

## INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DE UM BLEND DE MARACUJÁ E GOIABA

Ruth Brito de Figueiredo Melo<sup>1</sup>; Renata Duarte Almeida<sup>2</sup>; Rafaela Duarte Almeida Araújo<sup>3</sup>;  
Anástacia Maria Mikaella Campos Nóbrega André<sup>4</sup>; Ramon Viana de Sousa<sup>5</sup>

*Universidade Federal de Campina Grande – Doutorado em Engenharia de Processos -  
ruthmeload@gmail.com<sup>1</sup>; renatadual@yahoo.com.br<sup>2</sup>; rafaeladual@gmail.com<sup>3</sup>;  
anastaciamikaella@gmail.com<sup>4</sup>; prof. Orientador: ramon.sousa@ifrn.edu.br<sup>5</sup>*

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento reológico de um "blend" nas proporções, em massa, de 50% de polpa de maracujá e 50% de polpa de goiaba em diferentes temperaturas. O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande, PB. O blend de maracujá e goiaba foi preparado na proporção: 50% de maracujá e 50% de goiaba e o estudo do comportamento reológico foi realizado nas temperaturas de 10, 15, 20 e 25°C, em diferentes velocidades de rotação, com o auxílio de um viscosímetro Brookfield. Para cada amostra os dados experimentais obtidos em diferentes temperaturas foram correlacionados através dos modelos reológicos: Herschel-Bulkley, Casson, Mizrahi-Berk e Ostwald-de-Waelle e os parâmetros de cada modelo foram determinados através do software STATISTICA 7.0. Comparando-se os parâmetros dos ajustes para os modelos estudados, observa-se que o modelo de Herschel-Bulkley e Mizrahi & Berk proporcionaram os melhores ajustes em todas as faixas de temperatura estudada, apresentando os maiores valores para o coeficiente de determinação ( $R^2$ ). As polpas de maracujá e goiaba apresentaram, em todas as faixas de temperatura estudadas, comportamento não-newtoniano, com características pseudoplásticas.

**Palavras-chaves:** Viscosidade, modelagem, não-newtoniano.

### INTRODUÇÃO

No que se refere às indústrias, o conhecimento do comportamento reológico das polpas de frutas é de grande apreço nas indústrias de processamento, incluindo aplicações tecnológicas, sensoriais e de engenharia, como, por exemplo, no projeto de bombas, tubulações, trocadores de calor e tanques de mistura (TORALLES et al. 2006).

Segundo Oliveira et al. (2011), o comportamento reológico de sucos de frutas não pode ser descrito por uma equação newtoniana. Deste modo, desconsiderando sucos clarificados, é o padrão não newtoniano que costuma descrever adequadamente o comportamento de polpas, podendo esse ser identificado pelas curvas que descrevem os reogramas, representação gráfica da tensão de cisalhamento ( $\tau$ ) em função da taxa de deformação ( $\dot{\gamma}$ ); ao contrário dos newtonianos, a viscosidade delas não é única, variando com a magnitude da taxa de cisalhamento.

Para Ahmed et al. (2005), o estudo reológico é importante para identificar o comportamento do

(83) 3322.3222

contato@conapesc.com.br

[www.conapesc.com.br](http://www.conapesc.com.br)

alimento sob diferentes condições de processamento. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento reológico de um "blend" nas proporções, em massa, de 50% de polpa de maracujá e 50% de polpa de goiaba em diferentes temperaturas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande, PB. Os maracujás e as goiabas foram higienizadas, cortadas e descascadas manualmente, as polpas foram trituradas com o auxílio de um liquidificador durante 2 minutos. Em seguida, o material foi filtrado em sacos de organza e as amostras foram preparadas na proporção: 50% de maracujá e 50% de goiaba.

Utilizou-se um viscosímetro Brookfield, modelo DVII+Pro com spindle n°5, fabricado por Brookfield Engineering Laboratories, Inc., E.U.A. O estudo do comportamento reológico foi realizado nas temperaturas de 10, 15, 20 e 25°C, em diferentes velocidades de rotação, para cada amostra os dados experimentais obtidos em diferentes temperaturas foram correlacionados através dos modelos reológicos: Herschel-Bulkley (Equação 1), Casson (Equação 2), Mizrahi-Berk (Equação 3) e Ostwald-de-Waelle ou lei da potência (Equação 4) e os parâmetros de cada modelo foram determinados através do software STATISTICA 7.0.

$$\tau = K_{0,hb} + K_{hb} (\dot{\gamma})^{n_{hb}} \quad \text{Equação 1}$$

$$(\tau)^{0,5} = K_{0,mb} + K_{mb} (\dot{\gamma})^{n_{mb}} \quad \text{Equação 2}$$

$$(\tau)^{0,5} = K_{0,c} + K_c (\dot{\gamma})^{0,5} \quad \text{Equação 3}$$

$$\tau = K_{lp} (\dot{\gamma})^{n_{lp}} \quad \text{Equação 4}$$

Em que:  $\tau$  é a tensão de cisalhamento;  $\dot{\gamma}$  é a taxa de deformação;  $K_{lp}$ ,  $K_{hb}$ ,  $K_{mb}$  e  $K_c$  são os índices de consistência;  $K_{0,hb}$ ,  $K_{0,mb}$  e  $K_{0,c}$  são constantes dos modelos e  $n_{lp}$ ,  $n_{hb}$  e  $n_{mb}$  são os índices de comportamento reológico.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 estão apresentados os parâmetros dos modelos de Herschel- Bulkley, Casson, Mizrahi-Berk e Ostwald-de- Waelle, nas temperaturas 10, 15, 20 e 25°C e seus coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

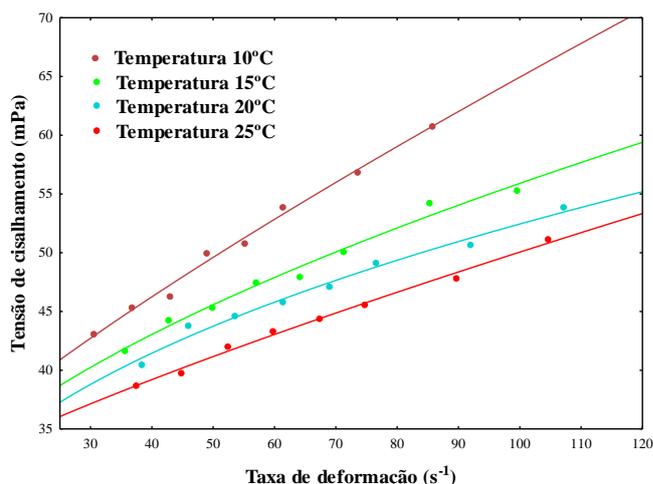
**Tabela 1.** Parâmetros dos modelos reológicos ajustados aos dados experimentais de um "blend" de maracujá e goiaba e seus coeficientes de determinação ( $R^2$ )

| Modelo                    | Temp. (°C) | Parâmetros |          |          | R <sup>2</sup> |
|---------------------------|------------|------------|----------|----------|----------------|
|                           |            | $\tau_0$   | $K_{hb}$ | $N_{hb}$ |                |
| <b>Herschel-Bulkley</b>   | 10         | 29,36333   | 0,839091 | 0,813697 | 99,188%        |
|                           | 15         | 25,02488   | 2,061364 | 0,587741 | 98,407%        |
|                           | 20         | 18,39320   | 4,795046 | 0,425670 | 98,335%        |
|                           | 25         | 29,17672   | 0,522381 | 0,800826 | 99,359%        |
| <b>Casson</b>             |            | $K_{o,c}$  | $K_c$    |          |                |
|                           | 10         | 34,72850   | 0,322599 | --       | 99,108%        |
|                           | 15         | 34,56786   | 0,217458 | --       | 98,008%        |
|                           | 20         | 33,32668   | 0,180450 | --       | 97,648%        |
|                           | 25         | 32,11199   | 0,179391 | --       | 99,274%        |
| <b>Mizrahi &amp; Berk</b> |            | $K_{o,mb}$ | $K_{mb}$ | $n_{mb}$ |                |
|                           | 10         | 29,36333   | 0,839091 | 0,813697 | 99,188%        |
|                           | 15         | 25,02488   | 2,061364 | 0,587741 | 98,407%        |
|                           | 20         | 18,39320   | 4,795046 | 0,425670 | 98,335%        |
|                           | 25         | 29,17729   | 0,522286 | 0,800860 | 99,359%        |
| <b>Ostwald-de-Waelle</b>  |            | $K_{lp}$   | $n_{lp}$ |          |                |
|                           | 10         | 13,08841   | 0,342625 | --       | 98,653%        |
|                           | 15         | 15,12135   | 0,282668 | --       | 98,180%        |
|                           | 20         | 15,91593   | 0,258606 | --       | 98,274%        |
|                           | 25         | 14,40068   | 0,269132 | --       | 98,723%        |

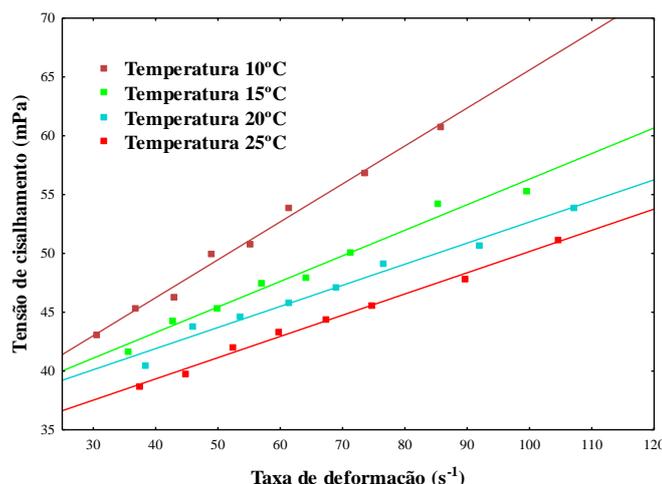
Comparando-se os parâmetros dos ajustes para os modelos estudados, observa-se que o modelo de Herschel-Bulkley e Mizrahi & Berk proporcionaram os melhores ajustes em todas as faixas de temperatura estudada, apresentando os maiores valores para o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), indicando um bom ajuste, além de grande coerência na determinação dos parâmetros reológicos.

Para o modelo de Casson observou-se que os parâmetros  $K_{oc}$  e  $K_c$ , diminuem com o aumento da temperatura e o menor coeficiente de determinação (0,97) do processo se deu a partir da temperatura de 20°C. Cabral et al. (2002) descreveram comportamento similar para este parâmetro quando trabalharam com o comportamento reológico da polpa do cupuaçu. Analisando o modelo de Ostwald-de-Walle, ou lei da potência, verifica-se que o valor do índice de comportamento do fluido,  $n_{lp}$ , foi menor que 1 (um) em todas as temperaturas, revelando que o blend apresenta comportamento pseudoplástico, comportamento também verificado por SATO e CUNHA (2007) em seu trabalho com polpa de jaboticaba.

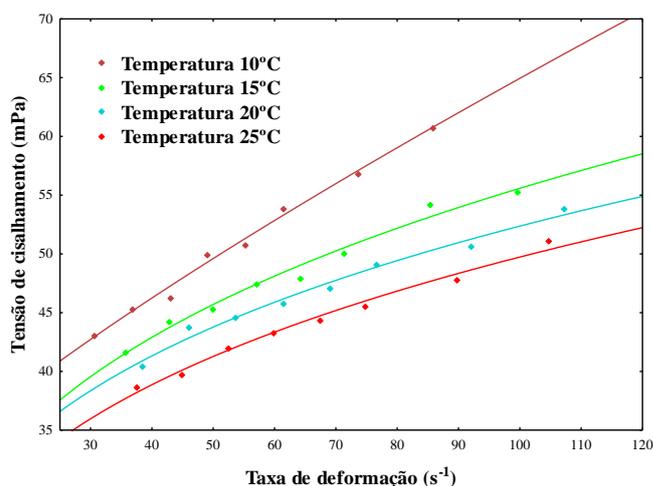
Nas Figuras 1, 2, 3 e 4 podem ser vistos os reogramas do “blend” de maracujá e goiaba propoção massa/massa de 50% 50%, com ajustes pelos modelos de Herschel-Bulkley, Casson, Mizrahi & Berk e Ostwald-de-Waelle, respectivamente.



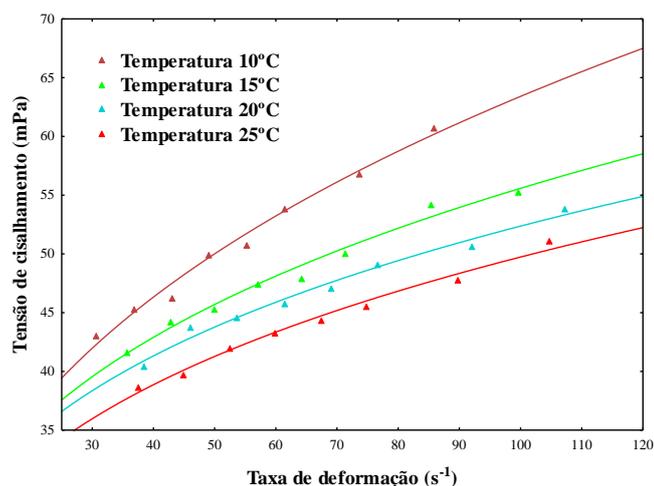
**Figuras 1.** Comportamento reológico de um “blend” de macarujá e goiaba com ajuste pelo modelo Herschel-Bulkley nas temperaturas de 10, 15, 20 e 25°C



**Figuras 2.** Comportamento reológico de um “blend” de macarujá e goiaba com ajuste pelo modelo Casson nas temperaturas de 10, 15, 20 e 25°C



**Figuras 3.** Comportamento reológico de um “blend” de macarujá e goiaba com ajuste pelo modelo Mizrahi-Berk nas temperaturas de 10, 15, 20 e 25°C



**Figuras 4.** Comportamento reológico de um “blend” de macarujá e goiaba com ajuste pelo modelo Ostwald-de-Waele nas temperaturas de 10, 15, 20 e 25°C

Analisando as Figuras 1, 2, 3 e 4 verifica-se que para todos os modelos estudados a uma taxa de deformação fixa, a tensão de cisalhamento diminui com o aumento da temperatura. Quanto a classificação do fluido, a viscosidade aparente diminui com o aumento da temperatura e com o aumento da velocidade de rotação, indicando para estas condições que as amostras de um “blend” de macarujá e goiaba apresentam um comportamento não-newtoniano e pseudoplástico, o mesmo pode ser observado por Ferreira et al. (2002), em que relatam o comportamento similar no estudo reológico das polpas de caju e goiaba.

De acordo com Oliveira (2008), o comportamento não Newtoniano, segundo a teoria molecular coloidal, é devido ao atrito entre as partículas dispersas e as próprias moléculas do líquido dispersante, e ainda devido às forças

eletrostáticas inter partícula. Sendo esses fatores a causa responsável pelo aumento na resistência ao escoamento. Os sistemas pseudoplásticos, apesar da aparência homogênea, na verdade possuem partículas dispersas com formas irregulares, tais como filamentos e placas planares.

## CONCLUSÕES

As polpas de maracujá e goiaba apresentaram, em todas as faixas de temperatura estudadas, comportamento não-Newtoniano, com características pseudoplásticas. Dentre os modelos utilizados para descrever o comportamento reológico, o modelo de Herschel-Bulkley e Mizrahi & Berk é o que melhor descreve o comportamento reológico por apresentar os maiores valores para o coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AHMED, J.; RAMASWAMY, H. S.; HIREMATH, N. The Effect of High Pressure Treatment on Rheological Characteristics and Colour of Mango Pulp. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 40, n. 1, p. 885-895, 2005. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01026.x>, 2005.

CABRAL, M. F. P., QUEIROZ A. J. M. de, FIGUEIRÊDO, M. F. R. de, Comportamento reológico da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum Schum.*) Peneirada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p.37-40, 2002.

FERREIRA, G. M.; QUEIROZ, A. J. M.; CONCEIÇÃO, R. S.; GASPARETTO C. A. Efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas de caju e goiaba. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 4, n.2, p.177-184, 2002.

OLIVEIRA, R. C. centrifugação e microfiltração na clarificação do suco tropical de maracujá. 2008, Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Estadual de Maringá – Maringá –2008.

OLIVEIRA, R. C.; ROSSI, R.; BARROS, S. T. D. Estudo do Efeito da Temperatura sobre o Comportamento Reológico das Polpas de Gabiroba e Goiaba. *Acta Scientiarum Technology*, Maringá, v. 33, n. 1, p. 31-37, 2011.

STATSOFT, STATISTICA for Windows version 7.0. Computer program manual. Tulsa: Statsoft, Inc., 2007.

TORALLES, R.P.; VENDRUSCOLO, J.L. ; VENDRUSCOLO, C.T. Reologia de Purê Homogeneizado de Pêssego: Efeito da Temperatura e Concentração. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.9, n.1, p.1-, 2006.