



COMPORTAMENTO REOLÓGICO DA POLPA DE ACEROLA (*Malpighia emarginata* D.C.) INDUSTRIALIZADA

Talissa Luzia Vieira da Silva¹, Elienae da Silva Gomes dos Santos²

¹Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus, Brasil
(vieira.talissa16@gmail.com)

²Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá, Brasil

Resumo: A polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) industrializada foi caracterizada quanto ao comportamento reológico. Dados de tensão de cisalhamento e taxa de deformação foram ajustados aos modelos de Ostwald-de-Waele, Bingham, Herschel-Bulkley, Casson e Carreau-Yasuda. O modelo de Herschel-Bulkley apresentou o melhor ajuste ($R^2 = 0,996$), evidenciando comportamento pseudoplástico, com viscosidade aparente decrescente com o aumento da taxa de cisalhamento.

Palavras-chave: Reologia; Polpa de fruta; Acerola; Comportamento pseudoplástico; Viscosidade.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de frutas, respondendo por cerca de 4,6% da produção mundial, com destaque para o cultivo de espécies tropicais como a acerola (*Malpighia emarginata* D.C.), fruto rico em ácido ascórbico, podendo atingir até 5.000 mg de vitamina C por 100 g de polpa (EMBRAPA, 2012; EMBRAPA, 2019).

A crescente demanda por sucos e polpas industrializados de frutas tropicais tem impulsionado estudos sobre suas propriedades físico-químicas, entre as quais o comportamento reológico se destaca por sua importância no dimensionamento de equipamentos, tubulações, bombas e sistemas de agitação usados no processamento industrial (Vidal; Gasparetto; Grandin, 2005; Haminiuk *et al.*, 2009).

O conhecimento da relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação de polpas de frutas, descrito por diferentes modelos matemáticos, permite compreender e prever seu escoamento sob diferentes condições de processamento (Vendruscolo, 2005). Diante disso, este trabalho teve como objetivo caracterizar o comportamento reológico da polpa de acerola industrializada, identificando o modelo matemático que melhor descreve seu perfil de escoamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras de polpa de acerola pasteurizada e congelada, fornecidas por uma indústria de polpas de frutas localizada em Manaus/AM, acondicionadas em embalagens de polietileno de 250 mL. As análises reológicas foram

realizadas no Laboratório de Reologia e Reometria (REOLAB) da Universidade Federal do Pará.

As amostras foram descongeladas em banho térmico (Thermo Fisher Haake DC50-K35) e analisadas em triplicata. A viscosidade dinâmica foi determinada em viscosímetro rotacional (HAAKE Viscotester VT 550), com sistema de cilindros coaxiais copo SV e cilindro SV1, à temperatura constante de 28 °C.

As curvas de fluxo foram obtidas por rampa ascendente de taxa de cisalhamento de 0 a 600 s⁻¹ em 180 s. Os dados de tensão de cisalhamento, taxa de deformação e viscosidade aparente foram ajustados aos modelos reológicos independentes do tempo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência), Bingham, Herschel-Bulkley, Casson e Carreau-Yasuda, utilizando o software do próprio equipamento (ThermoScientific™ HAAKE™ RheoWin™).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros reológicos médios obtidos para os cinco modelos avaliados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros dos modelos reológicos ajustados para a polpa de acerola.

Modelo	Parâmetros médios	R ²
Ostwald-de-Waele	K = 6,536; n = 0,411	0,996
Bingham	$\tau_0 = 31,020$; $\eta_p = 0,110$	0,955
Herschel-Bulkley	$\tau_0 = 2,186$; K = 7,425; n = 0,393	0,996

Casson	$K0c = 18,853; Kc = 0,044; n = 0,5$	0,976
Carreau-Yasuda	$\eta_0 = 7,189; \lambda = 1,259; n = 0,409; a = 2$	0,985

Todos os modelos apresentaram coeficientes de determinação (R^2) satisfatórios, superiores a 0,95, podendo ser utilizados para descrever o comportamento reológico do produto (Melo, 2019). O modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência) apresentou bom ajuste ($R^2 = 0,996$), com índice de comportamento do escoamento (n) variando de 0,406 a 0,416, valor inferior a 1, característico de fluidos pseudoplásticos (Toneli; Murr; Park, 2005).

O modelo de Bingham apresentou os menores valores de R^2 ($\approx 0,955$) entre os modelos testados. O modelo de Herschel-Bulkley foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, com R^2 próximo de 0,996 e tensão residual superior a zero, resultado esperado por se tratar de um modelo com três parâmetros de ajuste (Steffe, 1996). O modelo de Casson apresentou R^2 entre 0,969 e 0,983, enquanto o modelo de Carreau-Yasuda, ainda pouco explorado para fluidos alimentícios, apresentou ajuste satisfatório ($R^2 > 0,97$).

A Figura 1 apresenta a curva de escoamento da polpa de acerola ajustada pelo modelo de Herschel-Bulkley, evidenciando comportamento pseudoplástico e independente do tempo, sem histerese entre as curvas ascendente e descendente. Resultado semelhante foi relatado por Silva; Guimarães; Gasparetto (2005) para o suco de acerola em diferentes temperaturas e concentrações.

com ajuste pelo modelo de Herschel-Bulkley.

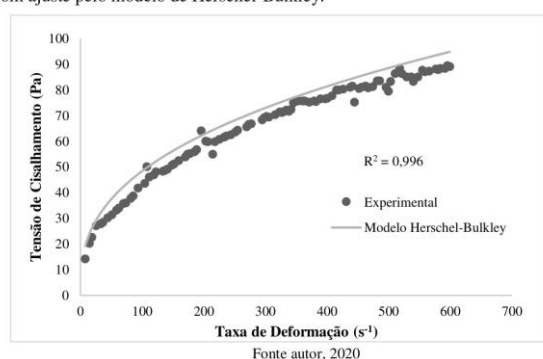
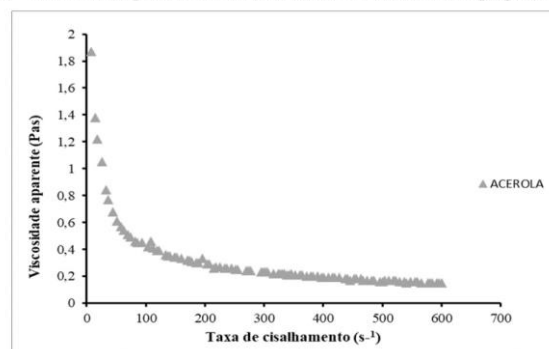


Figura 1. Tensão de cisalhamento em função da taxa de cisalhamento da polpa de acerola, com ajuste pelo modelo de Herschel-Bulkley.

A viscosidade aparente decresceu com o aumento da taxa de cisalhamento (Figura 2), comportamento denominado “cisalhamento fino”, típico de polpas e sucos de frutas devido à dispersão de partículas sólidas em meio líquido (Bezerra et al., 2013). Do ponto de vista industrial, essa redução da viscosidade facilita o

escoamento e a troca de calor durante o processamento, reduzindo a perda de carga nas tubulações.



Fonte autor, 2020

Figura 2. Viscosidade aparente em função da taxa de cisalhamento da polpa de acerola.

CONCLUSÃO

Os cinco modelos reológicos avaliados apresentaram coeficientes de determinação satisfatórios, podendo ser utilizados para descrever o comportamento da polpa de acerola industrializada. O modelo de Herschel-Bulkley apresentou o melhor ajuste, resultado esperado por incorporar três parâmetros de ajuste. A polpa de acerola caracterizou-se como um fluido não newtoniano pseudoplástico, com viscosidade aparente decrescente em função do aumento da taxa de cisalhamento, comportamento típico de polpas de frutas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Amazonas e à Universidade Federal do Pará apoio institucional e pela disponibilização do Laboratório de Reologia e Reometria (REOLAB).

REFERÊNCIAS

- BEZERRA, C.V.; SILVA, L.H.M.; COSTA, R.D.S.; MATTIETTO, R.A.; RODRIGUEZ, A.M.C. Comportamento reológico de suco misto elaborado com frutas tropicais. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 16, n. 2, 2013.
- EMBRAPA. A cultura da acerola. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2012.
- EMBRAPA. Fruticultura Tropical: potenciais riscos e seus impactos. Cruz das Almas, BA: Embrapa, 2019.
- HAMINIUK, C.W.I.; SIERAKOWSKI, M.R.; IZIDORO, D.R.; MACIEL, G.M.; SCHEER, A.P.; MASSON, M.L. Comportamento reológico de sistemas pécticos de polpas de frutas vermelhas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 29, n. 1, p. 225-231, 2009.



MELO, F.S. Comportamento reológico de polpa e concentrado de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum). TCC (Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

SILVA, F.C.; GUIMARÃES, D.H.P.; GASPARETTO, C.A. Reologia do suco de acerola: efeitos da concentração e temperatura. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 25, n. 1, p. 121-126, 2005.

STEFFE, J.F. *Rheological methods in food process engineering*. 2. ed. East Lansing: Freeman Press, 1996.

TONELI, J.T.C.L.; MURR, F.E.X.; PARK, K.J. Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 181-204, 2005.

VENDRÚSCOLO, A.T. Comportamento reológico e estabilidade física de polpa de carambola (*Averrhoa carambola* L.). Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

VIDAL, J.R.M.B.; GASPARETTO, C.A.; GRANDIN, A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, v. 1, n. 2, p. 69-76, 2005.