Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.12,2023
ISSN 2178-6925

AVALIAÇÃO DE ADULTERAÇÃO EM MEL DE *APIS MELLIFERA* DO PARÁ ATRAVÉS DE VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS

ASSESSMENT OF ADULTERATION IN APIS MELLIFERA HONEY FROM PARÁ USING PHYSICO-CHEMICAL VARIABLES

Thais Pinheiro Almeida dos Santos
Graduanda em Farmácia, Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: thaispinheiro0907@gmail.com

Joelma da Conceição Foicinha
Graduanda em Farmácia, Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: foicinhaj@gmail.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 de *Apis mellífera* é insumo extremamente consumido e utilizado em várias partes do mundo. A composição desse produto é rica em carboidratos, principalmente em relação a glicose e a frutose, por isso a possibilidade de adulterar algum de seus ingredientes está cada vez mais comum. O trabalho em questão teve como principal objetivo verificar, a partir de análises físico-químicas quais parâmetros sofrem alteração mediante da adição de xarope de milho. As amostras de mel são oriundas do município de Tracuateua e depois de adulteradas foram submetidas a diversos testes como: umidade, pH, SST, densidade, acidez, condutividade elétrica, turbidez, viscosidade e cor. O mel avaliado foi adulterado de 10 a 90 % para obtenção de verificação das variações de acordo com a nível de aditivos. Os resultados revelaram que parâmetros como o pH, condutividade elétrica, acidez e turbidez demonstraram um perfil linear quando comparado ao procedimento de adulteração das amostras de méis, visto que as correlações apresentadas entre o pH, a condutividade elétrica e a turbidez se caracterizaram por exibir um caráter forte em relação à variação na adulteração de mel de *Apis mellífera.*
Palavras-chave: Produto de origem animal; Amazônia**;** controle de qualidade

Abstract

Apis mellifera honey is a widely consumed and used ingredient in many parts of the world. The composition of this product is rich in carbohydrates, especially glucose and fructose, which is why the possibility of adulterating some of its ingredients is becoming increasingly common. The main objective of the work in question was to verify through physico-chemical analysis which parameters are altered by the addition of corn syrup. The honey samples came from the municipality of Tracuateua and after being adulterated they were subjected to various tests such as moisture, pH, TSS, density, acidity, electrical conductivity, turbidity, viscosity and color. The honey evaluated was adulterated from 10 to 90% in order to check the variations according to the level of additives. The results revealed that parameters such as pH, electrical conductivity, acidity and turbidity showed a linear profile when compared to the adulteration procedure of the honey samples, since the correlations presented between

pH, electrical conductivity and turbidity were characterized by a strong character in relation to the variation in the adulteration of *Apis mellifera* honey.
Keywords: Animal prodoct; Amazon; Quality control

1. Introdução

O Mel é um alimento natural produzido pelas abelhas constituído por porções balanceadas de glicose, vitaminas, minerais, ácidos e aminoácidos. Pode ser quimicamente definido como uma solução supersaturada sintetizada a partir do néctar da flor das abelhas. Esses animais coletam a secreção de flores e outras partes vivas das plantas e as transformam a partir de combinações com substâncias próprias por elas produzidas. O insumo final é depositado, desidratado e mantido em um favo de mel a fim de promover o amadurecimento e a maturação (Khan *et al.,* 2018).

A utilização do mel para fins medicinais começou há pelo menos seis mil anos. Os primeiros relatos acerca do seu uso como remédio advêm de escritos de papiros e tabuletas referentes ao Egito antigo. Além disso, era comum que o povo egípcio destinasse o mel para oferendas e cerimônias. Na civilização grega o mel era consumido como alimento e medicamento (Gois *et al .,* 2013).

Desde esse período, a busca pelo mel tornou-se uma atividade econômica de grande importância e já durante a Idade média, os governantes restringiram o acesso às arvores a fim de evitar que fossem derrubadas e assim permitir que os enxames de abelhas pudessem fazer seus ninhos. A posse de um enxame era extremamente valorizada, sendo feito até mesmo o registro no cartório para que pudesse ser passado de geração para geração, como herança. O roubo de abelhas era considerado crime, o qual chegava a ser punido com a pena de morte (Visconde, 2016).

O mel possui dezenas de qualidades terapêuticas como a sua capacidade aglutinante sobre os ferimentos e existem relatos que demonstram o potencial dele no tratamento de feridas e queimaduras. Há indicações também para ser utilizado na cicatrização de feridas cirúrgicas, úlceras de pele e abscessos. Essas propriedades antimicrobianas podem estar relacionadas a ocorrência de reações enzimáticas, como por exemplo a reação enzimática glicose- oxidase.

As propriedades químicas do mel podem variar bastante pois dependem de parâmetros como geografia e pureza da amostra. Em relação a sua composição, geralmente ele apresenta um teor de 80 – 85 % de carboidratos, 15-17 % de água, 0,3 % de proteínas, 0,2 % de cinzas e quantidades menores de aminoácidos, fenóis, pigmentos e vitaminas. Outros componentes também são encontrados como oligoelementos. A concentração média de frutose, glicose e sacarose e sacarose é de 38,38 %, 0,31 %, 1,31 % e 76,65 % respectivamente. Somado a esses, outros 22 açúcares foram verificados no mel (Miguel *et al*., 2017).

Em se tratando da economia do mel no país, em 2003 o Brasil ocupava a 5° colocação no ranking de exportação do mel, sendo considerado naquela época o 11° maior produtor mundial. A existência de um clima tropical imerso em uma vegetação rica e variada foram determinantes para se elevar a esse status. Ainda durante o período destacado, a produção anual de mel chegou a ser 40.000 toneladas de mel, dos quais 30 % foram exportados, sobretudo para união Europeia (Bohlke; Palmeira, 2003). Em 2023, somente nos primeiros 2 meses do ano as empresas nacionais exportaram 4.025 toneladas de mel, faturando US$ 14,398 milhões, apesar de que o faturamento foi 31,1 % menor que em igual período de 2022 (Deral, 2023).

Com um mercado cada vez mais promissor, a comercialização do mel enfrenta vários desafios entre eles, problemas relacionados a contaminação e adulteração. Uma das formas utilizadas para fazer isso, é através da adição de xarope de milho ou glicose comercial, contudo a legislação brasileira explicita muito bem as propriedades e características que o mel deve cumprir quanto a sua composição original para estar dentro do padrão. Mesmo assim ainda existem muitos casos de adulterações, os quais mostram a necessidade se realizar análises físico-químicas no mel a fim de verificar qualquer tipo de alteração (Gomes *et al*., 2017).

Assim, este trabalho tem como objetivo trazer os resultados das características físico-químicas para o mel puro e adulterado da espécie *Apis mellífera,* provenientes de Tracuateua (Pará), tanto do ponto de vista físico-químico, quanto por métodos estatísticos buscando discriminar as amostras de acordo com a sua porcentagem de adulteração, contribuindo, desse modo, com o seu controle de qualidade.

2. Metodologia

Amostragem

Durante os meses de outubro e novembro de 2022, foram obtidas cinco amostras de mel puro da espécie *Apis mellífera*, provenientes de uma cooperativa de apicultores de Tracuateua (Pará), no nordeste paraense, denominadas de **M1** a **M5**. Cada amostra contina 500 mL de mel, devidamente engarrafadas em garrafas plásticas. Após suas aquisições, as amostras foram transportadas ao Laboratório de Física Aplicada à Farmácia (LAFFA), da UFPA, sendo mantidas em temperatura ambiente no seu próprio recipiente, sob o abrigo da luz direta, até a execução de suas análises.

Adulterações Intencionais do Mel

As amostras de mel puro adquiridas (M1 a M5) foram adulteradas com xarope de milho comercial, com adulterações de 10 % a 90 %, seguindo uma proporção de 10 % em 10%, sendo que o valor de 100 % corresponde ao adulterante puro e 0 % ao mel puro, não adulterado (Tabela 1).

Tabela 1. Porcentagens de adulteração das amostras de mel com xarope de milho comercial

Código	Porcentagem de mel	Porcentagem de xarope	Total (%)	Volume (mL) final da amostra
A0	100	0	100	120
A1	90	10	100	120
A2	80	20	100	120
A3	70	30	100	120
A4	60	40	100	120
A5	50	50	100	120
A6	40	60	100	120
A7	30	70	100	120
A8	20	80	100	120
A9	10	90	100	120
A10	0	100	100	120

Análises Físicas e Físico-Químicas

As caracterizações físico-químicas das amostras adulteradas foram feitas das seguintes formas: Primeiramente, fez-se a determinação de viscosidade, no qual foi empregado viscosímetros do tipo Copo Ford, números 5 e 6 e os valores de tempo de escoamento convertido para viscosidade através das equações fornecidas pelos fabricantes dos equipamentos. 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 parado e anotado o tempo em segundos, ao final da leitura de cada amostra foi realizado lavagem do viscosímetro para o início de novo procedimento. O tempo de escoamento foi transformado para viscosidade através das equações (1) e (2), em que v é a viscosidade expressa em cSt e t é o tempo de escoamento dado em segundos.

$$v = 3{,}85 \cdot (t - 4{,}49) \quad (1)$$
$$v = 12{,}1 \cdot (t - 2{,}00) \quad (2)$$

No mesmo período foram realizadas as análises dos Sólidos Solúveis Totais (SST), umidade e densidade, através do emprego de um refratômetro portátil específico para méis e similares, da Instrutherm (ATAGO 090), que estava previamente calibrado, sendo que os valores de umidade e SST foram lidos diretamente nas escalas internas do aparelho. No caso do SST, foi transferido 3 gotas da amostra uniformemente sob o prisma do aparelho e realizado a leitura na escala em graus Brix, enquanto a densidade foi obtida através da leitura dos graus Baumé, na escala interna do aparelho e posterior ocorreu a conversão para densidade via emprego da equação (3), onde é a densidade, em g/mL, e ºBe é o valor da escala Baumé Lido na escala interna do aparelho (BRASIL, 2000). A cada leitura, o prisma foi limpo com água destilada e seco com papel toalha.

$$d = \frac{145}{145 - {}^{o}Be} \qquad (3)$$

Para as determinações de pH e CE, foram pesados 2 g de mel e adicionados 30 mL de água destilada em um Becker de 50 mL, agitando-se por alguns minutos. Após a obtenção de uma solução homogênea, o pH foi medido através da inserção do eletrodo de um pHmetro, posto diretamente na solução e o valor lido no visor do aparelho. Já a CE foi obtida inserindo o eletrodo de um condutivímetro portátil na solução e fazendo leitura direta no visor do aparelho (BRASIL, 2000).

Para a determinação da acidez, foi pesado 2 g de mel em um Erlenmeyer de 50 mL e em seguida adicionou-se 30 mL de água destilada. Agitou-se a solução até a sua completa homogeneização. Foram colocadas 4 gotas de fenolftaleína em cada amostra e foi realizada a titulação com a solução de NaOH a 0,01 mol/L. O ponto de viragem da titulação foi apontado pelo aparecimento de coloração rosa na solução. A acidez foi determinada pela equação (4), em que V é o valor em mL de solução de NaOH 0,01 mol 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 A é o peso da amostra.

$$Acidez\ \left(\frac{meq}{kg}\right) = \frac{\mathrm{V \times Fc \times N \times 1000}}{\mathrm{A}} \quad (4)$$

No caso da turbidez do mel, uma solução homogênea foi preparada com a diluição de 2 g de mel em 30 mL de água destilada, com o auxílio de um béquer e

balança analítica, sendo uma alíquota dessa solução levada para a cubeta de um turbidímetro da marca Policontrol, modelo T1000 e o resultado lido diretamente no visor do aparelho.

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 para cor conforme a classificação de coloração do mel (Tabela 2).

Tabela 2. Escala de Pfund para cor do mel.

Cor do Mel	*mm Pfund*	*Absorvância*
Branco-água	0 – 8	0,104 – 0,125
Extra-branco	8 – 16,5	0,125 – 0,148
Branco	16,5 – 34	0,148 – 0,195
Âmbar extra-claro	34 – 50	0,195 – 0,238
Âmbar claro	50 – 85	0,238 – 0,333
Âmbar	85 – 114	0,333 – 0,411
Âmbar escuro	144 ou mais	0,411 ou mais

Fonte: Brasil (2000).

Análises Estatísticas

Os dados obtidos foram organizados em planilhas eletrônicas via Excel, onde se conduziu uma análise descritiva para cada uma das variáveis estudadas, sendo seus resultados expressos em termos de média e desvio padrão. Testes t para dados não pareados foram executados para cada uma das dez vaiáveis estudadas, considerando uma significância de 95%, entre os dados do mel puro (A0) e do adulterante puro (A10), com a finalidade de descobrir se havia semelhança significativa entre o mel puro e o adulterante. Aos dados das variáveis que apresentaram diferença significativa entre o mel puro (A0) e o adulterante puro (A11) foi realizada uma análise de regressão linear simples para investigar a relação de dependência da variável com o nível de adulteração do mel.

3.Resultados e Discussão

Na Tabela 3 estão expostos os resultados obtidos para o teor de SST, para a densidade e para a umidade das amostras puras (A0), do adulterante puro (A10) e das amostras adulteradas (A1 a A9) de mel *Apis mellífera*. São apresentados valores médios seguidos de desvio-padrão das amostras.

Tabela 3. Resultados de SST, densidade e umidade encontrados para as amostras adulteradas de mel *Apis mellífera*

	Sólidos Solúveis Totais (SST, ° Brix)										
Amostra	**A0**	**A1**	**A2**	**A3**	**A4**	**A5**	**A6**	**A7**	**A8**	**A9**	**A10**
M1	77,00 ± 0,00	77,67 ± 0,58	78,00 ± 0,87	77,00 ± 0,00	76,67 ± 0,58	74,34 ± 0,58	75,34 ± 0,58	76,67 ± 0,58	76,00 ± 0,00	76,67 ± 0,58	76,67 ± 0,58
M2	77,17 ± 0,29	77,00 ± 0,00	77,00 ± 0,00	77,00 ± 0,00	77,00 ± 0,00	74,67 ± 1,16	76,00 ± 0,00	77,00 ± 0,00	76,00 ± 0,00	77,00 ± 0,01	76,67 ± 0,58
M3	78,00 ± 0,00	77,00 ± 0,00	77,00 ± 0,00	77,00 ± 0,00	76,67 ± 0,58	74,67 ± 1,16	75,67 ± 0,58	77,00 ± 0,00	76,34 ± 0,58	77,00 ± 0,00	77,00 ± 0,00
M4	77,67 ± 0,58	77,67 ± 0,58	77,00 ± 0,00	76,67 ± 0,58	77,00 ± 0,00	75,34 ± 0,58	75,67 ± 0,58	77,00 ± 0,00	76,00 ± 0,00	77,00 ± 0,00	77,00 ± 0,00

M5	78,00 ± 0,00	78,34 ± 0,29	77,5 ± 0,87	76,34 ± 0,58	77,00 ± 0,00	75,34 ± 0,58	75,34 ± 0,58	77,00 ± 0,00	76,00 ± 0,00	76,34 ± 0,58	77,00 ± 0,01
Geral	**77,57[a] ± 0,50**	**77,54 ± 0,62**	**77,30 ± 0,63**	**76,80 ± 0,42**	**76,87 ± 0,36**	**74,87 ± 0,84**	**75,60 ± 0,51**	**76,94 ± 0,26**	**76,07 ± 0,26**	**76,60 ± 0,51**	**76,87[a] ± 0,36**

Densidade (g/mL)

Amostra	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
M1	1,394 ± 0,000	1,394 ± 0,000	1,396 ± 0,004	1,394 ± 0,000	1,394 ± 0,000	1,385 ± 0,004	1,381 ± 0,000	1,388 ± 0,007	1,383 ± 0,004	1,394 ± 0,004	1,385 ± 0,004
M2	1,396 ± 0,000	1,394 ± 0,001	1,394 ± 0,000	1,394 ± 0,001	1,394 ± 0,001	1,385 ± 0,000	1,385 ± 0,000	1,390 ± 0,001	1,383 ± 0,000	1,394 ± 0,000	1,400 ± 0,002
M3	1,401 ± 0,001	1,394 ± 0,002	1,395 ± 0,001	1,394 ± 0,002	1,394 ± 0,000	1,383 ± 0,000	1,381 ± 0,000	1,390 ± 0,002	1,390 ± 0,001	1,394 ± 0,001	1,396 ± 0,000
M4	1,399 ± 0,000	1,394 ± 0,000	1,394 ± 0,004	1,392 ± 0,000	1,394 ± 0,000	1,383 ± 0,001	1,381 ± 0,002	1,394 ± 0,000	1,39 ± 0,002	1,394 ± 0,003	1,394 ± 0,001
M5	1,401 ± 0,000	1,394 ± 0,001	1,394 ± 0,005	1,390 ± 0,000	1,394 ± 0,003	1,383 ± 0,000	1,381 ± 0,000	1,394 ± 0,002	1,388 ± 0,002	1,394 ± 0,002	1,394 ± 0,003
Geral	**1,398[a] ± 0,003**	**1,394 ± 0,002**	**1,395 ± 0,002**	**1,393 ± 0,003**	**1,394 ± 0,005**	**1,384 ± 0,004**	**1,382 ± 0,002**	**1,391 ± 0,004**	**1,388 ± 0,004**	**1,394 ± 0,002**	**1,394[a] ± 0,005**

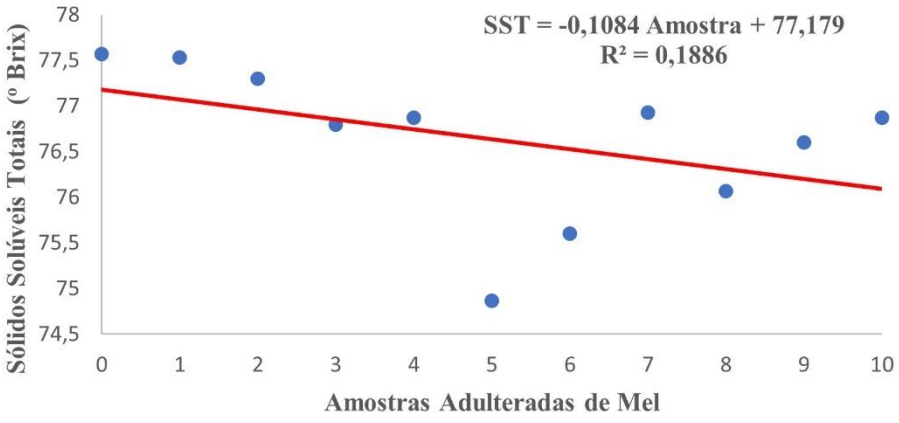
Umidade (%)

Amostra	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
M1	21,00 ± 0,00	21,00 ± 0,00	21,00 ± 0,00	21,00 ± 0,00	21,67 ± 0,43	23,33 ± 0,01	23,33 ± 0,02	21,67 ± 0,04	22,00 ± 0,00	22,00 ± 0,00	22,50 ± 0,50
M2	21,17 ± 0,16	21,00 ± 0,00	21,00 ± 0,00	21,50 ± 0,50	21,00 ± 0,00	23,67 ± 0,63	23,00 ± 0,00	21,00 ± 0,00	22,00 ± 0,00	22,00 ± 0,00	21,67 ± 0,67
M3	20,33 ± 0,29	21,00 ± 0,00	21,00 ± 0,00	21,33 ± 0,28	21,33 ± 0,67	23,67 ± 0,34	23,00 ± 0,00	21,00 ± 0,00	22,00 ± 0,00	22,00 ± 0,00	21,33 ± 0,67
M4	20,33 ± 0,67	21,00 ± 0,00	21,00 ± 0,00	21,66 ± 0,28	21,33 ± 0,67	23,00 ± 0,00	23,00 ± 0,00	21,00 ± 0,00	21,67 ± 0,04	22,00 ± 0,00	21,00 ± 0,00
M5	20,50 ± 0,00	21,00 ± 0,00	21,00 ± 0,00	21,33 ± 0,67	21,00 ± 0,00	22,67 ± 0,45	23,00 ± 0,00	21,00 ± 0,00	22,00 ± 0,00	22,00 ± 0,00	21,50 ± 0,50
Geral	**20,67[a] ± 0,45**	**21,00 ± 0,00**	**21,00 ± 0,00**	**21,47 ± 0,48**	**21,27 ± 0,46**	**23,27 ± 0,59**	**23,07 ± 0,26**	**21,13 ± 0,52**	**21,93 ± 0,26**	**22,00 ± 0,00**	**21,60[a] ± 0,60**

Legenda: M1 a M5 representam as cinco amostras de mel adquiridas. A0 é o mel puro, A10 é o adulterante puro e A1 a A9 são as amostras de mel adulteradas com porcentagens do adulterante (Tabela 1). Letras iguais sobre as médias de A0 e A10 significa que não há diferença significativa entre o mel puro e o adulterante utilizado, de acordo com o teste t de Student para dados não pareados, a 95 % de significância.

O valor médio encontrado de Sólidos Solúveis Totais (SST) para a amostra de mel puro (A0) foi de 77,57° Brix, e para o xarope de milho usado como adulterante (A10) foi de 76,87° Brix, que podem ser considerados significativamente iguais entre si, o que justifica o fato de os valores paras as amostras adulteradas (A1 a A9) não registrarem um comportamento de queda ou subida, conforme a porcentagem de adulteração aumenta. A Figura 1 a seguir apresenta o comportamento de variação do SST com a porcentagem de adulteração.

Figura 1. Gráfico de dispersão de SST com as amostras em ordem crescente de adulteração



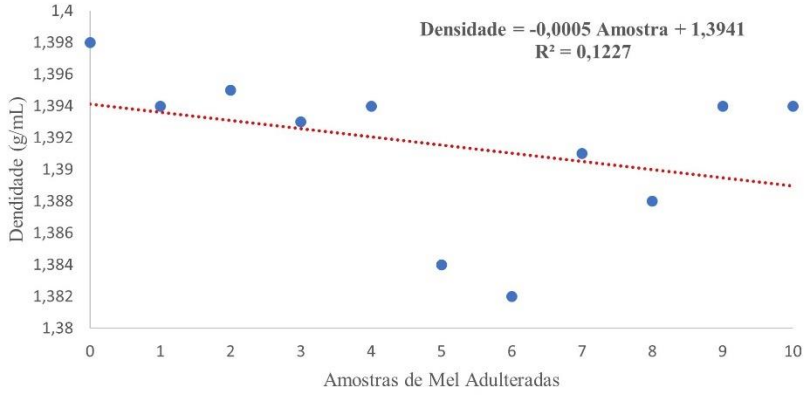
Legenda: No eixo das abcissas o número 0 representa a amostra A0 (mel puro); 1 representa a amostra A1, etc.

O gráfico da Figura 1 reforça não haver uma variação linear de acordo com o percentual de adulteração do mel, primeiro pelo aspecto disperso da nuvem de pontos, depois pelo baixo coeficiente de correlação (R^2), que indica uma correlação linear muito fraca entre as duas variáveis.

Em se tratando da legislação não há limite legal para essa característica do mel de *Apis melífera*, haja vista que não existe na legislação brasileira valores máximos ou mínimos para essa propriedade. No estudo de Abdel-Aal *et al*. (1993), ao fazerem a avaliação das propriedades dos méis diante da adição de xarope de milho, os autores verificaram que valores dos SST nas amostras de mel não podem ser significativamente diferenciados até chegar a 20 % de adulteração, sendo que isso não se assemelha ao trabalho em questão, pois não foi possível visualizar uma queda entre as amostras adulteradas A2 e A3, muito menos com o acréscimo do adulterante. Porém, de acordo com Ismail *et al*. (2019), os SST não são um indicador muito seguro para detectar a adulteração, pois a maioria dessas substâncias são açucares como a glicose e a frutose, ambos presentes tanto no mel quanto no adulterante, por isso há pouca variação quando estão presentes em uma amostra.

O resultado médio para densidade do mel puro (A0) foi de 1,398 g/mL e para o xarope de milho puro, empregado como adulterante (A10) foi de 1,394 g/mL, que podem ser considerados significativamente iguais entre si, o que justifica o fato de os valores paras as amostras adulteradas (A1 a A9) não registrarem um comportamento de queda ou subida, conforme a porcentagem de adulteração aumenta. A Figura 2 a seguir apresenta o comportamento de variação da densidade com a porcentagem de adulteração.

Figura 2. Gráfico de dispersão da densidade com as amostras em ordem crescente de adulteração.



Legenda: No eixo das abcissas o número 0 representa a amostra A0 (mel puro); 1 representa a amostra A1, etc.

O gráfico da Figura 2 reforça não haver uma variação linear de acordo com o percentual de adulteração do mel, primeiro pelo aspecto disperso da nuvem de pontos, depois pelo baixo coeficiente de correlação (R^2) que indica uma correlação linear muito fraca entre as duas variáveis.

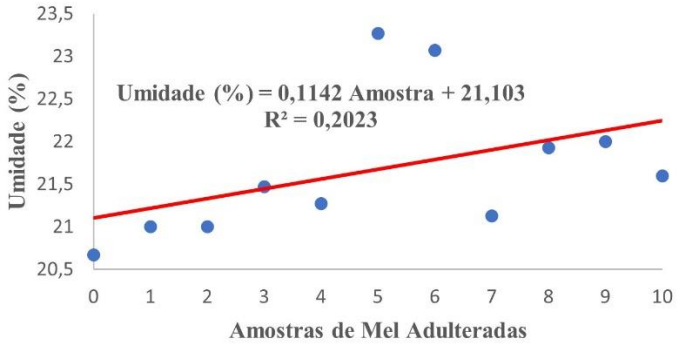
Em relação a legislação nacional e internacional é possível perceber a carência de dados a respeito da densidade padrão para méis de abelha, implicando em uma falta de direcionamento acerca dos limites a serem seguidos. De modo

análogo, no trabalho de Mesquita (2010) os resultados para densidade de amostras de méis variaram entre 1,31 e 1,45 g/mL com uma média de 1,405 g/mL, valores esses que estão concordantes com presente estudo, principalmente de A0, que é referente ao mel puro sem adulteração.

A umidade média das amostras de mel puro (A0) variou de 20,33 % a 21,17 %, com média de 20,67 % e está acima do estipulado pela legislação brasileira que impõe um limite de 20 % para o mel (BRASIL, 2000). Na avaliação da qualidade de méis de abelhas africanizadas feita por Menezes (2018), os valores encontrados para umidade de 20,12 % e 21,02 % que estão dentro dos que aqui foram encontrados, sendo que o autor explica que os altos índices de umidade de uma região influenciam no teor de tal parâmetro no mel.

Para as amostras de adulterante (A10) o valor médio foi de 21,60 %, que podem ser considerados significativamente igual ao valor do mel puro (A0), o que justifica o fato de os valores paras as amostras adulteradas (A1 a A9) não registrarem um comportamento de queda ou subida, conforme a porcentagem de adulteração aumenta. A Figura 3 a seguir apresenta o comportamento de variação da umidade com a porcentagem de adulteração. Destaca-se ainda que a umidade média obtida para o adulterante é superior ao obtido por Penha *et al*. (2013), para a glucose de milho, que foi de 19,26 % de umidade.

Figura 3. Gráfico de dispersão da umidade com as amostras em ordem crescente de adulteração.



Legenda: No eixo das abcissas o número 0 representa a amostra A0 (mel puro); 1 representa a amostra A1, etc.

O gráfico da Figura 3 reforça não haver uma variação linear de acordo com o percentual de adulteração do mel, primeiro pelo aspecto disperso da nuvem de pontos, depois pelo baixo coeficiente de correlação (R^2), que indica uma correlação linear muito fraca entre as duas variáveis.

Na Tabela 4 estão expostos os resultados obtidos para o pH, para a condutividade elétrica (CE) e para a turbidez das amostras puras (A0), dos adulterantes puros (A10) e das amostras adulteradas (A1 a A9) de mel *Apis mellifera*. São apresentados valores médios seguidos de desvio-padrão das amostras.

Tabela 4. Resultados de pH, condutividade elétrica e turbidez encontrados para as amostras adulteradas de mel *Apis melífera*

	pH										
Amostra	**A0**	**A1**	**A2**	**A3**	**A4**	**A5**	**A6**	**A7**	**A8**	**A9**	**A10**
M1	6,83 ± 0,07	6,86 ± 0,03	7,04 ± 0,01	7,21 ± 0,01	5,20 ± 3,45	7,44 ± 0,03	7,58 ± 0,04	7,63 ± 0,03	7,77 ± 0,02	7,66 ± 0,02	7,80 ± 0,02

M2	6,75 ± 0,01	6,81 ± 0,03	7,02 ± 0,03	7,21 ± 0,02	7,20 ± 0,02	7,40 ± 0,01	7,54 ± 0,01	7,59 ± 0,01	7,75 ± 0,02	7,64 ± 0,01	7,80 ± 0,01
M3	6,72 ± 0,02	6,78 ± 0,01	7,05 ± 0,03	7,21 ± 0,03	7,21 ± 0,03	7,40 ± 0,01	7,52 ± 0,04	7,61 ± 0,02	7,72 ± 0,02	7,62 ± 0,01	7,79 ± 0,01
M4	6,74 ± 0,01	6,79 ± 0,04	7,07 ± 0,00	7,22 ± 0,00	7,24 ± 0,01	7,39 ± 0,01	7,53 ± 0,02	7,61 ± 0,01	7,69 ± 0,01	7,65 ± 0,02	7,80 ± 0,01
M5	6,76 ± 0,02	6,79 ± 0,02	7,09 ± 0,00	7,24 ± 0,02	7,21 ± 0,02	7,38 ± 0,01	7,55 ± 0,03	7,64 ± 0,02	7,68 ± 0,02	7,67 ± 0,01	7,81 ± 0,01
Geral	**6,76^{b}± 0,05**	**6,81 ± 0,04**	**7,06 ± 0,04**	**7,22 ± 0,02**	**6,81 ± 1,55**	**7,40 ± 0,03**	**7,55 ± 0,03**	**7,62 ± 0,02**	**7,72 ± 0,04**	**7,65 ± 0,03**	**7,80^{a}± 0,01**

Condutividade Elétrica, CE (mS/cm)

Amostra	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
M1	0,41 ± 0,00	0,42 ± 0,01	0,43 ± 0,00	0,44 ± 0,02	0,44 ± 0,00	0,44 ± 0,01	0,48 ± 0,01	0,49 ± 0,01	0,48 ± 0,01	0,48 ± 0,00	0,49 ± 0,02
M2	0,42 ± 0,00	0,42 ± 0,00	0,43 ± 0,00	0,44 ± 0,00	0,46 ± 0,02	0,46 ± 0,02	0,48 ± 0,00	0,48 ± 0,00	0,47 ± 0,00	0,48 ± 0,00	0,50 ± 0,00
M3	0,42 ± 0,00	0,42 ± 0,00	0,43 ± 0,00	0,44 ± 0,01	0,47 ± 0,00	0,45 ± 0,03	0,48 ± 0,01	0,49 ± 0,01	0,47 ± 0,00	0,48 ± 0,00	0,50 ± 0,00
M4	0,42 ± 0,00	0,42 ± 0,00	0,43 ± 0,01	0,44 ± 0,00	0,47 ± 0,00	0,45 ± 0,02	0,48 ± 0,01	0,49 ± 0,01	0,48 ± 0,01	0,48 ± 0,00	0,50 ± 0,00
M5	0,42 ± 0,01	0,42 ± 0,00	0,43 ± 0,01	0,44 ± 0,00	0,47 ± 0,00	0,47 ± 0,00	0,48 ± 0,00	0,48 ± 0,00	0,48 ± 0,01	0,48 ± 0,01	0,50 ± 0,01
Geral	**0,42^{b}± 0,01**	**0,42 ± 0,01**	**0,43 ± 0,01**	**0,44 ± 0,01**	**0,47 ± 0,02**	**0,46 ± 0,02**	**0,48 ± 0,01**	**0,49±0,01**	**0,48 ± 0,01**	**0,48 ±0,01**	**0,50^{a}± 0,01**

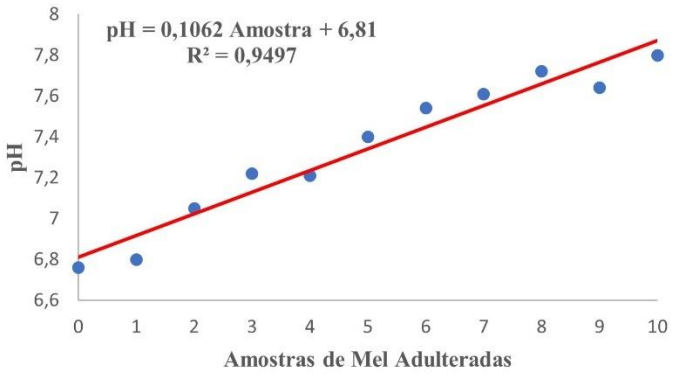
Turbidez (NTU)

Amostra	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
M1	21,44 ±0,16	16,80 ± 0,29	16,50 ± 0,00	15,80 ± 1,65	14,67 ± 0,46	10,67 ± 0,12	7,52 ± 0,05	6,53 ± 0,08	4,30 ± 0,28	2,35 ± 0,08	1,25 ± 0,14
M2	21,57 ±0,24	16,67 ± 0,12	16,54 ± 0,12	14,84 ± 0,26	14,24 ± 0,06	10,77 ± 0,06	7,37 ± 0,05	6,43 ± 0,01	4,08 ± 0,04	2,32 ± 0,06	1,19 ± 0,03
M3	21,77 ±0,31	16,77 ± 0,12	16,40 ± 0,00	14,77 ± 0,12	14,17 ± 0,06	10,77 ± 0,12	7,38 ± 0,03	6,40 ± 0,01	4,01 ± 0,06	2,53 ± 0,22	1,29 ± 0,04
M4	21,24 ±0,16	16,87 ± 0,16	16,37 ± 0,06	14,67 ± 0,06	14,30 ± 0,11	10,77 ± 0,06	7,38 ± 0,03	6,38 ± 0,02	4,08 ± 0,08	2,25 ± 0,05	1,18 ± 0,03
M5	21,00 ± 0,00	16,80 ± 0,10	16,30 ± 0,00	14,70 ± 0,01	14,14 ± 0,06	10,60 ± 0,00	7,36 ± 0,07	6,36 ± 0,02	4,03 ± 0,08	2,21 ± 0,03	1,21 ± 0,03
Geral	**21,4^{a}± 0,33**	**16,78 ± 0,15**	**16,42 ± 0,11**	**14,96 ± 0,78**	**14,30 ± 0,27**	**10,72 ± 0,10**	**7,40 ± 0,08**	**6,42 ± 0,07**	**4,10 ± 0,16**	**2,33 ± 0,15**	**1,23^{b}± 0,07**

Legenda: M1 a M5 representam as cinco amostras de mel adquiridas. A0 é o mel puro, A10 é o adulterante puro e A1 a A9 são as amostras de mel adulteradas com porcentagens do adulterante (Tabela 1). Letras iguais sobre as médias de A0 e A10 significa que não há diferença significativa entre o mel puro e o adulterante utilizado, de acordo com o teste t de Student para dados não pareados, a 95 % de significância.

Em termos de pH, o valor médio encontrado para as amostras puras (A0) foi de 6,76 ao passo que a média para as amostras de xarope de milho, o adulterante empregado (A10), foi de 7,80, sendo essas médias significativamente diferentes entre si, e indicam uma diferença de pH entre essas duas matrizes de 1,04. Essa diferença de pH foi suficiente para que as amostras de mel adulteradas com o xarope de milho sofressem uma variação linear de acordo com o aumento da porcentagem de adulteração (de A1 até A9), conforme indica a Figura 4.

Figura 4. Gráfico de dispersão do pH com as amostras em ordem crescente de adulteração



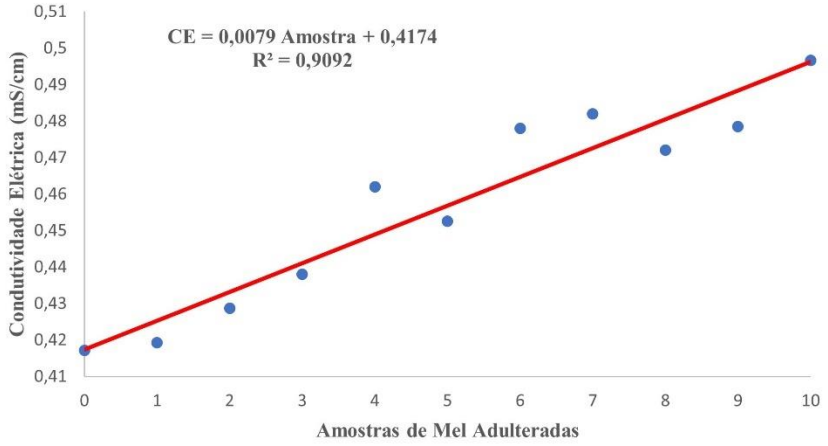
Legenda: No eixo das abcissas o número 0 representa a amostra A0 (mel puro); 1 representa a amostra A1, etc.

A relação linear entre o pH e a adulteração do mel de Apis mellífera estudado se revelou muito forte, pois seu R^2 foi de 0,9497 (Figura 4). Desta forma a equação obtida pode ser válida para prever a adulteração do mel estudado e adulterado com xarope de milho.

Um estudo de adulteração conduzido por Amud *et al.* (2022) obteve um pH médio para os méis puros de 3,13 e para os adulterados de 3,10. Segundo esses pesquisadores não houve diferença significante entre as amostras estudadas. Isso provavelmente tenha ocorrido devido a baixa diferença entre o pH do mel puro e do adulterante utilizado por eles, o que não ocorreu no presente estudo, o que justifica a diferença de resultados. Já Gebremariam e Brhane (2014), estudando méis puros de *A. mellífera*, obtiveram valores de pH variando de 3,4 a 4,65 com um resultado médio de 4,09, enquanto o mel adulterado com açúcar comercial atingiu 4.92, apresentando pHs bem abaixo do que os aqui pesquisados, mas capazes de demonstrar o perfil de aumento que ocorre ao ser adicionado o adulterante. Já nos achados de Oroian *et al.* (2018), a adulteração do mel com xarope de frutose elevou os valores de pH das amostras de mel puro de 4,11 para 4,22 , analogamente ao que se seguiu no presente trabalho. Em determinações feitas por Gun e Karaoğlu (2022), os valores de pH das amostras adulteradas com xarope de glicose/frutose aumentaram com o crescimento dos níveis de adição de adulterante. Os autores explicaram que, como o xarope tem um valor de pH mais alto que o mel puro, isso acaba implicando nessa variação de pH da mistura, situação parecida com a da pesquisa atual. A legislação brasileira não possui valores definidos para essa propriedade físico-química.

A CE média das amostras méis de mel puro (A0) foi de 0,42 mS/cm, e do adulterante puro (A10) foi de 0,50 mS/cm (A10), correspondendo a uma diferença significativa de 0,08 mS/cm, que foi capaz de levar a uma variação de CE em termos de porcentagem de adulteração de forma linear, como ilustrado na Figura 5.

Figura 5. Gráfico de dispersão da condutividade elétrica (CE) com as amostras em ordem crescente de adulteração



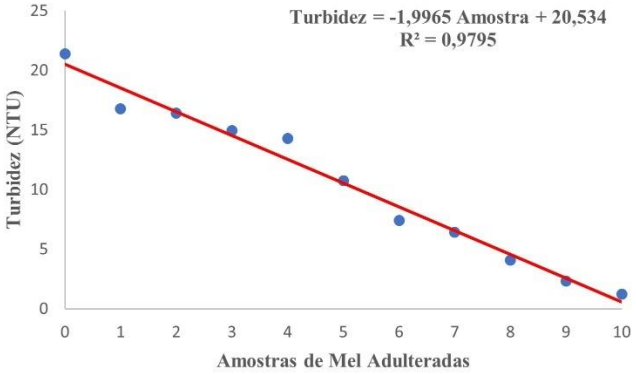
Legenda: No eixo das abcissas o número 0 representa a amostra A0 (mel puro); 1 representa a amostra A1, etc.

A correlação entre a CE e a percentagem de adulteração do mel com xarope de milho se mostrou de caráter forte, com R^2 = 0,9092, indicando que a equação presente na Figura 5 pode ser usada como preditiva do grau de adulteração do mel estudado em termos da adição de xarope de milho.

A CE sofre influência dos ácidos orgânicos e dos sais minerais contidos na substância, sendo uma ótima forma de determinar a origem botânica do mel, bem como é uma análise que serve de alternativa ao teor de cinzas (Silva; Peixe, 2021). De acordo com a legislação Brasileira não existem limites precisos para essa propriedade do mel. A faixa calculada entre A0 e A10 difere da faixa encontrada por Yakubu *et al.* (2021) que estipularam a CE em diferentes porcentagens de adulteração de méis, encontrando uma CE das amostras entre 0,0449 mS/m, para o mel puro, até 0,00010 mS/m para uma concentração de 100 % de xarope de glicose. Contudo, esses pesquisadores afirmam que existem relatos referente ao aumento da CE em soluções saturadas com açúcar. Logo, isso vai depender das características químicas do adulterante.

A média encontrada para turbidez foi de 21,20 NTU no mel puro (A0) e de 1,23 NTU no adulterante puro (A10). Desse modo, pode-se perceber a diminuição da turbidez conforme a porcentagem de adulteração com xarope de milho vai aumentando, sendo que a diferença de turbidez entre o mel puro e o adulterante puro é de 19,97 NTU, que é uma diferença significativa entre elas. A Figura 6 traz o gráfico de dispersão das amostras, onde se evidencia uma correlação linear negativa e forte entre a turbidez e o percentual de adulteração do mel.

Figura 6. Gráfico de dispersão da turbidez com as amostras em ordem crescente de adulteração



Legenda: No eixo das abcissas o número 0 representa a amostra A0 (mel puro); 1 representa a amostra A1, etc.

A legislação brasileira não estabelece limites definidos de turbidez para méis de *Apis mellífera,* contudo, para Campos e Modesta (2000), é um parâmetro importante para o seu controle de qualidade, pois indica à quantidade de matéria em suspensão na amostra, que pode estar relacionado a outras partes que não seja o mel. Mohamat *et al.* (2022), ao medirem a turbidez em amostras de méis adulteradas com xarope de milho com alto teor de frutose, encontraram um perfil diferente do trabalho em questão, pois os resultados dos autores mostraram que à medida que se aumenta a porcentagem do adulterante, o valor da turbidez subia significantemente, chegando a 92,770 NTU, quando a amostra apresentou 50 % do adulterante.

A Tabela 5 apresenta os resultados para a cor, acidez e viscosidade das amostras de mel puro (A0), do adulterante puro (A10) e para as amostras de mel adulteradas com o xarope de milho (de A1 a A9).

Tabela 5. Resultados da cor, acidez e viscosidade encontrados para as amostras adulteradas de mel *Apis melífera*

Cor do mel

Amostra	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
M1	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco	Extra-branco	Branco	Extra-branco	Extra-branco	Extra-branco
M2	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco	Extra-branco	Branco	Extra-branco	Extra-branco	Extra-branco
M3	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco	Extra-branco	Branco	Extra-branco	Extra-branco	Branco-água
M4	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco	Extra-branco	Extra-branco	Extra-branco
M5	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco	Branco	Extra-branco	Extra-branco	Extra-branco
Geral	**Branco**	**Branco**	**Branco**	**Branco**	**Branco**	**Branco**	**Extra-branco**	**Branco**	**Extra-branco**	**Extra-branco**	**Extra-branco**

Acidez do mel (meq/kg)

Amostra	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
M1	17,37 ± 2,57	14,86 ± 0,78	9,31 ± 2,74	9,43 ± 0,45	6,13 ± 0,93	4,84 ± 0,93	6,66 ± 0,11	3,87 ± 0,24	11,11 ± 1,22	4,76 ± 0,52	5,69 ± 1,72
M2	15,87 ± 0,34	15,14 ± 1,79	7,83 ± 1,57	10,21 ± 0,95	5,60 ± 0,33	4,84 ± 0,56	5,85 ± 0,27	3,52 ± 1,16	11,88 ± 2,28	4,58 ± 0,28	4,58 ± 0,63
M3	15,59 ± 3,04	17,03 ± 2,36	6,78 ± 0,22	8,48 ± 2,03	4,84 ± 0,43	4,72 ± 0,63	4,72 ± 0,24	3,56 ± 0,43	13,27 ± 2,48	4,16 ± 0,22	4,29 ± 0,92
M4	14,19 ± 1,24	15,02 ± 1,68	6,40 ± 0,26	12,12 ± 0,14	5,06 ± 0,19	4,15 ± 0,20	5,58 ± 2,13	4,38 ± 0,07	12,91 ± 0,04	3,99 ± 0,77	4,39 ± 0,44
M5	16,89 ± 1,97	16,53 ± 2,60	6,81 ± 1,15	8,10 ± 1,50	5,52 ± 0,71	4,55 ± 0,29	4,42 ± 0,41	4,38 ± 0,68	10,87 ± 2,75	4,29 ± 0,53	4,40 ± 0,38
Geral	**15,98[a] ± 2,09**	**15,72 ± 1,89**	**7,43 ± 1,68**	**9,67 ± 1,81**	**5,43 ± 0,68**	**4,62 ± 0,56**	**5,44 ± 1,18**	**3,94 ± 0,67**	**12,01 ± 1,97**	**4,35 ± 0,52**	**4,67[b] ± 0,97**

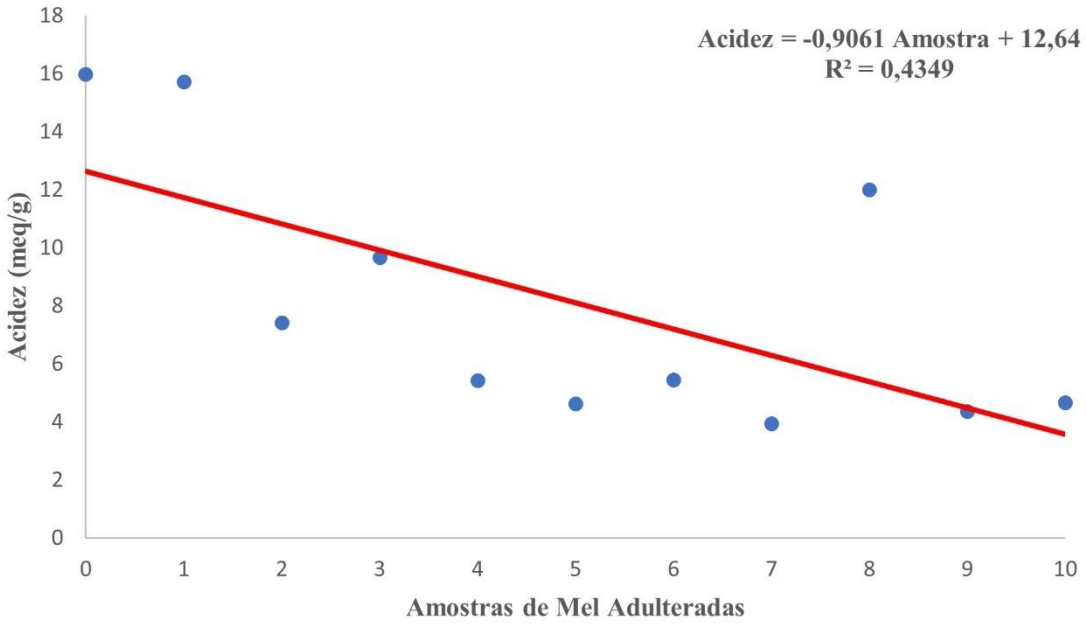
	Viscosidade (cSt)										
Amostra	**A0**	**A1**	**A2**	**A3**	**A4**	**A5**	**A6**	**A7**	**A8**	**A9**	**A10**
M1	4.477,00 ± 190,17	4.569,77 ± 140,25	2.859,64 ± 59,69	2.451,22 ± 22,80	2.237,36 ± 234,49	2.282,12 ± 193,96	3.416,24 ± 18,49	4.239,04 ± 164,29	3.956,70 ± 115,43	5.235,27 ± 254,20	4.392,30 ± 214,08
M2	4.981,17 ± 122,41	4.517,34 ± 55,89	2.944,34 ± 90,82	2.466,14 ± 31,06	2.247,31 ± 43,08	2.257,26 ± 31,06	3.569,50 ± 48,41	4.376,17 ± 130,51	4.335,84 ± 163,39	5.566,00 ± 194,74	4.977,14 ± 129,39
M3	5.279,64 ± 62,10	4.517,34 ± 27,95	3.202,47 ± 109,13	2.441,27 ± 52,40	2.381,59 ± 60,30	2.297,04 ± 14,93	3.847,80 ± 115,43	4.803,70 ± 116,69	4.771,44 ± 121,81	6.070,17 ± 121,81	5.412,74 ± 215,21
M4	5.795,90 ± 193,60	4.307,60 ± 142,66	3.460,60 ± 32,02	2.366,67 ± 22,80	2.500,95 ± 52,40	2.311,96 ± 29,85	4.134,17 ± 115,01	5.130,40 ± 148,69	5.118,30 ± 157,3	5.130,40 ± 476,69	5.880,60 ± 139,55
M5	6.251,67 ± 66,65	4.222,90 ± 43,63	3.698,57 ± 73,94	2.391,54 ± 8,62	2.615,34 ± 22,80	2.316,94 ± 22,80	4.460,87 ± 141,29	5.525,67 ± 111,78	5.618,44 ± 199,69	5.803,97 ± 140,25	6.098,40 ± 43,63
Geral	**5.357,08ª ± 651,26**	**4.426,99 ± 162,46**	**3.233,12 ± 331,35**	**2.423,37 ± 47,14**	**2.396,51 ± 178,75**	**2.293,07 ± 79,05**	**3.885,72 ± 400,14**	**4.815 ± 505,08**	**4.760,14 ± 615,91**	**5.561,16 ± 427,46**	**5.352,24ª ± 652,79**

Legenda: M1 a M5 representam as cinco amostras de mel adquiridas. A0 é o mel puro, A10 é o adulterante puro e A1 a A9 são as amostras de mel adulteradas com porcentagens do adulterante (Tabela 1). Letras iguais sobre as médias de A0 e A10 significa que não há diferença significativa entre o mel puro e o adulterante utilizado, de acordo com o teste t de Student para dados não pareados, a 95 % de significância.

Em termos de sua cor, todas as amostras de A0 a A5 apresentaram uma absorbância média que as caracterizou como Branca, seguidos pelas amostras A6 que obtiveram uma média consoante a cor extra branco, A7 foi caracterizada como Branca e A8, A9 e A10 como extra branco. Tais valores estão de acordo com a legislação brasileira (Brasil, 2000) que define a aceitabilidade do mel, enquanto os aspectos de cores, variações dentro do branco-água a âmbar escuro. Segundo Mohamat *et al.* (2022), a coloração do mel é um indicador de deterioração e qualidade desse insumo, o qual pode ser afetado pelo teor de umidade e temperatura durante o armazenamento. Ele também afirma que o mel autêntico é mais avermelhado, enquanto o mel com adulterante possui traços mais luminosos, fazendo um paralelo com a pesquisa atual, apesar das amostras (A0) apresentarem a cor mais clara é possível identificar que houve uma mudança para um Branco mais claro que pode sinalizar a adulteração. Costa (2022) encontrou diferentes colorações para os méis de *Api*s comercializados na feira livre do município de Cuité em Pernambuco, porém a maioria das amostras variaram do Âmbar claro ao Âmbar-escuro que estão dentro do limite legal, entretanto, diferentes para a maioria das adulterações juntamente com o mel puro, bem como nas amostras com nenhuma adulteração obtiveram a mesma cor das com adição de xarope de milho. Outro autor, ao realizar estudos com méis de *Apis* vendidos na região Oeste do Pará, observou a predominância de méis claros, prevalecendo a coloração branca, semelhantes aos resultados constatados no presente trabalho, em que a maioria das amostras se enquadrou como brancas.

O valor médio para os teores de acidez foi d: 15,98 meq/kg para o mel puro (A0) e de 4,67 meq/kg para o xarope de milho puro (A10), o que corresponde a uma diferença de 11,31 meq/kg, que é significativa. A Figura 7 apresenta o gráfico de dispersão da acidez das amostras conforme a variação de adulteração delas. Todavia, por mais que uma relação linear entre a acidez e a variação de adulteração do mel seja sugerida pela nuvem de pontos, o modelo ajustado apresentou um R^2 de apenas 0,4349, indicando uma correlação apenas moderada entre esse par de variáveis, levando ao fato de não ser tão boa a ideia de usar a acidez como preditivo de adulteração do mel investigado com o xarope de milho aqui utilizado como adulterante do mel.

Figura 7. Gráfico de dispersão da turbidez com as amostras em ordem crescente de adulteração



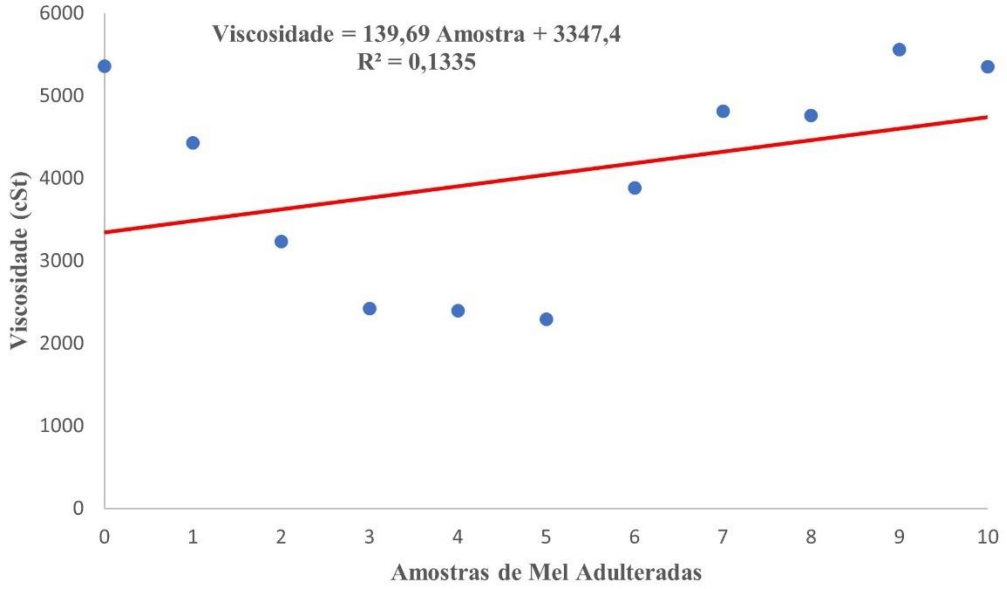
Legenda: No eixo das abcissas o número 0 representa a amostra A0 (mel puro); 1 representa a amostra A1, etc.

Todas as amostras estão de acordo com a determinação da Instrução Normativa Nº 11 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que prediz que a acidez máxima em méis deve ser de até 50 meq/kg (BRASIL, 2000). No estudo de Albuquerque *et al.* (2021) foi feita a inspeção da qualidade de méis comercializados em Brasília para verificar alterações nas propriedades físico-químicas do insumo. Os resultados obtidos para acidez, variaram entre 22 e 44 meq/kg, ou seja, estão acima dos encontrados no presente estudo. Segundo Braghini *et al.* (2016), a disparidade da acidez pode ser explicada pela influência de diversos fatores como as diversas fontes de néctar, as quais implicam em variados tipos de ácidos orgânicos, além da atividade enzimática que têm um papel preponderante juntamente com a ação de bactérias e do tempo de maturação. Em se tratando de adulteração, Gebremariam e Brhane (2014) determinaram o efeito da adulteração na qualidade de méis e obtiveram para o mel puro o valor de acidez de 15,44 meq/kg, semelhante a valor de A0, enquanto o mel adulterado apresentou um decréscimo na acidez chegando a 10,54 meq/kg. Com isso, os autores chegaram à conclusão que a acidez do mel diminui com a adição de açúcar comercial. Esse decrescimento condiz com a faixa estipulada de A0 até A10.

Os resultados obtidos para a viscosidade do mel puro (A0) ficou entre 4.477,00 e 6.251,67 cSt, com um valor médio de 5.357,08 cSt. Carvalho *et al*. (2014) obtiveram, em suas análises dos méis de *Apis mellífera* produzidos no nordeste do estado do Pará, os valores de 4.198,20 a 5.916,90 cSt para viscosidade, sendo esses valores semelhantes aos obtidos no presente estudo. Segundo Sodré (2007) a viscosidade é um parâmetro que está relacionado à quantidade de água existente bem como coma a temperatura do local, desse modo é possível que essas propriedades interferirem nas diferenças constatadas. Para as amostras correspondes ao adulterante puro (A10), os valores para a viscosidade variaram de 4.392,30 a 6.098,40 cSt, com uma média de 5.353,24 cSt. Santiyanes *et al*. (2013) encontraram valores para xaropes de milho, com concentrações entre 55 % e 60 % que variaram entre 8.897 cSt e 12.372 cSt, que são valores superiores aos obtidos no presente trabalho.

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, Karaburniotl, 2006). Dado a sua importância, a legislação nacional e internacional carece de valores específicos para essa propriedade. Entre a viscosidade do mel puro (A0) e a viscosidade do adulterante puro (A10) houve uma pequena que diferença não significativa de 4,84 cSt, desta forma, amostra pura e adulterante têm viscosidades similares, o que pode explicar a não variação linear da viscosidade do mel em função da adulteração progressiva sofrida com o acréscimo do xarope de milho, o que está representado na Figura 8.

Figura 8. Gráfico de dispersão da viscosidade com as amostras em ordem crescente de adulteração



Legenda: No eixo das abcissas o número 0 representa a amostra A0 (mel puro); 1 representa a amostra A1 etc.

4.Conclusão

A realização de análises físico-químicas no mel desempenha um papel crucial na verificação do comportamento das amostras diante de uma possível adulteração. Tais experimentos fornecem informações valiosas sobre a composição e qualidade do mel, permitindo detectar qualquer mudança que possa comprometer sua autenticidade e pureza do analito. Ao fazer a avaliação de parâmetros como umidade, SST , acidez, densidade, viscosidade, condutividade, pH, e cor , é possível identificar a presença de aditivos, diluições ou contaminações indesejáveis. A importância dessas análises reside no fato de que o mel é um produto natural altamente valorizado, tanto por suas propriedades sensoriais quanto por seus benefícios à saúde.

As variáveis pH, condutividade elétrica, acidez e turbidez apresentaram um comportamento linear em relação ao processo de adulteração dos méis, sendo que as correlações apresentadas entre o pH, a condutividade elétrica e a turbidez se mostram de caráter forte em relação à variação na adulteração de mel de *Apis mellífera* provenientes de Tracuateua, com xarope comercial de milho, sendo assim,

as equações obtidas podem servir de preditoras para adulteração do produto com o adulterante utilizado, nas mesmas condições experimentais do presente trabalho.

Referências

ABDEL-AAL, E.S M.; ZIENA, H. M.; YOUSSEF, M. M. Adulteration of honey with high-fructose corn syrup: Detection by different methods. **Food chemistry**, v. 48, n. 2, p. 209-212, 1993. <https://doi.org/10.1016/0308-8146(93)90061-J>

ALBUQUERQUE, J. C. G., SOBRINHO, M. E., LINS, T. C. L. Análise da qualidade do mel de abelha comercializado com e sem inspeção na região de Brasília–DF, Brasil**. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 42, n. 1, p. 71-80, 2021. Disponível em: https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/38275

AMUD, A. V. et al. Assessmentof the quality of bee's honey sold in the city of Manaus, Amazon Avaliação da qualidade do mel de abelha comercializado na cidade de Manaus, Amazonas. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 6, p. 47607-47617, 2022. https://doi.org/10.34117/bjdv8n6-319.

BÖHLKE, P. B.; PALMEIRA, E. M.. Inserção competitiva do pequeno produtor de mel no mercado internacional. **Revista acadêmica de economia**, v. 71, p. 1-7, 2006. Disponível em http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/

BRAGHINI, F. *et al*. Qualidade dos méis de abelhas africanizadas (Apis mellifera) e jataí (Tetragonisca angustula) comercializado na microrregião de Francisco Beltrão–PR. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 279-289, 2017. DOI: 10.19084/RCA16039

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. Disponível em: https://www.dourados.ms.gov.br/wp-content/uploads/2016/05/RTIQ-Mel-completo-IN-11_2000.pdf.

CAMPOS, G.; DELLA MODESTA, R. C. Diferenças sensoriais entre mel floral e mel de melato. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 59, n. 1-2, p. 7-14, 2000. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/insituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/2000/rial59_completa/876.pdf.

CARDOSO FILHO, N. *et al*. Avaliação físico-química de méis comercializados em algumas cidades do Estado de Mato Grosso do Sul-MS. **Ensaios e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 15, n. 6, 2011. Disponível em: https://ensaioseciencia.pgsscogna.com.br/ensaioeciencia/article/view/2837. Acesso em: 3 out. 2023.

CARVALHO, DE S. C.; SILVA, S. DOS A.; SOUZA, C. DE E.; SOUZA, C. DE L.; BARBOSA, C, DA I.C.; ROSA, S. S. R. M. **Avaliação de parâmetros físico-químicos de méis de *Apis mellifera* produzidos no nordeste do estado do Pará**. In: Congresso Brasileiro de Química, 54., 2014, Natal. **Anais**... Natal: ABQ, 2014.

COSTA, J. S. da *et al*. **Análises físico-químicas e de adulteração dos méis comercializados na feira livre do município de Cuité-PB**. 2022. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Nutrição) -Universidade Federal de Campina Grande, Pernambuco, 2022.

DAMTO, T.. A review on effect of adulteration on honey properties. **Available at SSRN 3359494**, 2019.

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

GEBREMARIAM, T. ; BRHANE, G,. Determination of quality and adulteration effects of honey from Adigrat and its surrounding areas. **Int J Technol Emerg Engin Res**, v. 2, n. 10, p. 71-76, 2014.

GOIS, G. C. *et al*. Composição do mel de Apis mellifera: Requisitos de qualidade. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 7, n. 2, p. 137-147, 2013.

GOMES, V. V. *et al*. Avaliação da qualidade do mel comercializado no oeste do Pará, Brasil. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 2, p. 815-826, 2017. Disponível em: https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/2005.

GÜN, R.; KARAOĞLU, M. M. Detection of Honey Adulteration by Investigation of the Physico-chemical Properties of Honey Adulterated with the Addition of Glucose-Fructose and Maltose Corn Syrups. **Research Square**, v. 1, 2022. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2247350/v1.

ISMAIL, N. I. Effects of Sugar Adulterants on the Physicochemical Properties of Natural Honey. **Journal of Tomography System and Sensor Application**, v. 2, n. 2, 2019. Disponível em: https://tssa.my/index.php/jtssa/article/view/101.

KHAN, S. U. *et al*. Honey: Single food stuff comprises many drugs. **Saudi journal of biological sciences**, v. 25, n. 2, p. 320-325, 2018. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.08.004.

MENEZES, B. A. D.; MATTIETTO, R. de. A.; LOURENÇO, L. de. F. H. Avaliação da qualidade de méis de abelhas africanizadas e sem ferrão nativas do nordeste do estado do Pará. **Ciência Animal Brasileira**, v. 19, 2018. DOI: 10.1590/1809-6891v19e-46578.

MIGUEL, M. G.; ANTUNES, M. D.; FALEIRO, M. L.. Honey as a complementary medicine. **Integrative medicine insights**, v. 12, p. 1178633717702869, 2017. doi: 10.1177/1178633717702869.

MOHAMAT, R. N. *et al*. Differentiation of High-Fructose Corn Syrup Adulterated Kelulut Honey Using Physicochemical, Rheological, and Antibacterial Parameters. **Foods**, v. 12, n. 8, p. 1670, 2023. **https://doi.org/10.3390/foods12081670**.

OROIAN, M.; OLARIU, V.; ROPCIUC, S. Influence of adulteration agents on physico-chemical and spectral profile of different honey types. **Int. J. Food Eng**, v. 4, p. 66-70, 2018. Disponível em: http://www.ijfe.org/uploadfile/2018/0228/20180228025233942.pdf.

PENHA, L. S.; LEITE, R. Y. F; PEREIRA, D. S; MESQUITA, L. X.; PENHA, F. G**. Comparativo das análises físico-químicas de mel de (apis mellifera l.) com mel de glucose de milho.** In: Congresso de Iniciação Científica do IFRN, 9., 2013, Currais Novos. **Anais**... Rio Grande do Norte, 2013.

SANTIENES, L. M.; SÁNCHEZ, J. B.; GARCÍA, AG. G.; LÓPEZ, I. D. Interacción entre viscosidade y dimensiones de patrones de texturizado. In: Congresso Internacional Anual de la Somim, 10., 2013. Pachuca, **Anais** ... Hidalgo.

SILVA, R. C. A; PEIXE, B. C. S. **Estudo da Cadeia Produtiva do Mel no Contexto da Apicultura Paranaense** – uma Contribuição para a Identificação de Políticas Públicas Prioritárias. Disponível em: www.escoladegoverno.pr.gov.br. Acesso em: 04 jul. 2023.

SODRÉ, G. S. *et al*. Caracterização físico-química de amostras de méis de **Apis mellifera** L. (Hymenoptera: Apidae) do Estado do Ceará. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 1139-1144, 2007. https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000400036

VISCONDE, J. V. et al. **Estrutura organizacional da atividade apícola nos municípios de Silvânia, Vianópolis e Orizona, Goiás.** 2016. 86 f. Dissertação (Mestre em Zootecnia) - Escola de veterinária e zootecnia: Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016. Disponível em: https://repositorio.bc.ufg.br/tede/items/6b3316e2-8ea4-4abb-843c-150eb349872f.

YAKUBU, A. *et al*. Determination of sugar adulteration in honey using conductivity meter and pH meter. **Res. J. Environ. Sci**, v. 11, p. 50-57, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/356287300_Determination_of_Sugar_Adulteration_in_Honey_Using_Conductivity_Meter_and_pH_Meter.

YANNIOTIS, S.; SKALTSI, S.; KARABURNIOTI, S. Effects of moisture content on the viscosity of honey at different temperatures. **Journal of Food Engineering**, v. 72, p. 372-377, 2006. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.12.017.