^a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, CEP 44380-000, Cruz das Almas-BA, Brasil

*E-mail: asndea@gmail.com

Recebido em: 14 de agosto de 2020

Aceito em: 27 de Março de 2021

Publicado online: 27 de Setembro de 2021

Qualidade Físico-Química e Compostos Bioativos do Mel de *Melipona scutellaris* Produzido em uma Região Urbano-Industrial

Physicochemical Quality and Bioactive Compounds of the Honey of Melipona scutellaris Produced in an Urban-Industrial Region

Andreia Santos do Nascimento,^{a,*} Fabiane de Lima Silva,^a Samira Maria Peixoto Cavalcante da Silva,^a Geni da Silva Sodré,^a Carlos Alfredo Lopes de Carvalho^a

The cultivation of social stingless bees in an urban area emerged as a hobby. However, the production of honey in these places can contribute to improving the quality of the environment, through the pollination carried out by these bees. Thus, this study aimed to evaluate the physicochemical quality and quantify the bioactive compounds of the honey produced by *Melipona scutellaris* (Hymenoptera: Apidae) in an urban-industrial region. The samples were collected from six meliponaries located in Salvador and its metropolitan region, Bahia, Brazil. The physicochemical parameters and bioactive compounds were evaluated following official methods of chemical analysis. The *Kruskal-Wallis* test revealed that there are differences between the honeys evaluated depending on the place of origin of the samples. With the physicochemical evaluation it was found that 72.40% of the honeys sampled fit the quality profile established by the Technical Regulation of Identity and Quality of social stingless bee honey of the genus *Melipona*. Additionally, the quantification of bioactive compounds signals the potential for using this product from the *M. scutellaris* hive as a functional food.

Keywords: Stingless bee; canonical discriminant analysis; phenolic compounds.

1. Introdução

A criação de abelhas é historicamente praticada em distintos locais do globo terrestre como parte da cultura alimentar, sendo o mel amplamente utilizado como alimento étnico.¹ A produção de mel é o principal propósito das pessoas que se dedicam a meliponicultura, termo dado à criação de abelhas sociais sem ferrão.² No entanto, é necessário além da escolha da espécie de abelha com boa aptidão produtora e adaptada à região, cuidados com o beneficiamento, processamento e armazenamento do mel, a fim de manter a qualidade deste produto e não provocar alterações em suas propriedades físico-químicas.³

O mel de Meliponini em geral é utilizado com finalidade curativa para o tratamento de enfermidades diversas por indígenas e na zona rural.⁴ Além disso, pesquisadores têm apontado os benefícios deste produto da meliponicultura como alimento funcional.⁵ As propriedades medicinais e ou benéficas à saúde promovidas pelo mel estão relacionadas aos seus compostos bioativos (fenóis e flavonoides), ácidos orgânicos, aminoácidos, enzimas, sais minerais e vitaminas.⁶

Os compostos bioativos, presentes no mel de abelhas sem ferrão, são aqueles que, por meio da sua ingestão e digestibilidade, tem ação benéfica na saúde do consumidor, principalmente a proteção das células (antioxidantes), assim como auxilia na regulação das funções do organismo.⁷⁻⁸ Embora os compostos bioativos estejam presentes essencialmente em produtos de origem vegetal, estes compostos podem estar presentes em produtos de origem animal, como o mel.⁸⁻⁹

A análise físico-química de produtos da colmeia de abelhas sociais sem ferrão (Meliponini) tornou-se objeto de interesse de muitos pesquisadores que tem como objetivo caracterizar os produtos dessas abelhas, principalmente o mel e o pólen armazenado.^{5,10-11} A determinação dos requisitos de qualidade exigidos pela Legislação Brasileira e Internacional para o mel auxilia no controle de qualidade desse produto da colmeia, embora seja baseada no mel de *Apis mellifera* Linnaeus, 1758.¹²⁻¹³

Dentre as espécies de abelhas sociais sem ferrão, *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 é amplamente utilizada para produção de mel no Nordeste Brasileiro.¹⁴ O mel de *M. scutellaris* apresenta maior teor de umidade e menor conteúdo de açúcares quando comparado ao mel

de *A. mellifera* (produto apícola mais consumido no mundo).¹⁵⁻¹⁶ No entanto, estudos referentes às propriedades físico-químicas, bem como análise dos compostos bioativos no mel de meliponíneos em área urbana são escassos. Porém, são relevantes uma vez que comumente abelhas sociais sem ferrão são criadas em áreas urbanas por possuírem ferrão atrofiado. Assim, estudos que avaliem a qualidade dos méis produzidos nesses ambientes tornam-se necessários para garantir ao consumidor um produto de qualidade.

Dessa forma, neste estudo teve-se como objetivo avaliar a qualidade físico-química e quantificar os compostos bioativos (fenóis e flavonoides totais) do mel produzido por *Melipona scutellaris* (Hymenoptera: Apidae) em uma região urbano-industrial.

2. Material e Métodos

2.1. Origem e coleta das amostras

A coleta das amostras foi realizada em meliponários (n=6) instalados nos municípios de Salvador (A = S'12°51'32.4"; W'038°27'9.90"; B = S'12°49'58.7"; W'038°22'27.4"; C = S'12°51'28.3"; W'038°21'54.3"), Lauro de Freitas (D = S'12°50'38.1"; W'038°21'12.1"), Simões Filho (E = S'12°43'55.5"; W'038°23'51.6") e Dias d'Ávila (F = S'12°32'28.0"; W'038°21'42.3"), estado da Bahia,

Brasil (Figura 1). As coordenadas geográficas foram obtidas por GPS (Garmin etrex 10) em cada meliponário amostrado.

Foram coletadas 58 amostras de méis de *M. scutellaris* composta por aproximadamente 250 g. O período de amostragem foi de agosto/2014 a julho/2015. As amostras foram mantidas em refrigerador (6-8 °C) e avaliadas em período inferior a 21 dias após a sua coleta, para minimizar o tempo de armazenamento que pode interferir nas propriedades físico-químicas, bem como para evitar a avaliação de méis em processo de cristalização.

2.2. Teste de adulteração - Reação de Lugol

O teste de adulteração foi realizado conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz.¹⁸ Para tanto, utilizou-se uma solução de cada amostra contendo 10 g de mel diluído em 20 mL de água destilada, após homogeneização foi adicionado 0,5 mL de solução de Lugol e observou-se a ocorrência ou não de mudança na coloração da solução. Esta reação indica a presença de dextrinas e amido, e considera-se positiva quando a coloração final for violeta ou azul.

2.3. Análise físico-química

Para avaliação dos parâmetros físico-químicos foram utilizados métodos oficiais de análises descritos pela

Figura 1. Localização geográfica das amostras de méis de *Melipona scutellaris* (Hymenoptera: Apidae) produzido em uma região urbano-industrial, Bahia, Brasil. Fonte: Google Maps.¹⁷

Associação Oficial de Química Analítica (em inglês Association of Official Analytical Chemists - AOAC)¹⁹, Comissão Internacional do Mel (em inglês International Honey Commission) (IHC)²⁰ e Comissão da Codex Alimentarius (em inglês Codex Alimentarius Commission).²¹ Os parâmetros determinados foram: Cor (nm), umidade (%), acidez livre (mEq/kg), pH, atividade diastásica (Göthe), hidroximetilfurfural (HMF) (mg/kg), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), cinzas (%), açúcares redutores (%) e sacarose aparente (%)

O parâmetro umidade foi determinado utilizando o método número 969.38 descrito pela AOAC.¹⁹ A acidez livre e pH utilizando método número 962.19 da AOAC.¹⁹ Para avaliação da atividade diastásica seguiu-se o método número 920.180 da AOAC²², com modificações no tempo para leitura das amostras em espectrofotômetro, sendo esta realizada a cada 1 hora. O hidroximetilfurfural foi avaliado pelo método número 980.23 da AOAC.¹⁹ Os valores de açúcares redutores e sacarose aparente foram obtidos utilizando a metodologia descrita pela Comissão da Codex Alimentarius²¹ e Marchini *et al.*²³ Para condutividade elétrica e cinzas foi utilizado um condutímetro (Tecnal, modelo R-Tec-04P-MP), seguindo a recomendação do fabricante.

A cor dos méis foi determinada utilizando um espectrofotômetro UV-Visível, modelo WPA Lightwave II, operando em uma faixa de absorvância de 560 nm, em célula de quartzo, utilizou-se como branco a glicerina pura.²³ De acordo com o valor registrado para absorvância os méis foram classificados segundo a escala de cores de Pfund (mm). Todos os parâmetros físico-químicos foram analisados em triplicata.

2.4. Compostos bioativos

Os métodos de Folin-Ciocalteu e cloreto de alumínio de acordo com Feás *et al.*²⁴ e as metodologias descritas por Singleton *et al.*²⁵ e Woisky & Salatino²⁶ foram utilizados para quantificação por espectrometria dos fenóis e flavonoides totais.

Fenóis totais (mg EAG/Kg)

Para a obtenção da curva de calibração foi utilizada uma solução padrão do ácido gálico. Uma solução de mel foi preparada utilizando-se uma massa de 5 g de mel diluído em água destilada em balão de 25 mL. Em uma alíquota de 0,5 mL da solução de mel foi adicionado 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu a 10% e 2,0 mL de carbonato de sódio a 4% (v/v) para a análise. Posteriormente, as amostras foram mantidas em repouso ao abrigo da luz por 2 h à temperatura ambiente, após este período realizou-se a leitura da absorvância a 760 nm em espectrofotômetro modelo WPA Lightwave II. A água deionizada foi utilizada como branco amostral.

Flavonoides totais (mg EQ/Kg)

Para a obtenção da curva de calibração foi utilizada

uma solução padrão de quercetina. Em uma alíquota de 2,0 mL de solução de mel adicionou-se 3,0 mL de cloreto de alumínio a 10%, em seguida manteve-se em repouso por 40 minutos e posteriormente foram realizadas as leituras da absorvância a 420 nm em espectrofotômetro modelo WPA Lightwave II. O branco amostral foi submetido aos mesmos procedimentos adotados para as amostras de méis, mas sem a adição de cloreto de alumínio.

2.5. Análise estatística

Com o banco de dados das determinações físico-químicas e compostos bioativos dos méis de *M. scutellaris* realizou-se a análise estatística descritiva, calculando-se a média e o desvio padrão para todos os parâmetros de cada meliponário (A-F). Os dados não atenderam aos pressupostos da Análise de Variância (one-way ANOVA). Dessa forma, optou-se por analisar os dados pela análise de variância não-paramétrica de *Kruskal-Wallis* para estabelecer uma diferença geral entre as médias dos méis avaliados de cada meliponário, em seguida, pelo teste post-hoc *Bonferroni-Dunn* realizou-se a comparação das médias.

Adicionalmente, a Análise Discriminante Canônica (ADC) foi adotada para determinar a contribuição de cada variável na discriminação dos grupos de méis em função do local de amostragem. O gráfico biplot foi construído para as duas primeiras variáveis canônicas (Can1 e Can2), com objetivo de discriminar os tratamentos em relação às características mais importantes nas variáveis canônicas, mostrando as elipses de confiança de 95% para cada meliponário. A significância estatística foi estabelecida em $p < 0,05$. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa estatístico R, versão -3.4.4.²⁷

3. Resultados e Discussão

3.1. Análise físico-química

Não foi detectada adulteração dos méis avaliados, sendo que 100% das amostras apresentaram resultado negativo na reação de Lugol. O teste de *Kruskal-Wallis* revelou que há diferenças no perfil físico-químico dos méis avaliados a depender do local de origem das amostras (Tabela 1).

As amostras analisadas apresentaram valores variáveis de acidez livre, açúcares redutores, cinzas, condutividade elétrica, cor, atividade diastásica, HMF, pH, umidade e sacarose aparente, sendo que 72,40% dos méis se enquadram no perfil de qualidade estabelecido pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do mel de abelha social sem ferrão, aprovado pela Agência Estadual de Defesa Agropecuária da Bahia (ADAB)²⁸ (Tabela 2).

A classificação média (ranks médios) para cor revelou que não houve diferenças significativamente entre os meliponários amostrados (Tabela 1). A cor do mel apresentou uma variação entre âmbar extra claro (0,12 a

Tabela 1. Ranks médios ($\bar{R}_j$) dos parâmetros físico-químicos e compostos bioativos de méis produzidos por *Melipona scutellaris* em região urbano-industrial, Bahia, Brasil

Meliponário/ Local	Ranks médios ($\bar{R}_j$)					
	Cor	Umidade*	CE	pH	Acidez livre	Atividade diastásica*
A	19,83a	43,61a	22,55a	24,66a	31,83a	19,33a
B	28,25a	34,93ab	36,87a	32,93a	36,75a	20,18ab
C	38,50a	32,35ab	41,00a	29,75a	31,00a	24,80ab
D	24,04a	32,20ab	26,41a	29,04a	32,08a	31,83ab
E	26,33a	18,94b	26,66a	28,22a	25,00a	35,66ab
F	40,00a	15,85b	24,60a	32,55a	21,05a	42,50b

Meliponário/ Local	Ranks médios ($\bar{R}_j$)					
	AR	Sac	HMF	Cinzas	Fenóis totais	Flavonoides totais*
A	27,22a	29,22a	22,27a	20,22a	26,44a	8,00a
B	26,75a	42,00a	23,87a	25,87a	28,43a	37,43b
C	25,40a	27,35a	33,50a	40,25a	31,00a	35,20b
D	29,25a	21,54a	24,91a	28,04a	28,45a	30,54b
E	31,55a	27,72a	29,05a	30,00a	22,11a	29,88ab
F	36,30a	33,05a	42,40a	31,30a	39,50a	35,20b

Diferença global significativa ($p < 0,05$) entre os locais pelo teste de *Kruskal-Wallis*. Tratamentos seguidos pela mesma letra nas linhas não são significativamente diferentes pelo teste *Bonferroni-Dunn*. CE = Condutividade elétrica; HMF = hidroximetilfurfural e Sac = sacarose aparente. *Houve Diferença significativa entre os locais pelo teste de *Kruskal-Wallis* e *Bonferroni-Dunn*.

Tabela 2. Análise descritiva dos parâmetros físico-químicos de méis produzidos por *Melipona scutellaris* em região urbano-industrial, Bahia, Brasil

Meliponário/ Local	Valores	Cor (nm)	Umidade (%)	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	Acidez livre (mEq/kg)	Atividade diastásica (Göthe)
A	Média $\pm$ DP	0,20 $\pm$ 0,03	29,81 $\pm$ 0,76	362,10 $\pm$ 134,76	3,83 $\pm$ 0,55	52,93 $\pm$ 24,11	0,07 $\pm$ 0,05
(n=9)	Min. - Máx.	0,16 - 0,28	28,53 - 31,00	235,53 - 971,03	3,22 - 4,85	22,33 - 86,00	0,02 - 0,17
B	Média $\pm$ DP	0,22 $\pm$ 0,05	29,34 $\pm$ 0,67	501,67 $\pm$ 140,38	4,50 $\pm$ 1,27	59,32 $\pm$ 21,31	0,07 $\pm$ 0,02
(n=8)	Min. - Máx.	0,15 - 0,28	26,40 - 31,00	279,83 - 978,10	3,21 - 6,57	15,67 - 143,33	0,05 - 0,17
C	Média $\pm$ DP	0,28 $\pm$ 0,09	29,24 $\pm$ 0,45	554,93 $\pm$ 161,23	3,94 $\pm$ 0,46	54,00 $\pm$ 25,08	0,08 $\pm$ 0,03
(n=10)	Min. - Máx.	0,16 - 0,43	26,87 - 29,83	289,87 - 803,60	3,06 - 7,90	20,00 - 99,00	0,04 - 0,11
D	Média $\pm$ DP	0,20 $\pm$ 0,04	29,20 $\pm$ 0,89	394,51 $\pm$ 153,98	3,92 $\pm$ 0,45	54,28 $\pm$ 23,27	0,09 $\pm$ 0,03
(n=12)	Min. - Máx.	0,13 - 0,27	27,43 - 30,50	226,67 - 623,90	3,56 - 6,91	12,00 - 82,00	0,07 - 0,15
E	Média $\pm$ DP	0,22 $\pm$ 0,06	28,64 $\pm$ 0,53	403,71 $\pm$ 236,01	4,17 $\pm$ 1,17	44,93 $\pm$ 21,77	0,11 $\pm$ 0,06
(n=9)	Min. - Máx.	0,12 - 0,38	25,67 - 29,57	121,30 - 797,17	2,77 - 6,82	12,67 - 77,33	0,02 - 0,19
F	Média $\pm$ DP	0,28 $\pm$ 0,08	28,30 $\pm$ 0,99	360,75 $\pm$ 145,68	4,25 $\pm$ 0,97	39,77 $\pm$ 15,67	0,13 $\pm$ 0,04
(n=10)	Min. - Máx.	0,17 - 0,38	26,37 - 29,57	144,00 - 821,13	3,22 - 6,06	20,00 - 101,00	0,07 - 0,29
Brasil (2000)¹²	Legislação	BA - AE	Max. 20	*	*	50	Min. 8,0
ADAB (2014)²⁸	Legislação	BA - AE	20 - 35	*	*	50	Max. 3,0

Meliponário/ Local	Valores	AR (%)	Sac (%)	HMF (mg/kg)	Cinzas (%)	Fenóis totais (mg EAG/kg)	Flavonoides totais (mg EQ/kg)
A	Média $\pm$ DP	67,61 $\pm$ 5,65	2,07 $\pm$ 0,83	18,29 $\pm$ 13,14	0,19 $\pm$ 0,15	252,74 $\pm$ 35,25	32,80 $\pm$ 4,93
(n=9)	Min. - Máx.	57,72 - 72,18	1,17 - 3,93	5,69 - 43,36	0,02 - 0,48	191,01 - 295,72	27,42 - 43,58
B	Média $\pm$ DP	68,81 $\pm$ 3,30	2,70 $\pm$ 0,85	18,72 $\pm$ 13,18	0,25 $\pm$ 0,14	261,19 $\pm$ 32,26	47,98 $\pm$ 8,28
(n=8)	Min. - Máx.	64,86 - 73,22	1,62 - 4,09	1,70 - 60,43	0,07 - 0,51	228,38 - 324,34	36,98 - 57,79
C	Média $\pm$ DP	66,90 $\pm$ 6,57	1,91 $\pm$ 0,74	28,05 $\pm$ 17,39	0,36 $\pm$ 0,11	267,41 $\pm$ 47,25	45,79 $\pm$ 5,52
(n=10)	Min. - Máx.	59,28 - 76,73	1,04 - 3,21	1,00 - 50,00	0,20 - 0,51	193,37 - 302,46	40,51 - 51,96
D	Média $\pm$ DP	68,63 $\pm$ 7,24	1,60 $\pm$ 0,74	20,02 $\pm$ 13,10	0,26 $\pm$ 0,15	259,18 $\pm$ 37,19	44,35 $\pm$ 7,12
(n=12)	Min. - Máx.	53,63 - 88,53	0,17 - 4,32	9,53 - 39,87	0,14 - 0,49	187,64 - 309,19	36,22 - 51,96
E	Média $\pm$ DP	69,61 $\pm$ 7,19	1,91 $\pm$ 0,68	23,46 $\pm$ 15,48	0,29 $\pm$ 0,17	248,62 $\pm$ 53,42	44,33 $\pm$ 7,48
(n=9)	Min. - Máx.	58,19 - 89,07	0,89 - 4,29	2,46 - 45,86	0,09 - 0,59	208,18 - 351,28	36,73 - 68,32
F	Média $\pm$ DP	72,09 $\pm$ 4,99	2,16 $\pm$ 1,01	39,61 $\pm$ 18,88	0,29 $\pm$ 0,10	296,88 $\pm$ 91,51	45,69 $\pm$ 5,70
(n=10)	Min. - Máx.	66,43 - 81,97	0,73 - 4,64	0,95 - 66,47	0,08 - 0,39	122,32 - 391,01	29,37 - 58,10
Brasil (2000)¹²	Legislação	Min. 65	Max. 6,0	Max. 60	Max. 0,6	*	*
ADAB (2014)²⁸	Legislação	Min. 60	Max. 6,0	Max. 10	Max. 0,6	*	*

n = número de amostras; AE = Âmbar escuro (pardo-escuro; $> 0,945$ nm); BA = Branco água (incolor; $\leq 0,030$ nm); CE = Condutividade elétrica; AR = Açúcares redutores; Sac = sacarose aparente; HMF = Hidroximetilfurfural; DP = Desvio padrão; Máx. = Máximo e Mín. = Mínimo. *Não há valores estabelecidos pela Legislação: Brasil (2000)¹² e ADAB (2014)²⁸

0,17 nm na escala Pfund) e âmbar claro (0,27 a 0,43 nm na escala Pfund)(Tabela 2). O mel de abelhas sociais sem ferrão apresenta cor geralmente clara e sabor agradável, sendo estas características sensoriais atrativas para o consumidor.²⁹⁻³⁰ Nos méis a cor é influenciada principalmente pela sua origem botânica, assim como depende do seu teor de minerais, temperatura e tempo de armazenamento.³¹ Dessa forma, o perfil de coloração (âmbar extra claro - âmbar claro) dos méis amostrados se deve a flora e a riqueza de minerais do local de origem (meliponários A-F).

O meliponário A apresentou o maior rank médio para umidade (Tabela 1). Além disso, observou-se na Tabela 2 que 100% das amostras estão de acordo com a Legislação específica para mel de *Melipona*.²⁸ No entanto, estes valores nos méis avaliados foram maiores que os determinados pela Legislação Brasileira para mel¹², assim como não atende as diretrizes da União Europeia¹³, cujas recomendações são que o mel não deve ter conteúdo de água (umidade) maior que 20%.

Valores de umidade, entre 20-35% como estabelecidos pela ADAB²⁸ são frequentemente registrados em análises de méis de Meliponini.^{10-11,32} Porém, esta característica torna o produto mais suscetível à deterioração, sendo recomendado seu armazenamento em condições refrigeradas após sua colheita da colônia (6-10 °C).^{2,33-34} A alta umidade é fator característico do mel de abelhas sem ferrão, especialmente as pertencentes ao gênero *Melipona*, e possivelmente esta relacionado ao comportamento e biologia da espécie, sendo que esta característica representa um dos principais gargalos da meliponicultura.³⁵

Não houve diferença significativa para acidez livre nos méis amostrados (Tabela 1). Para a acidez livre 56,90% dos méis atenderam as diretrizes da ADAB²⁸ e Brasil¹² que recomendam um valor máximo de 50,00 mEq/kg para este parâmetro (Tabela 2). A acidez do mel está associada ao equilíbrio entre os ácidos orgânicos com compostos químicos como a lactona, sulfatos, fosfatos e sais do ácido clórico.³⁶⁻³⁷ Na indústria alimentícia utiliza-se acidulantes, pois estes são capazes de conferir ou intensificar o sabor ácido dos alimentos, sendo utilizados com propósito de agregar valor por meio do perfil sensorial do produto.³⁸ O mel das abelhas sociais sem ferrão apresentam valores de acidez livre elevado, sendo seu sabor mais ácido quando comparado ao mel de *A. mellifera*, e esta é uma característica atrativa para o consumidor.^{11,29-30}

O pH é outro parâmetro para o qual não houve diferença significativa nos méis avaliados (Tabela 1). Entre as amostras o pH apresentou valores médios próximos ao descrito em literatura Biluca *et al.*¹⁵ e Nascimento *et al.*³² para mesma espécie de abelha, apresentando maior valor médio de 4,50±1,27 (Tabela 2). O mel é um alimento que apresenta pH ácido (Belas *et al.*, 2014).³⁹ Segundo Freitas *et al.*⁴⁰ valores elevados de acidez e um baixo pH são fatores favoráveis ao aumento da vida de prateleira desse produto, pois constituem-se em condições desfavoráveis ao desenvolvimento de micro-organismos.

Outro parâmetro importante na determinação da qualidade do mel é a condutividade elétrica que apresentou valores médios variando de 360,75 ± 145,68 a 554,93 ± 161,23 µS/cm (Tabela 2), atendendo aos limites estabelecidos pela Legislação Internacional (EU, 2001).¹³ A Legislação Nacional¹² não estabelece valores para condutividade elétrica e pH. De acordo com Pita-Calvo e Vázquez³¹ a condutividade elétrica é um parâmetro que pode ser usado para diferenciação entre mel e *honeydew* (melado), pois a Legislação Internacional¹³ estabelece que o mel floral e as misturas destes méis devem ter valores de condutividade elétrica ≤ 800 µS/cm. Este parâmetro físico-químico apresentou diferenças significativas entre as amostras (Tabela 1).

O conteúdo de cinzas médio entre as amostras variou de 0,19 a 0,36%, um teor satisfatório levando em consideração o limite estabelecido por Brasil¹² que permite máximo de 0,60% (Tabela 2). O teor de cinzas é um indicador da composição de mineral no mel. E, é considerado um critério de qualidade para a determinação da origem botânica deste produto, uma vez que o *honeydew* apresenta maior conteúdo de cinzas quando comparado ao mel floral.³¹ O conteúdo de minerais do mel varia entre 0,10 e 0,50%, sendo o potássio o mineral mais abundante.³⁹ O meliponário C (situado em Salvador) destacou-se dos demais por apresentar maior rank médio para o conteúdo de cinzas, fato que pode estar associado as características do solo deste local⁴¹ (Tabela 1).

Nas amostras analisadas o HMF apresentou valor médio variando de 18,29±13,14 a 39,61±18,88 mg/kg, dessa forma, em conformidade com o estabelecido por Brasil¹² que estabelece máximo de 60 mg/kg. Adicionalmente, observou-se na Tabela 2 que o HMF nas amostras foi superior ao limite estabelecido (10 mg/kg) pela Legislação para mel de *Melipona*.²⁸ No entanto, em consulta a estudo anteriores^{30,32,42} verificou-se valores de HMF que não atendem a este requisito do regulamento técnico.

Quando o mel é submetido a um tratamento térmico ou a um longo tempo de armazenamento pode originar a formação do HMF, tornando-se volátil e tóxico, dependendo da sua concentração.^{29,43} Além disso, o HMF também pode ser formado pela desidratação de açúcares em um ambiente ácido, como é o caso do mel de abelhas sociais sem ferrão que possui elevada acidez.²⁹ Este parâmetro é um indicativo de qualidade do mel, pois seu conteúdo presente em baixos níveis é indicador para méis recém-colhidos.³¹

O HMF é um produto da degradação do mel formado pela reação de Maillard em carboidratos, sendo apontado como substância com de risco citotoxicidade e ação mutagênica.⁴⁴⁻⁴⁵ Dessa forma, seu conteúdo fora dos padrões estabelecidos deve ser avaliado criteriosamente. No entanto, a Comissão da Codex Alimentarius²¹ e a União Europeia¹³ estabeleceram para o mel um nível máximo de HMF de 40 mg/kg, sendo que para méis oriundos de países de temperaturas tropicais níveis máximos 80 mg/kg. Nesse sentido, o mel de *M. scutellaris* avaliado no presente estudo apresenta qualidade quanto a este parâmetro físico-químico,

o que sinaliza a necessidade de avaliação dos limites estabelecidos pela ADAB²⁸ para este importante parâmetro na avaliação de qualidade do mel.

A atividade diastásica nas amostras analisada apresentou média variando de $0,07 \pm 0,02$ a $0,13 \pm 0,04$ na escala Göthe. Portanto, atende aos limites estabelecidos pela legislação para mel de *Melipona*²⁸ que estabelece máximo de 3 Göthe. Os méis de *Melipona* apresentam baixa atividade enzimática como relatado nos resultados de pesquisa de Biluca *et al.*¹⁵ e Nascimento *et al.*³², sendo que no estudo de Almeida-Muradian *et al.*³³ esta enzima não foi detectada. A atividade das enzimas diástase e invertase geralmente são utilizadas como uma medida de frescura do mel (recém-colhido), pois a sua atividade é reduzida em méis mais velhos ou submetidos a processos de aquecimento.^{31,46}

A média de açúcares redutores e sacarose aparente nos méis estudados estavam de acordo com estabelecido por Brasil¹² e ADAB²⁸ (Tabela 2). No entanto, para açúcares redutores não houve diferenças significativas entre os méis quando comparado os locais de origem (Tabela 1). Os açúcares redutores (glicose e frutose) são os principais carboidratos presentes na composição do mel. O espectro de variação de açúcares no mel de abelhas sociais sem ferrão pode ser amplo como verificado por Biluca *et al.*¹⁵ que registrou 48,60% no mel de *Tetragona clavipes* e 70,50% para *M. marginata*. Enquanto que Nascimento *et al.*³² trabalhando com mel de diferentes espécies de Meliponini verificaram uma variação de 66,32% (*Scaptotrigona xanthotricha*) a 71,63% (*M. quadrifasciata*). Para o mel de *M. subnitida*, Sousa *et al.*⁴⁷ observou média de 52,6% de açúcares redutores na sua composição.

Concentrações mais elevadas de frutose são comumente verificadas no mel de Meliponini, de acordo com estudo realizado por Sousa *et al.*⁴⁸ O teor de açúcares redutores, encontradas nas amostras analisadas por Biluca *et al.*¹⁵ variaram de 30,4 a 46,1% (frutose) e de 8,21 a 31,3% (glicose), tal como relatado por Sousa *et al.*⁴⁸ que registrou o conteúdo de frutose mais elevado. Salientando, que o conteúdo de frutose pode ser responsável pela intensidade do sabor doce e alta higroscopicidade no mel, sinalizando assim a influência do teor de açúcares redutores em atributos sensoriais com sabor, especialmente os relacionados a doçura do mel.

O teor médio de sacarose variou entre $1,60 \pm 0,74$ a $2,70 \pm 0,85\%$ entre as amostras de mel avaliadas, são valores satisfatórios, sendo que Brasil¹² e ADAB²⁸ estabelecem máximo de 6% (Tabela 2). O mel é um adoçante natural e seu consumo aumentou consideravelmente nas últimas décadas, em função das suas propriedades nutricionais. Com isso, este produto está mais sujeito a processos de adulteração com adoçantes com menor valor comercial, como a sacarose de cana-de-açúcar (açúcar comercial).⁴⁹

A determinação do teor de sacarose é um parâmetro importante para assegurar a qualidade do mel, pois este conteúdo serve para inferir se as abelhas foram alimentadas

com açúcar comercial (alimentação artificial) ou se houve adulteração do mel com adição direta de sacarose.⁵⁰ Ainda há possibilidade da colheita do mel ter sido prematura, isto é quando a sacarose não foi totalmente convertida em glicose e frutose.⁵¹

A avaliação global dos parâmetros físico-químicos determinados para 58 amostras de méis revelou que, de acordo com a Legislação específica para mel de abelhas sociais sem ferrão do gênero *Melipona*²⁸, todas as amostras (100%) dos locais amostrados (Figura 1) atenderam aos limites estabelecidos quanto aos parâmetros cor, atividade diastásica, umidade, sacarose aparente e cinzas. No entanto, a acidez livre (43,10% das amostras), HMF (72,41% das amostras) e açúcares redutores (15,51% das amostras) apresentaram amostras com valores que não satisfizeram o limiar estipulados pela Legislação para controle de qualidade deste produto.

Considerando as diretrizes estabelecidas para mel por Brasil¹² os resultados da avaliação global dos parâmetros físico-químicos revelaram que todas as amostras dos locais amostrados (Figura 1) atendem aos limites estabelecidos apenas para três parâmetros (cor, sacarose aparente e cinzas). Este resultado era esperado, uma vez que o mel de *Melipona* apresenta propriedades físico-químicas distintas dos méis de *A. mellifera* que são comumente avaliados e que serviu de base para o estabelecimento dos requisitos de qualidade para mel por Brasil.¹² Esta diferença esta relacionada principalmente ao seu conteúdo de água (umidade) e de carboidratos (açúcares).

3.2. Compostos bioativos

Os méis amostrados (Figura 1) foram comparados e apresentaram diferenças estatísticas significativas pela análise não-paramétrica de *Kruskal-Wallis* para flavonoides totais em relação ao local de origem (Tabela 1). O conteúdo de fenóis totais nas amostras apresentou médias variando entre $248,62 \pm 53,42$ a $296,88 \pm 91,51$ mg EAG/kg. Para flavonoides totais a variação média no conteúdo entre amostras foi de $32,80 \pm 4,93$ a $47,98 \pm 8,28$ mg EQ/kg (Tabela 2).

A variação nos conteúdos de compostos bioativos nos méis avaliados está relacionada com a localização geográfica e as fontes florais. De acordo com Cheung *et al.*⁵² estes fatores levam a uma grande variação no total de compostos fenólicos do mel e dessa forma a quantidade de conteúdo fenólico pode ser um tipo de marcador da qualidade e pureza do mel.

Avaliando produtos da colmeia de *M. scutellaris*, Cruz *et al.*⁵ relataram que os mesmos apresentaram conteúdo significativo de compostos bioativos (fenóis totais = $242,60 \pm 0,01$ mg EAG/kg e flavonoides totais = $22,75 \pm 0,00$ mg EQ/kg) que podem apresentar propriedades funcionais para os consumidores. Os resultados encontrados por estes autores corroboram com os registrados nos méis avaliados no presente estudo, bem

Tabela 3. Teste multivariado *Lambda de Wilks* (aproximação da distribuição F) para as funções canônicas realizadas para variáveis analisadas no mel produzido por *Melipona scutellaris* em região urbano-industrial, Bahia, Brasil.

Função discriminante canônica (FDC)	Correlação Canônica	Autovalor (λ)	% da variância	Cumulativo (%)	p-valor
FDC ₁	0,6799	2,1247	64,5269	64,5269	< 0,000
FDC ₂	0,3647	0,5742	17,4394	81,9660	0,0294
FDC ₃	0,2210	0,2838	8,6204	90,5870	0,1929
FDC ₄	0,1880	0,2315	7,0332	97,6200	0,2988
FDC ₅	0,0726	0,0783	2,3801	100,000	0,5884

como, indicam o potencial deste produto da colmeia para utilização como alimento funcional.

Comparando as médias de compostos bioativos avaliados no presente estudo (Tabela 2) com os valores encontrados por Carneiro *et al.*⁵³ em frutas, como a pera do cerrado (*Eugenia klotzschiana*) onde o conteúdo de fenóis totais foi de $333,41 \pm 0,80$ mg EAG/kg e flavonoides totais foi $225,00 \pm 0,10$ mg EQ/kg é notável o potencial deste produto da colmeia.

Os valores dos compostos bioativos encontrados em nosso estudo foram superiores aos resultados obtidos por Liben *et al.*⁵⁴ no mel de *A. mellifera*, sendo o maior valor registrado por estes autores para fenóis totais igual a $75,0 \pm 3,08$ mg EAG/kg e flavonoides totais $10,9 \pm 0,93$ mg EQ/kg.

3.3. Análise Discriminante Canônica (ADC)

Para ADC foram considerados apenas as variáveis que apresentaram diferenças significativas pela análise de variância não-paramétrica de *Kruskal-Wallis* (Tabela 1). A existência de uma associação significativa das variáveis avaliadas nos méis em função do local de amostragem (A-F; Figura 1) foi evidenciada pelo *Lambda de Wilks* ($F = 2,7044$; $P = 0,000001 < 0,05$). Pelo teste *Lambda de Wilks* (Λ) as funções discriminantes canônicas FDC₁ e FDC₂ foram significativas (Tabela 3). A FDC₁ explicou 64,53% da variabilidade dos dados e apresentou correlação canônica de 0,6799. Para a FDC₂ verificou-se correlação canônica de 0,3600 e explicou 17,43% da variabilidade dos dados. Dessa forma, as duas primeiras funções discriminantes canônicas foram suficientes para explicar mais de 80% da variabilidade total das informações do conjunto de dados (Tabela 3).

Tendo como base os dados dos coeficientes de função discriminante padronizados verificou-se que em relação ao local de origem dos méis, os meliponários amostrados com as maiores contribuições para separação das amostras na primeira discriminante canônica (Can1) foram: o meliponário A (CCP = 1,9174) e o meliponário F (CCP = -2,4573) (Tabela 4). O meliponário A está situado em Salvador, em uma área urbana e próxima da Estrada da Base Naval, BA528 (~600 m). O meliponário F está situado no município de Dias d'Ávila, trata-se de um sítio (pequena propriedade rural) em perímetro urbano com distância aproximada de 8 km da BA093. Para ambos os meliponários

observou-se a presença da espécie *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. (Fabaceae), entre as plantas da flora local. Estas características do ambiente possivelmente contribuíram para separação do grupo de amostras do local A e F. Além disso, estes resultados corroboram com as descrições de Coimbra *et al.*⁵⁵, onde estes autores relataram que a utilização de métodos de análises de variância multivariados pode agregar informações relevantes à variação conjunta de variáveis-respostas.

Tabela 4. Coeficientes canônicos padronizados (CCP) das duas primeiras funções discriminantes canônicas (FDC) considerando as variáveis analisadas no mel produzido por *Melipona scutellaris* em região urbano-industrial, Bahia, Brasil

Meliponário/Local	Can1	Can2
A	1,9174	-1,2677
B	0,7603	0,7540
C	0,7999	0,9725
D	0,0469	-0,0068
E	-0,8142	-0,0655
F	-2,4573	-0,3677
Variáveis	Can1	Can2
Cor	-0,2251	0,2454
Umidade	0,5926	-0,1307
Condutividade elétrica	0,7637	0,4094
Fenóis totais	0,0528	-0,0615
Flavonoides totais	-0,6090	0,6000
Atividade diastásica	-0,9200	-0,3231
Sacarose aparente	-0,0393	-0,0329
Hidroximetilfurfural	-0,4482	-0,4522
Cinzas	0,3309	0,4511

As variáveis condutividade elétrica (CCP = 0,7637), umidade (CCP = 0,5926), atividade diastásica (CCP = -0,9200) e flavonoides totais (CCP = -0,6090) apresentaram maior peso discriminante na distinção das variáveis para a Can1, contribuindo para a discriminação das diferenças entre os méis de acordo com o seu local de origem, indicando que essas variáveis foram as que mais influenciaram na separação das amostras de mel. Para a segunda discriminante canônica (Can2) as variáveis de maior peso para separação das amostras foram a cinzas (0,4511), condutividade elétrica (CCP = 0,4094), flavonoides totais

(CCP = 0,6000), atividade diastásica (CCP = -0,3231) e hidroximetilfurfural (CCP = -0,4522) (Tabela 4).

A ADC revelou que as amostras dos meliponários C e B (ambos provenientes de Salvador e situados em perímetro urbano) são mais semelhantes formando um grupo de méis com características mais próximas, tendo estes como fator com maior similaridade a variável condutividade elétrica. O mel de *M. scutellaris* provenientes do meliponário A diferenciou-se dos demais, sendo que a variável umidade apresentou maior contribuição para esta separação (Figura 2A). As características dos produtos da colmeia são influenciadas pela origem botânica, tipo de solo, posição geográfica e vegetação visitada pelas abelhas produtoras (Cruz *et al.*, 2020).⁵

Figura 2. Análise Discriminante Canônica para variáveis avaliadas no mel produzido por *Melipona scutellaris* em região urbano-industrial, Bahia, Brasil. **A-** Biplot da Análise Discriminante Canônica para a correlação entre diferentes meliponários (A-F) calculados com base em nove variáveis e **B-** Gráficos de *boxplot* dos Discriminantes Canônicos 1 e os gráficos de barras das funções discriminantes e os vetores representam a influência de cada variável analisada. CE = Condutividade elétrica, Diastase = atividade diastásica; HMF = Hidroximetilfurfural e Sac = sacarose aparente

Explorando os dados apresentados na Figura 2B, nota-se uma confirmação das informações obtidas pela análise dos coeficientes canônicos padronizados (CCP) (Tabela 3). As variáveis com maior contribuição para separação das

amostras do mel de *M. scutellaris* dos distintos meliponários (A-F) foram a condutividade elétrica, cor, atividade diastásica, fenóis totais, flavonoides totais e umidade. Estes parâmetros estão diretamente relacionados às condições edafoclimáticas dos locais de estudo e a flora visitada pelas abelhas para coleta dos recursos nectaríferos.

4. Conclusão

O mel produzido por *M. scutellaris* em uma área urbano-industrial apresentou perfil físico-químico de qualidade quanto aos parâmetros estabelecidos pela Legislação específica para mel de abelhas do gênero *Melipona*, com exceção para algumas amostras que apresentaram conteúdos de HMF, açúcares redutores e acidez livre que não atenderam aos limites estabelecidos. Adicionalmente, a quantificação dos compostos bioativos (fenóis e flavonoides totais) sinaliza o potencial para utilização deste produto da colmeia de *M. scutellaris* como alimento funcional.

Agradecimentos

Os autores agradecem o suporte financeiro dado ao estudo pela “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil” (CAPES) - Código financeiro 001, pela “Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia” (FAPESB) (Processo: PAM0004/2014) e pelo “Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico” (CNPq) (Processo: 305885/2017-0).

Referências Bibliográficas

- Kohsaka, R.; Park, M. S.; Uchiyama, Y.; Beekeeping and honey production in Japan and South Korea: past and present. *Journal of Ethnic Foods* **2017**, *4*, 72. [CrossRef]
- Carvalho, C. A. L.; Alves, R. M. O.; Souza, B. A.; Vêras, S. O.; Alves, E. M.; Sodré, G. S.; Em *Stingless bees process honey and pollen in cerumen pots*, Vit, P.; Roubik, D. W., eds.; 2013, cap. 17.
- Nascimento, A. S.; Nascimento, A. S.; Carvalho, C. A. L.; Em *Coletânea nacional sobre entomologia 2*, Pereira, A. I. A. (Ed.). Atena: Ponta Grossa, 2020, cap. 7. [Link]
- Rosales, G. R. O.; Em *Pot-Honey: A legacy of stingless bees*, Vit, P.; Pedro, S. R. M.; Roubik, D., eds.; Springer: New York, 2013, cap. 15. [Link]
- Cruz, L. F. S.; Santos, T. S.; Souza, C. O.; Santos, L. S. M.; Druzian, J. I.; Tavares, P. P. L.; Nascimento, R. Q.; Bullos, R. B. A.; Almeida, L. M. R.; Determination of physicochemical characteristics and bioactive compounds in samples of pollen, geopropolis and honey from *Melipona scutellaris* bee species. *Brazilian Journal of Development* **2020**, *6*, 21484. [CrossRef]
- Rao, P. V.; Krishnan, K. T.; Salleh, N.; Gan, S. H.; Biological and therapeutic effects of honey produced by honey bees and

- stingless bees: a comparative review. *Revista Brasileira de Farmacognosia* **2016**, 26, 657. [CrossRef]
7. Oh, Y. S.; Jun, H. S.; Role of bioactive food components in diabetes prevention: effects on beta-cell function and preservation. *Nutrition and Metabolic Insights* **2014**, 7, 51. [CrossRef] [PubMed]
 8. Walia, A.; Gupta, A. K.; Sharma, V.; Role of bioactive compounds in human health. *Acta Scientific Medical Sciences* **2019**, 3, 25. [Link]
 9. Combarros-Fuentes, P.; Estevinho, L. M.; Dias, L. G.; Castro, J. M.; Tomas-Barberan, F. A.; Tornadijo, M. E.; Fresno-Baro, J. M.; Bioactive components, antioxidant and antibacterial activities of different varieties of honey: a screening prior to clinical application. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2019**, 67, 688. [CrossRef] [PubMed]
 10. Cardona, Y.; Torres, A.; Hoffmann, W.; Colombian stingless bee honeys characterized by multivariate analysis of physicochemical properties. *Apidologie* **2019**, 50, 881. [CrossRef]
 11. Sant'ana, R. S.; Carvalho, C. A. L.; Oda-Souza, M.; Souza, B. A.; Dias, F. S. Characterization of honey of stingless bees from the Brazilian semi-arid region. *Food Chemistry* **2020**, 327, 1. [CrossRef]
 12. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa 11, de 20 de outubro de 2000. Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel, 2000. [Link]
 13. European Union, Council Directive 2001/110/EC of 20 December 2001 relating to honey. Official Journal, L010, 12/01/2002: 0047-0052. Disponível: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32001L0110>>. Acesso em: 12 fevereiro 2019.
 14. Nascimento, A. S.; Chambó, E. D.; Oliveira, D. J.; Andrade, B. R.; Bonsucesso, J. S.; Carvalho, C. A. L.; Honey from stingless bee as indicator of contamination with metals. *Sociobiology* **2018**, 65, 727. [CrossRef]
 15. Biluca, F. C.; Braghini, F.; Gonzaga, L. V.; Costa, A. C. O.; Fett, R.; Physicochemical profiles, minerals and bioactive compounds of stingless bee honey (Meliponinae). *Journal of Food Composition and Analysis* **2016**, 50, 61. [CrossRef]
 16. Tsutsumi, L. H.; Oishi, D. E.; Em Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry, Elevitch, C. R., ed; Permanent Agriculture Resources: Holualoa, 2010. [Link]
 17. Google Maps, Região Metropolitana de Salvador, Bahia. 2020. *Google Maps. Google*. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-12.6673853,-39.0770678,14z?hl=pt-BR>>. Acesso em: 20 maio 2020.
 18. Instituto Adolfo Lutz; *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. Instituto Adolfo Lutz: São Paulo, 2008.
 19. Association of Official Analytical Chemists, Official methods of Analysis, 15 th. Ed, Supl 2, 1990.
 20. Bogdanov, S., Harmonised methods of the International Honey Commission, 2009. [Link]
 21. Codex Alimentarius Commission, Revised codex standard for honey, 24th session of the Codex Alimentarius, 2001. [Link]
 22. Association of Official Analytical Chemists, 16 th. ed. Official methods of Analysis, 2005.
 23. Marchini, L. C.; Sodré, G. S.; Moreti, A. C. C.; *Mel brasileiro: composição e normas*. Ribeirão Preto: ASP, 2004.
 24. Feás, X.; Vázquez-Tato, M. P.; Estevinho, L.; Seijas, J. A.; Iglesias, A.; Organic bee pollen: botanical origin, nutritional value, bioactive compounds, antioxidant activity and microbiological quality. *Molecules* **2012**, 17, 8359. [CrossRef] [PubMed]
 25. Singleton, V. L.; Orthofer, R.; Lamuela-Raventos, R. M., Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology* **1999**, 299, 152. [CrossRef]
 26. Woisky, R. G.; Salatino, A.; Analysis os propolis: some parameters ond prodecure for chemical fuality control. *Journal Apicultural Research* **1998**, 37, 99. [CrossRef]
 27. R Core Team.; *R: A language and environment for statistical computing*, R Foundation for Statistical Computing: Vienna, 2018. [Link]
 28. Agência de Defesa Agropecuária da Bahia, Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel de abelha social sem ferrão gênero *Melipona*, Portaria nº 207, 2014. [Link]
 29. Silva, P. M.; Gauche, C.; Gonzaga, L. V.; Costa, A. C. O.; Fett, R.; Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry* **2016**, 96, 309. [CrossRef]
 30. Aroucha, E. M. M.; Silva, M. C. P.; Leite, R. H. L.; Santos, F. K. G.; Oliveira, V. R. L.; Araújo, N. O.; Silva, K. N. O.; Physicochemical, Antioxidants and sensorials properties of *Melipona subnitida* honey after dehumidifying. *Journal of Food Processing & Technology* **2019**, 10, 1. [CrossRef]
 31. Pita-Calvo, C.; Vázquez, M.; Differences between honeydew and blossom honeys: A review. *Trends in Food Science & Technology* **2017**, 59, 79. [CrossRef]
 32. Nascimento, A. S.; Marchini, L. C.; Carvalho, C. A. L.; Araújo, D. F. D.; Silveira, T. A.; Olinda, R. A.; Physical-chemical parameters of honey of stingless bee (Hymenoptera: Apidae). *American Chemical Science Journal* **2015**, 7, 139. [CrossRef]
 33. Almeida-Muradian, L. B.; Stramm, K. M.; Horita, A.; Barth, O. M.; Freitas, A. S.; Estevinho, L. M.; Comparative study of the physicochemical and palynological characteristics of honey from *Melipona subnitida* and *Apis mellifera*. *International Journal of Food Science and Technology* **2013**, 48, 1698. [CrossRef]
 34. Camargo, R. C. R.; Oliveira, K. L.; Berto, M. I.; Stingless bee honey: technical regulation proposal. *Brazilian Journal of Food Technology* **2017**, 20, 2. [CrossRef]
 35. Nascimento, A. S.; Silva, F. L.; Machado, C. S.; Silva, S. M. P. C.; Estevinho, L. M.; Dias, L. G.; Carvalho, C. A. L.; Use of the electronic tongue as a tool for the characterization of *Melipona scutellaris* Latreille honey. *Journal of Apicultural Research* **2020**, 1, 1. [CrossRef]
 36. Majewska, E.; Druzynska, B.; Wołosia, R.; Determination of the botanical origin of honeybee honeys based on the analysis of their selected physicochemical parameters coupled with chemometric assays. *Food Science and Biotechnology* **2019**, 28, 1307. [CrossRef] [PubMed]
 37. Ratiu, I. A.; Al-Suod, H.; Bukowska, M.; Ligor, M.; Buszewski, B.; Correlation study of honey regarding their physicochemical properties and sugars and Cyclitols Content. *Molecules* **2020**, 25, 2. [CrossRef]

38. Food Ingredients Brasil; Acidulantes: funções e usos em alimentos. *Food Ingredients Brasil* **2016**, 37, 64. [\[Link\]](#)
39. Belas, A.; Almeida, C.; Epifânio, A. F.; Carrapiço, B.; Vaz, Y.; Braz, B. S.; Qualidade do mel nacional. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias* **2014**, 109, 112. [\[Link\]](#)
40. Freitas, W. E. S.; Aroucha, E. M. M.; Soares, K. M. P.; Mendes, F. I. B.; Oliveira, V. R.; Lucas, C. R.; Santos, M. C. A.; Parâmetros físico-químicos do mel de abelha sem ferrão (*Melipona subnitida*) após tratamento térmico. *Acta Veterinaria Brasilica* **2010**, 4, 153. [\[CrossRef\]](#)
41. Bonsucesso, J. S.; Gloaguen, T. V.; Nascimento, A. S.; Carvalho, C. A. L.; Dias, F. S.; Metals in geopropolis from beehive of *Melipona scutellaris* in urban environments. *Science of the Total Environment* **2018**, 634, 687. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
42. Silva, T. M. S.; Santos, F. P.; Evangelista-Rodrigues, A.; Silva, E. M. S.; Silva, G. S.; Novais, J. S.; Santos, F. A. R.; Camara, C. A.; Phenolic compounds, melissopalynological, physicochemical analysis and antioxidant activity of jandaíra (*Melipona subnitida*) honey. *Journal of Food Composition and Analysis* **2013**, 29, 10. [\[CrossRef\]](#)
43. Tornuk, F.; Karaman, S.; Ozturk, I.; Toker, O. S.; Tastemur, B.; Sagdic, O.; Kayacier, A.; Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. *Industrial Crops and Products* **2013**, 46, 124. [\[CrossRef\]](#)
44. Zapala, M.; Falico, B.; Arena, E.; Verzera, A.; Methods for the determination of HMF in honey: a comparison. *Food Control* **2005**, 16, 273. [\[CrossRef\]](#)
45. Lemos, G. S.; Santos, J. S.; Santos, M. L. P.; Method validation to HMF determination in honey by HPLC-UV and its influence on the product quality. *Química Nova* **2010**, 33, 1682. [\[CrossRef\]](#)
46. Ramalhosa, E. E.; Gomes, T. T.; Pereira, A. P.; Dias, T. T.; Estevinho, L. M.; Mead production tradition versus modernity. *Advanced Food Nutritional Research* **2011**, 63, 101. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
47. Sousa, J. M. B.; Aquino, I. D. S.; Magnani, M.; Albuquerque, J. R.; Santos, G. G.; Souza, E. L.; Aspectos físico-químicos e perfil sensorial de méis de abelhas sem ferrão da região do Seridó, Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. *Semina: Ciências Agrárias* **2013**, 34, 1765. [\[CrossRef\]](#)
48. Sousa, J. M.; Souza, E.; Marques, G.; Toledo Benassi, M.; Gullón, B.; Pintado, M. M.; Magnani, M.; Sugar profile: physicochemical and sensory aspects of monofloral honeys produced by different stingless bee species in Brazilian semi-arid region. *LWT - Food Science and Technology* **2016**, 65, 645. [\[CrossRef\]](#)
49. Guo, W.; Liu, Y.; Zhu, X.; Wang, S.; Dielectric properties of honey adulterated with sucrose syrup. *Journal of Food Engineering* **2011**, 107, 1. [\[CrossRef\]](#)
50. Küçük, M.; Kolaylı, S.; Karaoğlu, Ş.; Ulusoy, E.; Baltacı, C.; Candan, F.; Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chemistry* **2007**, 100, 526. [\[CrossRef\]](#)
51. Moreira, R. F. A.; de Maria, C. A. B.; Glicídios no mel. *Química Nova* **2001**, 24, 516. [\[CrossRef\]](#)
52. Cheung, Y.; Meenu, M.; Yu, X.; Xu, B.; Phenolic acids and flavonoids profiles of commercial honey from different floral sources and geographic sources. *International Journal of Food Properties* **2019**, 22, 290. [\[CrossRef\]](#)
53. Carneiro, N. S.; Alves, C. C. F.; Cagnin, C.; Belisario, C. M.; Silva, M. A. P.; Miranda, M. L. D.; Oliveira Filho, J. G.; Alves, J. M.; Pereira, P. S.; Silva, F. G.; Egea, M. B.; *Eugenia klotzschiana* O. Berg fruits as new sources of nutrients: determination of their bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition. *Brazilian Archives of Biology and Technology* **2019**, 62, 1. [\[CrossRef\]](#)
54. Liben, T.; Atlabachew, M.; Abebe, A.; Total phenolic, flavonoids and some selected metal content in honey and propolis samples from South Wolo zone, Amhara region, Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture* **2018**, 4, 1. [\[CrossRef\]](#)
55. Coimbra, J. L. M.; Santos, J. C. P.; Alves, M. V.; Barzotto, I.; Técnicas multivariadas aplicadas ao estudo da fauna do solo: contrastes multivariados e análise canônica discriminante. *Revista Ceres* **2007**, 54, 270. [\[CrossRef\]](#)