

# VISCOSIDADE DE POLPA DE CUPUAÇU SOB AQUECIMENTO

FRANCISCA MARTA NASCIMENTO DE OLIVEIRA<sup>1</sup>, JEAN CARLOS DE O. FREITAS<sup>2</sup>,  
ALEXANDRE JOSÉ DE M. QUEIROZ<sup>3</sup>, ROSSANA M. F. DE FIGUEIRÊDO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>: Engenheiro Agrícola, Aluna de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, CTRN/UFCG, Campina Grande - PB, (0XX83) 3310.1548, e-mail: jfmarta@yahoo.com.br

<sup>2</sup>: Graduando em Engenharia Civil, Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, CCT/UFCG, Campina Grande - PB

<sup>3</sup>: Engenheiro Agrícola, Prof. Adjunto, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, CTRN/UFCG, Campina Grande - PB.

**Escrito para apresentação no  
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola  
31 de julho a 4 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB**

**RESUMO:** Estudou-se a viscosidade da polpa de cupuaçu integral (12<sup>o</sup>brix) sob efeito do aquecimento (temperaturas de 30, 45 e 50°C). As polpas foram separadas das sementes e homogeneizadas. A seguir, foram congeladas e armazenadas a -22°C, sendo assim mantidas até o momento da coleta de dados. A obtenção dos dados reométricos foi realizada utilizando-se um viscosímetro marca Brookfield modelo RVT. Os dados experimentais foram ajustados pelos modelos Lei-da-Potência, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk. As polpas de cupuaçu apresentaram comportamento pseudoplástico e tiveram sua viscosidade reduzida pelo efeito do aquecimento. O modelo de Herschel-Bulkley melhor representou o comportamento reológico das amostras.

**PALAVRAS-CHAVE:** reologia, frutas, *Theobroma grandiflorum* Schum.

## VISCOSITY OF CUPUAÇU PULP ON HEATING

**ABSTRACT:** The rheological behaviour of cupuaçu pulp at 12<sup>o</sup>brix in the temperatures of 30, 45 and 50°C were studied. The pulps were separate from the seeds and homogenized. To proceed, they were frozen and stored to -22°C, being maintained like this until the collection data. The obtaining of the reometric data was accomplished using a Brookfield viscometer, model RVT. The Power Law, Herschel-Bulkley and Mizrahi-Berk models were used to fit the experimental data. The cupuaçu pulps presented pseudoplastic behaviour and the viscosity was reduced for the effect of the heating. The Herschel-Bulkley model represented better the rheological behaviour of the samples.

**KEYWORDS:** rheology, fruits, *Theobroma grandiflorum* Schum.

**INTRODUÇÃO:** O aumento da população mundial é ponto de partida para a procura de novas fontes alimentícias ofertadas pela natureza. A flora brasileira apresenta uma grande variedades de frutos, os quais ainda não foram explorados economicamente e que apresentam qualidades sensoriais e nutricionais tais que, se fossem mais estudados tecnologicamente, poderiam ser transformados em ótimas fontes nutricionais, diversificando o paladar do consumidor e gerando novos produtos para consumo (Siegel citado por Guimarães et al., 1982). As fruteiras nativas são representantes dessa riqueza pelas características de aroma, sabor e qualidades nutricionais de suas frutas, que no caso de muitas espécies constituem reservas exóticas para a maioria dos países. O cupuaçueiro (*Theobroma grandiflorum* Schum.) pertence a família Sterculiaceae, é encontrado nas áreas de mata do sul e nordeste da Amazônia Oriental e nordeste do Maranhão, sendo uma espécie perene (Cabral, 2001). A polpa possui sabor agradável, doce, e tem sua principal aplicação nas indústrias de sucos, doces, sorvetes, iogurtes, licores, néctares e outros derivados (Queiroz et al., 2004). Em nível industrial o conhecimento das propriedades físicas das polpas de frutas ajuda a otimizar processos e reduzir custos

(Ferreira et al., 2002b). Dentre essas propriedades tem-se o comportamento reológico, que em alimentos fluidos é essencial para projeto de equipamentos processadores, além de ser um parâmetro de importância no controle de qualidade e aceitabilidade dos consumidores (Leite et al., 2004). Este trabalho foi realizado com o objetivo de se determinar o comportamento viscoso da polpa de cupuaçu integral (12°Brix) nas temperaturas de 30, 45 e 50°C.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. As polpas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum.) foram obtidas de frutos adquiridos na cidade de Belém, PA. Foram homogeneizadas em liquidificador doméstico, sendo determinado o valor dos sólidos solúveis totais (°Brix) por meio de leitura direta em refratômetro (Instituto Adolfo Lutz, 1985). As polpas foram acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade e imersas em nitrogênio líquido a –196°C durante 2 minutos, para a realização de congelamento ultra-rápido. Em seguida, estas foram armazenadas em freezer a –22°C, de onde eram retiradas na ocasião da realização das medidas reológicas. As leituras para determinação das medidas reológicas foram realizadas em um viscosímetro rotativo da marca Brookfield, modelo RVT, utilizando na operação *spindles* de números 4, 5 e 6, nas velocidades 0,5, 1,0, 2,5, 5, 10, 20, 50 e 100 rpm e nas temperaturas de 30, 45 e 50°C. Os modelos da Lei da Potência, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk, descritos na Tabela 1, foram ajustados aos dados experimentais utilizando-se o programa STATISTICA 5.0. Para a escolha do melhor modelo foi utilizado como critério o coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

**Tabela 1.** Parâmetros dos modelos reológicos e coeficientes de determinação.

Modelo	Equação	Referência
Lei da Potência	$\tau = K\dot{\gamma}^n$	Cabral et al. (2002)
Herschel-Bulkley	$\tau - \tau_{OH} = K_H \dot{\gamma}^{n_H}$	Bezerra (1997)
Mizrahi-Berk	$\tau^{1/2} = K_{OM} + K_M \dot{\gamma}^{n_M}$	Queiroz et al. (1999)

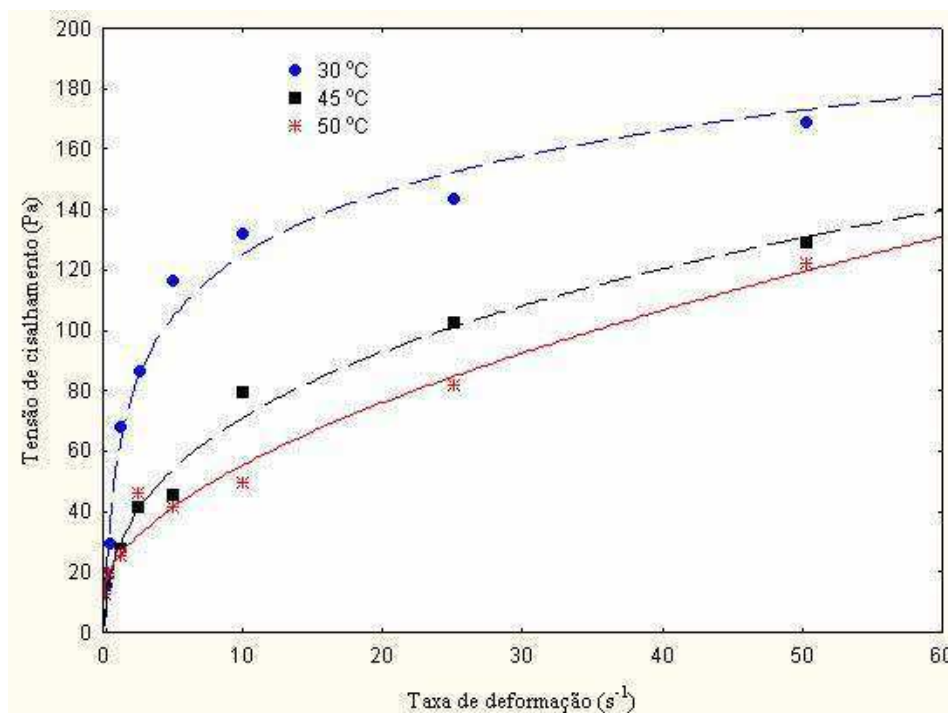
$\tau$  - tensão de cisalhamento (Pa);  $\dot{\gamma}$  - taxa de deformação ( $s^{-1}$ );  $\tau_{OH}$  - tensão de cisalhamento inicial (Pa); K – índice de consistência ( $Pa \cdot s^n$ ); n – índice de comportamento do fluido (adimensional);  $K_{OM}$  – raiz quadrada da tensão inicial

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Tabela 2 estão apresentados os valores dos parâmetros dos modelos Lei-da-Potência, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk para a polpa de cupuaçu nas temperaturas de 30, 45 e 50°C, obtidos dos ajustes aos dados experimentais. Todos os modelos produziram ajustes com coeficientes de determinação ( $R^2$ ) acima de 0,9. Os ajustes com o modelo de Herschel-Bulkley foram melhores que os obtidos com o de Mizrahi-Berk, principalmente para a temperatura de 30°C. Este último, por sua vez, superou os resultados obtidos com a Lei-da-Potência. Pelegrine et al. (2002) ao trabalharem com abacaxi e polpa de manga obtiveram o melhor ajuste com o modelo de Mizrahi-Berk, reportando um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,99. Os índices de consistência (K) dos três modelos diminuíram com o aumento da temperatura, comportamento também constatado por Cabral et al. (2002) ao avaliarem o comportamento reológico da polpa de cupuaçu peneirada nas temperaturas entre 10 e 30°C. Os índices de comportamento do fluido (n) em todos os modelos resultaram em valores menores do que a unidade, indicando um comportamento não-newtoniano e pseudoplástico das amostras.

**Tabela 2.** Parâmetros de ajuste dos modelos Lei-da-Potência, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk e coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro			$R^2$
		$n$	$K$ (Pa.s <sup>n</sup> )		
Lei-da-Potência	30	0,282980	59,50863		0,90030
	45	0,402931	27,33694		0,98547
	50	0,421832	22,29798		0,96353
Herschel-Bulkley	Temperatura (°C)	$\tau_{0H}$ (Pa)	$K_H$ (Pa.s <sup>n</sup> )	$n_H$	$R^2$
	30	-39327,4	39383,79	0,000752	0,98220
	45	-11,7609	38,13267	0,336781	0,98782
	50	12,41968	11,62762	0,567049	0,97045
Mizrahi-Berk	Temperatura (°C)	$K_{OM}$	$K_M$ (Pa.s <sup>n</sup> )	$n_M$	$R^2$
	30	-8024,28	8031,321	0,000213	0,94525
	45	-2,35791	7,467693	0,157621	0,98826
	50	1,541684	3,320528	0,261015	0,96187

Na Figura 1 estão representados os valores experimentais da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação para a polpa de cupuaçu nas temperaturas de 30, 45 e 50°C e as curvas ajustadas pelo modelo de Herschel-Bulkley. Observa-se, sobretudo na curva representando a temperatura de 30°C, um efeito mais acentuado do aumento da taxa de deformação sobre a viscosidade até uma taxa de deformação de aproximadamente  $10\text{ s}^{-1}$ . Além disso, vê-se a influência da temperatura, onde o aquecimento provocou reduções de viscosidade. Esta constatação está de acordo com outros autores como Silva et al. (2005) trabalhando com reologia de suco de acerola, que observaram o mesmo efeito do aumento da temperatura sobre a viscosidade e Vidal et al. (2000) ao trabalharem com polpa de manga. A redução de viscosidade com o aumento da taxa de deformação demonstra o comportamento pseudoplástico indicado pelo índice de comportamento do fluido ( $n$ ) da Tabela 2, comportamento este típico de polpas de frutas (Evangelista et al., 2003, Queiroz et al. 1999).



**Figura 1.** Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a polpa de cupuaçu nas temperaturas de 30, 45 e 50°C, com ajuste pelo modelo de Herschel-Bulkley.

**CONCLUSÕES:** A polpa de cupuaçu apresentou comportamento pseudoplástico em todas as temperaturas, apresentando redução da viscosidade com o aquecimento. O modelo de Herschel-Bulkley se adequou melhor para a descrição do comportamento reológico da polpa de cupuaçu.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEZERRA, J. R. M. V. **Estudo reológico de suco de manga - Efeito dos sólidos insolúveis.** 1997. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

CABRAL, M. F. P. Comportamento reológico da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum.). 2001, 106f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal da Paraíba. 2001.

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

EVANGELISTA, I. J.; QUEIROZ, A. J. de M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de. Viscosidades aparentes de polpas de umbu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., Goiânia. **Anais...** Goiânia: CONBEA, 2003. CD.

FERREIRA, G. M.; QUEIROZ, A. J. de M.; CONCEIÇÃO, R. S. da; GASPARETTO, C. A. Efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas de caju e goiaba. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 1, n. 2, 2002b.

GUIMARÃES, F. A.; HOLANDA, L. F. F. de; MAIA, G. A.; MOURA FÉ, J. de A. Tecnologia do néctar de pitanga (*Eugenia uniflora*, L.). **Revista Ciência Agron.**, v. 13, n. 1/2, p. 71-75, 1982.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz:** Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3 ed., São Paulo: IAL, 1985. v. 1, 533p.

LEITE, J. T. C.; PARK, K. J.; RAMALHO, J. R. P.; FURLAN, D. M. Caracterização reológica das diferentes fases de extrato de inulina de raízes de chicória, obtidas por abaixamento de temperatura. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 202-210, 2004.

PELEGRINE, D. H.; SILVA, F. C.; GASPARETTO, C. A. Rheological behavior of pineapple and mango pulps. **Lebensm.-Wiss. u.-Technol.**, v. 35, p. 645-648, 2002.

QUEIROZ, A. J. de M; BEZERRA, J. R. M. V.; GASPARETTO, C. A. Influência dos sólidos insolúveis no comportamento reológico do suco de manga. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 1, n.1, p. 27-32, 1999.

QUEIROZ, A. J. de M; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; CABRAL, M. F. P. Reologia de suco de cupuaçu. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 33., São Pedro. **Anais...** São Pedro: CONBEA, 2004. CD.

SILVA, F. C. da; GUIMARÃES, D. H. P.; GASPARETTO, C. A. Reologia do suco de acerola: efeitos da concentração e temperatura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 121-126, 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, 2000.