

Estudo do efeito da temperatura nas propriedades reológicas da polpa de butiá (*Butia eriospatha*)

Study of temperature effect on rheological parameters of the butia pulp (*Butia eriospatha*)

Maurício Rigo¹
José Raniere Mazile Vida Bezerra²
Katielle Rosalva Voncik Córdova³

Resumo

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de butiá, na forma integral, e a influência da geometria de medida na determinação do comportamento reológico da polpa de butiá. O reômetro utilizado foi da marca Haake Rotovisco, modelo RV-20, com cilindros concêntricos ou placas paralelas. Os dados experimentais dos reogramas para a polpa de butiá foram bem ajustados pelos modelos de Herschell-Bulkley, Casson e Ostwald-de-Waelle. O melhor ajuste se deu pelo modelo de Herschell-Bulkley. Para polpa de butiá, a viscosidade diminui com aumento da temperatura. Os índices de comportamentos obtidos dos dados experimentais foram menores do que um para todas as temperaturas investigadas, o que caracteriza comportamento pseudoplástico da polpa. O sistema de medida de placas paralelas se mostrou inadequado para o estudo do comportamento reológico de polpa de butiá. Portanto é necessária a padronização do sistema de medida empregado para determinação da análise reológica. O modelo de Arrhenius descreve o efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente da polpa de butiá.

Palavras-chave: reologia; polpa de butiá; temperatura.

Abstract

Rheological parameters of Butia (*Butia eriospatha*) pulp were determined at different temperatures (10-60°C) using a concentric cylinder Haake Rotovisco rheometer, model RV-20, with concentric cylinders and parallel plate. Butia pulp was found

1 Dr.; Engenheiro de Alimentos; Professor do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO; E-mail: mauriciorigo@yahoo.com.br

2 Dr.; Engenheiro de Alimentos; Professor do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO; E-mail: raniere@unicentro.br

3 M.Sc.; Engenheira de Alimentos; Professora colaboradora do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO; E-mail: kvcondova@ig.com.br

to exhibit non-Newtonian, pseudoplastic behavior at all temperatures investigated and the rheological parameters were adequately described by the Herschel-Bulkley, Ostwald-de-Waele and Casson models. Yield stress, flow behavior index, and consistency coefficient were significantly affected by temperature. The apparent viscosity calculated through the Herschel-Bulkley model decreased with an increase in temperature. The Arrhenius model gave a good description of temperature effect on apparent viscosity of the pulp. The measurement system of parallel plate was inadequate to study the rheological parameters of butia pulp. It is, therefore, fundamentally important to the indication and standardization of the measurement system used for determining the rheological analysis.

Key words: rheology; temperature; butia pulp.

Introdução

O termo butiá é a designação comum às palmeiras do gênero *Butia* que ocorre nas matas e campos das regiões altas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Os frutos, também chamados de butiá, são pequenos, globosos e amarelos; amadurecem no verão, são consumidos ao natural ou sua polpa é usada na produção artesanal de licor e vinho. Da semente pode ser extraído um tipo de azeite comestível (UHL; DRANSFIELD, 1987). Essa fruta apresenta alto potencial industrial que ainda não é explorado (PEDRON et al., 2004).

Na fabricação de produtos derivados de frutas, é fundamental o conhecimento das propriedades, físicas e químicas da polpa submetida aos processos de industrialização. Dentre essas propriedades o comportamento reológico ocupa posição de grande destaque, sendo útil não só como medida de qualidade, mas também em projetos, avaliação e operação dos equipamentos da linha de processos de alimentos, uma vez que o escoamento determina a concepção e o desenvolvimento de equipamentos tais como: bombas, sistemas de agitação e tubulações (IBARZ et al., 1996; QUEIROZ et al., 1996).

Os principais fatores responsáveis pelo comportamento reológico dos produtos derivados de frutas são: o tipo de fruta, temperatura e 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; DURÁN, 1982).

O objetivo deste trabalho foi estudar, experimentalmente, o efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de butiá (*Butia eriospatha*), na forma integral, e a influencia da geometria de medida na determinação do comportamento reológico da polpa de butiá. Neste estudo, foi utilizado reômetro rotacional Haake Rotovisco RV 20.

O comportamento reológico da polpa integral de butiá foi descrito em termos dos modelos de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência), Herschel-Bulkley e Casson na faixa de temperatura de 10°C a 60°C. Neste escopo, esses modelos foram analisados para avaliar qual deles representa melhor o comportamento reológico experimental da

polpa de butiá e qual pode levar à melhor parametrização em função da temperatura. A vantagem dessa estratégia é a conveniência no uso do modelo reológico em algoritmos de cálculos para processos e equipamentos.

Materiais e Métodos

Preparo da Amostra

O Butiá (*Butia eriospatha*) utilizado neste trabalho foi selecionado de um único lote proveniente da cidade de Guarapuava, região centro-oeste do estado do Paraná, e processado em despulpadeira com tela de 1,6mm de abertura para a obtenção do máximo rendimento de extração da polpa.

A polpa foi acondicionada em sacos de polietileno e armazenada a -18°C , visando ao seu congelamento e conservação por longo período de tempo. Antes do uso, a amostra foi descongelada em temperatura ambiente.

Reometria

O efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa integral de butiá foi estudado nas temperaturas de 10, 20, 30, 40, 50 e 60°C . As medidas reológicas foram feitas no reômetro Haake Rotovisco modelo RV – 20 e os ensaios foram conduzidos com dois sistemas de medidas: cilindros concêntricos ZA-30 (sistema Couette) e placas paralelas com diâmetro de trinta milímetros (PQ30) e distância entre si de meio e um milímetro. A escolha desse reômetro deve-se à possibilidade de se obter um controle eficiente da temperatura de ensaio uma vez que a quantidade da amostra é pequena.

O tempo de corrida, para cada ensaio foi programado para quatro minutos, sendo

que nos dois minutos iniciais a taxa de deformação variou de maneira crescente até o valor máximo, próximo de 300 s^{-1} . Em seguida, a taxa de deformação variou de maneira decrescente durante dois minutos até o valor mínimo próximo de 0 s^{-1} , com o espaço anular entre os cilindros medindo um milímetro.

Tanto na corrida ascendente quanto na descendente foram obtidos vinte pontos de taxa de deformação *versus* tensão de cisalhamento, resultando num total de quarenta pontos, dos quais foi tomado o valor médio da tensão de cisalhamento para cada taxa de deformação. Os experimentos foram realizados em triplicata onde, para cada repetição, utilizou-se uma nova amostra, igual a anterior, para evitar possíveis efeitos de tempo.

As curvas de taxa de deformação *versus* tensão de cisalhamento foram ajustadas pelos modelos de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência) – (Equação 1), Herschel-Bulkley (Equação 2) e Casson (Equação 3), os quais são os modelos mais simples empregados para descrever a maioria dos comportamentos não newtonianos pseudoplásticos de sucos, néctares e polpas.

(1) Ostwald-de-Waelle (Lei da potência)

$$\tau = K.(\dot{\gamma})^n$$

(2) Casson

$$\tau^{0,5} = K_{OC} + K_C.(\dot{\gamma})^{0,5}$$

(3) Herschell-Bulkley

$$\tau = \tau_{OH} + K_H.(\dot{\gamma})^n$$

Onde:

τ = tensão de cisalhamento (Pa);

$\dot{\gamma}$ = taxa de deformação (s^{-1});

K = índice de consistência (Pa s^n);

n = índice de comportamento (adimensional);

τ_{0H} = tensão de cisalhamento inicial de Herschell-Bulkley (Pa);

K_H = índice de consistência de Herschell-Bulkley (Pa sⁿ);

K_{OC} = Tensão inicial de Casson (Pa^{0,5});

K_C = Viscosidade plástica de Casson (Pa s)^{0,5};

Os resultados experimentais obtidos foram ajustados aos modelos reológicos de Ostwald-de-Waelle, Casson e Herschell-Bulkley usando-se o *software* ORIGIN 7.0. Os resultados dos ajustes foram expressos com seus desvios padrão e com o X^2 (qui-quadrado), que expressa a diferença entre os valores previstos pelo modelo e os valores obtidos experimentalmente. Segundo, Bender et al. (1982), a definição de X^2 (Equação 4) é:

$$X^2 = \sum (y_{obs} - y_{pre})^2 \quad (4)$$

Onde:

X^2 = teste do Qui-quadrado;

Y_{obs} = valor experimental;

Y_{pre} = valor previsto pelo modelo.

Quanto maior for o valor de X^2 , maior será a discrepância entre as frequências observadas e esperadas. Portanto, o modelo que melhor se ajusta é aquele com baixos valores de X^2 .

Caracterização físico-química da polpa integral de butiá

Na polpa de butiá integral foram realizadas as seguintes análises físico-químicas: pH, acidez titulável, umidade e °Brix, conforme metodologia adotadas pelo Instituto Adolf Lutz (1985) e Cecchi (1999).

Efeito da temperatura sobre a viscosidade

O modelo de Arrhenius relaciona o efeito da temperatura na viscosidade de diversos alimentos líquidos (Equações 5 e 6) (GRIGELMO-MIGUEL et al., 1999).

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

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

Onde: η = viscosidade aparente (Pa.s);

E_a = energia de ativação (J/K);

R = constante universal dos gases (8,314 J/mol K);

T = temperatura absoluta (K);

B = parâmetro de ajuste.

Para fluidos não-newtonianos, a viscosidade aparente a uma determinada taxa de deformação pode ser utilizada na relação de Arrhenius.

Resultados e discussão

Caracterização da polpa integral de butiá

Os valores de pH, sólidos solúveis (grau Brix), acidez titulável, ácido ascórbico determinados para a polpa integral de butiá estão apresentados na tabela 1.

A figura 1 mostra a relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação a diferentes temperaturas para polpa integral de butiá, empregando-se o sistema de medida cilindros concêntricos ZA-30. Os dados experimentais são representados pelos símbolos, enquanto que as linhas contínuas são os resultados dos ajustes pelo modelo de Herschell-Bulkley. Este modelo foi o que

Tabela I. Características físico-químicas da polpa integral de butiá

Parâmetros	Valores
pH	3,01
Sólidos solúveis °Brix	9,25
Acidez titulável (g/100g) *	0,35
Ácido ascórbico (mg/100g)	31,00
Umidade (%)	88,87

Nota: * Expresso em ácido cítrico

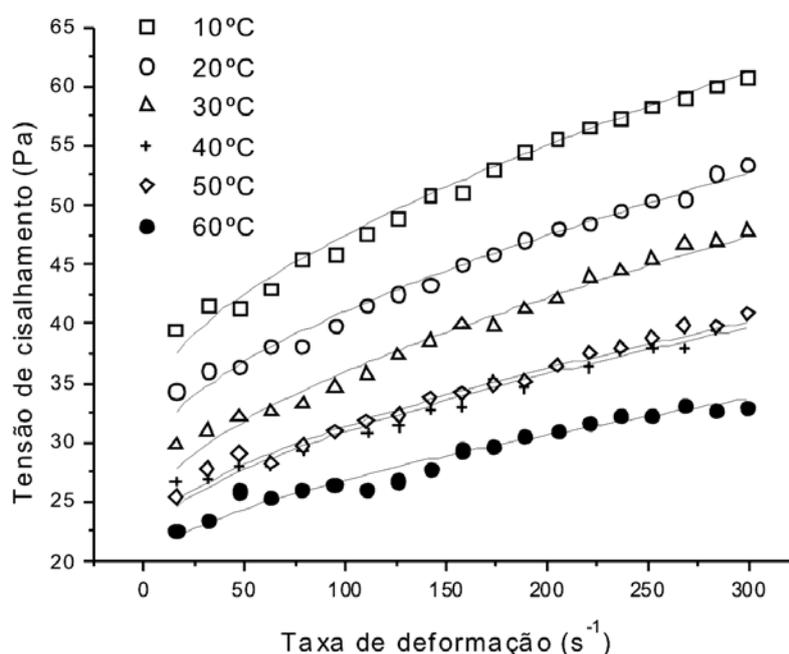


Figura 1. Relação entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento para a polpa integral de butiá descrita pelo modelo de Herschell-Bulkley. Sistema de medida: cilindros concêntricos ZA-30

proporcionou os melhores parâmetros de ajuste para a polpa estudada, apresentando os menores valores para o (X^2) em todas as temperaturas, investigadas (Tabela 2).

Nenhuma mudança significativa foi observada entre a tendência da curva de subida da taxa de cisalhamento de 0 a 300s^{-1} e a tendência de descida desta curva para taxa de cisalhamento de 300 a 0s^{-1} . Foram considerados, então os valores médios dos parâmetros reológicos para a confecção do gráfico da taxa de deformação versus a tensão de cisalhamento da figura 1.

Nas tabelas 2, 3 e 4 estão apresentados os valores dos parâmetros obtidos dos ajustes dos dados experimentais dos reogramas, para a polpa integral de butiá, descritos pelos modelos de Herschell-Bulkley, Casson e Ostwald-de-Waelle, respectivamente. O reômetro foi utilizado com o sistema de medida de cilindros concêntricos (ZA30).

Os dados experimentais de tensão de cisalhamento e taxa de deformação para polpa de butiá a diferentes temperaturas foram bem ajustados pelos modelos reológicos de Ostwald-de-Waelle, Casson e Herschell-

Tabela 2. Parâmetros reológicos para o modelo de Herschel-Bulkley

Temperatura (°C)	τ_{OH} (Pa)	K_H (Pa s ⁿ)	n	X^2
10	36,5 ± 0,95	0,281 ± 0,108	0,789 ± 0,062	0,380
20	31,9 ± 1,21	0,322 ± 0,171	0,732 ± 0,085	0,493
30	26,0 ± 1,33	0,408 ± 0,219	0,695 ± 0,085	0,516
40	22,2 ± 1,80	0,494 ± 0,380	0,628 ± 0,119	0,676
50	22,6 ± 1,26	0,505 ± 0,268	0,625 ± 0,082	0,326
60	19,4 ± 1,84	0,553 ± 0,487	0,566 ± 0,134	0,359

Tabela 3. Parâmetros reológicos para o modelo de Casson

Temperatura (°C)	K_{OH} (Pa) ^{0,5}	K_C (Pa s) ^{0,5}	X^2
10	5,62 ± 0,046	0,127 ± 0,004	0,663
20	5,25 ± 0,045	0,116 ± 0,004	0,565
30	4,78 ± 0,055	0,121 ± 0,004	0,716
40	4,55 ± 0,059	0,101 ± 0,005	0,721
50	4,60 ± 0,042	0,100 ± 0,003	0,363
60	4,36 ± 0,052	0,083 ± 0,004	0,490

Tabela 4. Parâmetros reológicos para o modelo de Ostwald-de-Waelle

Temperatura (°C)	K (Pa s ⁿ)	n	X^2
10	20,9 ± 1,27	0,183 ± 0,0119	3,19
20	18,7 ± 1,19	0,176 ± 0,0125	2,66
30	15,2 ± 1,18	0,194 ± 0,0152	3,00
40	14,8 ± 1,11	0,167 ± 0,0148	2,17
50	13,9 ± 0,85	0,182 ± 0,0120	1,41
60	13,2 ± 0,81	0,159 ± 0,0121	1,07

Bulkley, quando se utilizou o reômetro com o sistema de medida de cilindros concêntricos. Todos esses modelos apresentaram baixos valores de X^2 , o que significa que os dados experimentais estão bem ajustados. O melhor modelo foi o de Herschell-Bulkley, que apresentou os menores valores de X^2 , para todas as temperaturas investigadas. Isso era esperado, pois esse modelo apresenta três parâmetros de ajuste, enquanto os outros dois modelos apresentam dois parâmetros de ajuste. Não foram mostradas as figuras dos reogramas para polpa de butiá com o ajuste dos dados experimentais com os modelos Ostwald-de-Waelle e Casson.

Nas tabelas 2 e 4 encontram-se os valores do índice de comportamento (n), os quais foram menores do que um (1) para todas as temperaturas investigadas, mostrando que a polpa de butiá apresenta comportamento pseudoplástico. Para o modelo de Herschell-Bulkley, o aumento da temperatura na polpa de butiá promoveu a diminuição do índice de comportamento (n) dentro da faixa de 0,789 a 0,566 e, concomitantemente, houve a diminuição da tensão de cisalhamento inicial de 36,5 para 19,4 Pa (Tabela 2).

Para o Modelo de Ostwald-de-Waelle, o aumento da temperatura na polpa não influenciou o parâmetro índice de

comportamento, o qual se manteve por volta de 0,17, mas os valores de índice de consistência sofreram diminuição de 20,9 para 13,2 Pa com o aumento da temperatura da polpa de 10°C para 60°C (Tabela 4). Segundo Saravacos e Kostaropoulos (1995), a temperatura tem um efeito relativamente pequeno sobre o valor do índice de comportamento.

A viscosidade aparente (razão entre cada tensão de cisalhamento e sua correspondente taxa de deformação) diminuiu com o aumento da temperatura da polpa de butiá (Figura 2), o que é um comportamento comum para polpas de frutas, pois a maioria destas apresenta-se na forma de sólidos dispersos em meios líquidos. Neste caso o aumento da temperatura promove a diminuição da viscosidade na fase líquida devido ao aumento da mobilidade das partículas em suspensão (VIDAL et al., 2006). A viscosidade aparente decresceu com o aumento da taxa de deformação em todas as temperaturas estudadas, o que é característico do comportamento pseudoplástico. Sabe-se que, quanto menor a viscosidade de um fluido, menor é a perda de carga durante o escoamento, diminuindo os custos de potência com o bombeamento e, conseqüentemente, os custos energéticos.

O modelo de Arrhenius foi aplicado para descrever o comportamento de escoamento da polpa de butiá em função da temperatura. Os valores experimentais de $\ln(\text{viscosidade aparente})$ versus temperatura $(K-1)$ a taxas de deformação constantes estão mostrados na figura 3, e a reta que melhor ajustou esses pontos gerou os parâmetros de ajuste da equação de Arrhenius, os quais estão na tabela 5, onde E_a/R representa o coeficiente angular e B o linear da reta de ajuste.

A polpa integral de butiá apresenta baixa energia de ativação (E_a) (Tabela 5), quando comparada a produtos alimentícios

muito fluidos e muito pastosos. A E_a de suco de maçã com e sem pectina, ambos com 15° Brix é de 14,7 e 22,2 kJ/g-mol, respectivamente (SARAVACOS, 1970). O purê de pêra e a polpa de açaí, que apresentam um alto teor de sólidos em suspensão, possuem energias de ativação de 7,1 e 6,3 kJ/g-mol, respectivamente (SARAVACOS, 1970; ALEXANDRE, 2002). 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 polpa de butiá 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 dos dados de viscosidade aparente. Os valores de E_a possuem unidades de kJ/g-mol do produto.

As figuras 3 e 4 mostram a relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação para as temperaturas de 60°C e 30°C, respectivamente, para polpa integral de butiá, empregando-se o sistema de medida de placas paralelas (PQ 30). Os dados experimentais são representados pelos pontos que estão distribuídos de forma dispersas nessas figuras, de modo que não foi possível ajustar nenhum modelo matemático aos dados experimentais obtidos nos reogramas quando se empregou o sistema de medida de placas paralelas, tornando esse sistema inadequado.

Os reogramas para polpa de butiá nas temperaturas de 10, 20, 40 e 50°C para os sistemas de medidas de placas paralelas, distantes entre si de meio e um milímetro, não foram mostrados, pois tiveram comportamento semelhante aos reogramas representados nas figuras 4 e 5, aos quais não foi possível aplicar nenhum ajuste aos dados experimentais.

Gehrke 1996 relatou a obtenção de valores muito discrepantes de viscosidade

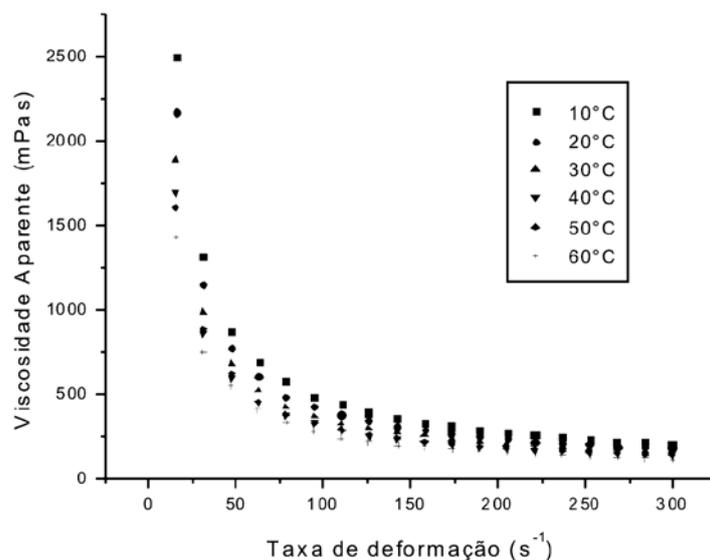


Figura 2. Relação entre a viscosidade aparente e a taxa de deformação para a polpa integral de butiá. Sistema de medida: cilindros concêntricos ZA-30

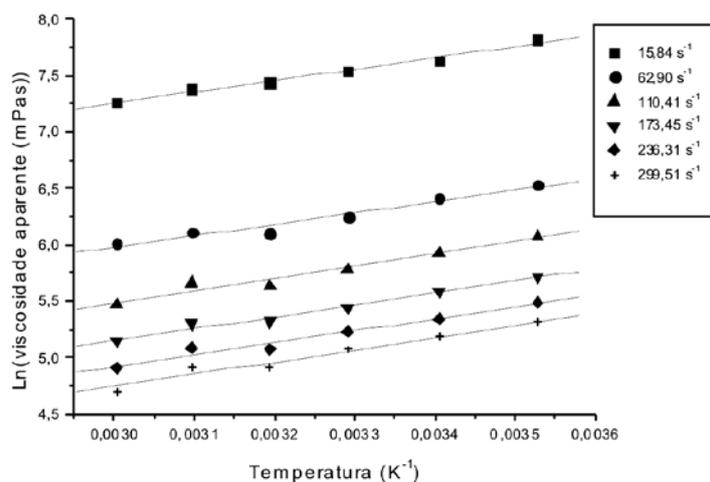


Figura 3. Efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente da polpa de butiá a diferentes taxas de deformação

Tabela 5. Parâmetros da equação de Arrhenius para diferentes taxas de deformação

Taxa de deformação (s ⁻¹)	Ea/R (K)	B	R ²	Ea (kJ/g-mol)
15,84	1005,5 ± 64,25	4,24 ± 0,21	0,99	8,36
62,9	1008,0 ± 107,87	2,96 ± 0,35	0,98	8,38
110,41	1090,0 ± 115,35	2,21 ± 0,38	0,98	9,06
173,45	1061,5 ± 73,98	1,96 ± 0,27	0,99	8,83
236,61	1055,5 ± 94,35	1,75 ± 0,31	0,98	8,78
299,51	1097,1 ± 106,57	1,45 ± 0,35	0,98	9,12

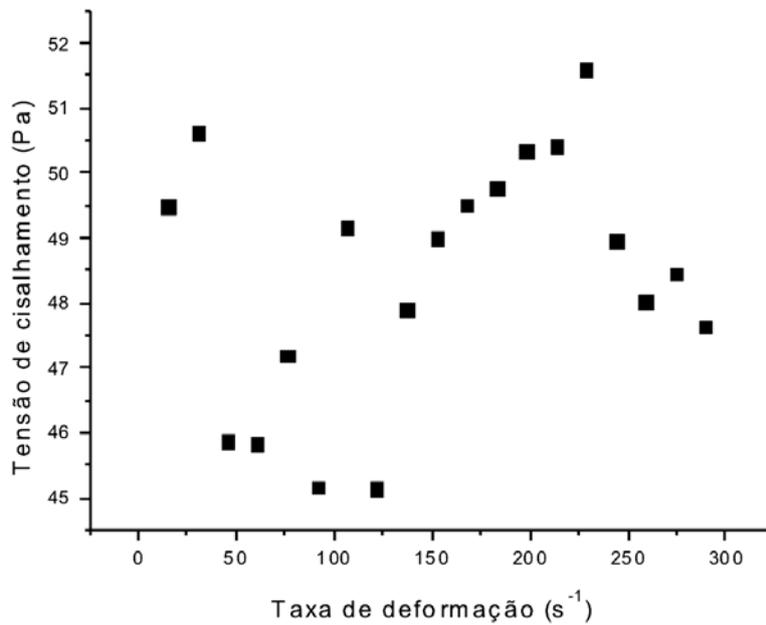


Figura 4. Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a polpa integral de butiá a temperatura de 60°C. Sistema de medida: placas paralelas com distância entre si de 0,5 mm

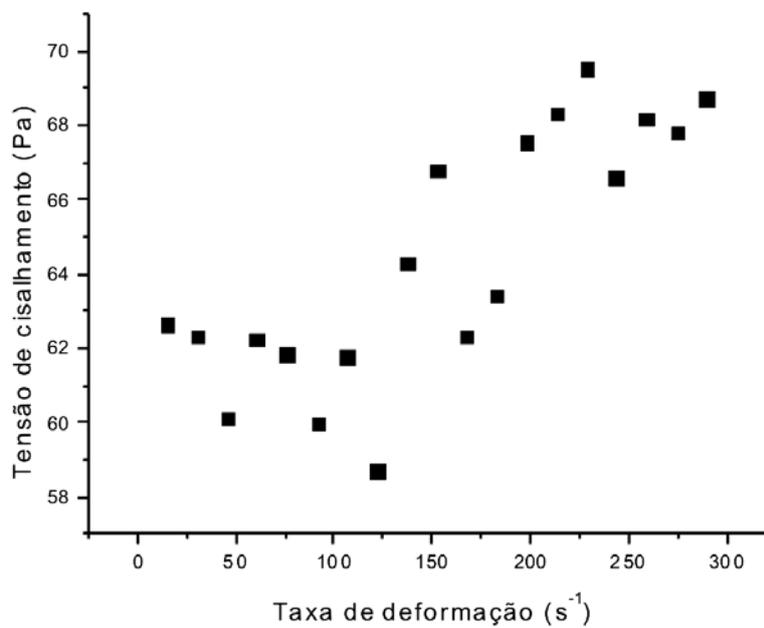


Figura 5. Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para a polpa integral de butiá a temperatura de 30°C. Sistema de medida: placas paralelas com distâncias entre si de um milímetro

aparente de sucos de frutas à temperatura e concentrações constantes quando se utilizou diferente sistema de medidas.

Conclusões

Para polpa de butiá, a viscosidade diminui com o aumento da temperatura até 60°C; obteve-se índice de comportamento menor que 1 (um) para todas as temperaturas investigadas, o que caracteriza comportamento pseudoplástico da polpa. Com o aumento da temperatura, observou-se diminuição no índice de comportamento e do parâmetro índice de consistência, indicando que a polpa de butiá perde pseudoplasticidade e fica menos viscosa 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 250 s⁻¹, a viscosidade aparente tende a ficar constante para as temperaturas de 10°C 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 o comportamento

pseudoplástico para a polpa de butiá, em todas as condições investigadas.

Os dados experimentais dos reogramas para polpa de butiá foram bem ajustados pelos modelos de Herschell-Bulkley, Casson e Ostwald-de-Waelle. O melhor ajuste se deu pelo modelo de Herschell-Bulkley o que era esperado, pois esse modelo apresenta três parâmetros de ajuste enquanto os outros apresentam dois parâmetros de ajuste.

O Modelo de Arrhenius apresenta uma boa descrição do efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente para polpa de butiá.

A geometria do sistema de medida influenciou bastante à definição dos parâmetros reológicos que descreveram o comportamento reológico da polpa de butiá. Por isso é de fundamental importância à indicação da padronização do sistema de medida empregada para a determinação da análise reológica. Neste trabalho, os parâmetros reológicos foram obtidos com o sistema de medidas de cilindros concêntricos no reômetro Haake Rotovisco RV 20. O sistema de medida de placas paralelas se mostrou inadequado para o estudo do comportamento reológico de polpa de butiá.

Referências

ALEXANDRE, D. **Conservação da polpa de açaí através da tecnologia de obstáculos e caracterização reológica**. Campinas. 2002. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

BENDER, F. E.; DOUGLASS, L. W.; KRAMER, A. **Statistics in research**. In: Statistical methods for food and agriculture. Avi Publishing Company, Inc., 1982. Westport (USA).

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos**. Campinas: UNICAMP, 1999.

COSTELL, E.; DURÁN, L. Reología físico química de los zumos y purés de frutas. **Revista de agroquímica y tecnología de alimentos**. v. 22, n. 1, p. 81-94, 1982.

GEHRKE, T. **Reometria de suco concentrado de frutas**. Campinas, 1996. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

GRIGELMO-MIGUEL, N.; IBARZ-RIBAS, A.; MARTÍN-BELLOSO, O. Rheology of peach dietary fibre suspensions. **Journal of Food Engineering**, v. 39, n. 1, p. 91-99, 1999.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Determinações e Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz . 3. ed., v. 1, São Paulo, [s.n.], 1985.

IBARZ, A.; GONÇALES, C.; EXPLUGAS, L. M. Rheology, of clarifield passion fruit juices. **Fruit Processing**, v. 6, n. 8, p. 330-333, 1996.

PEDRON, F. A.; MENEZES, J. P.; MENEZES, L. N. Parâmetros biométricos de fruto, endocarpo e sementes de butiazeiro. **Ciência Rural**, v. 34. n. 2. p. 585 – 586, 2004.

QUEIROZ, A. J.; VIDAL, J. R. M. B.; GASPARETTO, C. A. Influência dos sólidos suspensos na reologia de suco de abacaxi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS, 14., Uberlândia. **Anais...** [s.n.], Uberlândia, 1996.

SARAVACOS, G. D. Effect of temperature on viscosity of fruit juices and purees. **Journal of Food Science**, v. 35, p. 122-125, 1970.

_____.; KOSTAROPOULOS, A. E. Transport properties in processing of fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 49, p. 99-105, 1995.

UHL, N. W.; DRANSFIELD, J. **Genera palmarum**. Allen Press, Lawrence, Kans, 1987.

VIDAL, J. R. M. B.; SIERAKOWSKI, M. R.; HAMINIUK, C. W. I.; MASSON, M. L. Propriedades reológicas da polpa de manga centrifugada. **Revista de Ciências Agrotecnológicas**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 955 – 960, 2006.