Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.02, 2024
ISSN 2178-6925

MEL DE TIÚBA (*Melipona fasciculata*) – UM ESTUDO REOLÓGICO

TIÚBA HONEY (*Melipona fasciculata*) – A RHEOLOGICAL STUDY

Caio Henrique Borges Lima
Graduando em Farmácia, Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: caioh.borges18@gmail.com

Caique Douglas Pantoja Gomes
Graduando em Farmácia, Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: gomescaique663@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

Os Meliponíneos, também chamados de abelhas sem ferrão, abelhas nativas ou abelhas indígenas, são espécies encontradas abundantemente em regiões tropicais e subtropicais e que vivem em colônias e se caracterizam por apresentarem seu aparelho ferroador atrofiado. Este presente trabalho tem como objetivo determinar o perfil reológico do Mel de *Melipona fasciculata* proveniente do Estado do Pará, em diferentes temperaturas, aplicando testes estatísticos adequados para a avaliar a diferença de viscosidade na variação de temperatura do produto. Nota-se que a diminuição da temperatura faz com que a viscosidade do mel aumente, tornando a velocidade do seu fluxo mais lento; de forma inversa ocorre com o aumento da temperatura, em que a viscosidade diminui. Desse modo, é possível observar que o modelo polinomial com cinco termos (ou função polinomial do 4º grau) foi o que melhor se adequou, pois apresentou um coeficiente de determinação igual a 0,9998, muito próximo do valor 1,0. A partir da análise estatística, foi possível provar que o aumento da temperatura, não influência de maneira significativa na viscosidade do produto, o que, no entanto, pode afetar os aspectos sensoriais deste. Ademais, foi possível obter um modelo matemático que relaciona estas duas propriedades, sendo possível calcular esta viscosidade na variação de temperatura de 10 a 60 ° C.
Palavras-chave: Produto de origem animal; Amazônia; Propriedades Físicas.

Abstract

Meliponines, also called stingless bees, native bees or indigenous bees, are species found abundantly in tropical and subtropical regions and that live in colonies and are characterized by their stinging apparatus being atrophied. This present work aims to determine the rheological profile of Melipona fasciculata honey from the State of Pará, at different temperatures, applying appropriate statistical tests to evaluate the difference in viscosity when varying the temperature of the product. It is noted that the decrease in temperature causes the viscosity of the honey to increase, making its flow speed slower; the opposite occurs with increasing temperature, in which viscosity decreases. Therefore, it is possible to observe that the polynomial model with five terms (or 4th degree polynomial function) was the best fit, as it presented a coefficient of determination equal to 0.9998, very close to the value 1.0. From the statistical analysis, it was possible to prove that the increase in temperature does not significantly influence the viscosity of the product, which, however, can affect its sensorial aspects. Furthermore, it was possible to obtain a mathematical model that relates these two properties, making it possible to calculate this viscosity in temperature variations from 10 to 60 °C.
Keywords: Product of animal origin; Amazon; Physical properties.

Resumen

Las meliponinas, también llamadas abejas sin aguijón, abejas nativas o abejas autóctonas, son especies que se encuentran abundantemente en regiones tropicales y subtropicales y que viven en colonias y se caracterizan por tener su aparato urticante atrofiado. El presente trabajo tiene como objetivo determinar el perfil reológico de la miel de Melipona fasciculata del Estado de Pará, a diferentes temperaturas, aplicando pruebas estadísticas apropiadas para evaluar la diferencia de viscosidad al variar la temperatura del producto. Se observa que la disminución de la temperatura hace que la viscosidad de la miel aumente, haciendo que su velocidad de flujo sea más lenta; ocurre lo contrario al aumentar la temperatura, en el que la viscosidad disminuye. Por lo tanto, es posible observar que el modelo polinómico de cinco términos (o función polinómica de 4to grado) fue el de mejor ajuste, ya que presentó un coeficiente de determinación igual a 0,9998, muy cercano al valor 1,0. Del análisis estadístico se pudo comprobar que el aumento de temperatura no influye significativamente en la viscosidad del producto, que, sin embargo, puede afectar sus aspectos sensoriales. Además, se logró obtener un modelo matemático que relaciona estas dos propiedades, permitiendo calcular esta viscosidad en variaciones de temperatura de 10 a 60 °C.
Palabras clave: Producto de origen animal; Amazonas; Propiedades físicas.

1. Introdução

As chamadas abelhas sem ferrão, abelhas nativas, abelhas indígenas, ou Meliponíneos (denominação mais científica), são espécies ocorrentes nas regiões tropicais e subtropicais, vivendo em colônias, e que apresentarem seu aparelho ferroador atrofiado, sendo essa a sua principal diferença das abelhas do gênero Apis (Maia *et al*., 2015; Derp, 2018).

Todas as abelhas, incluindo as sem ferrão, são animais artrópodes da ordem Hymenoptera, ordem que engloba também as vespas e formigas. No caso das abelhas sem ferrão, essas abelhas pertencem a subfamília Meliponinae, da família Apidae, se dividindo em 2 tribos: Meliponini, formada apenas pelo gênero Melipona, e Trigonini, que agrupa vários outros gêneros (Maia *et al*., 2015; DERP, 2018).

As abelhas sem ferrão têm um papel significativo na alimentação, religião, mitos, ritos, crenças e também na medicina de vários povos ao redor do mundo (Rauber, Ciriato, 2017), sendo que sua criação é conhecida como meliponicultura, atividade essa que pode ser observada em diversas regiões do mundo, na maioria das vezes para produção de mel (Maia *et al*., 2015). Destaca-se ainda que a meliponicultura tem se tornado uma importante atividade econômica para o produtor por meio da comercialização do mel, da polinização de culturas comerciais e da venda de colônias formadas pela criação racional (Derp, 2018).

Dentre as diversas abelhas sem ferrão, há a espécie *Melipona fasciculata* que é a espécie mais criada entre as abelhas indígenas, ocorrendo principalmente no nordeste da Região Amazônica, no Pará e no Maranhão, sendo denominada pela população como Tiúba ou Uruçu-cinzenta. Ela é raramente vista em regiões de terra firme, mas abunda em áreas de mangue, onde se abrigam em árvores com ocos que sejam bastante grandes para alojar suas colônias (Venturieri, Raiol, Pereira, 2003; Venturieri, 2008).

Os méis das abelhas sem ferrão têm características físico-químicas e sensoriais bem diferentes do mel produzido por abelhas do gênero *Apis*, que é usada de parâmetro de referência para de mel para o consumidor. Além disso, os méis de abelhas sem ferrão são muito pouco desconhecidos pela população e pelos estabelecimentos que praticam o comércio de larga escala (Fernandes, 2017).

Em se tratando da espécie *M. fasciculata*, ela é conhecida por possuir um mel

mais líquido, ácido e de cor de tonalidades avermelhadas em comparação ao mel de Apis mellífera; ademais, este mel possui um aroma atrativo por conta da florada e das características biológicas das abelhas, que elevam a concentração de açúcar até o máximo de 74 % (Holanda, 2012).

Além dos fatores culturais, econômicos e biológicos, é evidente notar a importância reológica das propriedades do mel. Existem várias análises que podem ser aplicadas ao mel, sobretudo a viscosidade. A viscosidade é a resistência interna de um fluído (Fox, Pritchard, Mcdonald, 2006), sendo uma das propriedades mais importantes do mel, particularmente crítica durante o processamento, operação e processamento. A viscosidade pode sofrer influência de outros fatores biológicos, químicos e físicos, como por exemplo a composição e quantidade de mel, humidade, tamanho dos cristais de açúcar e, em especial, a temperatura (Bhandari, D'arcy, Kelly, 1999).

Nota-se que vários fatores podem influenciar a viscosidade, em especial a sua temperatura. Por esse motivo deve-se dar grande relevância na pesquisa de controle de qualidade do mel em relação à sua viscosidade. O presente trabalho teve como objetivo determinar o perfil reológico do mel de *Melipona fasciculata* (tiúba ou uruçu-cinzenta) proveniente do Estado do Pará, em diferentes temperaturas, aplicando testes estatísticos adequados para a avaliar a diferença de viscosidade conforme a variação de temperatura do produto.

2. Metodologia

Amostragem

Em janeiro de 2023, foram adquiridas 5 amostras de mel de Melipona fasciculata puro, provenientes dos munícipios de Bragança, Tracuateua e São Caetano de Odivelas, todos pertencentes ao nordeste do Estado do Pará. Estas amostras foram imediatamente direcionadas ao Laboratório de Física Aplicada à Farmácia (LAFFA), da Faculdade de Farmácia, da Universidade Federal do Pará (UFPA), onde foram mantidas a temperatura ambiente e ao abrigo de luz adequado até que fosse dado o início das análises do produto.

Variação de Temperatura

Para o início das análises, as amostras foram submetidas à variação de temperatura: para temperaturas inferiores à temperatura ambiente (30° C), foi feito o resfriamento mediante ao uso de geladeiras, enquanto as temperaturas superiores à temperatura ambiente, foram obtidas através do uso de banho-maria com controle de temperatura. As temperaturas foram monitoradas através do uso de termômetros de mercúrio de laboratório, tanto as inferiores à ambiental, como as superiores.

Determinação da Viscosidade

Para a medição da viscosidade do mel, foi empregado um viscosímetro do tipo Copo Ford, números 4 a 6, utilizados de acordo com a temperatura da amostra (para as temperaturas de 50º C e 60 °C, foi utilizado o Copo Ford de número 4; para a temperatura de 40° C, foi utilizado o Copo Ford de número 5; por fim, para as temperaturas de 10º C a 30 °C, foi utilizado o copo Ford de número 6). O emprego de três viscosímetros diferentes se justifica pelo fato de que, conforme a recomendação do fabricante, há um limite máximo e mínimo de tempo de escoamento para cada

copo. O Copo Ford foi preenchido com as amostras de mel, e, tapado o orifício, enchido até o nível máximo; após isso, o orifício foi liberado e foi feita a cronometragem do tempo de escoamento do fluído até a primeira interrupção do fluxo, parando o cronometro. Após a aferição dos tempos de escoamento do fluído através da bitola dos aparelhos, estes tempos (em segundos) foram convertidos em viscosidade cinemática, expressa em cSt, com a aplicação das seguintes equações fornecidas pelo fabricante do aparelho, onde "t" é o tempo de escoamento:

$$\text{Copo Ford 4: } V = 3{,}85 \times (t - 4{,}49) \quad (1)$$

$$\text{Copo Ford 5: } V = 12{,}1 \times (t - 2) \quad (2)$$

$$\text{Copo Ford 6: } V = (14{,}92 \times t) - 15{,}56 \quad (3)$$

Análise de Dados

As aferições foram feitas em triplicatas, tabeladas e, posteriormente, feito as curvas de seu comportamento reológico, com auxílio do programa Excel. Os resultados das aferições obtidas foram apresentados através da média e do desvio padrão amostral; e por fim, foi feito Testes de ANOVA para averiguar se as viscosidades cinemáticas obtidas são significativamente diferentes de acordo com a temperatura de trabalho, sendo estas análises conduzidas utilizando o programa MINITAB 17.

3. Resultados e Discussão

Os resultados encontrados nesta pesquisa se encontram resumidos na Tabela 1, onde os valores médios, seguidos de seus desvios padrões, para a viscosidade das cinco amostras e nas seis temperaturas de trabalho estão expressos, e correspondem a experimentos em triplicata.

Tabela 1: Resultados de viscosidade cinemática em diferentes temperaturas encontrados para as amostras de mel Melipona fasciculata de municípios do Pará.

Amostra	Temperatura (°C)					
	10	20	30	40	50	60
A1	7980,27 ± 1022,43	1446,45 ± 19,53	808,57 ± 8,88	576,08 ± 7,34	156,43 ± 9,59	158,06 ± 3,02
A2	7771,29 ± 451,26	1373,84 ± 41,19	826,57 ± 5,81	614,80 ± 28,41	172,04 ± 8,04	157,02 ± 2,89
A3	4173,23 ± 633,19	1436,65 ± 24,58	839,01 ± 0,34	659,57 ± 20,85	188,01 ± 6,09	180,62 ± 13,75
A4	4385,79 ± 543,65	1856,45 ± 201,02	852,98 ± 6,13	653,64 ± 13,83	196,35 ± 8,70	199,90 ± 10,52
A5	6022,46 ± 1100,59	1527,27 ± 96,43	875,26 ± 8,58	682,32 ± 25,97	201,80 ± 7,73	227,69 ± 20,83
Geral	$6066{,}61^{a}$ ± 1797,89	$1528{,}13^{b}$ ± 197,25	$840{,}48^{c}$ ± 24,18	$637{,}28^{d}$ ± 42,64	$182{,}93^{e}$ ± 18,53	$184{,}66^{e}$ ± 29,54

Legenda: A1 a A5: amostras de mel. Média ± Desvio Padrão. Letras iguais sobre a mesma média indicam não haver diferença significativa entre os valores obtidos, conforme o teste de ANOVA, seguida de teste de Tukey, com 95% de significância.

Ao aplicar a Análise de Variância (ANOVA) de um fator, foi possível observar que, dentre as seis temperaturas analisadas, apenas em 50º e 60 °C os valores obtidos não tiveram uma diferença significativa.

A viscosidade, assim como outras propriedades, depende de muitos fatores, incluindo a composição do fluído; esta propriedade depende fortemente de seu conteúdo de água, estando ligado à sua densidade relativa, de forma que, quanto menos água, mais alta será a densidade e a viscosidade do fluído, ou seja, menor será a velocidade com que o fluído se movimenta (Abu-Jdayil et al., 2002).

Nisso, é possível observar a diferença entre o mel de meliponíneos e o mel produzido na apicultura, por abelhas da espécie *Apis mellifera*, usada como referência no mercado, tendo em vista seu consumo; de maneira geral, esta espécie apresenta um teor de água menor do que o mel produzido na Meliponicultura. Os valores obtidos para a viscosidade cinemática do mel *M. fasciculata* em temperatura ambiente foram 840,48 cSt, enquanto os valores obtidos por Sodré *et al.* (2007) para *A. mellifera* foram de 1130 cSt, uma diferença considerável, de menos aproximadamente de 25,6 %.

Dentro do processo de controle de qualidade, a viscosidade afeta principalmente os aspectos sensoriais e de processamento do alimento, bem como é necessário para o conhecimento de sua estrutura (Campos, 1998); no entanto, há uma carência de valores padronizados na legislação nacional e internacional quando se diz respeito ao mel produzido pelos meliponíneos.

3.1 Influência da Temperatura na Viscosidade do Mel:

Ao aumentar a temperatura de um fluído, as moléculas possuem maior energia de translação e rotação, permitindo vencer as barreiras energéticas de interações intermoleculares com maior facilidade, ocasionando na diminuição de viscosidade desse fluído (Halliday, Renick, Walker, 2016).

Da mesma forma, o mel também sofre influência da temperatura, como é possível observar na Tabela 1 e pelo seu comportamento na Figura 1. Nota-se que a diminuição da temperatura faz com que a viscosidade do mel aumente, tornando a velocidade do seu fluxo mais lento; de forma inversa ocorre com o aumento da temperatura, em que a viscosidade diminui. No entanto, nota-se que a variação de viscosidade com o aumento de temperatura não é tão brusca como na diminuição de temperatura, exceto entre as duas primeiras temperaturas (10º C e 20º C), quando há uma abrupta redução de viscosidade, correspondente a – 453,8 cSt/º C, o que pode ser percebido através da Figura 2, que apresenta um gráfico de menos a variação de viscosidade pela variação de temperatura ($-\Delta V/\Delta T$) em função das temperaturas de trabalho (T).

Figura 1. Comportamento reológico do mel de Melipona fasciculata com a variação de temperatura.

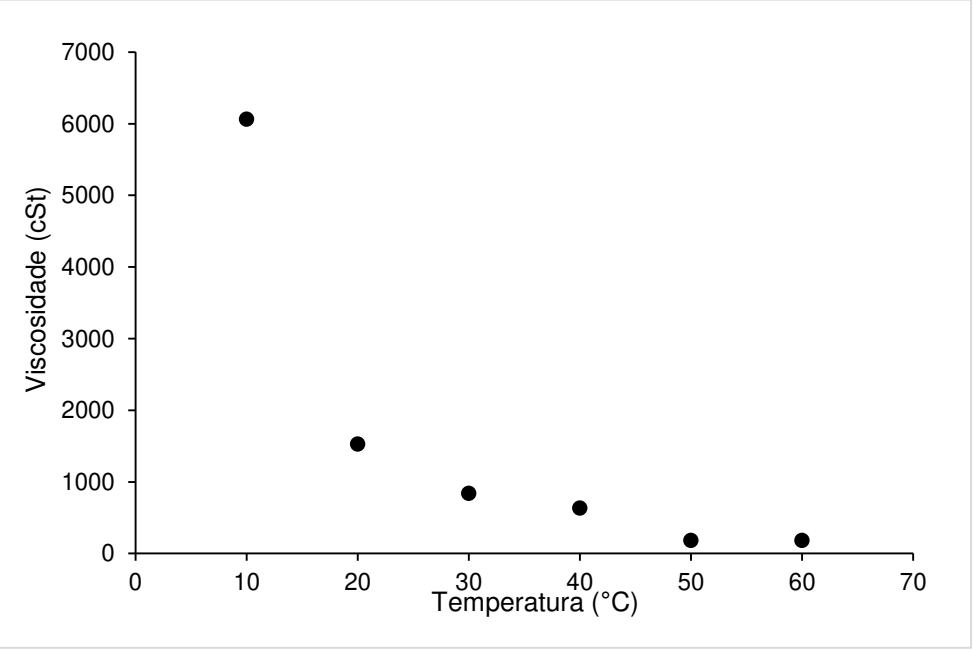
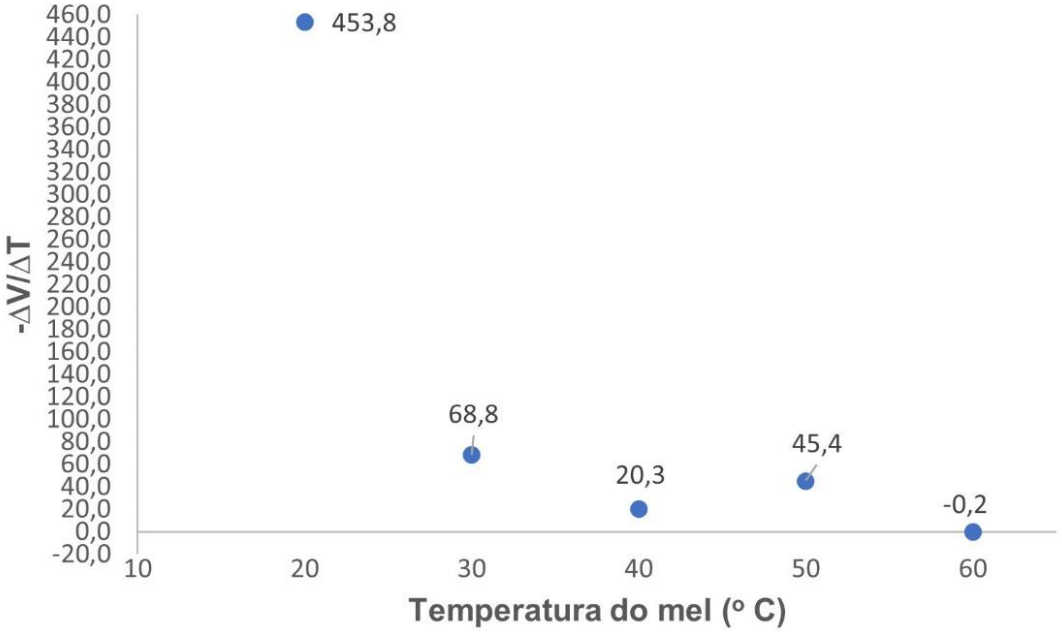


Figura 2. Gráfico da variação de viscosidade pela variação de temperatura (ΔV/ΔT), ou primeira derivada da viscosidade em relação à temperature, em função da temperature do mel.



Nota: Adotou-se menos os valores de ΔV/ΔT para uma melhor visualização do gráfico.

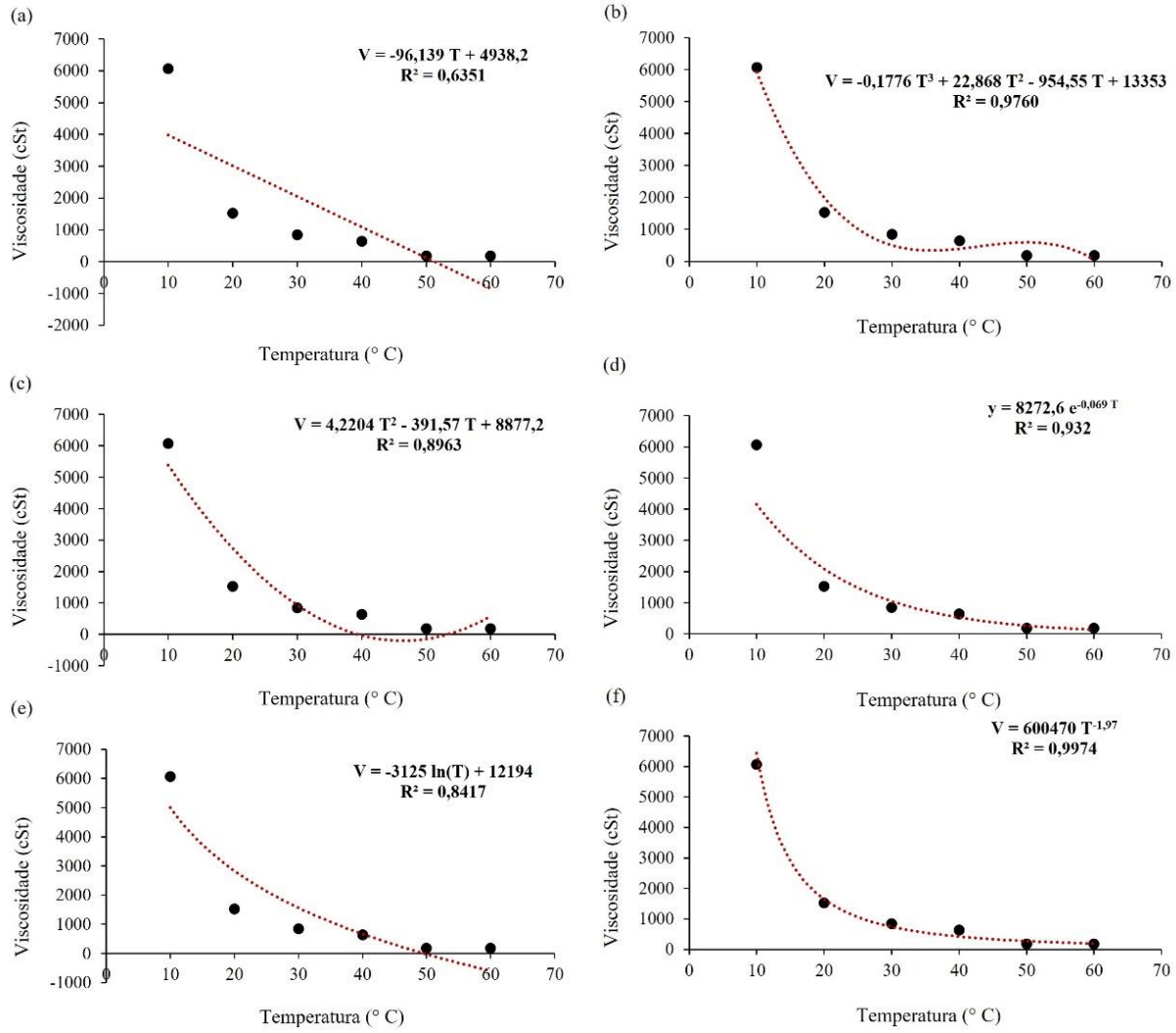
A Tabela 2 apresenta as expressões matemáticas obtidas para descrever a relação Viscosidade Cinemática (V) x Temperatura (T) e seus respectivos coeficientes de determinação de Pearson (R^2), ao passo que a Figura 3 apresenta as curvas dos diversos ajustes feitos, exceto o de quarto grau.

Tabela 2. Equações matemáticas que relacionam a Viscosidade em função da Temperatura.

Equação	a	b	c	d	e	R^2
$V = a + b.T$	-96,136	4938,2	-	-	-	0,6351
$V = a .T^2 + b.T + c$	4,2204	-391,57	8872,2	-	-	0,8963
$V = a.T^3 + b.T^2 + c.T^3 + d$	-0,1776	22,868	-954,55	13.353	-	0,9765
$V = a.T^4 + b.T^3 + c.T^2 + d.T + e$	0,0085	-1,3657	79,486	-2006,9	19.463	0,9998
$V = a + b.T^c$	0	600.470	-1,97	-	-	0,9974
$V = a.e^{b.T}$	8272,6	-0,069	-	-	-	0,9320
$V = a.\ln(T) + b$	-3125	12194	-	-	-	0,8417

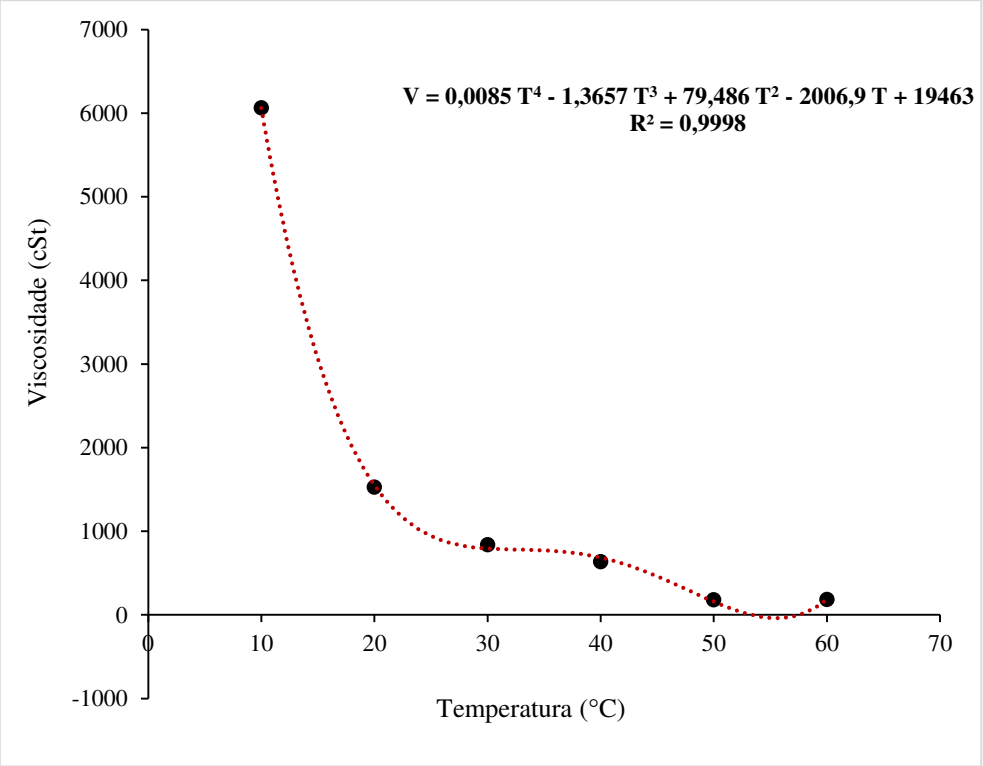
Legenda: V = Viscosidade (cSt); T = Temperatura (º C).

Figura 3. Curvas de ajustes (exceto do 4º grau) aos dados obtidos: (a) modelo linear; (b) modelo cúbico (3º grau); (c) modelo quadrático (2º grau); (d) modelo exponencial (neperiano); (e) modelo logarítmico (neperiano); (f) modelo para grau n = -1,97 sugerido pelo programa



A Tabela 2 apresenta as expressões matemáticas utilizadas para descrever a relação Viscosidade Cinemática (V) x Temperatura (T) e seus coeficientes de determinação (R^2). Desse modo, é possível observar que o modelo polinomial com cinco termos (ou função polinomial do 4º grau) foi o que melhor se adequou, como visto na Figura 3, pois apresentou um coeficiente de determinação igual a 0,9998, muito próximo do valor 1,0. Os modelos matemáticos de 3º grau e potencial também se mostram bons modelos, visto que apresentam um R^2 superior a 95%, ao contrário dos outros que apresentaram valores inferiores. Na Figura 4 é possível observar a adequação do melhor modelo polinomial para a viscosidade deste produto.

Figura 4. Relação da Viscosidade em função da Temperatura com curva de ajuste do 4º grau.



4.Conclusão

De maneira geral, nota-se uma carência de valores que padronizem o controle de qualidade referente à viscosidade do mel de meliponíneos, fazendo com que esta pesquisa contribua para informações sobre o produto e seu controle de qualidade. Assim, a partir das análises feitas, é notável que a variação de temperatura influência diretamente na viscosidade cinemática do mel de *Melipona fasciculata*, aumentando fortemente com a diminuição de sua temperatura.

A partir da análise estatística, foi possível provar que o aumento da temperatura influência de maneira significativa na viscosidade do produto, o que, no entanto, pode afetar os aspectos sensoriais deste (CAMPOS, 1998).

Ademais, foi possível obter um modelo matemático que relaciona estas duas variáveis (temperatura e viscosidade do mel de Tiúba), dentro do intervalo de temperatura entre 10º C e 60° C, sendo o modelo de 4º grau considerado o melhor para essa descrição, pois apresenta um coeficiente de determinação muito próximo de 1,0.

Referências

ABU-JDAYIL, B.; GHZAWI, A. A. M.; AL-MALAH, K. I. M. et al. Heat effect on rheology of light and dark-colored honey. **Journal of Food Engineering**, v.51, p.33-38. 2002.

BARROS, M. H. M. R.; LUZ, C. F. P.; ALBUQUERQUE, P. M. C. Pollen Analysis of geopropolis of Melipona (Melikerria) fasciculata Smith, 1854 (Meliponini, Apidae, Hymenoptera) in areas of Restinga, Cerrado and flooded fields in the state of Maranhão, Brazil. **Grana**, v. 52, n. 2, p. 81-92, 2013.

BHANDARI, Bhesh; D'ARCY, Bruce; KELLY, Camilla. Rheology and crystallization kinetics of honey: present status. **International Journal of Food Properties**, v. 2, n. 3, p. 217-226, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução normativa número 11, de 20 de outubro de 2000. Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. D.O.U., Seção I, p.16-17. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/.

CAMPOS, G. **Melato no mel e sua determinação através de diferentes metodologias**. Belo Horizonte, 1998. 178p. Tese (Doutorado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais.

CODEX STANDARD FOR HONEY. Revised codex standard for honey codex stan 12- 1981, Rev.1 (1987), Rev.2 (2001). Disponível em: <http://www.ipfsaph.org/id/codexCodexstan12>. Acesso em: 23 de setembro de 2023.

CRANE, E. Livro do mel. Trad. de Astrid Kleinert Giovannini. São Paulo: **Nobel**. 1983. 226p.

DERP, E.. Meliponicultura. **Boletim Didático**, n. 141, p. 56-56, 2018. Disponível em: https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BD/article/view/408.

FERNANDES, Rachel Torquato et al. **Características de qualidade do mel de abelha Tiúba (Melipona fasciculata Smith, 1854, Hymenoptera, Apidae), como contribuição para sua regulamentação**. 2017.

HALLIDAY, RENICK, WALKER. **Fundamentos de Física**, v. 1 e 2. Editora LTC, 6° edição Livro de atividades experimentais (Física Experimental – Mecânica dos fluidos – Viscosímetro de Stokes), 2016.

HOLANDA, C. A. et al. Qualidade dos méis produzidos por Melipona fasciculata Smith da região do cerrado maranhense. **Química Nova**, v. 35, n. 1, p. 55-58, 2012.

MAIA, U. M. et al. Meliponicultura no Rio Grande do Norte. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, v. 37, n. 4, p. 327-333, 2015.

PAMPLONA, B. Qualidade do mel. X Congresso Brasileiro de Apicultura, Rio Quente, GO, p.353-356. 1994.

RAUBER, T. A.; CIRIATO, A. Meliponicultura e seus desafios: Proposta de uma nova alternativa com sustentabilidade. v. 17, n. 05, 2017.

RIBEIRO, M. H. M.; ALBUQUERQUE, P. M. C.; LUZ, C. F. P. Pollen profile of geopropolis samples collected of “Tiúba” Melipona (Melikerria) fasciculata Smith 1854) in areas of cerrado and flooded fields in the state of Maranhão, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 39, n. 3, p. 895-912, 2016.

SILVA, J. B.; COSTA, K. M. F. M.; COELHO, W. A. C.; PAIVA, K. A. R.; COSTA, G. A. V.; SALATINO, A.; FREITAS, C. I. A.; BATISTA, J. S. Quantificação de fenóis, flavonoides totais e atividades farmacológicas de geoprópolis de Plebeia aff. Flavocincta do Rio Grande do Norte. **Pesq. Vet. Bras.**, 36(9), p.874-880, 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/s0100-736x2016000900014.

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, 2007.

VENTURIERI, G. C.; RAIOL, V. F. O.; PEREIRA, C. A. B. Avaliação da introdução da criação de Melípona fasciculata (Apidae: Meliponina), entre os agricultores familiares de Beagança – Pa, Brasil. **Revista Biota Neotropica**, v. 3. n.2, 2003.

VENTURIERI, G.. **Meliponicultura**: criação de abelhas indígenas sem ferrão. 2. ed. rev. atual. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. ISBN 978-85-87690-76-0. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1355163/40485433/0919_24_Cria%C3%A7%C3%A3o+de+abelhas+ind%C3%ADgenas+sem+ferr%C3%A3o_Curso_Melipon%C3%ADneos/7a59b28c-afbd-d386-3d19-1c3c92086af3.