

Revista  
**Ciência, Tecnologia & Ambiente**

## Efeito da temperatura no comportamento reológico de bebida láctea de guabiroba

Effect of temperature on the rheological behavior of guabiroba milky beverage

Mauricio Rigo<sup>1</sup>, Olliver William Ceni de Oliveira<sup>1</sup>, Reinaldo Gaspar Bastos<sup>2\*</sup>   
Mariana Altenhofen da Silva<sup>2</sup>, José Raniere Mazile Vidal Bezerra<sup>1</sup>, Ângela Moraes Teixeira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, Guarapuava, PR, Brasil.

<sup>2</sup> Centro de Ciências Agrárias – CCA, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, Araras, SP, Brasil.

\*Autor para correspondência: reinaldo.bastos@ufscar.br

**Como citar:** RIGO, M.; OLIVEIRA, O.W.C.; BASTOS, R.G.; SILVA, M.A.; BEZERRA, J.R.M.V.; TEIXEIRA, A.M., 2022. Efeito da temperatura no comportamento reológico de bebida láctea de guabiroba. *Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente*, vol. 12, e12228. <https://doi.org/10.4322/2359-6643.12228>

### RESUMO

O conhecimento do comportamento reológico das bebidas é importante, pois traz parâmetros para a indústria alimentícia. O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da temperatura no comportamento reológico de bebida láctea de guabiroba. A bebida foi desenvolvida a partir da polpa de guabiroba com adição de água, soro de leite e açúcar. Os parâmetros reológicos foram obtidos num viscosímetro Brookfield com o sistema de medidas de cilindros concêntricos. Os dados experimentais dos reogramas para a bebida desenvolvida foram bem ajustados pelos modelos de Herschel-Bulkley, Casson e Ostwald-de-Waele. A viscosidade aparente da bebida diminuiu com o aumento da temperatura de 0 °C até 60 °C e obteve-se índice de comportamento menor que 1 (um) para todas as temperaturas investigadas, o que caracteriza comportamento pseudoplástico. O modelo de *Arrhenius* apresentou uma boa descrição do efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente da bebida láctea de guabiroba, o qual apresentou energia de ativação entre 16 kJ/gmol a 19 kJ/gmol.

**Palavras-chave:** reologia, soro de leite, energia de ativação.

### ABSTRACT

Knowledge of the rheological behavior of beverages is important because it brings parameters to the food industry. This work aimed to study the effect of temperature on the rheological behavior of guabiroba milky beverage. The beverage was developed from guabiroba pulp with the addition of water, whey and sugar. The rheological parameters were obtained on a Brookfield viscometer with the concentric cylinder measurement system. The experimental data from the rheograms for the developed beverage were well fitted by the Herschel-Bulkley, Casson and Ostwald-de-Waele models. The apparent viscosity of the beverage decreased with increasing temperature from 0 °C to 60 °C and a behavior index lower than 1 (one) was obtained for all investigated temperatures, which characterizes pseudoplastic behavior. The Arrhenius model described the effect of temperature on the apparent viscosity of the guabiroba milk beverage, which presented activation energy between 16 kJ/gmol to 19 kJ/gmol.

**Keywords:** rheology, whey, activation energy.



## INTRODUÇÃO

A guabiroba, também conhecida como gabiroba, guabiroba do campo e guavira é uma fruta nativa brasileira que pertence à família *Myrtaceae*, a mesma da goiabeira, e ao gênero *Campomanesia*, que apresenta 25 espécies distribuídas do México à Argentina, sendo 15 delas nativas do Brasil. A guabiroba conta com ampla distribuição geográfica no Brasil, podendo ser encontrada no cerrado, nas regiões sudeste, centro-oeste e sul. Os frutos apresentam formato arredondado e são de cor verde quando jovens, mudando para uma cor amarela ou alaranjada e ganhando sabor adocicado quando maduros. A guabiroba é rica em carboidratos, proteínas, niacina, ácido ascórbico e vitaminas do complexo B, sendo que suas propriedades terapêuticas anti-inflamatória, antidiarreica, antisséptica e antimicrobiana estão presentes tanto no fruto e casca quanto nas folhas da gabirobeira (Lorenzi et al., 2006). Vallilo et al. (2006) estudaram a composição física de frutos “*in natura*” de guabiroba, coletados em diferentes estádios de amadurecimento na Floresta Estadual de Assis (Assis/SP). Os resultados mostraram alto teor de água (81,4%), lipídios (1,9%), carboidratos totais (8,9%) e fibra alimentar (6,3%), além de quantidades razoáveis de ácido ascórbico (17,8 mg/100 g) e traços de riboflavina (0,09 mg/100 g). Os autores concluíram que a utilização dos frutos de guabiroba mostrou-se promissora como complemento nutricional devido ao seu teor de lipídios, carboidratos totais, fibra alimentar, vitamina C e de minerais essenciais.

A guabiroba não é muito conhecida pela grande maioria da população, apesar do grande potencial nutricional e do aproveitamento industrial. Esta pode ser utilizada na produção de polpas de fruta, sucos, doces e geleias. A polpa, por sua vez, pode ser utilizada como matéria-prima para outros produtos, como por exemplo, sorvetes, sucos naturais, néctares entre outros (Zanini et al., 2015).

O soro de leite é um subproduto da indústria queijeira que muitas vezes é descartado no ambiente, principalmente por pequenas queijarias, deixando de ser processado por indústrias com tecnologia adequada para a produção de derivados de maior valor, como o soro de leite em pó. O soro como resíduo líquido industrial possui alta carga orgânica que demanda sistema de tratamento adequado.

Na produção de queijos são gerados, em média, 9 kg de soro de leite por kg de queijo produzido, resultando num total de 9 milhões de toneladas de soro, considerando as informações disponíveis para o ano de 2017. O soro oriundo da produção de queijo representa gastos para o laticínio caso seja enviado à estação de tratamento de efluentes. Por outro lado, os constituintes do soro de leite, além de nutrir, apresentam vários benefícios à saúde. O soro de leite pode ser utilizado em vários produtos, entre eles bebidas (Zacarchenco et al., 2013). Por outro lado, os constituintes do soro, além de nutrir, apresentam vários benefícios à saúde, devido a presença de aminoácidos essenciais sulfurados que conferem tanto valor nutritivo como apresentam atividade antioxidante (Sgarbiere, 2004).

Os principais fatores responsáveis pelo comportamento reológico dos produtos derivados de frutas são: o tipo de fruta, temperatura e o teor de sólidos (açúcares, pectinas e fibras). Uma vez que os sucos, polpas e néctares de frutas são sistemas bifásicos constituídos por partículas sólidas dispersas em meio aquoso, o seu comportamento reológico também será influenciado pela concentração, composição química, tamanho, forma e distribuição das partículas que compõem a fase dispersa (Costell e Durán, 1982). Nesse sentido, a viscosidade é uma propriedade mais útil para indicar o comportamento reológico de alimentos e bebidas, sendo uma ferramenta importante no controle de qualidade, padronização de processos e projeto de equipamentos (Steffe, 1996; Mathias et al., 2013).

A guabiroba é uma fruta típica da região de Guarapuava/PR, sendo promissora a sua utilização no desenvolvimento de uma bebida enriquecida com soro de leite. O estudo das propriedades físico-químicas e da reologia da bebida láctea de guabiroba obtida contribuirá em termos de geração de dados técnicos que podem ser utilizados para produtos alimentícios similares. Neste contexto, esta pesquisa propôs a obtenção da polpa de guabiroba, a partir da qual foi desenvolvida a bebida láctea de guabiroba, com adição de água, açúcar e soro de leite. Por fim, foi realizada a caracterização físico-química e reológica da bebida obtida na faixa de temperatura de 0 °C a 60 °C.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Obtenção e Preparo da Amostra

As amostras de guabiroba que foram utilizadas no presente estudo foram obtidas em gabirobeiras localizadas no terreno do Campus CEDETEG, da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), em Guarapuava/PR. As frutas foram selecionadas manualmente a partir da aparência e grau de maturação, e foram lavadas em água corrente. As guabirobas foram processadas num liquidificador industrial de alta rotação (JL Colombo, Brasil) com capacidade de 2 L. A polpa integral da fruta foi embalada em sacos de polietileno e armazenada em freezer horizontal sob temperatura média de -18 °C. Antes de seu uso experimental, as amostras foram descongeladas à temperatura ambiente. Para obtenção da bebida láctea de guabiroba diluiu-se a polpa integral em água, na proporção volumétrica de 1:3 (v/v), em seguida adicionou-se 7,5% de açúcar e 5% de soro de leite em pó da marca Alibra, o qual foi obtido por doação de uma indústria de alimentos de Guarapuava/PR.

### Caracterização Físico-Química da Polpa Integral e da Bebida Láctea de Guabiroba

Tanto para a polpa integral de guabiroba quanto para a bebida láctea de guabiroba foram realizadas as análises físico-químicas de pH, acidez total titulável e teor de sólidos solúveis, todas as análises foram feitas em triplicata e em conformidade com os métodos descritos pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). As medidas de pH foram encontradas por potenciômetro digital e a determinação de sólidos solúveis foi feita com o auxílio de um refratômetro de bancada tipo Abbe.

### Reometria

As medidas de viscosidade da bebida láctea de guabiroba foram realizadas em viscosímetro digital programável Brookfield LVDV-II+ com o sistema de cilindros concêntricos (sistema Coutte) com o Spindle n° 4. A velocidade foi variada para obter-se os dados de viscosidade aparente ( $\mu_{ap}$ ), tensão de cisalhamento ( $\tau$ ) e taxa de deformação ( $\dot{\gamma}$ ). Um aquecedor ultra termostático (Haake) foi usado para efetuar o controle das faixas de temperaturas de ensaio, sendo elas: 0 °C, 10 °C, 20 °C, 30 °C, 40 °C, 50 °C e 60 °C.

O tempo de corrida, para cada ensaio foi programado para 6 minutos, sendo que nos três minutos iniciais a

**Tabela 1.** Modelos reológicos de Ostwald-de-Waele, Casson e Herschell-Bulkley.

Modelos	Equações
Ostwald-de-Waele	$\tau = K \cdot (\dot{\gamma})^n$ (1)
Casson	$\tau^{0,5} = K_{OC} + K_C \cdot (\dot{\gamma})^{0,5}$ (2)
Herschell-Bulkley	$\tau = \tau_{OH} + K_H \cdot (\dot{\gamma})^n$ (3)

Onde:  $\tau$ : tensão de cisalhamento (Pa);  $\dot{\gamma}$ : taxa de deformação ( $s^{-1}$ ); K: índice de consistência ( $Pa s^n$ ); n: índice de comportamento (adimensional);  $\tau_{OH}$ : tensão de cisalhamento inicial de Herschell-Bulkley (Pa);  $K_H$ : índice de consistência de Herschell-Bulkley ( $Pa s^n$ );  $K_{OC}$ : Tensão inicial de Casson ( $Pa^{0,5}$ );  $K_C$ : Viscosidade plástica de Casson ( $Pa s^{0,5}$ ).

taxa de deformação variou de maneira crescente até o valor máximo, próximo de  $264 s^{-1}$ . Em seguida, a taxa de deformação variou de maneira decrescente durante três minutos até o valor mínimo próximo de  $0 s^{-1}$ .

As curvas de taxa de deformação *versus* tensão de cisalhamento foram ajustadas pelos modelos de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência), Herschel-Bulkley e Casson (Tabela 1), por se tratar dos modelos mais simples empregados para descrever a maioria dos comportamentos não newtonianos pseudoplásticos de sucos, néctares e polpas (Steffe, 1996). Os modelos reológicos são importantes por representar matematicamente a relação entre os valores experimentais da tensão de cisalhamento e taxa de deformação, para um determinado fluido e assim permitir o tratamento analítico do escoamento.

Os resultados experimentais obtidos foram ajustados aos modelos reológicos de Ostwald-de-Waele, Casson e Herschell-Bulkley usando-se o software Microsoft Excel, versão 2007. Os resultados foram submetidos à análise estatística para avaliar a qualidade dos dados obtidos segundo o parâmetro do  $X^2$  (qui-quadrado), demonstrado na Equação 4. O  $X^2$  expressa a diferença entre os valores previstos pelo modelo e os valores obtidos experimentalmente.

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(y_{med} - y_{pred})^2}{y_{pred}} \right] \quad (4)$$

Onde:

$X^2$  = teste do Qui-quadrado;

$y_{med}$  = valor experimental medido;

$y_{pred}$  = valor predito pelo modelo reológico.

Quanto maior for o valor de  $X^2$  maior será a discrepância entre as frequências observadas experimentalmente e

predita pelo modelo. Portanto, o modelo que melhor se ajusta é aquele com baixos valores de  $X^2$ .

Com os parâmetros obtidos do modelo de Ostwald-de-Waele, traçou-se um gráfico cujos dados forneceram parâmetros que possibilitaram obter uma equação de ajuste dos dados experimentais de viscosidade aparente em função da taxa de deformação e temperatura, segundo Steffe (1996).

### Efeito da Temperatura e Energia de Ativação

O efeito da temperatura sobre os valores de viscosidade aparente da bebida láctea de guabiroba foi avaliado através da Equação de Arrhenius conforme Equações 5 e 6:

$$\eta = B \cdot \exp\left(\frac{Ea}{R \cdot T}\right) \quad (5)$$

$$\ln(\eta) = \left(\frac{Ea}{R}\right) \cdot T^{-1} + B \quad (6)$$

Onde:  $\eta$  = viscosidade aparente (Pa.s),  $Ea$  = energia de ativação (J/mol),  $R$  = constante universal dos gases (8,314 J/mol K),  $T$  = temperatura absoluta (K) e  $B$  = parâmetro de ajuste.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Características Físico-Químicas da Guabiroba

Apresentam-se na Tabela 2 os dados físico-químicos de pH, acidez titulável e sólidos solúveis que foram avaliados para a polpa integral e bebida láctea de guabiroba, assim como seus respectivos desvios-padrão.

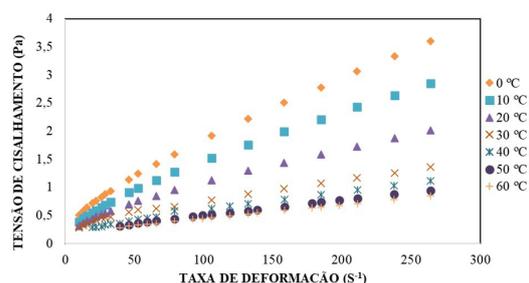
Os parâmetros de pH e sólidos solúveis encontram-se dentro dos padrões de identidade e qualidade para a polpa e a bebida láctea de guabiroba, estabelecidos pela Instrução Normativa nº 37 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2018). A acidez titulável encontrada para a polpa também está de acordo com a (Brasil, 2018), porém a acidez da bebida láctea se encontra abaixo do mínimo permitido. O valor do pH da polpa de guabiroba está compatível ao encontrado por Morzelle et al. (2015) quando avaliaram guabirobas da

região de Barra do Garças, cidade do Estado do Mato Grosso, onde obtiveram pH próximo de 4,25.

Mendes et al. (2018) investigaram os compostos bioativos de frutos de gabioba, oriundos do município de Guarda-Mor/MG. Após o despulpamento dos frutos, a casca, polpa e semente foram analisadas com a determinação de pH, acidez, sólidos solúveis, umidade, cinzas, vitamina C,  $\beta$ -carotenos e fenólicos totais. O conteúdo de vitamina C encontrado na casca foi de 120,47 mg/100 g, sendo maior do que o encontrado na polpa de 89,52 mg/100 g. Na determinação dos  $\beta$ -carotenos em meio aquoso foram obtidos para casca 0,29  $\mu$ g/100 g, para polpa 0,92  $\mu$ g/100 g e semente 0,48  $\mu$ g/100 g. Já para os compostos fenólicos totais foram obtidos para casca 1,22 mg/100 g e polpa 1,32 mg/100 g. Os autores concluíram que a gabioba apresentou resultados expressivos para os compostos bioativos com grande potencial de exploração comercial.

### Comportamento Reológico da Bebida Láctea de Guabiroba

A respeito do perfil reológico da bebida láctea de guabiroba não houve mudanças significativas entre as tendências das curvas de subida (0 a 264  $s^{-1}$ ) e descida (264 a 0  $s^{-1}$ ). Desta forma, foram utilizados os dos valores médios dos parâmetros reológicos para a curva de fluxo. Conforme pode ser observado na Figura 1, o produto não apresentou comportamento de tixotropia e efeitos de histerese. Para uma taxa de deformação fixa, a tensão de cisalhamento diminui com o aumento da temperatura. O comportamento pseudoplástico pode ser verificado pela



**Figura 1.** Relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação para as diferentes temperaturas estudadas, para da bebida láctea de guabiroba.

**Tabela 2.** Características físico-químicas da polpa de guabiroba e da bebida láctea de guabiroba.

Análise	Polpa de guabiroba	Bebida láctea de guabiroba
pH	4,61 $\pm$ 0,04	4,51 $\pm$ 0,05
Acidez titulável (%)	0,444 $\pm$ 0,064	0,1083 $\pm$ 0,001
Sólidos solúveis (°Brix)	2,97 $\pm$ 0,06	12,0 $\pm$ 0,3

leve tendência de diminuição da inclinação das curvas com o aumento da taxa de deformação e temperatura (Steffe, 1996).

Os indicadores de ajuste para a bebida láctea de guabirobanas são apresentados nas Tabelas 3, 4 e 5. Os três modelos reológicos testados (Ostwald-de-Waele, Casson e Herschel-Bulkley) ajustaram-se aos dados experimentais da bebida láctea de guabiroba, de tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação (baixos qui-quadrados,  $X^2$ ), com destaque para o modelo de Herschel-Bulkley.

Observa-se que os valores do índice de comportamento ( $n$ ) inferiores a 1,0 em todas as temperaturas estudadas (Tabela 3) são típicos e indicativos para caracterizar este produto como fluido não newtoniano pseudoplástico.

**Tabela 3.** Parâmetros obtidos para o modelo de Ostwald-de-Waele para a bebida láctea de guabiroba.

Temperatura (°C)	$K_p$ (Pa.s)	$n_p$	$X^2$
0	0,1180	0,6031	0,0356
10	0,0888	0,6142	0,0165
20	0,0821	0,5664	0,0112
30	0,0971	0,4588	0,0283
40	0,0529	0,5354	0,0209
50	0,0369	0,5721	0,0085
60	0,0350	0,5602	0,0075

Onde:  $K_p$ : índice de consistência;  $n_p$ : índice de comportamento;  $X^2$ : qui-quadrado.

**Tabela 4.** Parâmetros obtidos para o modelo de Casson para a bebida láctea de guabiroba.

Temperatura (°C)	$\tau_{0c} (Pa)^{0,5}$	$K_c (Pa.s)^{0,5}$	$X^2$
0	0,4489	0,0899	0,0066
10	0,3878	0,0813	0,0119
20	0,3847	0,0646	0,0114
30	0,4187	0,0456	0,0161
40	0,3300	0,0446	0,0075
50	0,3038	0,0407	0,0019
60	0,2960	0,0376	0,0018

Onde:  $K_c$ : índice de consistência;  $\tau$ : tensão de cisalhamento;  $X^2$ : qui-quadrado.

**Tabela 5.** Parâmetros obtidos para o modelo de Herschel-Bulkley para a da bebida láctea de guabiroba.

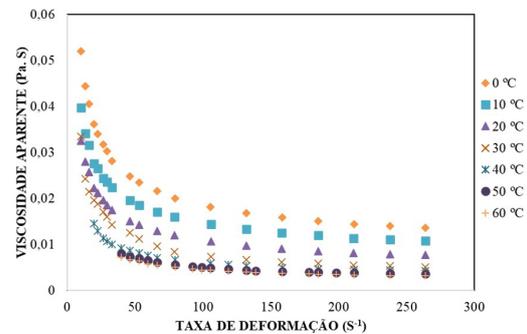
Temperatura (°C)	$\tau$ (Pa)	$K_H$ (Pa.s)	$n_p$	$X^2$
0	0,20	0,0586	0,7258	0,0014
10	0,10	0,0587	0,6857	0,0029
20	0,10	0,0483	0,6576	0,0013
30	0,10	0,0534	0,5565	0,0177
40	0,15	0,0131	0,7696	0,0075
50	0,16	0,00723	0,8379	0,0015
60	0,15	0,00631	0,8385	0,0014

Onde:  $K_H$ : índice de consistência;  $\tau$ : tensão de cisalhamento;  $n_p$ : índice de comportamento;  $X^2$ : qui-quadrado.

Na Figura 2 está apresentada a viscosidade aparente da bebida láctea de guabiroba em função da taxa de deformação na faixa de temperatura. O comportamento reológico pseudoplástico é esperado para polpas, bebidas lácteas e sucos de frutas devido a sua constituição em termos de dispersões de moléculas ou partículas assimétricas em meio líquido (Saravacos e Kostaropoulos, 1995).

A partir da taxa de deformação de  $140 \text{ s}^{-1}$ , a viscosidade aparente do bebida láctea tende a ficar constante para as temperaturas de  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Com os parâmetros obtidos do modelo de lei de potência para as temperaturas investigadas, foi traçado um gráfico cujo ajuste linear dos dados experimentais forneceu parâmetros da Equação de Arrhenius, os quais



**Figura 2.** Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para as diferentes temperaturas estudadas, para a bebida láctea de guabiroba.

**Tabela 6.** Energia de ativação ( $E_a$ ) da bebida láctea de guabiroba para diferentes taxas de deformação, considerando os valores médios entre todas as faixas de temperatura estudadas.

Taxa de deformação ( $s^{-1}$ )	$E_a/R$ (K)	B	$R^2$	$E_a$ (kJ/gmol)
22,4	1952,0	-3,6040	0,9724	16,2289
52,8	2108,2	-4,5517	0,9901	17,5276
79,0	2234,4	-5,1720	0,9880	18,5768
158	2351,9	-5,8427	0,9848	19,5537
211	2337,8	-5,8929	0,9835	19,4365
264	2341,7	-5,9674	0,9806	19,4689

Onde:  $E_a$ : energia de ativação; R: constante universal dos gases; B: parâmetro de ajuste;  $R^2$ : coeficiente de determinação.

foram usados para obtenção de uma equação de trabalho (Equação 7), que apresenta a viscosidade aparente da bebida láctea de guabiroba em função da temperatura e taxa de deformação investigadas (Steffe, 1996).

$$\mu_{ap} = 0,000115355 \exp\left(\frac{1897,9}{T}\right) \gamma^{-0,42477} \quad (7)$$

Com a Equação 5 é possível obter a viscosidade aparente da bebida em (Pa s) para a taxa de deformação de 22,4 até 264  $s^{-1}$  e temperatura de 0 a 60°C (a entrada da temperatura na equação deve ser feita em Kelvin).

#### Energia de Ativação

Na Tabela 6 estão exibidos os valores de energia de ativação ( $E_a$ ) da bebida láctea de guabiroba no intervalo de taxa de deformação de 22,4 a 264  $s^{-1}$ .

Os valores da energia de ativação indicam a sensibilidade da viscosidade aparente sobre a alteração da temperatura. Altos valores de energia de ativação significam que a viscosidade da bebida é mais sensível à mudança da temperatura. Os valores do coeficiente de determinação  $R^2$  próximos a 1,0 indicam que a equação de Arrhenius apresentou bom ajuste e confiabilidade dos dados de viscosidade aparente.

A bebida láctea de guabiroba desenvolvida neste trabalho apresenta energia de ativação intermediária, entre 16 a 19 kJ/gmol (Tabela 6). Este valor é comparável a outros produtos alimentícios fluidos em termos de energia vinculada ao escoamento, como sucos de maçã com e sem pectina, com 15° Brix e na faixa de 14,7 e 22,2 kJ/gmol (Saravacos, 1970).

#### CONCLUSÕES

Para a bebida láctea de guabiroba a viscosidade diminui com o aumento da temperatura até 60 °C e obteve-se índice de comportamento menor que um para todas as temperaturas investigadas, o que caracteriza

comportamento pseudoplástico da bebida. Com o aumento da temperatura observou-se diminuição no índice de comportamento e do parâmetro índice de consistência, indicando que bebida láctea de guabiroba perde pseudoplasticidade e fica menos viscoso na medida em que a temperatura aumenta, facilitando o escoamento e a troca de calor durante o processamento. A partir da taxa de deformação de 140  $s^{-1}$ , a viscosidade aparente da bebida láctea de guabiroba tende a ficar constante para as temperaturas de 0 a 60 °C. Os resultados obtidos indicam a diminuição da viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação e com o aumento da temperatura até 60 °C, corroborando para o comportamento pseudoplástico da bebida láctea, em todas as condições investigadas. Os dados experimentais dos reogramas para bebida láctea de guabiroba foram ajustados pelos modelos de Herschel-Bulkley, Casson e Ostwald-de-Waele. O Modelo de Arrhenius apresentou uma descrição adequada do efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente para a bebida láctea, com energia de ativação ( $E_a$ ) entre 16 kJ/gmol a 19 kJ/gmol.

#### REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, 2018. Instrução nº 37 de 08 de outubro de 2018. Regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpas de frutas. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, Seção 1, vol. 194, pp. 28-48.
- COSTELL, E. & DURÁN, L., 1982. Reología físico química de los zumos y purés de frutas. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, vol. 22, no. 1, pp. 81-94.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL, 2008. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: IAL.

- LORENZI, H., BACHER, L., LACERDA, M. & SARTORI, S., 2006. *Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura)*. São Paulo: Plantarum. 640 p.
- MATHIAS, T.R.S., ANDRADE, K.C.S., ROSA, C.L.S. & SILVA, B.A., 2013. Avaliação do comportamento reológico de diferentes iogurtes comerciais. *Brazilian Journal Food Technology*, vol. 16, no. 1, pp. 12-20. <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232013005000004>.
- MENDES, R.M., PINTO, E.G. & SOARES, D.B.S., 2018. Determinação dos compostos bioativos da gabiroba. *Agrarian (Dourados)*, vol. 11, no. 39, pp. 68-72. <http://dx.doi.org/10.30612/agrarian.v11i39.7045>
- MORZELLE, M.C., BACHIEGA, P., SOUZA, E.C., VILAS BOAS, E.V.B. & LAMOUNIER, M.L., 2015. Caracterização química e física de frutos de curriola, gabiroba e murici provenientes do cerrado brasileiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol. 37, no. 1, pp. 96-103. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-036/14>.
- SARAVACOS, G.D. & KOSTAROPOULOS, A.E., 1995. Transport properties in processing of fruits and vegetables. *Food Technology*, vol. 49, pp. 99-105.
- SARAVACOS, G.D., 1970. Effect of temperature on viscosity of fruit juices and purees. *Journal of Food Science*, vol. 35, no. 2, pp. 122-125. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1970.tb12119.x>.
- SGARBIERE, C.V., 2004. Physiological-functional properties of milk whey proteins Brazilian. *The Journal of Nutrition*, vol. 17, no. 4, pp. 397-409.
- STEFFE, J.F., 1996. *Rheological methods in food process engineering*. 2nd ed. East Lansing: Freeman Press. 412 p.
- VALLILO, M.I., LAMARDO, L.C.A., GABERLOTTI, M.L., OLIVEIRA, E. & MORENO, P.R.H., 2006. Composição química dos frutos de *Campomanesia adamantium*. *Food Science and Technology (Campinas)*, vol. 26, no. 4, pp. 805-810. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612006000400015>.
- ZANINI, T. G., GODOY, R.C.B. & JESUS, A.M.F., 2015 [acesso em 26 julho 2022]. Estabilidade físico-química de polpa de gabiroba. In: *Anais do XIV Evento de Iniciação Científica da Embrapa Florestas*, 21-22 July 2015. Colombo, PR: Embrapa Florestas. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129082/1/Doc.-278-Godoy-3.pdf>
- ZACARCHENCO, P. B.; VAN DENDER, A. G. F.; SILVA-ALVES, A.; SPADOTI, L. M. & MASSAGUER-ROIG, S., 2013. Aplicações de soro de queijo em bebidas. *Revista Indústria de Laticínios*, vol. 103, pp. 42-47.