MÉIS DE DIFERENTES
ORIGENS BOTÂNICAS**

**LAVRAS - MG
2021**

NÁTHILA ANGELA ALVES

**AVALIAÇÃO DE ALTERAÇÕES EM MÉIS DE DIFERENTES ORIGENS
BOTÂNICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte
das exigências do Curso de Engenharia de
Alimentos, para a obtenção do título de
Bacharel.

Profa. Dra. Fabiana Queiroz
Orientadora

Dra. Maria Cecília Evangelista Vasconcelos Schiassi
Coorientadora

LAVRAS – MG

2021

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados durante todos os anos de estudos.

Aos meus pais, Fátima e Raimundo, irmã e minha sobrinha, por me guiarem em caminhos valiosos com humildade, honestidade, fé e educação. Por depositarem em mim, toda confiança para um aprendizado e crescimento longe de casa. Meus exemplos de vida, e a base para a realização desse sonho.

Aos docentes do DCA pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso.

As orientadoras Vanessa e Fabiana por ter me despertado interesse e incentivado no início e no decorrer da pesquisa. Gratidão pela atenção, conselhos, ajuda, paciência e por ter motivado a fazer o melhor.

A coorientadora Maria Cecília, que desde o início me auxiliou na realização desse trabalho e compartilhou todo momento de descobertas e aprendizado e por todo companheirismo ao longo da pesquisa.

Aos meus colegas e amigos que dividiram o caminho comigo durante o curso de Engenharia de Alimentos. Obrigada pelo coleguismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formandos. Agradeço em especial a Bruna, Danielle, Laura e Raiane. Tenho um carinho especial por vocês!

Ao meu noivo Lázaro, pela paciência, apoio e amor em todos os momentos!

A Universidade Federal de Lavras por ter sido meu lar durante esses anos, essencial na minha formação profissional e, por representar o meu maior desafio concluído. Tenho orgulho de ser UFLA!!

E por fim, meus tios, primos, e todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, ao longo dessa trajetória.

RESUMO

O mel é um alimento natural produzido por abelhas, por meio do néctar das flores, de secreções procedentes de partes vivas das plantas ou de excreções, que as abelhas recolhem, transformam, combinam com substâncias próprias, e são armazenadas em favos da colmeia para amadurecer. No Brasil, o mel ainda pode ser elaborado pelas abelhas a partir da colheita da seiva de açúcar (méis extraflorais) que brota a partir da palha de cana após ser cortada. Encontra-se como um líquido, translúcido e viscoso e a maioria apresenta um sabor adocicado. Várias características, como coloração, aroma e principalmente as composições físico-químicas, como açúcares, vitaminas, dentre outros compostos, variam de acordo com sua origem polínica. Assim, o presente estudo teve como objetivo, avaliar o efeito da origem botânica sobre as características de méis monoflorais (assa-peixe, café, eucalipto, laranjeira e vassourinha), polifloral (silvestre), extrafloral (cana-de-açúcar) e de melato (bracatinga) durante o armazenamento. Os méis foram armazenados a 14 °C, e as análises de atividade de água, cor e absorvância, foram realizadas durante os 6 meses (T0, T30, T60, T90, T120, T150 e T180 dias) e umidade apenas no T0. Após a realização do experimento, os dados foram analisados através da análise de variância (ANOVA) utilizando o software SensoMaker v.1.91. Para os dados da cor e teor de umidade foi realizado o teste de média (Tukey, $p \geq 0,05$) e para atividade de água e absorvância, teste de regressão. Assim, foram encontrados valores significativos para os parâmetros avaliados. O teor de umidade, obteve resultados dentro do padrão, ou seja, valores abaixo de 20%, estimado pela legislação vigente brasileira. Com o decorrer da pesquisa foi possível observar alterações também na coloração das amostras, sendo o mel de cana-de-açúcar resultou em maior diferença e, com menor modificação encontrou-se o mel de vassourinha. Através das demais análises, atividade de água e absorvância, foi possível concluir que diversos parâmetros, principalmente a origem botânica são capazes de alterar características físico-químicas. O armazenamento durante 180 dias das amostras, a uma temperatura de 14 °C também foram fatores cruciais na modificação das características dos méis.

Palavras-chave: Apicultura. Méis. Cristalização. Armazenamento.

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 5 |
| 2 | OBJETIVO | 7 |
| 2.1 | Objetivo geral..... | 7 |
| 2.2 | Objetivos específicos..... | 7 |
| 3 | REFERENCIAL TEÓRICO | 8 |
| 3.1 | Mel..... | 8 |
| 3.2 | Panorama da apicultura em Minas Gerais | 9 |
| 3.3 | Produção do mel | 10 |
| 3.4 | Classificação dos méis..... | 13 |
| 3.4.1 | Méis florais | 14 |
| 3.4.2 | Méis extraflorais | 15 |
| 3.4.3 | Méis de melato..... | 15 |
| 3.5 | Cristalização..... | 16 |
| 4 | MATERIAIS E MÉTODOS | 18 |
| 4.1 | Amostras de méis | 18 |
| 4.2 | Preparo das amostras | 18 |
| 4.3 | Caracterização dos méis..... | 18 |
| 4.4 | Avaliação dos méis durante armazenamento..... | 19 |
| 4.4.1 | Análises físicas e físico-químicas | 19 |
| 4.4.2 | Análise estatística..... | 19 |
| 5 | RESULTADO E DISCUSSÃO | 20 |
| 6 | CONCLUSÃO | 26 |
| | REFERÊNCIAS | 28 |

1 INTRODUÇÃO

O mel é um produto natural, geralmente doce, de alto valor nutricional e terapêutico, porém é considerado complexo, devido às interferências que podem sofrer durante sua elaboração (EMBRAPA, 2006). Essas influências abrangem fatores extrínsecos ao processo, como condições climáticas, estágio de maturação do produto, espécie das abelhas, floração e outros fatores, como processamento e/ou armazenamento; todos podem interferir diretamente ou indiretamente na composição final (CASTRO FILHO *et al.*, 2017).

É um produto obtido por meio do néctar coletado de flores (méis florais), tais como os méis de assa-peixe (*Vernonia polysphaera*), café (*Coffea* spp.), eucalipto (*Eucalyptus* spp.), laranjeira (*Citrus sinensis*), vassourinha (*Baccharis* spp.) e silvestre; e de secreções de partes vivas de plantas ou excreções produzidas por insetos sugadores de seiva, pertencentes a ordem Rhynchota, (méis de melato), tal como o mel de bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) (ZHENG *et al.*, 2019). No Brasil, o mel ainda pode ser elaborado pelas abelhas a partir da colheita da seiva de açúcar (méis extraflorais) que brota a partir da palha de cana-de-açúcar após ser cortada, denominado mel de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) (BARTH, 2004).

De acordo com Instrução Normativa 11/2000 do Ministério da Agricultura, este produto é classificado por sua origem, podendo ser mel floral (unifloral ou monofloral e multifloral ou polifloral), extrafloral ou mel de melato. É diferenciado também segundo o procedimento de obtenção de mel do favo, sendo mel escorrido, prensado ou centrifugado. E por último, pela sua apresentação e/ou processamento (BRASIL, 2000).

Considerado um aliado na nutrição humana, pode ser usado como excelente substituto do açúcar proveniente da cana, a base de sacarose. Pode ser considerado como alimento de alta qualidade, rico em energia e inúmeras outras substâncias benéficas, como minerais, proteínas, vitaminas, flavonóides, ácidos fenólicos, e outros fitoquímicos, todos essenciais para a sociedade. Especialmente para crianças e idosos, o mel é apontado como fonte de carboidrato mais palatável e com fácil absorção (EMBRAPA, 2006).

Embora apresente diversos fatores benéficos a saúde humana, seu consumo ainda é considerado baixo, visto que há baixa divulgação de suas propriedades, e a maioria da população somente o adquire quando está com algum problema de saúde, sendo utilizado como medicamento devido suas propriedades antissépticas (CASTRO FILHO *et al.*, 2017). Com a pandemia COVID-19, a população tem buscado uma vida mais saudável, aumentando assim o consumo deste produto (FEMAP, 2020).

O néctar, fonte essencial para a produção, é constituído basicamente por água, açúcares e pequenas quantidades de aminoácidos, sais minerais, entre outras, sendo glicose, sacarose e frutose os açúcares principais e eventualmente a maltose (BERTONCELJ *et al.*, 2007). A composição do néctar, também contribui diretamente na elaboração do mel, conferindo-lhe características específicas, como a cor, aroma e sabor dos méis (CASTRO FILHO *et al.*, 2017).

Os carboidratos, açúcares simples ou monossacarídeos presente em alta quantidade nos méis, são os principais responsáveis pelas suas propriedades físico-químicas, como viscosidade, densidade, higroscopicidade e capacidade de cristalização, comumente chamada de granulação (CASTRO FILHO *et al.*, 2017). Essa granulação é um processo espontâneo, porém indesejável por afetar sua consistência, tornando menos atrativo para o consumidor e, em muitos casos, pode ocasionar em um aumento da umidade da fase líquida, permitindo o crescimento natural de bolores e leveduras (CAVIA *et al.*, 2002).

A cristalização é um fenômeno de transferência de massa que gera a formação de uma interface sólido-líquido (MARANGONI; WESDORP, 2013). Com o tempo, os açúcares tendem a cristalizar no mel em temperatura de acondicionamento ideal. Considerada um dos fatores que influenciam na cristalização, de acordo com a Embrapa (2006), temperaturas entre 10 e 18 °C favorecem a cristalização, sendo 14 °C a temperatura ótima para granulação e abaixo de 10 °C o processo é retardado pelo aumento da viscosidade, reduzindo a mobilidade dos núcleos de cristais.

Fatores como a taxa de cristalização, composição do açúcar, teor de água, grau de supersaturação, viscosidade dos méis (DETTORI *et al.*, 2018) e a temperatura de armazenamento influenciam na cristalização do mel (NURUL ZAIZULIANA *et al.*, 2017), devido ao efeito na solubilidade dos açúcares e na viscosidade do mel.

Sua coloração está relacionada de acordo com sua origem floral e demais fatores como clima, temperatura de estocagem e pasteurização (VIEIRA, 2014). Essa característica é a mais influenciada na preferência do consumidor e há uma tendência de escolha por méis de coloração mais clara. A pesquisa realizada por Vieira *et al.* (2014), mostra que méis mais escuros possuem quantidades superiores de minerais, manganês, potássio, sódio e ferro, resultando no escurecimento dos mesmos.

Portanto, avaliar a evolução da cristalização ao longo do tempo dos diferentes tipos de méis é de grande interesse para os consumidores, apicultores e indústrias, uma vez que cada tipo de mel cristaliza de maneira e períodos diferentes. Assim, este trabalho objetivou verificar o efeito da origem botânica nas características físicas e físico-químicas de méis durante o armazenamento a 14 °C por 180 dias.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Estudar o comportamento de alterações nos méis da flora nativa e exótica do estado de Minas Gerais, armazenados a 14 °C por 180 dias.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar os parâmetros físicos, cor e absorbância;
- Avaliar os parâmetros físico-químicos, teor de umidade e atividade de água.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Mel

De acordo com a legislação brasileira, o mel é uma substância doce e viscosa, desenvolvida pelas abelhas através do néctar das flores ou das secreções provindas de partes vivas de plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas que ficam sobre partes vivas de plantas, que as abelhas recolhem, transformam, combinam com substâncias próprias, e são armazenadas em favos da colmeia para amadurecer (BRASIL, 2000).

O mel é uma solução altamente concentrada com uma mistura complexa de açúcares, e composta também por uma pequena quantidade de minerais, proteínas, vitaminas, ácidos orgânicos, flavonóides, ácidos fenólicos, e outros fitoquímicos (EMBRAPA, 2006). Com isso, o mel serve como fonte de antioxidantes naturais, que são essenciais em auxiliar na redução do risco de doenças como câncer, problemas cardíacos, alterar o sistema imunológico, diferentes doenças inflamatórias, entre outras. Além disso, pode atuar quando adicionado em frutas e vegetais, prevenindo possíveis reações enzimáticas, responsável pelo deterioramento dos mesmos (BERTONCELJ *et al.*, 2007). É importante ressaltar, que o processamento, manuseio e armazenamento do mel podem influenciar diretamente em sua composição final, causando a perda de boa parte de seus compostos (EMBRAPA, 2006).

A composição dos méis depende, principalmente da origem botânica, das condições climáticas e das diversas práticas de apicultura existentes atualmente. O néctar, fonte essencial para sua produção, é constituído em maior quantidade por água, seguido dos açúcares e pequenas quantidades de outros componentes (BARTH, 1989). A composição da fonte inicial, também contribui diretamente na elaboração do mel, conferindo-lhe características específicas, como a cor, aroma ou até mesmo sabor dos méis (CASTRO FILHO *et al.*, 2017). As alterações destes componentes são indicativos de qualidade para diferenciar méis no mercado, modificando características e também o preço (BARTH, 1989).

Os sólidos presentes nos méis são representados por mais de 95% pelos carboidratos, açúcares simples ou monossacarídeos, sendo a frutose e a glicose constituintes principais (CAVIA *et al.*, 2002). Em virtude de sua composição química, é considerado como alimento de alta qualidade, sendo aliado na nutrição humana, rico em energia e inúmeras outras substâncias benéficas, essenciais para a sociedade, especialmente para crianças acima de dois anos de idade e idosos, o mel é apontado como fonte de carboidrato mais palatável e com fácil

absorção, podendo ser usado como excelente substituto do açúcar proveniente da cana-de-açúcar (EMBRAPA, 2006).

A umidade (teor de água) é outra característica importante no mel, representando o segundo componente em quantidade, variando de 16 a 18%, dependendo do clima de cada região, o tipo de floração e a época de colheita. Esse componente pode influenciar no sabor, viscosidade, fluidez e também na conservação do produto, sendo um dos indicativos para o processo de fermentação (VIEIRA *et al.*, 2014). A legislação brasileira, regulamenta valores para a umidade do mel (máximo de 20%), mas não estipula um limite para atividade de água (BRASIL, 2000).

Embora seja um alimento de altíssima qualidade, o consumo *per capita* no Brasil encontra-se entre os menores do mundo. Segundo Vidal (2020), no ano de 2017 o consumo de mel no país chegou a 0,06 Kg/pessoa/ano, ao contrário dos países como a Alemanha que chega a ser superior a 1 Kg/pessoa/ano e no principal país de destino do mel brasileiro, os Estados Unidos, o consumo gira em torno de 0,6 Kg/pessoa/ano. Devido aos dados de consumo, para os apicultores brasileiros, o mercado internacional, torna-se principal alternativa para comercializar sua produção (VIDAL, 2020).

Porém, um estudo realizado pela Federação Mineira de Apicultura (FEMAP) aponta que as vendas aumentaram em 30% desde o início da pandemia. Segundo o presidente da FEMAP e também apicultor, César Ramos Júnior, a grande procura está relacionado aos benefícios desse produto que, devido a COVID-19, as pessoas estão mais preocupadas com a saúde e tem buscado seguir uma alimentação mais saudável. Méis e também própolis entram na lista de produtos mais procurados devido ao alto potencial de combater infecções, além de aumentar a imunidade (FEMAP, 2020).

3.2 Panorama da apicultura em Minas Gerais

A apicultura é considerada uma das atividades mais antigas e importantes do mundo, exercendo alto valor ao homem através da produção do mel, própolis, cera e polén, e também na agricultura. Para sua obtenção, ocorre a desidratação e a transformação química do néctar (ARRUDA *et al.*, 2005). Portanto sua quantidade elaborada, a partir de uma determinada planta, varia com fatores que influenciam sua produção, como a concentração do néctar, proporções de seus carboidratos, quantidade de matéria-prima e até os dias em que as flores estão secretando néctar (MENEZES; MATTITTO; LOURENÇO; 2018).

No Brasil encontra-se características especiais como a flora diversificada e o clima que, aliados as abelhas presente na região, lhe conferem um alto potencial para a atividade apícola (ARRUDA *et al.*, 2005). Portanto, a alta diversidade do país, confere vantagens em relação a concorrentes, com características únicas e com grande produção, em função da maior disponibilidade de pasto apícola nativo ainda pouco explorado (PÉRICO *et al.*, 2011).

Devido ao grande potencial para sua produção no Brasil, possibilita o desenvolvimento da prática apícola o ano inteiro, ao contrário dos demais países que coletam mel uma vez ao ano (ALMEIDA FILHO *et al.*, 2011). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), o terceiro maior produtor de mel do país, encontra-se o estado de Minas Gerais e obteve uma produção de 4,9 mil toneladas no ano de 2016, ficando atrás somente dos produtores do Rio Grande do Sul e Paraná, e segundo a FAO (2019), o Brasil produziu cerca de 42,0 mil toneladas de mel, no ano de 2017, ficando na 12^a posição no *ranking* mundial. Com o aumento da procura de méis, estima-se uma previsão de aumento na produção de 6,14 mil toneladas em 2020. Esse volume corresponde a 12% da produção nacional (FEMAP, 2020).

3.3 Produção do mel

Para a produção do mel é necessário matérias-primas como o néctar proveniente da seiva do floema das plantas, oriundo de excreções de insetos sugadores de plantas e o melato de cana-de-açúcar (ABIBO *et al.*, 2020). A maior parte do mel produzido no mundo é proveniente do néctar secretado pelas glândulas das flores (CANO; ALMEIDA-MURADIAN, 2002).

O néctar é secretado das flores em glândulas denominada nectário, presentes em muitas espécies de plantas. As flores apresentam diferenças morfológicas, fisiológicas, anatômicas, como diferentes localizações do nectário, perfume, coloração, época de floração, quantidade e concentração do néctar. Para uma melhor obtenção do néctar, temperatura e umidade do ar, fertilidade, temperatura e aeração do solo, também são fatores influenciadores (CANO; ALMEIDA-MURADIAN, 2002).

A principal fonte para a produção do mel, o néctar, é uma solução aquosa com vários açúcares simples ou os monossacarídeos, constituindo de 3% a 87% do peso total e 90% a 95% da matéria final total. Também apresentar, em pequenas quantidades, compostos nitrogenados, minerais, vitaminas, pigmentos e substâncias aromáticas (ABIBO *et al.*, 2020). Devido à grande diversidade, os néctares podem ser divididos em três grupos, de acordo com a presença dos açúcares. O primeiro grupo é representado pela presença principal da sacarose na seiva do floema da planta. Já o segundo grupo contém, em quantidades equivalentes, a sacarose, glicose

e frutose. E, por fim, o terceiro grupo que possui glicose, frutose e alguma sacarose. Os dois últimos grupos tendem a conter mais frutose do que glicose, a qual influencia diretamente nas características da formação do mel (CANO; ALMEIDA-MURADIAN, 2002).

A Figura 1, representa a abelha operária, responsável por coletar a matéria-prima para a alimentação e para a produção do mel. Quando estas abelhas encontram as flores, produtoras de néctar, este é ingerido pelo aparelho bucal, passando através da faringe e do esôfago e são armazenadas na “bolsa melífera” (FIGURA 2), órgão presente antes do intestino (ABIBO *et al*, 2020). A bolsa possui o proventrículo, o qual quando contraído é responsável por impedir a passagem do néctar ao intestino. A contração ocorre apenas quando a abelha se alimenta de néctar (CANO; ALMEIDA-MURADIAN, 2002).

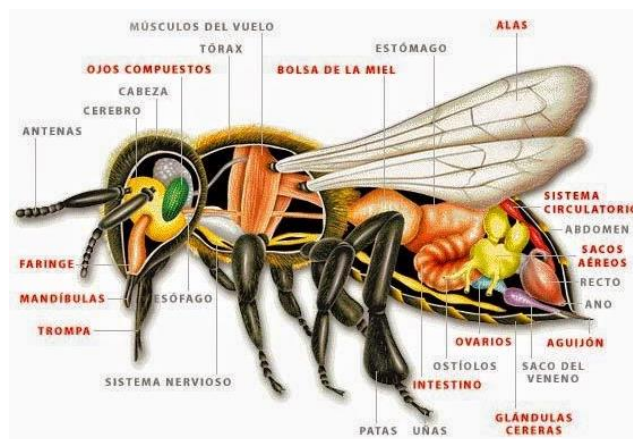
Figura1 - Abelha operária secretando o néctar.



Fonte: Google imagens (2021).

A Figura 2 mostra a anatomia de uma abelha operária, responsável pela coleta do pólen.

Figura 2 - Anatomia de uma abelha operária.



Fonte: Google imagens (2021).

O néctar presente em sua bolsa melífera é transportado até a colmeia e entregues a outras abelhas operárias. Enzimas como invertase, diástase e glicose oxidase são secretadas através das glândulas salivares das abelhas, e transforma o açúcar presente no néctar (sacarose) em glicose e frutose, desenvolvendo o mel não maturado (CANO; ALMEIDA-MURADIAN, 2002).

No próximo processo, as abelhas que ficam na colmeia trabalham com gotas do mel de modo contínuo. Assim, quando o teor de umidade chegar entre 40 e 50%, as abelhas colocam pequenas gotas do produto obtido nas paredes das células ou em camadas densas no chão das células para secarem. Nessa etapa, o mel sofre uma redução drástica do teor de água, sendo fundamental para a conservação do mesmo (CANO; ALMEIDA-MURADIAN, 2002).

Já na fase final, a maturação ficará completa quando o teor de umidade do mel chegar abaixo de 20%, completando os alvéolos e sendo selados com uma camada de cera impermeável (ABIBO *et al.*, 2020). A Figura 3, apresenta o trabalho das abelhas presentes na colmeia, para a redução da umidade.

Figura 3 - Trabalho das abelhas com o mel na colmeia.



Fonte: Google imagens (2021).

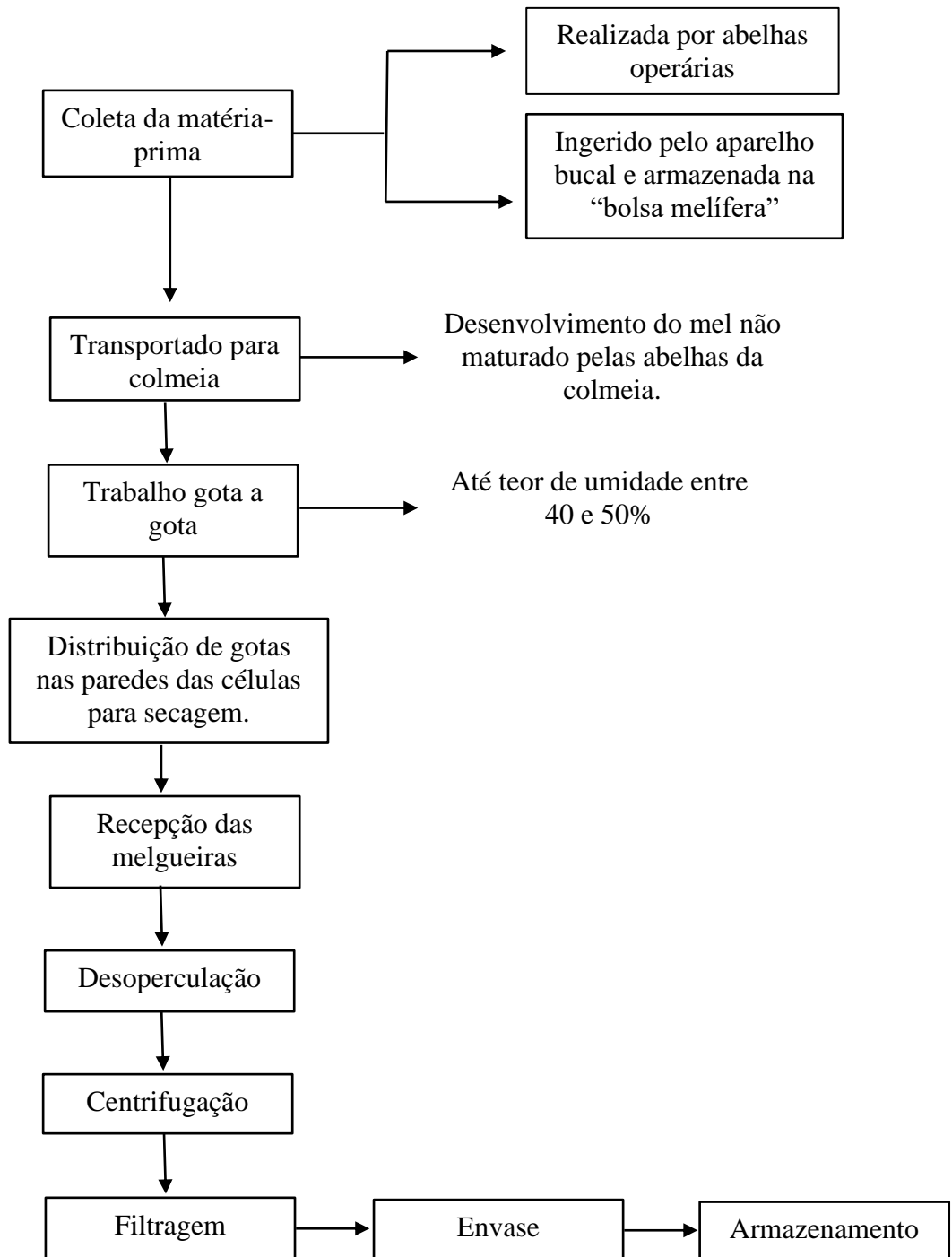
Após o teor de umidade chegar ao valor desejável, os apicultores realizam a coleta das melgueiras, que passam por uma análise técnica para verificação da qualidade e, quando aprovadas são armazenadas numa área especial para a recepção do produto. Em seguida, sofre a desoperculação, nessa fase ocorre a retirada de uma fina camada de cera que recobre os alvéolos presentes nos favos. Posteriormente, com auxílio de uma centrífuga, o mel é retirado dos favos, denominado o processo de centrifugação (ABIBO *et al.*, 2020).

Ao obter o mel, é realizado a filtração, o mesmo passa por decantadores, podendo ser manual, através das peneiras; ou automático, utilizando bombas e filtros, onde é retirado possíveis sujidades presentes no produto. Nessa fase, usa-se os decantadores devido à alta

densidade do mel, assim, as sujidades que possuem densidades menores, permanecem na parte superior dos decantadores (ABIBO *et al.*, 2020).

Para finalizar, é realizado duas etapas, o envase e o armazenamento. No envase, o mel é armazenado em embalagens aptas para alimento, adequadas para as condições previstas de armazenamentos e que confira uma proteção adequada contra a contaminação (BRASIL, 2000). Em seguida, são armazenados em ambiente específico em temperatura ambiente, até o envio para o comércio (ABIBO *et al.*, 2020). A Figura 4, apresenta resumidamente as etapas cruciais para produção do mel.

Figura 4 - Fluxograma geral do processamento do mel.



3.4 Classificação dos méis

De acordo com a Instrução Normativa 11/2000 do Ministério da Agricultura, os méis são classificados pela sua origem; o floral, obtido através do néctar das flores, podendo ser unifloral ou monofloral, quando o produto proceda da origem da mesma espécie de flores, apresentando mesma características sensoriais, físico-química e microscópicas; e multifloral ou polifloral, quando obtido a partir de diferentes origens florais. E, por fim, o mel de melato, obtido principalmente por meio de secreções das partes vivas das plantas ou através de excreções de insetos sugadores de plantas que se encontram sobre elas (BRASIL, 2000).

Os méis podem ser classificados também pelo procedimento de obtenção do mel de favo, encontrando o mel escorrido, obtido pelo escorrimento dos favos desoperculados; o mel prensado, obtido pela prensagem dos favos; e o mel centrifugado, obtido pela centrifugação dos favos (BRASIL, 2000). E por último, classificado segundo seu processamento, denominado de mel, quando se encontra em estado líquido, cristalizado ou parcialmente cristalizado; mel em favos ou em secções, quando as abelhas armazenam em células operculadas de favos novos, construídos por elas mesmas; mel com pedaços de favos; cremoso, que possui uma estrutura cristalina fina e que pode ter sofrido um processo físico; o mel filtrado, quando foi submetido a processo de filtração, sem alterar seu valor nutritivo e mel cristalizado ou granulado, quando sofre um processo natural de solidificação, como consequência da cristalização dos açúcares presentes no mesmo (BRASIL, 2000; MARIA; MOREIRA, 2003).

3.4.1 Méis florais

Os méis monoflorais ou uniflorais, originados de uma única fonte floral são considerados os mais atraentes. No Brasil, as abelhas importadas *Apis mellifera* L., ou as abelhas nativas sem ferrão as *Meliponinae*, são as responsáveis pela sua produção (BARTH, 2004). Esses méis mantêm sempre as mesmas características físico-químicas e organolépticas e, por isso, são bastante apreciados pelo comércio (MARIA; MOREIRA, 2003).

Em contrapartida, os méis poliflorais ou multifloral, oriundos do néctar de várias espécies de plantas, possuem propriedades mais diversificadas, levando em conta as espécies das abelhas, respectivas florações e também fatores climáticos. A maioria são produzidos por *Apis*, mas demais abelhas nativas também podem desenvolver (BARTH, 2004).

A caracterização do mel é feita pela análise polínica, quanto a sua origem floral, através da contagem dos conteúdos de grãos de pólen (BARTH, 2004). Geralmente, o mel é

considerado como monofloral se a frequência de grão de pólen de uma determinada planta (família/gênero) encontrado for superior a 45% (CANO; ALMEIDA-MURADIAN, 2002). Na prática, não é possível obter um produto 100% monofloral, principalmente os méis brasileiros, o qual a classificação a origem floral por essa análise é difícil, pois nossa flora apícola é bastante diversificada variando para cada região (EMBRAPA, 2006).

3.4.2 Méis extraflorais

No Brasil, o mel ainda pode ser elaborado a partir da colheita da seiva de açúcares. As abelhas tem como fonte uma substância doce da própria cana-de-açúcar que brota após os cortes nos canaviais. Denominado como melaço de cana, apresenta em sua composição carboidratos pouco diversificados e uma maior concentração de minerais, quando comparado com as demais fontes (CANO; ALMEIDA-MURADIAN, 2002).

Depara-se com um líquido, viscoso, translúcido e, maior parte apresenta sabor adocicado. Portanto, ao apresentar determinadas características os atributos como a coloração, aroma e composição físico-químicas, como açúcares, vitaminas, minerais e outros compostos, são alterados de acordo com sua origem polínica (CANO; ALMEIDA-MURADIAN, 2002).

3.4.3 Méis de melato

Este outro tipo de mel, é obtido através de excreções em forma de líquidos açucarados. Alguns insetos sugadores de plantas, pertencentes a ordem *Rhynchota*, são responsáveis por esse processo (BARTH, 1989). Eles possuem partes bucais que conseguem penetrar as superfícies das plantas, regiões inacessíveis as abelhas, e a seiva é sugada devido à alta pressão interna no local da picada. A seiva passa pelo trato digestivo e o material é excretado em forma de pequenas gotículas, em folhas, e nos brotos (CANO; ALMEIDA-MURADIAN, 2002).

Conhecido como melato, estes líquidos açucarados são coletados por outros insetos, incluindo abelhas e formigas (CANO; ALMEIDA-MURADIAN, 2002). No caso da produção do mel, as abelhas realizam a substituição do néctar pelo líquido e, posteriormente, sofrem os mesmos processos enzimáticos. Entretanto, a diferença encontra-se no produto final, ou seja, nas propriedades físico-químicas que vem a construir o mel de melato (BARTH, 1989).

3.5 Cristalização

O processo de cristalização, decorre através da formação de partículas sólidas em uma fase homogênea. Os cristais podem se desenvolver a partir da fase líquida. Nesse caso específico, qualquer solução líquida que é saturada com o soluto, encontra-se em equilíbrio termodinâmico. Contudo, o estado altera para o não equilíbrio, quando o soluto excede sua concentração de saturação desenvolvendo um sistema supersaturado, propenso a cristalização. Procedimentos para obtenção de soluções supersaturadas, inclui o resfriamento, evaporação do solvente, reação química, modificação do pH, e alterações na composição do solvente (DEORA *et al.*, 2013).

A granulação em soluções envolve duas diferentes etapas. O primeiro é a nucleação, ou seja, o nascimento de novos cristais e é um processo impulsionado pela probabilidade de seu desenvolvimento. E a segunda etapa, é determinada pelo crescimento do cristal, em que envolve a difusão e reação do volume da solução para a superfície do mesmo (DEORA *et al.*, 2013).

Cavia (2002) afirma, que mais de 95% dos sólidos em méis são representados pelos carboidratos, açúcares simples ou monossacarídeos, sendo frutose e glicose constituintes principais. Sendo esse componente o responsável pelas propriedades físico-químicas do mel e também pela capacidade de cristalização, comumente chamada de granulação (CAVIA *et al.*, 2002).

Considerado um processo natural, ocorre em todo mel puro, variando de maneira rápida ou lenta, sendo que, essa variação ocorre conforme a composição química, principalmente em relação aos teores de açúcares (frutose e glicose) e a relação entre si, a quantidade de água disponível a temperatura de armazenamento (EMBRAPA, 2006). Comparando glicose e frutose, os quais possuem em grande quantidade, a frutose é mais solúvel no mel e tende a permanecer em solução por longo tempo (CONFORTI *et al.*, 2006). Já a glicose, devido sua solubilidade relativamente mais baixa cristaliza mais rápido, portanto, a relação G/A (glicose/água) fornece maior indicação para tendência de cristalização no produto (NASSER; FRED; NIRANJAN, 2013).

A que tudo indica, em qualquer temperatura, a cristalização depende de dois fatores, primeiro da viscosidade do mel que interfere na difusividade da glicose e, segundo da solubilidade da saturação (CONFORTI *et al.*, 2006). Quando o mel é exposto a temperaturas altas, há aumento na solubilidade da glicose, provocando uma diminuição da cristalização. Em contrapartida, quando a temperatura é baixa, devido a elevada viscosidade do meio, o coeficiente de difusão da glicose cai, causando o retardamento do processo. Desse modo, a taxa

da cristalização atinge o pico em uma temperatura ideal, entre 10 e 18 °C, sendo 14 °C a temperatura ideal (EMBRAPA, 2006).

As moléculas de água presente no mel estão ligadas aos açúcares, através das pontes de hidrogênio (ZAMORA; CHIRIFE, 2006). No mel, quando em estado líquido, a glicose encontra-se ligada a cinco moléculas de água, em contrapartida, no mel cristalizado, a glicose fica ligada a apenas uma das moléculas, da qual as outras são liberadas, aumentando a atividade de água (KUROISHI *et al.*, 2012).

Entretanto, os méis são soluções supersaturadas de glicose, e o processo de cristalização ocorre espontaneamente. Quando a granulação ocorre, a concentração do soluto (glicose) na fase líquida reduz e, conseqüentemente, aumenta a atividade de água (KABBANI; SEPULCRE; WEDEKIND, 2011). Quase todos os tipos de méis vão cristalizar ao longo do tempo, porém, alguns granulam uniformemente, enquanto outros deixam uma porção líquida no topo, separado dos cristais (ZAMORA; CHIRIFE, 2006). Além disso, com o aumento da atividade de água na fase líquida, torna-se um produto vulnerável ao crescimento de bolores e leveduras que podem causar sua fermentação e, com o passar do tempo, produz modificações sensoriais e posteriormente a redução da qualidade e, por fim a degradação (KABBANI; SEPULCRE; WEDEKIND, 2011).

Outro fator indesejável, da granulação, são problemas causados durante o manuseio e o processamento. Devido à alta viscosidade e complexidade do fluido, tornando um produto mais pegajoso, máquinas que podem ser utilizadas no envase, podem não funcionar corretamente (CONFORTI *et al.*, 2006). Assim, o estudo do comportamento é investigado quanto ao prazo de validade, manuseio, embalagem e problemas no processamento. É possível expor a algum tratamento térmico, porém, quando aquecido, se torna mais líquido, e também, devido à elevada temperatura poderá degradar a qualidade do mesmo (KABBANI; SEPULCRE; WEDEKIND, 2011).

Quase todos os méis encontram-se em forma líquida, conforme armazenados no favo pelas abelhas, mas após a extração pelos apicultores, muitos deles cristalizam em semanas (ZAMORA; CHIRIFE, 2006). O processo de cristalização, é um processo indesejável e deve ocorrer de forma controlada a fim de obter um produto aceitável, devido a alteração para um mel endurecido ou cremoso. Uma vez que, afeta as propriedades da textura, tornando-o menos atrativo para o consumidor, que prefere o produto mais líquido (KABBANI; SEPULCRE; WEDEKIND, 2011).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Amostras de méis

As amostras de méis foram adquiridas em um apiário localizado na cidade de São Lourenço – Minas Gerais, Brasil.

As amostras de méis de assa-peixe (*Vernonia polysphaera*), bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham), café (*Coffea* spp.), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), eucalipto (*Eucalyptus* spp.), laranjeira (*Citrus sinensis*), silvestre e vassourinha (*Baccharis dracunculifolia* DC.). O fabricante afirmou que todas amostras de méis foram coletadas na safra de 2018, sendo, posteriormente, centrifugadas, filtradas, embaladas em tubos de polietileno transparente e armazenados em temperatura ambiente.

4.2 Preparo das amostras

Para o estudo sobre cristalização, inicialmente os méis foram aquecidos em banho-maria digital (modelo WARMS1, 3L Araucária – PR, Brasil) a uma temperatura de 40 °C por 60 minutos (KABBANI; SEPULCRE; WEDEKIND, 2011), processo importante para garantir a ausência de possíveis cristais que pudessem estar presentes nas amostras.

Posteriormente, utilizando frascos de vidro transparente com tampa (200 mL), foram armazenados 150 mL de cada amostra de mel, separadamente, para cada tempo (T0, T30, T60, T90, T120, T150 e T180 dias) e, em seguida, totalizando cinquenta e seis frascos com os méis, foram estocados a temperatura de 14 °C, em incubadora refrigerada tipo B.O.D (SOLAB, modelo SL 200/300, Piracicaba – SP, Brasil).

4.3 Caracterização dos méis

Para determinação do teor de umidade, foi utilizado o refratômetro portátil (Instrutherm, modelo RT 280, São Paulo, Brasil) (AOAC, 2012), medindo o índice de refração e convertido em teor de umidade através da tabela de referência (Chataway) e os resultados foram expressos em porcentagem.

4.4 Avaliação dos méis durante armazenamento

4.4.1 Análises físicas e físico-químicas

Para analisar a atividade de água das amostras dos méis foi utilizado o Aqualab (modelo CX2 T, Decagon Devices Inc., Pullman, USA) a temperatura $25 \pm 0,3$ °C. A cor foi identificada utilizando o colorímetro modelo (CM5, espectrofotômetro Konica Minolta – São Paulo, Brasil), avaliando os parâmetros L^* (luminosidade) varia de 100 para superfícies brancas puras a 0 para superfícies pretas puras; C^* (saturação) e h° (tonalidade). Posteriormente, as diferenças (ΔE) em cada tempo estudado em comparação ao tempo inicial (T_0), foram calculados de acordo com a Equação 1:

$$\Delta E^* = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]} \quad (1)$$

Onde L^* (luminosidade), a^* (intensidade de vermelho (+) e verde (-)) e b^* (intensidade de amarelo (+) e azul (-)).

A análise de absorvância nos méis também foi realizada para complementar a análise da coloração, em que indica a fração da energia luminosa que é absorvida e transmitida pelo material (PEREIRA, 2010). Uma alteração da intensidade na absorvância é considerada uma medida válida para complementar a análise de cor. Para realizar o experimento, utilizou o espectrofotômetro (VIS 325 – 1,000 nm, modelo Biospectro SP – 22, São Paulo, Brasil), com auxílio de uma cubeta com comprimento de 1 cm, foi medido a absorvância das amostras, à temperatura ambiente, a 660 nm, conforme metodologia de Lupano (1997).

4.4.2 Análise estatística

A caracterização dos méis (atividade de água, cor, absorvância) foram estimados durante os 6 meses (T_0 , T_{30} , T_{60} , T_{90} , T_{120} , T_{150} e T_{180} dias). O teor de umidade foi determinado no tempo zero (T_0).

Os resultados das análises dos méis foram analisados por meio da análise de variância (ANOVA) e teste de média (Tukey, $p \geq 0,05$) utilizando o software SensoMaker v.1.91. A análise foi aplicada aos dados físicos (cor e absorvância) e físico-químicos (teor de umidade e atividade de água). Sendo que atividade de água e absorvância foi realizado análise regressão.

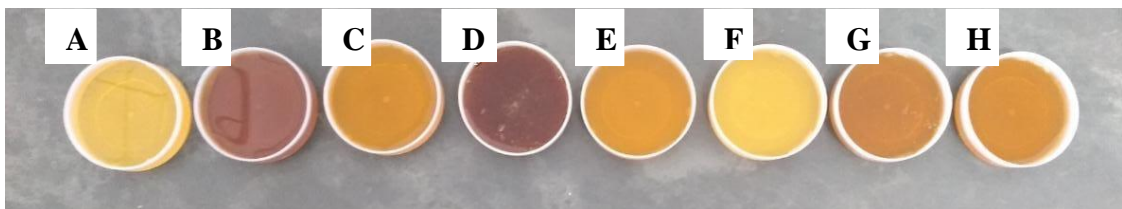
5 RESULTADO E DISCUSSÃO

Antes de apresentar os resultados, para uma melhor visualização, as Figuras 5 e 6 representam as amostras analisadas no tempo inicial e as amostras após 180 dias, respectivamente. Com as fotos tiradas no começo e no final das análises, conseguimos observar as diferenças entre a cor e a textura das mesmas.

Sabe-se que a coloração dos méis depende de diversos fatores, principalmente de sua composição química, em especial do teor de flavonoides e também do seu conteúdo em minerais (LIRA *et al.*, 2014). De maneira geral, quanto mais escuro for o mel, maior é a presença de minerais em sua composição (GRANDO *et al.*, 2018). A cor, o aroma e também o sabor do mel podem variar de acordo com sua origem botânica, espécie e idade das abelhas operárias e conforme temperatura e tempo do armazenamento (LIRA *et al.*, 2014). Por outro lado, a viscosidade, é influenciada pela composição e temperatura, sendo que o fator de maior influência é o conteúdo de água (ALMEIDA FILHO *et al.*, 2011).

A cor e também a viscosidade são as principais características que influenciam na preferência do consumidor, que na maioria das vezes, escolhe um produto pela aparência (ALMEIDA FILHO *et al.*, 2011).

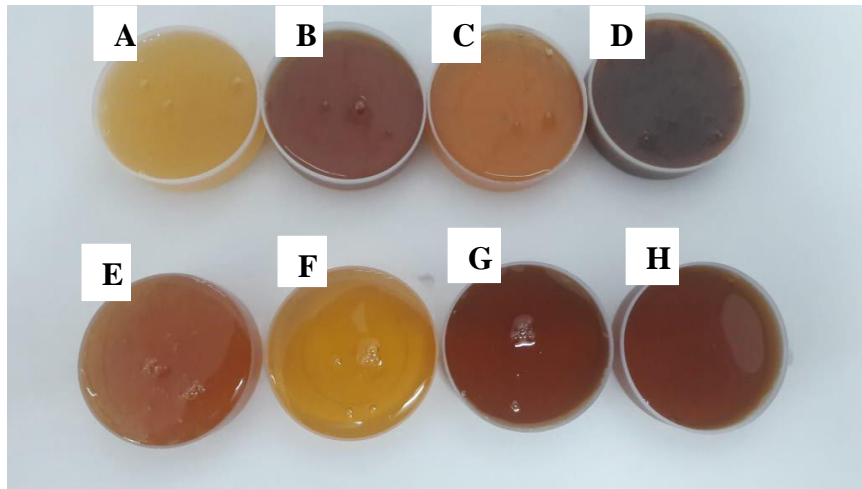
Figura 5 - Amostras dos méis no Tempo 0.



Legenda: A- Assa-Peixe; B- Bracatinga; C- Café; D- Cana-de-açúcar; E- Eucalipto; F- Laranjeira; G- Silvestre; H- Vassourinha.

Fonte: Do autor (2019).

Figura 6 - Amostras dos méis após 180 dias (T180).



Legenda: A- Assa-Peixe; B- Bracatinga; C- Café; D- Cana-de-açúcar; E- Eucalipto; F- Laranjeira; G- Silvestre; H- Vassourinha.

Fonte: Do autor (2019).

Considerado como um dos parâmetros identificadores de qualidade, preferência e aceitação entre os consumidores, a cor dos méis podem variar em função de sua origem botânica, da temperatura na colmeia, da composição química e do tempo de armazenamento (GRANDO *et al.*, 2018). Segundo a legislação brasileira, a coloração do mel pode variar de quase incolor a pardo-escuro (BRASIL, 2000). A Tabela 1 apresenta os resultados dos parâmetros de cor (L^* , C^* e h°) e a diferença (ΔE^*), em cada tempo comparado ao T0.

Tabela 1 - Análise Colorimétrica de méis de diferentes origens botânicas armazenados a 14 °C durante 180 dias.

| Parâmetros de Cor | Méis Florais | | | | | Mel Polifloral | Mel de Melato | Mel Extrafloral |
|-------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| | Assa-Peixe | Café | Eucalipto | Laranjeira | Vassourinha | Silvestre | Bracatinga | Cana-de-açúcar |
| L* | | | | | | | | |
| T0 | 13,94 ^{Eb} | 10,28 ^{Ed} | 11,51 ^{Fc} | 14,87 ^{Da} | 10,92 ^{Fed} | 7,81 ^{Ee} | 5,89 ^{Ef} | 4,78 ^{Fg} |
| T30 | 16,62 ^{Dc} | 17,46 ^{Db} | 16,33 ^{Ecd} | 19,64 ^{Ca} | 16,71 ^{Ec} | 15,61 ^{Dde} | 14,94 ^{De} | 13,03 ^{Ef} |
| T60 | 25,37 ^{Cb} | 25,50 ^{Cb} | 24,30 ^{Dc} | 26,20 ^{Ba} | 21,33 ^{De} | 23,17 ^{Ad} | 23,53 ^{Cd} | 24,40 ^{CDc} |
| T90 | 26,33 ^{Bab} | 26,07 ^{BCab} | 24,83 ^{Dbc} | 26,77 ^{Ba} | 22,57 ^{BCd} | 23,20 ^{Ac} | 24,13 ^{BCcd} | 24,70 ^{Cbc} |
| T120 | 26,80 ^{Bb} | 26,67 ^{Bb} | 27,23 ^{Bb} | 28,20 ^{Aa} | 25,57 ^{Ac} | 22,70 ^{Be} | 24,63 ^{Bd} | 23,97 ^{Dd} |
| T150 | 26,23 ^{BCb} | 26,10 ^{BCb} | 26,27 ^{Cb} | 27,33 ^{Aba} | 23,43 ^{Bc} | 21,67 ^{Cd} | 26,50 ^{Ab} | 26,67 ^{Bb} |
| T180 | 28,67 ^{Aa} | 28,73 ^{Aa} | 28,77 ^{Aa} | 26,90 ^{Abc} | 22,37 ^{Cd} | 21,30 ^{Ce} | 27,23 ^{Abc} | 27,73 ^{Ab} |
| C* | | | | | | | | |
| T0 | 5,77 ^{Dcd} | 8,12 ^{Ca} | 7,03 ^{Eb} | 7,03 ^{Fb} | 5,02 ^{De} | 6,06 ^{Ec} | 5,48 ^{Fd} | 1,49 ^{Gf} |
| T30 | 10,87 ^{Ca} | 10,61 ^{Ba} | 8,92 ^{Db} | 9,25 ^{Eab} | 5,94 ^{Cc} | 8,54 ^{Db} | 6,82 ^{Ec} | 2,81 ^{Fd} |
| T60 | 11,43 ^{Cc} | 13,71 ^{Aa} | 13,27 ^{Cab} | 12,83 ^{Db} | 11,27 ^{Bc} | 10,83 ^{Cc} | 10,83 ^{Dc} | 8,00 ^{Ed} |
| T90 | 12,44 ^{Bc} | 13,73 ^{Aab} | 13,33 ^{CBabc} | 12,90 ^{CDbc} | 11,30 ^{Bd} | 13,90 ^{Aa} | 11,07 ^{Dd} | 9,67 ^{De} |
| T120 | 12,83 ^{ABb} | 14,03 ^{Aa} | 14,43 ^{BAa} | 14,17 ^{Aa} | 13,17 ^{Ab} | 13,03 ^{Bb} | 11,80 ^{Cc} | 8,98 ^{Cd} |
| T150 | 12,67 ^{Bc} | 13,83 ^{Aab} | 13,91 ^{CBA} | 13,50 ^{Bab} | 12,67 ^{Ac} | 12,73 ^{Bc} | 13,35 ^{Bb} | 10,63 ^{Bd} |
| T180 | 13,65 ^{Ade} | 14,27 ^{Ac} | 15,20 ^{Ab} | 13,47 ^{BCe} | 12,65 ^{Af} | 12,67 ^{Bf} | 14,40 ^{Ac} | 17,70 ^{Aa} |
| h° | | | | | | | | |
| T0 | 76,30 ^{Ca} | 71,16 ^{Cb} | 69,63 ^{Bbc} | 71,91 ^{Eb} | 39,46 ^{Df} | 66,83 ^{Cc} | 58,10 ^{Ed} | 53,68 ^{Ce} |
| T30 | 77,80 ^{Ca} | 74,67 ^{BCab} | 70,30 ^{Bcd} | 73,50 ^{Ebc} | 60,47 ^{Cf} | 68,11 ^{Cde} | 57,79 ^{Ef} | 64,80 ^{Be} |
| T60 | 78,30 ^{Ca} | 77,22 ^{Aba} | 70,47 ^{Bb} | 77,30 ^{Da} | 66,80 ^{Bb} | 68,13 ^{Cb} | 67,17 ^{Db} | 65,53 ^{Bb} |
| T90 | 78,63 ^{Ca} | 79,60 ^{Aa} | 71,77 ^{Bb} | 79,63 ^{CDa} | 66,90 ^{Bc} | 68,83 ^{Cbc} | 69,03 ^{CDbc} | 70,03 ^{Bb} |
| T120 | 89,90 ^{Ba} | 79,90 ^{Abc} | 74,03 ^{Bde} | 83,93 ^{Ab} | 74,87 ^{Ad} | 76,39 ^{Ac} | 70,17 ^{BCe} | 65,87 ^{Bf} |
| T150 | 88,30 ^{Ba} | 79,60 ^{Ac} | 73,50 ^{Bde} | 82,57 ^{ABb} | 74,10 ^{Ade} | 74,80 ^{ABd} | 72,50 ^{Be} | 70,09 ^{Bf} |
| T180 | 97,36 ^{Aa} | 80,60 ^{Ac} | 80,70 ^{Ac} | 80,93 ^{BCc} | 73,63 ^{Ad} | 73,43 ^{Bd} | 77,58 ^{Ac} | 88,66 ^{Ab} |
| ΔE* | | | | | | | | |
| T30 | 5,77 ^{Dde} | 7,54 ^{Cc} | 5,17 ^{De} | 5,42 ^{Dde} | 6,15 ^{Ed} | 8,03 ^{Dbc} | 9,06 ^{Ea} | 8,37 ^{Eab} |
| T60 | 12,85 ^{Ce} | 16,18 ^{Bc} | 14,25 ^{Cd} | 12,80 ^{Ce} | 12,70 ^{De} | 16,21 ^{Bc} | 18,57 ^{Db} | 20,62 ^{Da} |
| T90 | 14,25 ^{Bd} | 16,71 ^{Bc} | 14,81 ^{Cd} | 13,36 ^{BCd} | 13,77 ^{BCd} | 16,75 ^{Ac} | 19,16 ^{CDb} | 21,28 ^{Ca} |
| T120 | 14,58 ^{Bc} | 17,37 ^{Bb} | 16,72 ^{Bb} | 14,97 ^{Ac} | 16,38 ^{Ab} | 16,33 ^{ABb} | 19,91 ^{Ca} | 20,77 ^{CDa} |
| T150 | 14,68 ^{Bde} | 16,66 ^{Bc} | 16,57 ^{Bc} | 14,40 ^{ABe} | 14,35 ^{Be} | 15,36 ^{Cd} | 21,49 ^{Bb} | 23,25 ^{Ba} |
| T180 | 16,61 ^{Ae} | 19,41 ^{Ac} | 18,40 ^{Ad} | 13,94 ^{ABCg} | 13,07 ^{CDh} | 14,89 ^{Cf} | 23,32 ^{Ab} | 28,13 ^{Aa} |

As médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e a mesma letra minúscula na linha, não diferem pelo Teste Tukey ($p > 0,05$). Valores médios, $n=3$.

Fonte: Do autor (2019).

Observando o parâmetro de luminosidade (L^*) que indica uma variedade entre os tons mais claros e mais escuros, no tempo 0, resultou em uma variação entre 4,78 (cana-de-açúcar) a 14,87(laranjeira). Sendo assim, o mel de laranjeira apresentou o maior valor de L^* , caracterizando com uma intensidade de coloração mais clara quando comparado com as demais amostras com diferentes origens botânicas. Com 180 dias de armazenamento apresentou variação de 21,30 (silvestre) a 28,77 (eucalipto). Portanto, o mel de eucalipto resultou, ao final do experimento, em uma amostra com intensidade de coloração mais clara.

No tempo inicial (T0) a coordenada C^* variou entre 1,49 (cana-de-açúcar) a 8,12 (café). O mel de café se diferenciou dos demais ($p \leq 0,05$) sendo caracterizado com uma tonalidade mais opaca. E, com 180 dias, variou entre 12,65 (vassourinha) a 17,70 (cana-de-açúcar), sendo o mel de cana-de-açúcar a amostra mais opaca.

Para o parâmetro h° , que indica a tonalidade das amostras, no tempo 0 variou entre 39,46 (vassourinha) a 76,30 (assa-peixe), sendo o mel de assa-peixe a amostra mais amarelada, se destacando dos demais méis. E, ao final do experimento, no tempo de 180 dias, variou de 73,43 (silvestre) a 97,36 (assa-peixe), portanto, o mel de assa-peixe continuou com a amostra de maior tonalidade amarelada.

De modo geral, observa-se um aumento dos parâmetros L^* , C^* e h° com o passar dos dias armazenados, o que ocasionou em amostras com intensidade de cor amarelo mais opaca. Esse resultado está de acordo com os resultados apresentados no trabalho de Dettori *et al.* (2018), que avaliou méis ao longo do tempo armazenados a 14 °C.

A cor é uma propriedade física percebida imediatamente pelos consumidores (GRANDO *et al.*, 2018). A coloração do mel sofre alterações devido diversos fatores, como conteúdo de flavonoides, minerais, polén e, pode sofrer variações durante a cristalização (LIRA *et al.*, 2014). Segundo Dettori *et al.* (2018), a forma e o tamanho dos cristais influenciam no parâmetro de cor.

É importante ressaltar, que o parâmetro de coloração não está incluso no sistema de controle de qualidade do mel, mas é de extrema importância para determinar seu valor no mercado (DETTORI *et al.*, 2018).

Analisando outro parâmetro importante em sua caracterização, o teor de umidade, de acordo com legislação brasileira, deve ser inferior a 20% (BRASIL, 2000). Diversas características como a viscosidade, o peso, a conservação, o sabor, e principalmente a cristalização são influenciadas por esse fator, por isso é importante realizar um manejo correto, para possibilitar a conservação do mel, uma vez que considerado um alimento com fácil absorção de água, pode vir a fermentar devido à presença de microrganismos (ALMEIDA

FILHO *et al.*, 2011). No entanto, pode ocorrer alteração desse valor de acordo com possíveis razões, como a colheita feita com mel oriundo de favos não operculados, condições de armazenamento inadequados, podendo provocar a absorção da umidade do ambiente (VIEIRA *et al.*, 2014). A Tabela 2 demonstra os resultados dos teores de umidade de cada mel.

Tabela 2 - Teor de umidade presentes em méis de diferentes origens botânicas.

| Méis | Umidade (%) |
|------------------------|----------------------------|
| Méis Florais | |
| Assa-Peixe | 16,40 ± 0,00 ^c |
| Café | 17,60 ± 0,35 ^b |
| Eucalipto | 18,53 ± 0,23 ^a |
| Laranjeira | 17,07 ± 0,23 ^{bc} |
| Vassourinha | 19,20 ± 0,35 ^a |
| Mel Polifloral | |
| Silvestre | 18,53 ± 0,23 ^a |
| Mel de Melato | |
| Bracatinga | 18,53 ± 0,22 ^a |
| Mel Extrafloral | |
| Cana-de-açúcar | 19,20 ± 0,34 ^a |

As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo Teste Tukey ($p > 0,05$). Resultados expressos com valor médio ± desvio padrão.

Fonte: Do autor (2019).

Ao comparar os valores de umidade obtidos pelo experimento com a legislação vigente, observou-se valores dentro do padrão. O mel de assa-peixe (16,40 ± 0,00) obteve o menor teor de umidade. Em seguida, amostra de laranjeira (17,07 ± 0,23), cuja umidade não diferiram significativamente do mel de assa-peixe (16,40 ± 0,00) e da amostra do mel de café (17,60 ± 0,35). Demais amostras de méis, como bracatinga, eucalipto, silvestre, cana-de-açúcar e vassourinha não obteve diferença significativa dos teores de umidade ($p > 0,05$), obtendo médias superiores as amostras citadas anteriormente.

A umidade é uma característica importante a ser analisada para a determinação da qualidade do mel, principalmente para indicar a vida útil do produto, pois influencia diretamente na conservação do mel (EMBRAPA, 2006). Os microrganismos responsáveis pela deterioração, ou ainda por reduzirem a qualidade do mel modificando as propriedades físico-químicas, necessitam de um valor mínimo de umidade para sua atuação. Assim, o teor de umidade é o fator que determina a viscosidade e fluidez do mel e, também indicativo importante da tendência a fermentação. Portanto, quanto menor o teor, maior será a durabilidade do produto (ALMEIDA FILHO *et al.*, 2011).

A atividade de água e absorvância não são parâmetros exigido pela legislação nacional (BRASIL, 2000), porém, a presença de água é de extrema importância no auxílio das investigações das características físicas do produto devido alterações do alimento sofridas através das atividades microbianas (GRANDO *et al.*, 2018). Por fim, a absorvância indica a fração da energia luminosa que é absorvida e transmitida pelo material. Assim, quanto mais a absorvância da solução aumenta, a transmitância diminui, pois com a granulação, o mel se torna mais turvo e, um aumento da intensidade na absorvância é considerada uma medida válida para complementar a análise de cor (PEREIRA, 2010). Na Tabela 3, demonstra os resultados da absorvância e da atividade de água.

Tabela 3 - Absorvância e atividade de água em méis de diferentes origens botânicas, armazenados a 14 °C.

| Parâmetros | Absorvância (%) | | | | Atividade de água (aw) ² | | | |
|------------------------|---|------------|-------------------------------|----------|---|------------|-------------------------------|----------|
| | Modelo da Regressão: $\hat{Y} = a + cx^2$ | | | | Modelo da Regressão: $\hat{Y} = a + bx^2$ | | | |
| | a | c | R ² _{REG} | P > F | a | b | R ² _{REG} | P > F |
| Méis Florais | | | | | | | | |
| Assa-Peixe | 0,20411 | 0,00002084 | 0,8197 | < 0,0001 | 0,52236 | 0,00038968 | 0,8037 | < 0,0001 |
| Café | 0,27281 | 0,00000551 | 0,8493 | < 0,0001 | 0,54602 | 0,00038175 | 0,8678 | < 0,0001 |
| Eucalipto | 0,23052 | 0,00000983 | 0,8309 | < 0,0001 | 0,54425 | 0,00043056 | 0,8397 | < 0,0001 |
| Laranjeira | 0,17946 | 0,00001000 | 0,9012 | < 0,0001 | 0,52090 | 0,00041429 | 0,8606 | < 0,0001 |
| Vassourinha | 0,41866 | 0,00000633 | 0,8689 | < 0,0001 | 0,54526 | 0,00052143 | 0,8709 | < 0,0001 |
| Mel | | | | | | | | |
| Polifloral | | | | | | | | |
| Silvestre | 0,43674 | 0,00000656 | 0,9777 | < 0,0001 | 0,53424 | 0,00049524 | 0,8699 | < 0,0001 |
| Mel de Melato | | | | | | | | |
| Bracatinga | 0,42752 | 0,00000525 | 0,8230 | < 0,0001 | 0,56617 | 0,00021349 | 0,8337 | < 0,0001 |
| Mel Extrafloral | | | | | | | | |
| Cana-de-açúcar | 0,79789 | 0,00004258 | 0,9000 | < 0,0001 | 0,53508 | 0,00046627 | 0,8118 | < 0,0001 |

\hat{Y} = variável dependente; x = tempo de armazenamento (dias); a, b, c = coeficiente do modelo estimado; R² = coeficiente de determinação. Tempo de armazenamento: 0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias.

Fonte: Do autor (2019).

Os valores do parâmetro da atividade de água, indicam a presença de água livre no alimento, que estão propícios ao crescimento microbiano, atividade enzimática ou a velocidade de reações para alterações das características dos mesmos (GRANDO *et al.*, 2018). Sendo assim, observando a Tabela 3, os valores do coeficiente a representa os valores da absorvância no tempo 0, variou entre 0,52090 (laranjeira) e 0,56617 (bracatinga), e para cada amostra de mel constatou alteração nos valores da absorvância a (P < 0,0001). Grandó *et al.* (2018) afirmou em sua pesquisa que grande parte dos microrganismos deteriorantes necessitam, no mínimo, de

0,90 de atividade de água (A_w) presentes no mel, para que ocorra seu desenvolvimento, portanto, as amostras analisadas resultaram em teores abaixo de 0,90 (GRANDO *et al.*, 2018).

Sendo assim, durante os 180 dias de armazenamento ocorreu alteração da atividade de água (A_w) nas amostras. Essa alteração explica a formação da granulação durante o armazenamento, isso porque, com a cristalização do mel, a glicose se separa de várias moléculas de água, ficando ligada em apenas uma e liberando as demais, provocando assim, o aumento de água livre no produto (LIRA *et al.*, 2014; GRANDO *et al.*, 2018).

A absorvância pode-se relacionar com a análise da cor. Portanto, quanto mais clara for uma solução, maior transmitância e menor a absorvância (LUPANO, 1997). De acordo com a Tabela 3, os valores do coeficiente a representa valores da atividade de água (A_w) no tempo 0, variando entre 0,17946 (laranjeira) e 0,79789 (cana-de-açúcar), sendo o mel de cana-de-açúcar a amostra mais escura. E em cada amostra de mel, constatou-se alterações para absorvância ($P < 0,0001$).

De acordo com Lupano (1997), o aumento da intensidade na absorvância é válido para determinar a granulação. Em seu trabalho afirmou que o aumento desse parâmetro, está relacionado com a turvação do mel em que aumenta com a formação dos cristais (LUPANO, 1997).

6 CONCLUSÃO

Com base nos dados dos parâmetros físico-químicos, constatou-se uma diferença significativa da cor das amostras durante o tempo de armazenamento e também entre as amostras. Alguns méis sofreram breve escurecimento e outras tornaram amostras opacas, devido a ocorrência da cristalização. O mel de cana-de-açúcar, resultou em maior diferença e o mel de vassourinha apresentou uma menor alteração em sua coloração. A absorvância é uma técnica que permite analisar a alteração de cor durante o armazenamento, assim seu resultado pode complementar a análise de cloração, apresentando o mel de cana-de-açúcar mais turvo.

O conhecimento do teor de umidade e da atividade de água (A_w) é de grande importância para uma melhor conservação e armazenamento. Os méis analisados obtiveram valores do teor de umidade abaixo de 20%, como é exigido pela legislação brasileira vigente. De acordo com a análise de regressão, os méis obtiveram alterações na atividade de água, o que justifica a formação da cristalização ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

- ABIBO, S. *et al.* Produção de Mel Orgânico. **Docsity – Universidade Eduardo Mondlane (UEM)**, Maputo, Maio 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/docsity-producao-de-mel-organico.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- ALMEIDA FILHO, J. P. *et al.* Estudo físico-químico e de qualidade do mel de abelha comercializado no município de Pombal – PB. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 3, p. 83-90, ago. 2011. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7435961.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2020.
- AOAC. (2012). **Official methods of analysis of AOAC International**. LATIMER JR, G. W. (Ed.). 19th ed. Gaithersburg: AOAC International.
- ARRUDA F. M. C. *et al.* Características físico-químicas de méis da Chapada do Araripe/Santana do Cariri-Ceara Acta Scientiarum. **Animal Sciences**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 171-176, jan./mar. 2005. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/1264/695>. Acesso em: 12 set. 2020.
- BARTH, O. M. Melissopalynology in Brazil: a review of pollen analysis of honeys, propolis and pollen loads of bees. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 3, p. 342-350, June 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/3hMrfZSXJ3FBMKRzXw3vynC/?lang=en>. Acesso em: 11 mar. 2021.
- BARTH, O. M. O Pólen no mel Brasileiro. **Editora Online**. Rio de Janeiro, 1989. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/311946380_O_Polen_no_Mel_Brasileiro. Acesso em: 13 mar. 2021.
- BERTONCELJ, J. *et al.* Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. **Journal of Food Engineering**, [Oxford], v. 105, n. 2, p. 822-828, Jan. 2007. Disponível em: https://www.academia.edu/31681852/Evaluation_of_the_phenolic_content_antioxidant_activity_and_colour_of_Slovenian_honey. Acesso em: 12 abr. 2021.
- 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. Disponível em: http://www.dourados.ms.gov.br/wp-content/uploads/2016/05/RTIQ-Mel-completo-IN-11_2000.pdf. Acesso em: 11 fev. 2021.
- CANO, C. B.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B. **Caracterização dos Méis monoflorais de eucalipto e laranja do estado de São Paulo pela análise polínica e físico-química**. 2002. 252 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- CASTRO FILHO, M. N. *et al.* Quality evaluation of bee honeys produced and marketed in Vitória da Conquista, Bahia, Brazil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 12, n. 4, p. 783-790, Jan. 2017. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20183382957>. Acesso em: 12 set. 2020.

- CAVIA, M. M. *et al.* Evolution of fructose and glucose in honey over one year: influence of induced granulation. **Food Chemistry**, [Oxford], v. 78, n. 2, p. 157-161, Aug. 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/236131170_Evolution_of_fructose_and_glucose_in_honey_over_one_year_Influence_of_induced_granulation. Acesso em: 15 ago. 2020.
- CONFORTI, P. A. *et al.* Crystallization of Honey at -20°C. **International Journal of Food Properties**, [London], v. 9, n. 1, p. 99-107, 2006. Disponível em: <https://tricliniclabs.com/page-directory/solid-state-development-services/crystallization-method-development-from-triclinic-labs.html>. Acesso em: 12 abr. 2021.
- DEORA, N. S. *et al.* Ultrasound for improved crystallisation in food processing. **Food Engineering Reviews**, [United States], v. 5, p. 36-44, Jan. 2013. Disponível em: <https://arrow.tudublin.ie/schfsehart/106/>. Acesso em: 17 abr. 2021.
- DETTORI, A. *et al.* Kinetic of induced honey crystallization and related evolution of structural and physical. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 95, p. 333–338, Apr. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643818304079?via%3Dihub>. Acesso em: 12 abr. 2021.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mel: Características e Propriedades**. 2006. Disponível em: <https://www.embrapa.br/meio-norte/busca-de-publicacoes/-/publicacao/69419/mel-caracteristicas-e-propriedades>. Acesso em: 19 ago. 2020.
- FAO. Food and Agriculture Organization. **Production of Honey, natural in World**. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL/visualize>. Acesso em: 3 jul. 2019.
- FEMAP. Federação Mineira de Apicultura. **Demanda por mel e derivados aumenta 30% durante pandemia de COVID 2019**. 2020. Disponível em: <http://www.agricultura.mg.gov.br/index.php/component/gmg/story/3824-demanda-por-mel-e-derivados-aumenta-30-durante-pandemia-de-covid-19>. Acesso em: 13 dez. 2020.
- GRANDO, R. C.; TREICHEL, H.; TORMEN, L. **Caracterização físico-química e perfil sensorial de méis de abelhas nativas, sem ferrão, oriundas da região Centro-sul do estado do Paraná, Brasil**. 2018. 98 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Fronteira, Santa Catarina, 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Perfil da pecuária municipal**. 2016. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2016/default_xls_perfil.shtm. Acesso em: 12 ago. 2020.
- KABBANI, D.; SEPULCRE, F.; WEDEKIND, J. Ultrasound – assisted liquefaction of Rosemary honey: Influence on rheology and Crystal content. **Journal of Food Engineering**, [Oxford], v. 107, n. 2, p. 173–178, Dec. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877411003463>. Acesso em: 12 maio 2021.

KUROISHI, A. M. *et al.* Evaluation of honey crystallization from the colour and water activity parameters. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 84–91, Mar. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/x5WbMG5bgh6zWSL7vqtVJms/?lang=pt>. Acesso em: 14 abr. 2021.

LIRA, A. F. *et al.* Estudo comparativo do mel de *Apis mellífera* com méis de meliponíneos. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 8, n. 3, p. 169–178, maio 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/acta/article/view/3560/5581>. Acesso em: 12 maio 2021.

LUPANO, C. L. DSC study of honey granulation stored at various temperatures. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 30, n. 9, p. 683–688, Nov. 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(98\)00030-1](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(98)00030-1). Acesso em: 12 mar. 2021.

MARANGONI, A. G.; WESDORP, L. H. **Nucleation and crystalline growth kinetics, structure and properties of fat crystal networks**. USA: CRC Press, 2013. Disponível em: <https://tricliniclabs.com/page-directory/solid-state-development-services/crystallization-method-development-from-triclinic-labs.html>. Acesso em: 17 abr. 2021.

MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A. Compostos voláteis em Méis Florais. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 90–96, jan. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/XHBdjgRJw6JC9D4YrFVJrFC/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 11 Jan. 2021.

MENEZES, B. A. D.; MATTIETTO, R. A.; LOURENÇO, L. F. H. Evaluation of quality of honey from Africanized and Stingless bees natives of the northeast of the state of Pará. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 19, p. 1–13, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-6891v19e-46578>. Acesso em: 18 maio 2021.

NASSER, A. A-H.; FRED, J. D.; NIRANJAN, K. Development of novel methods to determine crystalline glucose content of honey based on DSC, HPLC, and viscosity measurements, and their use to examine the setting propensity of honey. **Journal of Food Science**, Malden, v. 78, n. 6, p. 45–52, June 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23638616/>. Acesso em: 19 abr. 2021.

NURUL ZAIZULIANA, R. A. *et al.* Effect of storage conditions on the crystallisation behaviour of selected Malaysian honeys. **International Food Research Journal**, [Malaysia], v. 24, p. 475–480, Dec. 2017. Disponível em: [http://www.ifrj.upm.edu.my/24%20\(07\)%202017%20supplementary/\(35\)%20R1.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/24%20(07)%202017%20supplementary/(35)%20R1.pdf). Acesso em: 17 abr. 2021.

PEREIRA, L. L. **Análise físico-química de amostras de méis de *Apis mellífera* e Meliponíneos**. 2010. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

PÉRICO, E. *et al.* Avaliação microbiológica e físico-química de méis comercializados no município de Toledo, Pr. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 13, n. 3, p. 365-382, nov. 2011. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/1342/1553>. Acesso em: 12 fev. 2021.

VIDAL, M. de F. **Evolução da Produção de mel na área de atuação do BNB**. Caderno Setorial Etene – Banco do Nordeste. n. 112, 2020. Disponível m: https://www.bnb.gov.br/documents/80223/6943261/112_Apicultura.pdf/78cc0645-0dea-3556-0b3e-7817306851d7 Acesso em: 17 maio 2021.

VIEIRA, A. C. *et al.* Caracterização físico-química de mel de diferentes floradas produzido por apicultores orgânicos da Região Centro-Sul e Sudeste no Estado do Paraná. **Revista Unioeste**, Cascavel, v. 3, n. 3, p. 138-148, 2014. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/11189/8025>. Acesso em: 12 dez. 2020.

ZAMORA, M. C.; CHIRIFE, J. Determination of water activity change due to crystallization in honey from Argentina. **Journal of Food Engineering**, [Oxford], v. 17, n. 1, p. 59–64, Jan. 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713504001999?via%3Dihub>. Acesso em: 17 abr. 2021.

ZHENG, Y. *et al.* Evaluation of total antioxidant activity of different floral sources of honeys using crosslinked hydrogels. **International Journal of Electrochemical Science**, [Serbia], v. 14, n. 2, 1479–1487, Feb. 2019. Disponível em: <http://www.electrochemsci.org/abstracts/vol14/140201479.pdf>. Acesso em: 22 maio 2021.