Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.04,2024

ISSN 2178-6925

ESTUDO DE MEL DE ABELHA DA ESPÉCIE *Apis mellífera* DO NORDESTE DO PARÁ

STUDY OF BEE HONEY OF THE SPECIES *Apis mellífera* FROM NORTHEAST PARÁ

ESTUDIO DE MIEL DE ABEJAS DE LA ESPECIE *Apis mellífera* DEL NORESTE DE PARÁ

Lucas dos Santos Nunes
Graduando em Farmácia, Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: lucas.santos.nunes@ics.ufpa.br

Charles Alberto Brito Negão
Doutor, Universidade Federal do Pará
E-mail: tharcys_cp@hotmail.com

Ewerton Carvalho de Souza
Professor, Universidade Federal Rural da Amazônia
E-mail: ewertoncarvalho@ufra.edu.org.br

Antonio dos Santos Silva
Professor, Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: ansansil@ufpa.br

Resumo

O Mel é um produto natural produzido pelas abelhas por meio do néctar e secreções liberadas pelas plantas, sendo sua produção feita pelas abelhas melíferas, se destacando a espécie *Apis mellífera*. O presente trabalho teve como objetivo avaliar méis da espécie *A. mellífera* produzidas por apicultores de seis municípios do Nordeste do Pará, em termos físico-químicos e através de métodos estatísticos multivariados. As amostras foram coletadas nos municípios de Tracuateua, São Miguel do Guamá, Aurora do Pará, Ourém, Santa Maria do Pará e Augusto Corrêa. Doze variáveis foram testadas (condutividade elétrica (CE), pH, viscosidade, sólidos insolúveis totais (SIT), sólidos solúveis totais (SST), densidade, umidade, turbidez, cor, acidez, açúcares redutores (AR) e cinzas). Os resultados sugeriram que a maioria das amostras apresentaram concordância com os valores físico-químicos estipulados pela legislação tanto nacional quanto internacional, exceto as variáveis umidade, AR, cinzas e SIT, em que o último apresentou valores acima da legislação para todos os municípios, sugerindo contaminação do produto. Através da HCA e PCA foi possível confirmar a discriminação das variáveis de acordo com a localidade das amostras, funcionando como um recurso para classificar os méis conforme a sua localidade e, consequentemente, contribuindo no seu controle de qualidade.

Palavras-chave: Controle de qualidade; Amazônia; Quimiometria; Produto de origem animal.

Summary

Honey is a natural product produced by bees through the nectar and secretions released by plants, with its production being carried out by honeybees, with emphasis on the species *Apis mellífera*. The present work aimed to evaluate honeys of the *A. mellífera* species produced by beekeepers from six municipalities in the Northeast of Pará, in physical-chemical terms and through multivariate statistical methods. The samples were collected in the municipalities of Tracuateua, São Miguel do Guamá, Aurora do Pará, Ourém, Santa Maria do Pará and Augusto Corrêa. Twelve variables were tested (electrical conductivity (EC), pH, viscosity, total insoluble solids (SIT), total soluble solids (TSS), density, moisture, turbidity, color, acidity, reducing sugars (AR) and ash). The results suggested that most samples agreed with the physical-chemical values stipulated by both national and international legislation, except for the variables moisture, air, ash and SIT, in which the latter presented values

above the legislation for all municipalities, suggesting product contamination. Through HCA and PCA it was possible to confirm the discrimination of variables according to the location of the samples, functioning as a resource to classify honeys according to their location and, consequently, contributing to their quality control.
Keywords: Quality control; Amazon; Chemometrics; Product of animal origin.

Resumen

La miel es un producto natural elaborado por las abejas a través del néctar y secreciones liberadas por las plantas, siendo su producción realizada por las abejas melíferas, con énfasis en la especie *Apis mellífera*. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar mieles de la especie *A. mellífera* producidas por apicultores de seis municipios del Nordeste de Pará, en términos fisicoquímicos y mediante métodos estadísticos multivariados. Las muestras fueron recolectadas en los municipios de Tracuateua, São Miguel do Guamá, Aurora do Pará, Ourém, Santa Maria do Pará y Augusto Corrêa. Se probaron doce variables (conductividad eléctrica (CE), pH, viscosidad, sólidos insolubles totales (SIT), sólidos solubles totales (SST), densidad, humedad, turbidez, color, acidez, azúcares reductores (AR) y cenizas. Los resultados sugirieron que la mayoría de las muestras estuvieron de acuerdo con los valores fisicoquímicos estipulados tanto por la legislación nacional como internacional, a excepción de las variables humedad, AR, cenizas y SIT, en las que estas últimas presentaron valores por encima de la legislación. para todos los municipios, lo que sugiere contaminación del producto. A través de HCA y PCA se pudo constatar la discriminación de variables según la ubicación de las muestras, funcionando como un recurso para clasificar las mieles según su ubicación y, en consecuencia, contribuyendo a su control de calidad.
Palabras clave: Control de calidad; Amazonas; Quimiometría; Producto de origen animal.

1. Introdução

O Mel é um produto natural elaborado por abelhas por meio do néctar e secreções liberadas pelas plantas, juntamente com suas excreções. Elas elaboram o mel a partir de transformações e adições de compostos específicos, fazem a desidratação, deposição e armazenamento no favo para que haja o seu amadurecimento, obtendo um produto extremamente concentrado em açúcares, com destaque para a D-glicose e D-frutose (Brasil, 2000).

Há também a presença de vitaminas, minerais e enzimas, essas últimas são incorporadas com o propósito de alterar a estrutura do monossacarídeo e assim aumentar o tamanho dos carboidratos. Em relação aos outros componentes, 21% da composição do mel é água. Já a participação dos ácidos garante a integridade do mel e o protegem da proliferação de microrganismos (Camargo, 2002).

A produção do mel é feita pelas abelhas melíferas, principalmente as da espécie *A. mellífera*. Nesse contexto, as operárias, que coletam o néctar, se organizam para garantir o sustento da colmeia e, paralelamente, de modo indireto, colaboram para a manutenção do ecossistema natural (Carvalho, 2010).

O Brasil tem uma variabilidade climática que permite a produção do mel o ano todo e a diferença entre os locais, os tipos de clima e floradas contribuem para torná-lo um produto diversificado com diferentes texturas, aromas, gostos e cores (Ananias, 2010).

Em 2020 houve a exportação de 45.728 toneladas de mel e o mercado nacional faturou cerca US$ 98.560 milhões, sendo o produto mais requisitado durante o período nos EUA, e, de janeiro a fevereiro de 2021, o Brasil exportou 8.891 toneladas, o que significa um aumento de 112% em comparação à 2019 (Deral, 2021). Já em 2023, por mais que houvesse queda com relação aos últimos anos, foi gerado faturamento de US$ 79,820 milhões de dólares, com destaque para os EUA como o maior consumidor de mel (Deral, 2023).

A legislação para o mel dispõe dos requisitos necessários para atestar a qualidade do produto e com isso garantir a segurança e impedir a ocorrência de alterações ou adulterações no mel comercializado. Logo, a instrução normativa nº

ISSN 2178-6925

11, de 20 de outubro de 2000, traz em seu conteúdo a definição do mel, bem como explica sobre a diferença entre o mel floral e o multifloral, além de sua classificação prensado, escorrido ou centrifugado (Brasil, 2000).

Este trabalho objetivou avaliar méis da espécie *A. mellífera* produzidos por apicultores de 6 municípios do Nordeste do Pará, tanto do ponto de vista físico-químico, quanto por métodos estatísticos multivariados, buscando discriminar as amostras conforme a sua localidade, contribuindo, assim, com o controle de qualidade do produto.

2. Metodologia

2.1 Coleta das amostras

Foram obtidas cinco amostras (de 200 mL), proveniente de seis localidades/municípios do Nordeste do Pará, em um total de trinta amostras que foram coletadas em apiários e/ou cooperativas de apicultores, sendo guardadas em recipientes previamente descontaminados, de vidro ou plástico, que foram transportadas ao Laboratório de Física Aplicada à Farmácia (LAFFA), da Universidade Federal do Pará (UFPA), onde foram mantidas em temperatura ambiente e sob o abrigo da luz direta.

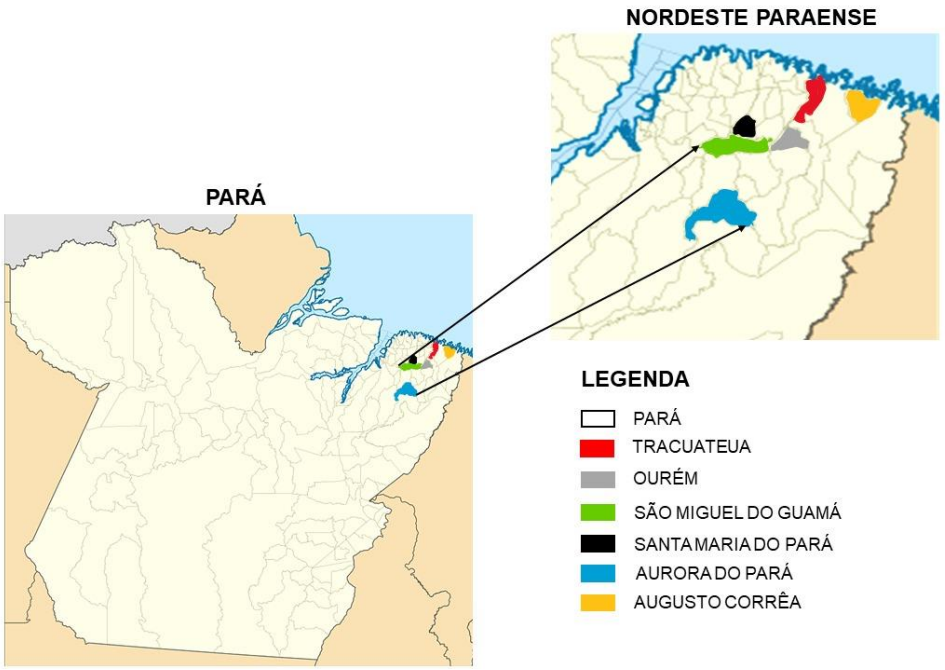
As 30 amostras de mel de *A. mellífera* eram oriundas dos seguintes municípios: Tracuateua (amostras A); São Miguel do Guamá (amostras B); Aurora do Pará (amostras C); Ourém (amostras D); Santa Maria do Pará (amostras E) e Augusto Corrêa (Comunidade do Aturiaí, amostras F), conforme demonstrado na Tabela 1, e Figura 1, que mostra as localizações desses municípios no espaço geográfico do Estado do Pará, no Norte do Brasil.

Tabela 1. Codificação das amostras de mel do presente estudo

Amostra	Localidade	Amostra	Localidade
A1 a A5	Tracuateua	D1 a D5	Ourém
B1 a B5	São Miguel do Guamá	E1 a E5	Santa Maria do Pará
C1 a C5	Aurora do Pará	F1 a F5	Augusto Corrêa (Comunidade do Aturiaí)

ISSN 2178-6925

Figura 1. Localização dos municípios de onde foram coletadas as mostras deste trabalho



Fonte: Pará (2024), adaptado pelos autores.

2.2 Determinações Físico-Químicas

Todas as doze variáveis físico-químicas foram realizadas em triplicas em todas as trinta amostras e seguindo metodologias oficiais e/ou já consagradas na literatura (Brasil, 2000; AOAC, 2000; CAC, 2000; Adolfo Lutz, 2008).

2.2.1 Umidade, Sólidos Solúveis Totais (SST) e Densidade

Para a determinação dessas três variáveis foi utilizado o método por refratometria a 20º C, em que se utilizou um refratômetro portátil da marca INSTRUTHERM, modelo ART-90, específico para amostras de méis, sendo transferidas 3 gotas da amostra e espalhadas uniformemente sob o prisma do aparelho. A umidade foi registrada através de uma escala interna ao aparelho que que varia de 12 a 27 % de umidade. O teor de SST também foi lido diretamente em outra escala interna do aparelho, que oscila entre 40º Brix e 90º Brix. Já a densidade foi obtida através da leitura da escala interna de graus Baumé (º Be) que permite a conversão para densidade (em g/mL) através da equação 1 dada a seguir. A cada leitura, o prisma foi limpo com água destilada e seco com papel toalha.

$$Densidade\ \left(\frac{g}{mL}\right) = \frac{145}{145 - {}^{o}Be} \quad (1)$$

2.2.2 Condutividade Elétrica (CE), pH e Turbidez

Para a determinação destas vaiáveis foi necessário preparar uma solução se pesando 5,0 g de mel em um Erlenmeyer de 125 mL e se diluindo com 75 mL de água destilada. A solução formada foi homogeneizada agitando-se por 30 minutos e, em seguida, realizado a leitura através da introdução do eletrodo de um condutivímetro portátil modelo AKSO, AK51, previamente calibrado com solução de 143 µS/cm, sendo o valor encontrado lido de forma direta no visor do aparelho. Já para a determinação de pH foi utilizado um pHmetro de bancada da marca GONDO, modelo PP-206K, previamente calibrando em dois pontos com soluções

ISSN 2178-6925

padrão de pH 4,00 e pH 7,00, e os valores de pH foram lidos diretamente no *display* do aparelho. Na determinação de turbidez, uma alíquota de 10 mL da solução foi transferida para a cubeta de um turbidímetro digital da marca POLICONTROL, modelo T 1000 WT, com faixa de trabalho de 0 a 1000 Unidade de Turbidez Nefelométrica (NTU), sendo a turbidez lida diretamente no *display* do aparelho.

2.2.3 Viscosidade

Manipulou-se viscosímetros manuais Copos Ford tipo 4 e 5, da marca NALGON, para a determinação desta variável. O Copo Ford foi preenchido com a respectiva amostra de mel, tapado o orifício, enchido até o nível máximo, e nivelado com uma espátula retirando o excesso de produto. O orifício foi liberado e o cronômetro acionado no mesmo instante. A partir da primeira interrupção do fluxo, o cronômetro foi pausado e anotado o tempo, sendo este convertido para viscosidade através da equação 2, fornecida pelo fabricante do equipamento, em que v é a viscosidade, em Centistoke (cSt), e t é o tempo de escoamento medido em segundos (s).

$$v = 3{,}85\ .(t - 4{,}49)\quad (2)$$

2.2.4 Sólidos Insolúveis Totais (SIT)

A determinação de SIT foi realizada através do método gravimétrico. Papéis de filtro foram previamente secos a 105 ºC por 1 h e resfriados em dessecador até temperatura ambiente e suas massas aferidas (m_p). Foram pesados 2,0 g de amostra em béquer de 100 mL, e a esta massa foi adicionado uma quantidade inespecífica de água destilada aquecida a 80º C, que seria necessária para dissolver o mel. Em seguida, a solução foi filtrada em papel de filtro qualitativo, de massa já conhecida, postas em funil de polietileno e em provetas. O papel de filtro e o béquer foram lavados sucessivas vezes até a ausência de açúcares. Após o término da filtração e lavagem do papel de filtro, estes foram secos a 105º C por 3 h e resfriados em dessecador até temperatura ambiente e pesados em balança analítica. O teor de SIT foi determinado através da equação 3, em que m_f é a massa do papel filtro após a filtração; m_p é a massa do papel filtro seco; e m_a é massa total da amostra.

$$SIT\ (\%) = \frac{m_f - m_p}{m_a}.100\ (3)$$

2.2.5 Cor do mel

Para a determinação de cor de mel se utilizou um espectrofotômetro UV-Vis, operando em comprimento de onda de 560 nm, com cubetas de volume igual a 4,5 mL e 1 cm de caminho óptico, além de se usar glicerina pura como referência. Através da leitura direta do visor do equipamento, a absorbância foi registrada e posteriormente transformada em cor conforme informações da Tabela 2.

ISSN 2178-6925

Tabela 2. Conversão de absorvância para cor do mel

Cor do Mel	*Absorvância*	*Cor do Mel*	*Absorvância*
Branco-água	0,104 – 0,125	**Âmbar claro**	0,238 – 0,333
Extra branco	0,125 – 0,148	**Âmbar**	0,333 – 0,411
Branco	0,148 – 0,195	**Âmbar escuro**	0,411 ou mais
Âmbar extracaro	0,195 – 0,238		

Fonte: Brasil (2000).

2.2.6 Acidez

A acidez foi determinada pelo método titulométrico, empregando a volumetria de neutralização. Foi pesado 1,00 g de amostra e diluído com a adição de 15 mL de água destilada. A solução resultante foi titulada com uma solução padronizada 0,01 mol L^{-1} de NaOH, empregando como indicador fenolftaleína a 1%. O ponto de viragem da titulação foi apontado pelo aparecimento de coloração rosa na solução e anotado o volume de NaOH gasto na bureta. A acidez foi determinada pela equação (4), em que V é o valor em mL de solução de NaOH 0,01mol L^{-1} gasto na titulação; Fc é o fator de correção da solução de NaOH 0,01mol L^{-1}; N é a concentração de NaOH e m é a massa da amostra.

$$Acidez\ (meq/kg) = \frac{V.F_c.N.1000}{m} \quad (4)$$

2.2.7 Cinzas Totais (CT)

A determinação de cinzas totais foi executada através da pesagem de 2,0 g de mel em cadinhos de porcelana de 75 mL, de forma alta, que foi antecipadamente seco em estufa a 105 ºC por 24 h. Logo após, foi processado a incineração do conjunto cadinho mais mel em forno mufla a 450 ºC até peso constante. Então os cadinhos com as amostras foram esfriados em dessecador até a temperatura ambiente, e pesados. O teor de cinzas foi determinado através da equação 5, onde m_f é a massa após a incineração; m_c é a massa do cadinho; e m_i é a massa inicial do mel.

$$Cinzas\ totais\ (\%) = \frac{m_f - m_c}{m_i}.100 \quad (5)$$

2.2.8 Açúcares Redutores (AR)

Para a realização desta análise, foi preparado uma solução de mel a 20 % (m/v) em um balão volumétrico de 100,0 mL e desta se retirou uma alíquota de 10,0 mL que foi transferida para outro balão volumétrico de 100,0 mL, completado o volume com água destilada e transferido a solução para uma buretra de 25,0 mL. Então, 5 mL de cada uma das soluções de Fehling (A e B) foram levados para um Erlenmeyer de 250,0 mL e adicionado 10,0 mL de água destilada, e aquecida até a ebulição. Mantendo a ebulição, foi adicionado uma a duas gotas de solução de azul de metileno a 1% e titulada até a descoloração do indicador, obedecendo o tempo da titulação de até 3 minutos. Os resultados foram encontrados utilizando a equação 6, onde T é o título da solução de Fehling; V é o volume em mL de amostra gasta na titulação; e m é a massa da amostra, expresso em gramas.

$$Açúcares\ Redutores\ (\%) = \frac{100.100.T}{V.m} \quad (6)$$

ISSN 2178-6925

2.3 Análises Estatísticas

Os resultados obtidos nas análises para as 12 variáveis testadas foram organizados em planilhas do Excel, em que foi realizado análise descritivas dos dados brutos, apresentados em médias e desvio padrão. As análises estatísticas descritivas e multivariadas foram executadas no programa MINITAB 18, sendo que a análise de componentes principais (ACP) foi conduzida com dados padronizados e a análise hierárquica de agrupamentos (AHA) foi realizada se considerando distâncias euclidianas e ligações simples e resultados expressos em termos de similaridade entre as amostras, em um dendrograma.

3. Resultados e Discussão

3.1 Análises Físico-Químicas

Nas Tabelas 3 e 4 estão expressos os resultados obtidos para as doze variáveis físico-químicas das amostras de mel do presente trabalho.

A CE média dos méis variou entre 0,32 mS/cm (C) e 0,48 mS/cm (B) (Tabela 3), havendo diferenças significativas entre elas, conforme a localidade de origem. Esses resultados são superiores aos encontrados por Silva (2010), que foram entre 0,14 mS/cm e 0,35 mS/cm para méis de *A. mellífera* também do Nordeste do Pará. Na legislação nacional não há limites para essa propriedade do mel, todavia, na legislação internacional há adoção da faixa entre 0,20 e 0,80 mS/cm, estando os valores encontrados no presente trabalho totalmente dentro do intervalo mínimo e máximo (CAC, 1990).

Conforme Gois et al. (2013) a CE apresenta substancial importância por fornecer informações de se o mel pode ou não ser estocado durante o inverno ou ser refrigerado, pois fazem com que alguns constituintes sejam impróprios para as abelhas em períodos de temperaturas negativas. Além do mais, tal caracterização pode substituir a análise de cinzas e determinar botanicamente o mel, aumentando, ainda, seu valor dentro do mercado internacional.

Em termos de pH, os valores médios encontrados foram de 6,43 (A), 5,32 (B), 7,34 (C), 6,92 (D), 5,92 (E), 6,60 (F), sendo significativamente iguais apenas os méis das localidades D e E (Tabela 3). Esses resultados sugerem que a localidade geográfica pode ser indicativa de variação desta propriedade.

A legislação brasileira também não possui valores definidos para pH em mel, mas esta caracterização é importante, pois ela avalia a qualidade dos méis, tanto do ponto de vista fermentativo, quanto ao processo de adulteração (Welke et al., 2008). Há de ser ressaltado que tal parâmetro é fundamental para a atividade antimicrobiana e antifúngica, de forma que o baixo pH pode deixar o mel suscetível ao crescimento de fungos, sendo que as amostras de São Miguel do Guamá foram as mais suscetíveis a essa ação (Gois et al., 2013).

Welke et al. (2008) obtiveram, para méis de *A. mellífera* de 2 anos consecutivos, valores de pH igual a 4,0 (2005) e 3,8 (2006), sendo valores bem abaixo do que os aqui obtidos, bem como os achados por Moura Júnior et al. (2020) que encontraram uma variação de pH para o município de Santa Maria do Pará de 3,12, bem inferior à média de 5,92 do presente trabalho (Tabela 3). Esta discrepância pode ser dada pela época de coleta, espécies vegetais, alterando as suas características físico-químicas (Moura Júnior et al., 2020).

Os resultados obtidos para a viscosidade foram: 1.413,12 cSt (A), 1.256,55 cSt (B), 1.288,99 cSt (C), 1.382,32 cSt (D), 3.793,75 cSt (E), 1.165,43 cSt (F), sendo esses valores significativamente iguais entre si, exceto o valor correspondente a localidade E que destoou dos demais (Tabela 3).

ISSN 2178-6925

Taba 3. Resultados de CE, pH, viscosidade, SIT, SST e densidade encontrados para as amostras de mel *Apis mellífera* do Nordeste do Pará.

Amostra	CE (mS/cm)	pH	Viscosidade (cSt)	SIT (%)	SST (° Brix)	Densidade (g/mL)
A1	0,43 ± 0,01	6,39 ± 0,04	1.381,55 ± 11,76	0,10 ± 0,07	75,33 ± 0,29	1,38 ± 0,00
A2	0,43 ± 0,01	6,44 ± 0,02	1.407,21 ± 6,67	0,07 ± 0,04	75,00 ± 0,00	1,38 ± 0,00
A3	0,42 ± 0,01	6,41 ± 0,01	1.423,90 ± 9,69	0,57 ± 0,45	75,17 ± 0,29	1,38 ± 0,00
A4	0,43 ± 0,01	6,45 ± 0,02	1.449,56 ± 56,97	0,69 ± 0,57	75,00 ± 0,00	1,38 ± 0,00
A5	0,42 ± 0,00	6,47 ± 0,03	1.403,36 ± 11,55	1,20 ± 0,25	75,17 ± 0,29	1,38 ± 0,00
Geral	**0,43^{b} ± 0,01**	**6,43^{c} ± 0,04**	**1.413,12^{b} ± 32,76**	**0,53^{bc} ± 0,51**	**75,13^{e} ± 0,23**	**1,38^{c} ± 0,00**
B1	0,48 ± 0,01	5,16 ± 0,10	1.217,28 ± 8,89	0,75 ± 0,19	76,17 ± 0,29	1,39 ± 0,00
B2	0,48 ± 0,00	5,58 ± 0,03	1.207,01 ± 30,56	0,55 ± 0,09	76,00 ± 0,00	1,39 ± 0,00
B3	0,48 ± 0,00	5,51 ± 0,04	1.187,76 ± 33,34	0,99 ± 0,29	76,00 ± 0,00	1,39 ± 0,00
B4	0,48 ± 0,01	5,17 ± 0,10	1.305,83 ± 98,93	0,33 ± 0,20	76,00 ± 0,00	1,39 ± 0,00
B5	0,48 ± 0,00	5,17 ± 0,05	1.364,86 ± 7,70	0,26 ± 0,09	76,00 ± 0,00	1,39 ± 0,00
Geral	**0,48^{a} ± 0,00**	**5,32^{d} ± 0,20**	**1.256,55^{b} ± 81,83**	**0,58^{bc} ± 0,32**	**76,03^{d} ± 0,13**	**1,39^{b} ± 0,00**
C1	0,31 ± 0,00	7,31 ± 0,02	1.076,11 ± 170,05	0,39 ± 0,49	77,00 ± 0,00	1,39 ± 0,00
C2	0,32 ± 0,00	7,33 ± 0,03	1.064,56 ± 68,11	0,33 ± 0,33	77,00 ± 0,00	1,39 ± 0,00
C3	0,32 ± 0,01	7,34 ± 0,01	1.231,40 ± 208,48	0,22 ± 0,17	76,93 ± 0,06	1,39 ± 0,00
C4	0,31 ± 0,01	7,35 ± 0,02	1.497,05 ± 146,62	0,52 ± 0,17	76,97 ± 0,06	1,39 ± 0,00
C5	0,32 ± 0,00	7,36 ± 0,01	1.545,81 ± 153,37	0,26 ± 0,98	77,00 ± 0,00	1,39 ± 0,00
Geral	**0,32^{d} ± 0,01**	**7,34^{a} ± 0,02**	**1.282,99^{b} ± 249,04**	**0,39^{c} ± 0,24**	**76,98^{b} ± 0,04**	**1,39^{b} ± 0,00**
D1	0,42 ± 0,01	6,91 ± 0,01	1.314,81 ± 60,02	0,49 ± 0,49	77,67 ± 0,29	1,40 ± 0,00
D2	0,41 ± 0,01	6,92 ± 0,01	1.359,73 ± 132,55	1,53 ± 0,20	77,67 ± 0,29	1,40 ± 0,01
D3	0,41 ± 0,01	6,91 ± 0,01	1.330,21 ± 65,79	0,55 ± 0,03	78,00 ± 0,00	1,40 ± 0,00
D4	0,41 ± 0,01	6,91 ± 0,01	1.318,66 ± 40,20	0,27 ± 0,02	78,00 ± 0,00	1,40 ± 0,00
D5	0,41 ± 0,00	6,93 ± 0,01	1.588,16 ± 80,85	0,31 ± 0,09	78,00 ± 0,00	1,40 ± 0,00
Geral	**0,41^{b} ± 0,00**	**6,92^{b} ± 0,01**	**1.382,32^{b} ± 128,15**	**0,63^{bc} ± 0,52**	**77,87^{a} ± 0,23**	**1,40^{a} ± 0,00**
E1	0,35 ± 0,00	6,86 ± 0,01	3.295,23 ± 48,90	1,17 ± 0,23	77,00 ± 0,00	1,39 ± 0,00
E2	0,34 ± 0,00	6,80 ± 0,01	3.513,03 ± 78,73	1,14 ± 0,07	77,00 ± 0,00	1,39 ± 0,00
E3	0,33 ± 0,00	6,79 ± 0,00	3.767,13 ± 130,51	1,13 ± 0,13	77,00 ± 0,00	1,39 ± 0,00
E4	0,34 ± 0,00	6,74 ± 0,01	4.065,60 ± 103,38	1,12 ± 0,14	77,00 ± 0,00	1,39 ± 0,00
E5	0,35 ± 0,00	6,77 ± 0,01	4.327,77 ± 90,82	1,02 ± 0,16	77,00 ± 0,00	1,39 ± 0,00
Geral	**0,34^{cd} ± 0,01**	**6,79^{b} ± 0,04**	**3.793,75^{a} ± 391,92**	**1,12^{ab} ±0,13**	**77,00^{b} ± 0,00**	**1,39^{b} ± 0,00**
F1	0,48 ± 0,00	6,63 ± 0,00	1.191,61 ± 27,76	1,35 ± 0,30	76,33 ± 0,58	1,39 ± 0,00
F2	0,35 ± 0,00	6,55 ± 0,00	1.149,26 ± 21,44	1,38 ± 0,35	76,50 ± 0,00	1,39 ± 0,00
F3	0,35 ± 0,00	6,62 ± 0,00	1.160,81 ± 27,76	1,25 ± 0,20	76,50 ± 0,00	1,39 ± 0,00
F4	0,37 ± 0,00	6,61 ± 0,00	1.145,41 ± 10,19	1,19 ± 0,19	76,50 ± 0,00	1,39 ± 0,00
F5	0,35 ± 0,00	6,58 ± 0,00	1.180,06 ± 30,07	1,79 ± 0,22	76,50 ± 0,00	1,39 ± 0,00
Geral	**0,38^{bc} ± 0,05**	**6,60^{c} ± 0,03**	**1.165,43^{b} ± 391,92**	**1,39^{a} ± 0,30**	**76,47^{c} ± 0,23**	**1,39^{b} ± 0,00**

Legenda: A1 a A5 = amostras de Tracuateua; B1 a B6 = amostras de São Miguel do Guamá; C1 a C5 = amostras de Aurora do Pará; D1 a D5 = amostras de Ourém; E1 a E5 = amostras de Santa Maria do Pará; F1 a F5 = amostras de Augusto Corrêa (Comunidade do Aturiaí). CE = condutividade elétrica; SST = sólidos solúveis totais; SIT = sólidos insolúveis totais. Valores médios seguidos de desvio-padrão. Letras iguais sobre as médias de uma mesma coluna indica não haver diferença estatística conforme teste de ANOVA, seguida de teste de Tukey para um α de 5 %.

Sodré et al. (2007) encontraram uma viscosidade mínima para méis *A. mellífera* de 1.130 cSt e máxima de 2.080 cSt, valores estes dentro da faixa para as maiorias das amostras pesquisadas, estando apenas discordantes para os municípios de Santa Maria do Pará (localidade E).

As propriedades reológicas dos méis são dependentes de vários fatores, como: conteúdo de água, temperatura, composição, proteínas, açúcares, proteínas, entre outros. Além do mais, a viscosidade é uma das propriedades mais importantes do mel, por afetar os aspectos sensoriais do alimento e de processamento deste. Portanto, dentro do processo de controle de qualidade, a determinação deste parâmetro pode ser essencial para linhas de produção, planejamento de equipamentos e processos (Yanniotis; Skaltsi; Karaburnioti, 2006).

ISSN 2178-6925

Dado a sua importância, a legislação nacional e internacional carece de valores específicos para essa propriedade.

As médias obtidas para a análise de SIT foram: 0,53 % (A); 0,58 % (B); 0,39 % (C); 0,63 % (D); 1,12 % (E); e 1,39 % (F), sendo esses valores significativamente distintos entre si (Tabela 3). A legislação nacional estabelece um limite máximo de SIT de 0,1 % (Brasil, 2000). Desta forma, todos os méis analisados extrapolaram tal limite, e transgrediram o que determina a IN de nº 11 de 2000, que determina que as análises macro e microscópicas devem estar livres de insetos, larvas, cera, areia, entre outros. Porém, isso ocorreu também em estudo de mel feito por Silva (2010), que encontrou 25 % de suas amostras com valores superiores ao máximo estabelecido na legislação.

Os valores médios encontrados para a localidade D foi o mais elevado em termos de SST (77,87º Brix), seguido da localidade E (77,00º Brix), C (76,98º Brix), F (76,47º Brix) B (76,03º Brix) e A (75,13º Brix) (Tabela 3). De acordo com o teste de Tukey, as amostras dos municípios de Aurora do Pará e Santa Maria do Pará foram as únicas significativamente iguais (Tabela 3). Não existe limite legal para essa propriedade do mel de *A. mellífera*, haja vista que inexiste na legislação brasileira valores máximos ou mínimos para tal propriedade.

Lacerda et al. (2010) encontraram resultados para SST que variaram de 77,00º Brix a 83,30º Brix para méis do Sudoeste da Bahia, valores esses que se aproximam aos obtidos para Ourém (B), Santa Maria do Pará (E) e Augusto Corrêa (F). Já méis produzidos no sertão Paraibano tiveram valores de SST que variaram de 61,7º Brix a 81,17º Brix, que estão dentro da faixa dos valores obtidos para as seis localidades do Nordeste do Pará (Oliveira et al., 2013).

O teor de SST fornece informações sobre os sólidos dissolvidos em água, expresso em gramas, e está intrinsecamente relacionado a quantidade de açúcares no mel, sendo em grande quantidade neste alimento (Gois et al., 2015).

Os resultados médios para densidade foram de: 1,38 g/mL (A), 1,39 g/mL (B, C, D e F) e 1,40 g/mL (E) (Tabela 3). A legislações nacional e internacional carecem de dados sobre essa propriedade física em méis de abelha. No entanto, Silva (2010) teve resultados de densidade mínimos de 1,376 g mL^{-1} e máximos de 1,415 g mL^{-1}, com uma média de 1,405 g mL^{-1}, onde todos os valores estiveram concatenados com o do presente estudo. Por outro lado, Silva et al. (2018) alcançaram valores de 1,41 g mL^{-1} a 1,49 g mL^{-1} para méis comercializados em feiras livres do município de Assis de Chateaubriand, Paraná, sendo então, todas as amostras divergentes com os resultados encontrados.

Tabela 4. Resultados de umidade, turbidez, cor, acidez, AR e cinzas encontrados para as amostras de mel *Apis mellífera* do Nordeste do Pará

ISSN 2178-6925

Amostra	Umidade (%)	Turbidez (UNT)	Cor	Acidez (meq/kg)	AR (%)	Cinzas (%)
A1	23,00 ± 0,00	12,07 ± 0,06	Âmbar claro	4,42 ± 1,10	65,10 ± 2,83	0,46 ± 0,02
A2	23,00 ± 0,00	11,97 ± 0,06	Âmbar claro	4,80 ± 0,29	62,60 ± 5,53	0,43 ± 0,04
A3	23,00 ± 0,00	11,97 ± 0,06	Âmbar claro	4,56 ± 0,25	61,00 ± 7,84	0,46 ± 0,01
A4	23,00 ± 0,00	11,97 ± 0,06	Âmbar Extra claro	4,71 ± 0,24	74,00 ± 3,88	0,42 ± 0,03
A5	23,00 ± 0,00	11,93 ± 0,06	Âmbar Extra claro	4,11 ± 0,42	57,60 ± 1,88	0,69 ± 0,18
Geral	**23,00^{a} ± 0,00**	**11,98^{a} ± 0,07**	**Âmbar claro^{a}**	**4,52 ± 0,49^{b}**	**63,60 ± 6,59^{a}**	**0,49 ± 0,12^{b}**
B1	22,00 ± 0,00	9,71 ± 0,03	Âmbar extra claro	6,69 ± 0,06	64,30 ± 2,93	0,29 ± 0,03
B2	23,00 ± 0,00	9,73 ± 0,01	Extra branco	7,48 ± 0,36	52,00 ± 0,64	0,26 ± 0,03
B3	22,00 ± 0,00	9,81 ± 0,04	Branco	6,95 ± 0,04	62,30 ± 0,00	0,28 ± 0,03
B4	22,00 ± 0,00	9,80 ± 0,01	Extra branco	7,88 ± 0,69	62,30 ± 0,00	0,31 ± 0,00
B5	22,00 ± 0,00	9,82 ± 0,03	Branco	7,28 ± 0,09	55,40 ± 3,09	0,48 ± 0,24
Geral	**22,10^{b} ± 0,21**	**9,78^{b} ± 0,05**	**Branco^{b}**	**7,26 ± 0,51^{a}**	**59,18 ± 4,99^{a}**	**0,32 ± 0,12^{b}**
C1	22,00 ± 0,00	7,68 ± 0,07	Branco	2,76 ± 0,01	59,00 ± 4,91	0,14 ± 0,00
C2	22,00 ± 0,29	7,56 ± 0,04	Branco	3,13 ± 0,41	54,80 ± 4,46	0,15 ± 0,04
C3	22,00 ± 0,06	7,48 ± 0,03	Branco-água	3,40 ± 0,61	52,70 ± 3,93	0,10 ± 0,03
C4	22,00 ± 0,06	7,42 ± 0,06	Branco-água	3,09 ± 0,46	54,80 ± 4,46	0,12 ± 0,03
C5	23,00 ± 0,00	7,35 ± 0,03	Branco-água	2,90 ± 0,09	54,60 ± 1,69	0,46 ± 0,37
Geral	**22,28^{b} ± 0,22**	**7,50^{c} ± 0,12**	**Extra branco^{b}**	**3,06 ± 0,37^{d}**	**55,06 ± 3,74^{a}**	**0,19 ± 0,19^{b}**
D1	21,00 ± 0,29	2,87 ± 0,03	Extra branco	2,90 ± 0,07	53,90 ± 2,06	0,10 ± 0,10
D2	21,00 ± 0,29	2,85 ± 0,01	Extra branco	3,35 ± 0,76	60,40 ± 2,59	0,20 ± 0,07
D3	21,00 ± 0,29	2,87 ± 0,04	Extra branco	3,27 ± 0,92	72,90 ± 2,52	0,17 ± 0,08
D4	21,00 ± 0,76	2,88 ± 0,05	Branco-água	4,52 ± 1,56	58,70 ± 3,46	0,11 ± 0,05
D5	20,00 ± 0,29	2,80 ± 0,01	Branco	2,84 ± 0,05	76,70 ± 2,78	0,49 ± 0,33
Geral	**20,90^{c} ± 0,57**	**2,86^{d} ± 0,04**	**Branco-água^{b}**	**3,37 ± 0,92^{cd}**	**64,08 ± 8,76^{a}**	**0,22 ± 0,19^{b}**
E1	21,00 ± 0,00	8,48 ± 0,29	Branco-água	3,82 ± 0,13	76,70 ± 0,00	1,69 ± 0,13
E2	21,00 ± 0,00	8,25 ± 0,02	Branco-água	4,23 ± 0,74	72,80 ± 5,42	1,68 ± 0,16
E3	21,00 ± 0,00	8,29 ± 0,03	Branco-água	3,88 ± 0,00	56,40 ± 1,95	1,66 ± 0,20
E4	21,00 ± 0,00	8,21 ± 0,03	Branco	3,85 ± 1,56	63,50 ± 3,10	1,66 ± 0,13
E5	21,00 ± 0,00	8,29 ± 0,12	Branco	2,85 ± 0,12	57,50 ± 0,00	2,43 ± 0,93
Geral	**21,00^{c} ± 0,00**	**8,31^{bc} ± 0,15**	**Branco-água^{b}**	**3,72 ± 0,76^{bcd}**	**62,58 ± 8,79^{a}**	**1,82 ± 0,46^{a}**
F1	22,17 ± 0,03	8,30 ± 0,08	Âmbar claro	5,35 ± 2,14	53,40 ± 2,04	0,45 ± 0,39
F2	22,00 ± 0,00	8,36 ± 0,20	Branco	4,19 ± 0,65	60,50 ± 2,10	0,21 ± 0,09
F3	22,00 ± 0,00	8,19 ± 0,06	Branco	3,69 ± 0,17	57,20 ± 3,96	0,36 ± 0,03
F4	22,00 ± 0,00	8,34 ± 0,12	Branco	3,39 ± 0,74	57,60 ± 2,04	0,18 ± 0,03
F5	22,00 ± 0,00	8,09 ± 0,07	Branco	4,28 ± 0,89	53,90 ± 1,67	0,30 ± 0,11
Geral	**22,03^{b} ±0,13**	**8,25^{bc} ± 0,15**	**Branco^{ab}**	**4,18 ± 1,10^{bc}**	**57,35 ± 4,82^{a}**	**0,30 ± 0,17^{b}**

Legenda: A1 a A5 = amostras de Tracuateua; B1 a B6 = amostras de São Miguel do Guamá; C1 a C5 = amostras de Aurora do Pará; D1 a D5 = amostras de Ourém; E1 a E5 = amostras de Santa Maria do Pará; F1 a F5 = amostras de Augusto Corrêa (Comunidade do Aturiaí). AR = Açúcares Redutores. Valores médios seguidos de desvio-padrão. Letras iguais sobre as médias de uma mesma coluna indica não haver diferença estatística conforme teste de ANOVA, seguida de teste de Tukey para um α de 5 %.

Os valores médios encontrados para umidade foram: 23,00 % (A), 22,10 % (B), 22,28 % (C), 20,90 % (D), 21,00 % (F), 22,03 % (F) (Tabela 4). As amostras das localidades A e F se mostraram significativamente distintas das demais. A legislação brasileira (Brasil, 2000) define o limite máximo de umidade para méis de 20 %, sendo que apenas a amostra de Ourém (localidade D) se aproximou do especificado. Os méis dos demais municípios estão com a umidade acima do limite legal, o que pode estar relacionado ao próprio ecossistema da região, processamento indevido ou colheita inoportuna. Além do mais, todas as amostras mostraram valores diferentes dos pesquisados por Evangelista-Rodrigues et al. (2005) (18,06% e 18,76%) e Sodré et al. (2007) (18,73%). Porém, em seu trabalho com mel de abelha do Pará, Silva (2010) encontrou um intervalo de umidade entre 18,5 % e 22,0 %, estando essa faixa condizente para a maioria dos valores encontrados no presente trabalho (Tabela 4).

Noronha (1997) estabeleceu que os méis de *Apis* com valores de umidade acima de 18% ficam suscetíveis a fermentação por ação de bactérias e leveduras, podendo comprometer a qualidade do produto e sua estabilidade, problema que podem estar sujeitos os méis analisados no presente estudo.

ISSN 2178-6925

É importante ressaltar que em região costeira, como Tracuateua, é de mangue, sendo assim o teor de umidade pode estar acima do especificado por conta da propriedade de higroscopicidade do mel.

As médias encontradas para a turbidez foram: 11,98 UNT (A), 9,78 UNT (B), 7,50 UNT (C), 2,86 UNT (D), 8,31 UNT (E) e 8,25 UNT (F) (Tabela 4). A legislação não estabelece os limites definidos de turbidez para méis de *Apis,* porém para Huidobro e Simal (1984) é um parâmetro para o seu controle de qualidade, haja vista está relacionado à quantidade de matéria em suspensão, que pode corresponder a outras partes que não seja o mel.

Okaneku et al. (2020) realizaram análises de turbidez em 3 amostras de méis de abelha *A. mellífera* adquiridas em uma feira livre do município de Manaus em diferentes meses. Os resultados dos autores foram bem acima do aqui encontrados, sendo que a amostra A, obtida por eles em outubro de 2018, apresentou turbidez de 67,40 UNT, já a amostra B, de fevereiro de 2019, alcançou 87,40 UNT, ao passo que a amostra C, de maio de 2019, teve turbidez de 28,83 UNT.

Em termos de sua cor, as amostras de Tracuateua apresentaram uma absorbância média que as caracterizou em Âmbar claro (A), seguido de Branco (B e F), extra branco (C), Branco-Água (D e E) (Tabela 4). Esses valores estão consonantes com a legislação brasileira (2000) que define a aceitabilidade do mel, enquanto os aspectos de cores, variações dentro do branco-água a âmbar escuro. As amostras de mel mais escuras, apresentam maior atividade antioxidante por conta da maior presença de compostos fenólicos, sendo um alimento apropriado para uma alimentação saudável (Gomes, 2009).

Lacerda et al. (2010) encontraram um perfil de cores obtidos em amostras de *A. mellífera* entre 25 % de cor branco, 17 % de cor Âmbar claro, 13 % de cor Branco-água, e 4 % de cor extra branco. Já Freitas et al. (2022) encontram cores de méis de *Apis* da região da Ilha do Marajó que variaram do Âmbar extra claro ao Âmbar-escuro que estão dentro do limite legal, contudo, divergentes para a maioria das localidades do presente trabalho, exceto do município de Tracuateua. Vale ressaltar, que pelo estudo do autor ser realizado com méis de *Apis* em região do Norte paraense, a diversidade botânica, fatores climáticos, armazenamento, minerais, temperatura do mel durante na colmeia, localização geográfica pode ser determinante para esta característica sensorial, ao comparar com as outras seis localidades do Nordeste Paraense (Mantilla et al., 2012; Gois et al., 2013).

Os valores médios para a acidez foram: 4,52 meq/kg (A), 7,26 meq/kg (B), 3,06 meq/kg (C), 3,37 meq/kg (D), 3,72 meq/kg (E), e 4,18 meq/kg (F) (Tabela 4). Todas as amostras estão de acordo com o que determina a Instrução Normativa Nº 11 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que estabelece que a acidez máxima de méis deve ser de até 50 meq/kg (Brasil, 2000). Dessa forma, esses valores indicam a inexistência de fermentação nos méis, aprovando as amostras investigadas.

Sodré et al. (2007) encontraram valores de acidez mínimo de 10 meq/kg e máximo de 42 meq/kg para méis Apis do Estado do Ceará, enquanto Welke et al. (2008) obtiveram médias de 30,1 a 39,8 meq/kg, valores estes que estão bem acima para os resultados de todas as 6 localidades do Nordeste do Pará, mas ainda dentro do especificado pela legislação.

Moura Júnior et al. (2020) encontraram resultados mais próximos com o do presente estudo, com teores de acidez de 1,68 meq/kg a 4,70 meq/kg, divergindo apenas para a Localidade B, que obteve o maior teor de acidez.

ISSN 2178-6925

As médias obtidas para os AR foram: 63,60% (A), 59,18% (B), 55,06% (C), 64,08% (D), 62,58% (E), 57,35% (F), sendo que todas as médias indicaram não haver diferenças estatísticas significativas entre si (Tabela 4), bem como estiveram dentro do preconizado pela legislação brasileira, com porcentagens mínimas de 55,06% a máximas de 64,08%, tendo como limite mínimo um teor de 65% para esta determinação (Brasil, 2000).

Em relação ao âmbito da legislação internacional, é estabelecido valor máximo de AR de 60%, fazendo com as que as amostras A, D e E estejam acima do limite estipulado e constituem em 50% das amostras não concordantes (CAC, 2001).

Em contrapartida, Lira et al. (2014), apresentaram para os AR, valores mínimos de 51,09% e máximos 56,56%, isto significa, que apenas a amostra da Localidade C (AR = 55,06%) esteve concordante com o intervalo dos autores.

Dessa forma, é valido salientar que este parâmetro contribui na pressão osmótica de méis de abelha, contribuindo na sua conservação, haja vista que o açúcar em grande quantidade, cria um meio inóspito para o desenvolvimento de bactérias, algumas leveduras e mofos (Silva, 2006).

As amostras da localidade E foram as que tiveram os maiores teores de cinzas (1,82%), ao passo que as da localidade C detém a menor média (0,19%) com relação às outras regiões (A = 0,49%, B = 0,32% e D = 0,22%) (Tabela 4). Por ser uma determinação intrinsecamente ligada à pureza, a legislação nacional determina como limite máximo para o teor de cinzas de mel de abelha o valor de 0,60% (0,6g/100g) (Brasil, 2000). Assim sendo, a maioria das amostras, estiveram concordantes com o limite legal estipulado, comprovando a pureza dos méis testados. Com exceção apenas do município de Santa Maria do Pará (Localidade E), em que altas porcentagens de cinzas totais são indicativos de elevados níveis de metais e outros elementos, que pode apontar irregularidades nos méis, como adulteração e de contaminação provocada durante o seu manejo, podendo causar toxicidades a nível agudo e crônico (Silva, 2010).

Moura Júnior et al. (2021) obtiveram um intervalo entre 1,45% e 3,05% para amostras de méis *Apis* do Nordeste do Pará. Em relação as análises de cinzas realizadas pelos autores para o município de Santa Maria do Pará, essas estiveram bem acima do que as do presente trabalho, com teor médio de 3,05% comparada com o teor de 1,82%.

Durante o processo de extração do mel é importante cuidados durante a sua manipulação, tendo em vista que pode ocorrer contaminação, perpassando desde a escolha do recipiente para armazenagem, contato com resíduos, fuligem de fumaça, local inapropriado, entre outros (Mantilla et al., 2012).

3.2 Análises Estatísticas

A aplicação da análise de correlação de Spearman ao conjunto de variáveis estudas gerou a matriz de correlações dada a seguir (Figura 2).

Figura 2. Matriz de correlações de Spearman para as variáveis estudadas

	CE	pH	Visc.	SIT	SST	Den.	Umid.	AR	CT	Cor
pH	**-0,786** 0,000									
Visc.	-0,131 0,489	0,150 0,429								
SIT	-0,063 0,740	-0,113 0,553	-0,100 0,600							

ISSN 2178-6925

SST	-0,557 0,001	**0,786** 0,000	0,172 0,363	0,027 0,889						
Den.	-0,155 0,414	0,501 0,005	-0,087 0,649	0,050 0,793	**0,844** 0,000					
Umid.	0,323 0,081	-0,436 0,016	-0,280 0,135	-0,182 0,336	**-0,830** 0,000	**-0,775** 0,000				
AR	0,180 0,340	-0,211 0,263	0,346 0,061	-0,014 0,942	-0,003 0,989	-0,097 0,611	-0,231 0,218			
CT	0,087 0,647	-0,273 0,144	0,680 0,000	0,199 0,291	-0,176 0,352	-0,384 0,036	-0,029 0,879	0,355 0,054		
Cor	0,401 0,028	-0,470 0,009	-0,277 0,139	-0,011 0,954	-0,612 0,000	-0,581 0,001	0,574 0,001	0,147 0,437	0,121 0,525	
Acidez	**0,757** 0,000	**-0,833** 0,000	-0,138 0,475	0,006 0,975	-0,696 0,000	-0,404 0,030	0,435 0,018	0,114 0,556	0,154 0,424	0,204 0,290

Legenda: CE = condutividade elétrica; SST = sólidos solúveis totais; SIT = sólidos insolúveis totais; AR = açúcares redutores; CT = cinzas totais; Visc. = viscosidade; Umid. = umidade; Den. = densidade. Em cada casela da matriz, o valor superior é o Coeficiente de Correlação Rô de Spearman (ρ) e o inferior é o p-valor, sendo que p-valor menor que 0,05 significa haver significância estatística com α = 0,05.

A variável CE apresentou uma relação linear forte (ρ > 0,7) e significativa com as variáveis pH, de forma inversa, e acidez, de forma direta. Isso indica que o aumento de partículas carregadas no mel impacta tanto no pH como na acidez dele, mas de formas inversas.

Por sua vez o pH também apresenta correlação fortes e significativas com os teores de SST (direta) e acidez (inversa), sendo assim, a presença de partículas sólidas dissolvidas no mel tendem a elevar o valor de pH, ao passo que a acidez apresenta um comportamento inverso.

Os teores de SST apresentaram forte correlação significativa com a densidade (de forma direta) e com a umidade (de forma inversa), indicando que as partículas sólidas dissolvidas no mel elevam a densidade do produto, ao passo que reduzem sua umidade. Quanto densidade, sua elevação pode ser justificada pelo fato de que as partículas sólidas dissolvidas no mel apresentam densidades mais elevadas que a água, o que elevaria a densidade da mistura (mel), já a umidade se reduz pelo fato de que grande parte dos SST serem açúcares que ligam às moléculas de água, reduzindo a água “livre” que pode ser determinada pela metodologia empregada.

Coeficientes de correlação de Spearman (ρ) entre 0,5 e 0,7 indicam uma correlação moderada (direta, se positivo, e indireta, se negativo) entre as duas variáveis, o que ocorreu entre: SST e CE (ρ = - 0,557); densidade e pH (ρ = 0,501); cinzas totais e viscosidade (ρ = 0,680); cor e SST (ρ = -0,612); acidez e SST (ρ = -0,696); cor e umidade (ρ = 0,574); cor e densidade (ρ = - 0,581), sendo todas significativas, pois p-valor > 0,05. Todas as demais correlações se mostram fracas (ρ < 0,5) e/ou não significativas (p-valor > 0,05).

A presença de partículas sólidas, indicadas pelos teores de SST dificultaria moderadamente o deslocamento de cargas elétricas no mel, indicado pelos valores de CE, ao passo que a presença de materiais estranhos e/ou silicosos no mel, representados pelos teores de cinzas totais acarretaria moderadamente no aumento de viscosidade, pois estas tenderiam a dificultar os deslocamentos de camadas de camadas de mel ao longo de seu escoamento.

A aplicação da técnica de Análise de Discriminante Linear (ADL) ao conjunto de dados de 11 das 12 variáveis estudadas (a densidade se mostrou inadequada

ISSN 2178-6925

para a técnica por ser essencialmente constante em todos os 6 grupos de amostras) gerou os dados contidos na Tabela 5 a seguir.

Tabela 5. Resultados da classificação encontrada através da técnica ADL

Alocado no Grupo	Grupo Verdadeiro					
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
A	**5**	0	0	0	0	0
B	0	**5**	0	0	0	0
C	0	0	**5**	0	0	0
D	0	0	0	**5**	0	0
E	0	0	0	0	**5**	0
F	0	0	0	0	0	**5**
Total de N	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**
N correto	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**
Proporção	**1,0**	**1,0**	**1,0**	**1,0**	**1,0**	**1,0**

Legenda: A = amostras de Tracuateua; B = amostras de São Miguel do Guamá; C = amostras de Aurora do Pará; D = amostras de Ourém; E = amostras de Santa Maria do Pará; F = amostras de Augusto Corrêa (Comunidade do Aturiaí).

Percebe-se que as 11 variáveis estudadas e utilizadas na técnica de ADL foi capaz de alocar corretamente cada amostra de mel em seu grupo correto, conforme sua localidade de origem (A, B, C, D, E e F), sendo que as funções lineares geradoras dessa discriminação têm seus coeficientes dados na Tabela 6 a seguir.

Tais funções discriminantes lineares podem, a princípio, ser utilizadas como preditoras de origem de amostras de mel pertencentes a uma dessas seis localidades.

Tabela 6. Função Discriminante Linear para os 6 grupos de mel

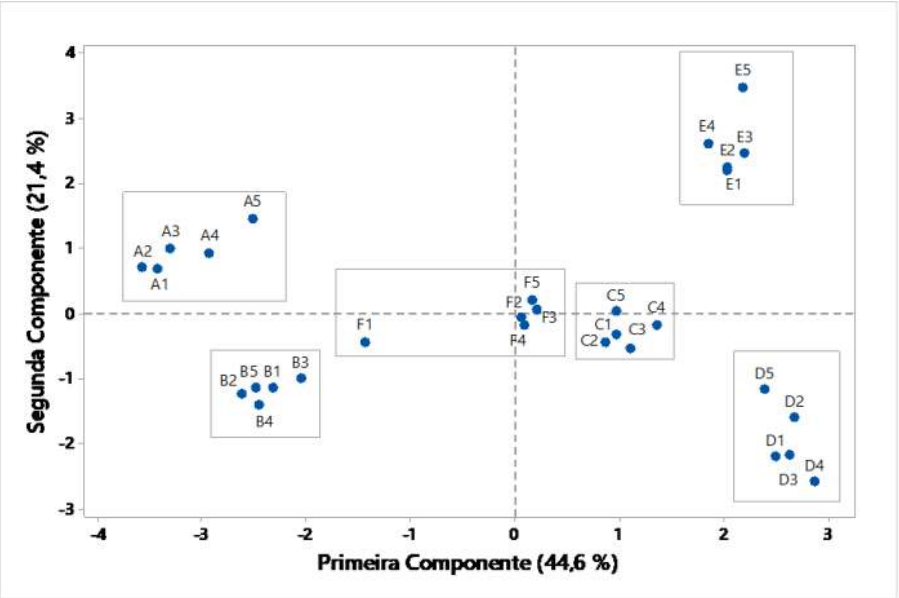
	Grupo de amostras de mel					
Coeficiente	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
Constante	-414490	-423797	-434393	-445327	-433905	-429346
CE	20843	21419	21083	21931	21077	21163
pH	1533	1362	1727	1670	1682	1587
Visc.	1	1	1	1	1	1
SIT	956	977	967	985	984	979
SST	10745	10879	10999	11146	10994	10942
Umid.	200	201	169	154	162	180
AR	-35	-36	-37	-37	-36	-36
CT	-1996	-2018	-2050	-2102	-2027	-2032
Cor	-1	-2	-1	-2	-1	-1
Acidez	-91	-91	-93	-106	-78	-92

Legenda: CE = condutividade elétrica; SST = sólidos solúveis totais; SIT = sólidos insolúveis totais; AR = açúcares redutores; CT = cinzas totais; Visc. = viscosidade; Umid. = umidade; Den. = densidade.

A aplicação da técnica estatística de análise de componentes principais (ACP) gerou o gráfico apresentado na Figura 3.

ISSN 2178-6925

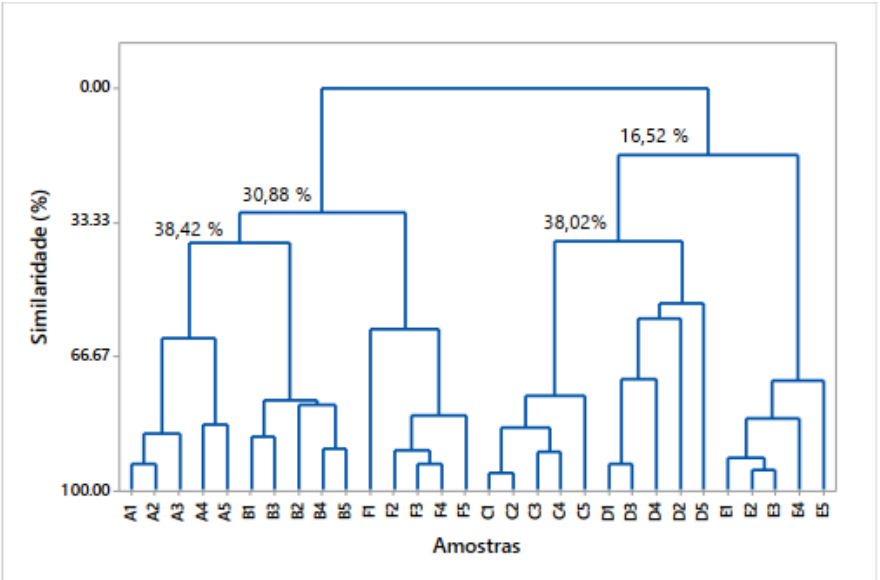
Figura 3. Gráfico das duas primeiras componentes principais



A técnica estatística aplicada aos dados das variáveis físico-químicas investigadas gerou uma separação perfeita das amostras de méis em 6 grupos, sendo que cada um desses grupos é formado pelas 5 amostras de uma mesma localidade, sendo que as 2 componentes principais, juntas, explicam 66 % da variabilidade total dos dados (Figura 3). Desta forma, as variáveis estudadas associadas a técnica estatística multivariada podem servir como meio de discriminação da origem (localidade produtora) desses méis. Resultado semelhante foi encontrado por De Moura Jr et al. (2021) que também executou uma avaliação multivariada das amostras de méis por eles investigadas, encontrando uma discriminação parcial das amostras de acordo com as variáveis físico-químicas analisados nos méis de municípios do nordeste do Pará.

A aplicação da técnica multivariada de análise hierárquica de agrupamentos, (AHA) adotando-se padronização das variáveis, distâncias euclidianas e ligações simples, gerou o dendrograma apresentado na Figura 4.

Figura 4. Dendrograma para as amostras de méis conforme os dados das variáveis estudadas



ISSN 2178-6925

Percebe-se outra vez a perfeita separação em 6 grupos de 5 amostras cada um, com amostras exatamente de uma mesma localidade, sendo que as amostras das localidades A, B e F se mostraram totalmente não milhares (similaridade 0 %) as amostras das localidades C, D e E. Por sua vez, as amostras da localidade F apresentou apenas uma similaridade 30,88 % com as amostras das localidades A e B, e essas apenas uma similaridade de 38,42 % entre si. No outro lado, a similaridade entre as amostras do grupo E e as dos outros dois grupos (C e D) foi somente de 16,52 %, ao passo que entre os grupos C e D à similaridade apresentada foi de 38,02 %. Desta forma, os resultados apresentados acabam por confirmar a possível discriminação das variáveis de acordo com a localidade das amostras, evidenciada na técnica anterior (ACP).

4. Conclusão

As análises físico-químicas realizadas são essenciais para avaliar a qualidade de méis *Apis mellífera* produzidos por apicultores do nordeste do Pará, solidificando o seu valor de mercado. A maioria das amostras apresentaram concordância com os valores físico-químicos estipulados pela legislação tanto nacional quanto internacional, exceto dos parâmetros de umidade, sólidos insolúveis totais, cinzas e açúcares redutores; sendo que a umidade está acima do recomendado, elevando a capacidade dos méis em fermentar; os sólidos insolúveis estão todos acima da legislação, sugerindo contaminação com outras partes que não seja mel, como matérias terrosa, vegetal, patas, asas e/ou ceras de abelhas; e cinzas apenas uma das categorias de amostras (Localidade E) apresentou valores elevados com o dado pela legislação, indicando níveis altos de metais e/ou outros elementos; com relação aos açúcares redutores, as médias gerais estiveram condizentes com a legislação, mas algumas amostras estiveram divergentes com a instrução normativa, mostrando a capacidade bactericida dos méis.

Por outro lado, as outras caracterizações testadas, foram eficientes e suficientes para atestar a boa qualidade do alimento, e por mais que algumas amostras tenham discordado com o preconizado, pode ser necessário que um ou outro apicultor se preocupe com toda a logística do seu produto, perpassando desde a coleta até o armazenamento deste.

As técnicas estatísticas multivariadas empregadas ao conjunto de variáveis físico-químicas pertinentes aos méis de diferentes localidades pode ser um poderoso recurso para a discriminação dos méis conforme sua origem, podendo contribuir para o controle de qualidade desse produto, pois pode permitir sua identificação.

Referências

Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IMESP, 2018. p. 1020.

Ananias, K. R. **Avaliação das condições de produção e qualidade do mel de abelhas (Apis melliferas L.) produzida na microrregião de Pires do Rio, no estado de Goiás.** 2010. 70 f. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola de agronomia e engenharia de alimentos: Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2010.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOC International**. 17 ed. Horwitz, W. Association of Official Analytical Chemists: Gaithersburg, MD, 2000. p. 22 – 33.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº11 de 20 de outubro de 2000. **Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 de outubro de 2000.

CAC. CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **CAC/VOL III**, Suppl. 2. ed. 1.Roma: FAO/WHO, 1990.

CAC. CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **CODEX STAN 12**: Revised Codex Standard for Honey, Standards and Standard Methods, Food and Agriculture Organization of The United Nations, v. 11, 2001. 7 p.

Camargo, R. C. R. de. **Produção do Mel**. Sistemas de Produção, Teresina: Embrapa, 2002.

Carvalho. R. G. ***Apis Mellifera*: reprodução, polinização e produção de mel**. 2010. 36 f. Monografia (Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas). Faculdades Integradas Fafibe, Bebedouro, 2010.

DERAL. Divisão de Conjuntura Agropecuária. **Boletim semanal: MEL**, 2021.

DERAL. Divisão de Conjuntura Agropecuária. **Boletim semanal: MEL**,2023.

Evangelista-Rodrigues, A.; Silva, E. M. S. Da.; Beserra, E. M. F.; Rodrigues, M. L. Análise físico-química dos méis das abelhas *Apis mellífera* e Melipona scutellaris produzidos em regiões distintas no Estado da Paraíba. **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, p. 1166-1171, 2005.

Freitas, E. P. B.; Craveiro, R. S.; Assunção, J. M. B. De.; Lopes, Y. M. dos S.; Junior, E. N. M.; Souza, R. F. De. Caracterização físico-química em méis de abelhas produzidos no município de Cachoeira do Arari – Ilha de Marajó, Pará. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, e34811326532, 2022.

Gois, G. C.; Evangelista-Rodrigues, A.; Lima, C. A. B. De.; Silva, L. T. Composição do mel de *Apis mellífera*: Requisitos de qualidade. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 7, n. 2, p. 137-147, 2013.

Gois, G. C.; Evangelista-Rodrigues, A.; Silva, L. T.; Lima, C. B.; Pessoa, R. M. S. Physical and chemical study and honey microbiological quality Apis mellifera sold in the State of Paraiba. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 9, n. 1, p. 50-58, 2015.

Gomes, S. P. M. **Caracterização e avaliação biológica de méis comerciais**. 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar) Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária. 2009.

Huidobro, J. F.; Simal, J. Determination of sugars in honey. **Anales de Bromatologia**, v. 36, p. 247-264. 1984.

Lacerda, J. J. De J.; Santos, J. S.; Santos, S. A.; Rodrigues, G. B.; Santos, M. L. P. Influência das características físico-químicas e composição elementar nas cores de méis produzidos por Apis melífera no sudoeste da Bahia utilizando análise multivariada. **Química Nova**, v. 33, n. 5, p. 1022-1026, 2010.

Lira, A. F.; Sousa, J. P. L. De. M.; Lorenzon, M. C. A.; Vianna, C. A. F. J.; Castro, R. N. ESTUDO COMPARATIVO DO MEL DE *Apis mellifera* COM MÉIS DE MELIPONÍNEOS. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 8, n. 3, p. 169-178, 2014.

Mantilla, S. P. S.; Santos, E. B.; Barros, L. B. De.; Freitas, M. Q. De. ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA APLICADA EM MEL DE ABELHAS (*Apis mellifera*): UMA REVISÃO. **Colloquium Agrariae,** v. 8, n. 2, p. 75-84, 2012. DOI: 10.5747/ca.2012.v08.n2.a081.

Moura Júnior, J. M. N. De.; Negrão, C. A. B.; Rocha, R. M.; De Souza; E. C.; Silva, A. S. Estudo Físico-Químico e Quimiométrico de Méis do Estado do Pará. **Revista Virtual de Química**, v. 13, n. 1, p. 1-12, 2021.

Moura Junior, J. M. N.; Negrão, C. A. B.; Souza, E. C. De.; Silva, A. S. S. 1. ed. **Mel de Abelha *Apis Mellifera* do Nordeste Paraense**: Um Estudo de Caracterização Físico-Química e Quimiométrica. Belém: Rfb Editora, 2020. ISBN: 978-65-991524-3-6.

Noronha, P. R. G. 1997. **Caracterização de Méis Cearenses Produzidos por Abelhas Africanizadas: Parâmetros Químicos, Composição Botânica e Colorimetria**. 147p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). UFC.

Okaneku, B. M.; Souza, A. Q. L. De.; Araújo, D. L.; Alves, T. C. L.; Cardoso, D. N. P.; Santos, W. G. dos. Análise físico-química e microbiológica do mel de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 18607-18620, 2020.

Oliveira, E. S.; Andrade, C. K. O.; Pinto, M. S. C.; Galdino, P. O.; Targini, L. C.; Medeiros, A. C.; Silva, R. A.; Maracaja, P. B. Qualidade de méis de Apis mellifera produzidos no sertão paraibano**. Informativo Técnico do Semi-Árido**, v. 7, n. 1, p. 203-208, 2013.

Pará. Governo do Pará. **O Pará**: subdivisões, 2024. Disponível em: https://www.pa.gov.br/pagina/54/subdivisoes.

Silva, A. dos S. **Análise de qualidade e classificação de méis de abelhas do Estado do Pará**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Programa de Pós-Graduação em Química, Belém, 2010. 173 f.

Silva, E. V. C. **Caracterização e pasteurização de méis de abelhas *Melípona fasciculata* (Uruçu cinzenta) e *Apis mellifera* (Africanizada)**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Pará, 2006. 66 p.

Silva, G. S. da. **Avaliação dos parâmetros químicos e potencial antioxidante do mel de jandaíra.** 2011. 88 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

Silva, M. G. C. Da.; Figueira, P. T.; Hoscheid, J.; Fukumoto, N. M. Análise das propriedades físico-químicas de amostras de mel comercializado em feiras livres do município de Assis Chateaubriand, PR. **Higiene Alimentar**, v. 32, n. 278/279, p. 68-73, 2018.

Sodré, G. S.; Marchini, L. C.; Moreti, A. C. De. C. C.; Otsuk, I. P.; Carvalho, C. A. L. De. Caracterização físico-química de amostras de méis de *Apis mellífera* L. (Hymenoptera: Apidae) do Estado do Ceará. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 1139-1144, 2007.

Welke, J. E.; Reginatto, S.; Ferreira, D.; Vicenzi, R; Soares, J. M. Caracterização físico-química de méis de *Apis mellifera* L. da região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Ciência Rural,** v. 38, n. 6, p. 1737-1741, set. 2008.

Yanniotis, S.; Skaltsi, S.; Karaburnioti, S. Effect of moisture content on the viscosity of honey at different temperatures. **Journal of Food Engineering**, v. 72, n. 4, p. 372-377, 2006.