



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



DISSERTAÇÃO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ARMAZENAMENTO E
PROCESSAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS

**RELOGIA DE POLPAS DE CAJU (*Anacardium occidentale*, L.) E
GOIABA (*Psidium guajava*, L.)**

GILVANETE MARIA FERREIRA

**Campina Grande - Paraíba
AGOSTO - 2002**

GILVANETE MARIA FERREIRA

50.22.80 21
REOLOGIA DE POLPAS DE CAJU (*Anacardium occidentale*, L.)
E GOIABA (*Psidium guajava*, L.)

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em
Engenharia Agrícola da Universidade Federal de
Campina Grande, em cumprimento as exigências
para obtenção do grau de mestre.

Campina Grande – Paraíba

Agosto – 2002

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA UFPB

F 383r Ferreira, Gilvanete Maria
Reologia de polpas de caju (*Anacardium occidentale*, L.)
e goiaba (*Psidium guajava*, L.) / Gilvanete Maria Ferreira.
– Campina Grande: UFPB, 2002.
102p.: il.

Inclui bibliografia
Dissertação (Mestrado). UFPB / CCT

1. Reologia 2. Temperatura 3. Caju 4. Goiaba
5. Misturas binárias

I. Título

CDU: 634.34 : 532.135

DIGITALIZAÇÃO:

SISTEMOTECA - UFCG



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

GILVANTE MARIA FERREIRA


Título: "Reologia de Polpas de Caju (*Anacardium occidentale*, L.) e
Goiaba (*Psidium guajava*, L.)".

BANCA EXAMINADORA

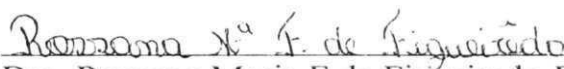
PARECER


Dr. Alexandre José de Melo Queiroz-Orientador


APROVADA


Dr. Carlos Alberto Gasparetto-Orientador

Aprovada


Dra. Rossana Maria F. de Figueiredo-Examinadora

Aprovada


Dr. Gabriel Francisco da Silva-Examinador

APROVADA

AGOSTO - 2002

Aos meus pais, Maria Nunes Ferreira e Leopoldo José Ferreira, que sempre me deram apoio em toda minha vida.

Aos meus irmãos que sempre estiveram ao meu lado durante esta jornada.

Ao Robson, pela companhia e amizade nestes últimos anos, simplesmente pela pessoa que é.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz, que se mostrou atencioso e companheiro na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Gasparetto, que tem me acompanhado com carinho durante esta etapa.

Ao Departamento de Engenharia de Alimentos – UNICAMP, pela colaboração na realização dos ensaios experimentais.

Ao Pompeu, do Laboratório de Engenharia de Petróleo - UNICAMP, pelas sugestões e acompanhamento no uso do reômetro.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola pela oportunidade de realização deste trabalho.

A CAPES, pela bolsa concedida.

Aos membros da banca examinadora pelas importantes correções e sugestões.

A Rivanilda, secretária da Pós-Graduação de Engenharia Agrícola, que tem se mostrado muito prestativa e amiga

Às minhas irmãs, Vilma e Girlene em especial, que estiveram junto a mim durante esta jornada.

Ao meu irmão Gilberto, que sempre me incentivou e apoiou na minha carreira acadêmica.

Ao meu primo Edson, às minhas colegas Carmel, Ruth que me acompanharam durante várias noites na UFPB para realização deste trabalho.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE SÍMBOLOS	xiii
RESUMO.....	xv
SUMMARY	xvi
1.0 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 – Objetivo geral	2
1.2 - Objetivos específicos	2
2.0 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. O caju.....	3
2.2. A goiaba.....	5
2.3. Delineamento experimental.....	7
2.3.1 - Modelagem de misturas.....	7
2.4. Reologia.....	8
2.4.1. Comportamentos reológicos.....	9
2.5. Propriedades reológicas de sucos de frutas	12
2.5.1. Efeito da concentração e temperatura sobre os parâmetros reológicos..	15
3.0 - MATERIAIS E MÉTODO.....	22
3.1. Matéria-prima.....	22
3.1.1. Preparo do material integral.....	22
3.1.2. Preparo do material peneirado	22
3.1.3. Preparo do material centrifugado.....	23

3.2. Métodos analíticos.....	23
3.2.1. pH.....	23
3.2.2. °Brix	23
3.2.3. Cinzas.....	23
3.2.4. Fibras.....	24
3.3. Determinação dos dados reológicos	24
3.3.1. Medidas e cálculos dos dados reológicos.....	27
3.3.2. Análise dos dados experimentais	27
3.3.3. Análise estatística dos modelos.....	27
4.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1. Caracterização físico-química	29
4.2. Caracterização reológica	30
4.2.1. Determinações dos parâmetros reológicos.....	30
4.2.1.1. Curvas de escoamento para amostras integrais	32
4.2.1.2. Curvas de viscosidade aparente para amostras integrais.....	35
4.2.1.3. Curvas de escoamento para amostras peneiradas.....	41
4.2.1.4. Curvas de viscosidade aparente para amostras peneiradas	44
4.2.2. Curvas de comparação entre materiais integrais e peneirados.....	50
4.2.1.5. Curvas de escoamento para amostras centrifugadas	61
4.2.1.6. Curvas de viscosidade aparente para amostras centrifugadas..	65
4.3. Efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente.....	69
5.0 - CONCLUSÕES	76
6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.a -O espaço experimental para processos com duas variáveis independentes.....	8
Figura 1.b - Curvas representando a variação de duas propriedades de uma mistura binária com a sua composição.....	8
Figura 3.1 – Reômetro Haake modelo RV-20 com vista dos módulos de controle e dos suportes de sistemas de medição.....	25
Figura 3.2 – Sistema de medição Pq 45 com vista do cilindro e da placa.....	26
Figura 3.3 – Sistema de medição Pq 45 com vista do conjunto cilindro/placa.....	26
Figura 4.1 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de goiaba integral.....	33
Figura 4.2 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa 80%goiaba20%caju integral.....	34
Figura 4.3 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa 60%goiaba40%caju integral	34
Figura 4.4 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa 50%goiaba50%caju integral	35
Figura 4.5 - Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para polpa de goiaba integral.....	36
Figura 4.6 - Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para mistura de polpa de 80%goiaba20%caju integral.....	37

Figura 4.7 - Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para mistura de polpa de 60%goiaba40%caju integral.....	37
Figura 4.8 - Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para mistura de polpa de 50%goiaba50%caju integral.....	38
Figura 4.9 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de caju peneirada.....	42
Figura 4.10 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de goiaba peneirada.....	42
Figura 4.11 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa de 80%goiaba20%caju peneirados.....	43
Figura 4.12 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa de 60%goiaba40%caju peneirados.....	43
Figura 4.13 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa de 50%goiaba50%caju peneirado.....	44
Figura 4.14 - Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para polpa de caju peneirado.....	45
Figura 4.15 - Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para polpa de goiaba peneirada.....	46
Figura 4.16 - Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para mistura de polpa de 80goiaba20caju peneirados.....	46
Figura 4.17 - Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para mistura de polpa de 60goiaba40caju peneirados.....	47

Figura 4.18 - Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para mistura de polpa de 50goiaba50caju peneirados.....	47
Figura 4.19 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para caju integral.....	48
Figura 4.20 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa 80%caju 20%goiaba integral.....	49
Figura 4.21 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa 60%caju40%goiaba integral	49
Figura 4.22 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa 80%caju20%goiaba peneirado	50
Figura 4.23 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa 60%caju40%goiaba peneirado	50
Figura 4.24 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de goiaba integral e peneirada a 10°C.....	51
Figura 4.25 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de goiaba integral e peneirada a 30°C.....	52
Figura 4.26 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de goiaba integral e peneirada a 60°C.....	52
Figura 4.27 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de 80goiaba20caju integral e peneirada a 10°C.....	53
Figura 4.28 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de 80goiaba20caju integral e peneirada a 30°C.....	53

Figura 4.29 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de 80goiaba20caju integral e peneirada a 60°C.....	54
Figura 4.30 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de 60goiaba40caju integral e peneirada a 10°C.....	54
Figura 4.31 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de 60goiaba40caju integral e peneirada a 30°C.....	55
Figura 4.32 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de 60goiaba40caju integral e peneirada a 60°C.....	55
Figura 4.33 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de 50goiaba50caju integral e peneirada a 10°C.....	56
Figura 4.34 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de 50goiaba50caju integral e peneirada a 30°C.....	56
Figura 4.35 -Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de 50goiaba50caju integral e peneirada a 60°C.....	57
Figura 4.36 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de caju centrifugada.....	62
Figura 4.37 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de goiaba centrifugada.....	62
Figura 4.38 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa de 80goiaba20caju centrifugados.....	63
Figura 439 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa de 20goiaba80caju centrifugados.....	63

Figura 4.40 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa de 60goiaba40caju centrifugados.....	64
Figura 4.41 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa de 40goiaba60caju centrifugados.....	64
Figura 4.42 - Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa de 50goiaba50caju centrifugados.....	65
Figura 4.43 - Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para polpa de goiaba centrifugada.....	66
Figura 4.44 - Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para polpa de caju centrifugada.....	67
Figura 4.45 - Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para mistura de polpa de 80%goiaba20%caju centrifugada.....	67
Figura 4.46 - Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para mistura de polpa de 20%goiaba80%caju centrifugada.....	68
Figura 4.47 - Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para mistura de polpa de 60%goiaba40%caju centrifugada.....	68
Figura 4.48 - Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para mistura de polpa de 40%goiaba60%caju centrifugada.....	69
Figura 4.49 - Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para mistura de polpa de 50%goiaba50%caju centrifugada.....	69
Figura 4.50 – Viscosidade aparente das polpas integrais, calculadas para taxa de deformação de $200s^{-1}$, em função da temperatura.....	75

Figura 4.51 – Viscosidade aparente das polpas peneiradas, calculadas para taxa de deformação de 200s^{-1} , em função da temperatura.....75

Figura 4.52 – Viscosidade aparente das polpas centrifugadas, calculadas para taxa de deformação de 2000s^{-1} , em função da temperatura.....76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química do pseudofruto do caju.....	4
Tabela 2 - Composição química da polpa de quatro diferentes variedades de goiaba.....	6
Tabela 4.1 - Caracterização físico-química das polpas de goiaba e caju.....	29
Tabela 4.2 - Composição química da goiaba e caju segundo MAIA (1998).....	29
Tabela 4.3 - Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para polpa de goiaba integral.....	30
Tabela 4.4 - Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para mistura de 80%goiaba20%caju integral.....	31
Tabela 4.5 - Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para mistura de 60%goiaba40%caju integral para taxa de deformação a partir de $100s^{-1}$	31
Tabela 4.6 - Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para mistura de 50%goiaba50%caju integral para taxa de deformação a partir de $100s^{-1}$	32
Tabela 4.7 - Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para polpa de goiaba peneirada.....	38
Tabela 4.8 - Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para polpa de caju peneirada.....	39
Tabela 4.9 - Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para mistura 80%goiaba20%caju peneirados.....	39

Tabela 4.10 - Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para mistura 60%goiaba40%caju peneirados para taxa de deformação a partir de $100s^{-1}$	40
Tabela 4.11 - Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para mistura 50%goiaba50%caju peneirados para taxa de deformação a partir de $100s^{-1}$	40
Tabela 4.12 - Parâmetros do modelo Mizrahi-Berk. para polpa de caju centrifugada.....	57
Tabela 4.13 - Parâmetros do modelo Mizrahi-Berk. para polpa de goiaba centrifugada.....	58
Tabela4.14 - Parâmetros do modelo Mizrahi-Berk para 40%caju60%goiaba centrifugados.....	58
Tabela 4.15 - Parâmetros do modelo Mizrahi-Berk. para 60%caju40%goiaba centrifugados.....	59
Tabela 4.16 - Parâmetros do modelo Mizrahi-Berk. para 20%caju80%goiaba centrifugados.....	59
Tabela 4.17 - Parâmetros do modelo Mizrahi-Berk. para 80%caju20%goiaba centrifugados.....	60
Tabela 4.18 - Parâmetros do modelo Mizrahi-Berk. para 50%caju50%goiaba centrifugados.....	60
Tabela 4.19 – Valores da viscosidade aparente calculados para taxa de deformação de $200 s^{-1}$ a partir dos parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para polpa de goiaba, 80%goiaba20%caju, 60%goiaba40%caju,50%goiaba50%caju integrais.....	70
Tabela 4.20 – Valores da viscosidade aparente calculados para taxa de deformação de $200 s^{-1}$ a partir dos parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para polpa de goiaba, caju, 80%goiaba20%caju, 60%goiaba40%caju,50%goiaba50%caju peneirados.....	71

Tabela 4.21 – Valores da viscosidade aparente calculados para taxa de deformação de 2000 s^{-1} a partir dos parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para polpa de goiaba, caju, 80%goiaba20%caju, 20%goiaba80%caju,60%goiaba40%caju, 40%goiaba60%caju centrifugados.....	71
Tabela 4.22 – Valores da viscosidade aparente calculados para taxa de deformação de 2000 s^{-1} a partir dos parâmetros do modelo de Herschel-Bulkley para a amostra de 50%goiaba50%caju centrifugados.....	72
Tabela 4.23 – Parâmetros da equação de Arrhenius para polpas integrais.....	73
Tabela 4.24 – Parâmetros da equação de Arrhenius para polpas peneiradas.....	73
Tabela 4.25 – Parâmetros da equação de Arrhenius para polpas centrifugadas.....	73

LISTA DE SÍMBOLOS

b_1 e b_2 constantes características experimentais

C concentração de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix ou % de sólidos)

E_a energia de ativação do fluxo (J/g-mol)

k Fator de consistência (Pa.s)

k_c e k_{oc} Constantes do modelo de Casson, em Pa.s e $(Pa)^{0.5}$ respectivamente

k_H Fator de consistência no modelo de Herschel-Bulkley ($Pa.s^n$)

k_M Fator de consistência no modelo de Mizrahi-Berk ($Pa.s^n$)

k_{OM} Raiz quadrada da tensão inicial do modelo de Mizrahi-Berk (Pa)

K_1, K_2 constantes características experimentais

n Índice de comportamento de fluxo (adimensional)

R constante do gás ideal, (J/g-mol.K)

T temperatura absoluta, ($^{\circ}$ K)

LETRAS GREGAS

γ Taxa de deformação (s^{-1})

τ Tensão de cisalhamento (Pa)

τ_0 Tensão de inicial (Pa)

τ_{OH} Tensão de inicial no modelo de Herschel-Bulkley (Pa)

μ Viscosidade absoluta (Pa.s)

μ_a Viscosidade aparente (Pa.s)

μ_p Viscosidade plástica de Bingham

μ_∞ constante empírica (Pa.s)

η Viscosidade aparente (Pa.s)

η_1, η_2 constantes características experimentais

Dissertação de Mestrado: **Reologia de polpas de caju (*Anacardium occidentale*, L.) e goiaba (*Psidium guajava*, L.)**

Autora: **Gilvanete Maria Ferreira**

Orientadores: **Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz**

Prof. Dr. Carlos Alberto Gasparetto

Departamento de Engenharia Agrícola – DEAg, UFCG

RESUMO

Neste trabalho, de caráter experimental, determinou-se o comportamento reológico das polpas de goiaba, caju separadas e combinadas nas proporções de 80%goiaba20%caju, 20%goiaba80%caju, 60%goiaba40%caju, 40%goiaba60%caju e 50%goiaba50%caju, elaboradas a partir de três tipos de polpa: integral, peneirada e centrifugada. As amostras foram analisadas nas temperaturas de 10°C, 20°C, 30°C, 40°C, 50°C e 60°C, com uso do reômetro Haake Rotovisco, sistema de placas paralelas pq 45, e os dados experimentais ajustados através dos modelos reológicos de Ostwal-de-Waelle (Lei da Potência), Casson, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk. O modelo de Mizrahi-Berk, descreveu adequadamente todas as amostras, exceto para 50%goiaba50%caju centrifugadas, cujo melhor modelo foi o de Herschel-Bulkley. Os sólidos suspensos e a temperatura influenciaram as viscosidades aparentes e o padrão de comportamento reológico das amostras, as quais apresentaram comportamento não-newtoniano com características pseudoplásticas, com exceção para alguns casos das combinações 50%goiaba50%caju, observando-se comportamento dilatante. A dependência da viscosidade aparente a uma taxa de deformação fixa, com a temperatura, foi descrita por uma equação do tipo Arrhenius ($\eta_a = \eta_0 \exp(E_a/RT)$). Verificou-se que os valores de energia de ativação foram maiores para as amostras centrifugadas, com valores entre 1,38 Kcal/gmol e 2,36 Kcal/gmol.

Palavras – chave: reologia, temperatura, caju, goiaba, misturas binárias

Rheology of the pulps de cashew (*Anacardium occidentale*, L.) and guava (*Psidium guajava*, L.)

Author: **Gilvanete Maria Ferreira**

Supervisors: **Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz**

Prof. Dr. Carlos Alberto Gasparetto

Department of Agricultural Engineering – DEAg. UFCG

SUMMARY

In this experimental work the behavior rheological of the guava pulps, separated cashew was determined and combined in the proportions of 80%goiaba20%caju, 20%goiaba80%caju, 60%goiaba40%caju, 40%goiaba60%caju, 50%goiaba50%caju being elaborated starting from three types of pulps: integral, sifted and centrifuged. All the samples were analyzed in the temperatures of 10°C, 20°C, 30°C, 40°C, 50°C and 60°C with use of the reômetro Haake Rotovisco, system of plates parallel pQ 45. The experimental data were adjusted through the models rheological of Ostwal-of-Waelle (Law of the Potency), Casson, Herschel-Bulkley and Mizrahi-Berk. The model of Mizrahi-Berk described all the samples appropriately, except for 50%goiaba50%caju centrifuged, where the best model was of Herschel-Bulkley. The suspended solids and the temperature influenced the apparent viscosities and the pattern of behavior rheological of the samples. The samples presented behavior no-newtoniano with characteristic pseudoplásticas, with exceptions for some cases of the combinations 50%goiaba50%caju, where behavior dilatante was observed. The dependence of the apparent viscosity, to a rate of fixed deformation, with the temperature, it was described by an equation of the type Arrhenius ($\eta_a = \eta_0 \exp(Ea/RT)$). it was observed that the values of activation energy were larger for the centrifuged samples, with values between 1,38 Kcal/gmol and 2,36 Kcal/gmol.

Key words: rheology, temperature, guava, cashew, binaries mixtures.

1.0 – INTRODUÇÃO

Devido ao alto teor de vitamina das frutas ocorre, progressivamente, aumento no consumo, tanto no mercado interno quanto no externo, ocasionando expansão no processamento da matéria-prima *in natura*, o que proporciona inúmeras vantagens como grande variedade de produtos derivados, aumento do tempo de estocagem mediante o congelamento, prolongamento da vida de prateleira evitando, ainda, perdas decorrentes de defeitos de aparência.

O conhecimento das características físicas dos materiais envolvidos nos processos de produção, é geralmente de grande importância no ramo da indústria de alimentos. Operações com misturadores, bombeamento, filtração, armazenamento, evaporação e aquecimento, estão envolvidas em muitos processos e este conhecimento do produto intermediário e final é essencial para o próprio projeto e operações do processo.

Para processamento de frutas *in natura* na forma de sucos, polpas e néctares, faz-se necessário uma série de noções a respeito de suas características, com vistas à adaptação dos processos e instalações industriais às exigências específicas de cada um desses produtos (QUEIROZ, 1998). Dentre essas características, inclui-se o comportamento reológico dos fluidos, que representa o comportamento mecânico dos materiais quando em processo de deformação, devido a um campo de tensões. Importantes nos fenômenos relacionados à transferência de massa que tem lugar nos processos industriais, as características reológicas são também imprescindíveis na otimização, no controle e nos cálculos de processos. Esses conhecimentos servem, igualmente, para o desenvolvimento de produtos e correlação de parâmetros físicos e sensoriais (BEZERRA, 2000).

Na revisão de literatura a respeito de propriedades reológicas de frutas, muitos trabalhos se concentraram nos efeitos de sólidos solúveis e insolúveis, temperaturas e, alguns, no seu conteúdo de pectinas, estudadas em polpas ou sucos simples. Entretanto, devido à crescente expansão do uso de sucos combinados nos últimos anos, trabalhos a respeito dessas misturas se tornam necessários. BRANCO (2001) fornece uma

contribuição para se iniciar trabalhos relacionados do comportamento de mistura de sucos de frutas, utilizando sucos de laranja, cenoura e manga, combinados. A autora sugere, ainda, que mais investigações sejam feitas a respeito desses produtos, com estudos sobre os comportamentos reológicos de sucos com teores variados de sólidos insolúveis, sucos centrifugados e sucos despectinizados.

1.1 – Objetivo geral

Estudar a reologia das polpas de caju e goiaba, individualmente e combinados, em diferentes proporções e temperaturas.

1.2 - Objetivos específicos

Estudar o comportamento reológico das polpas de caju nas temperaturas de 10, 20, 30, 40, 50 e 60°C.

Estudar o comportamento reológico das polpas de goiaba nas temperaturas 10, 20, 30, 40, 50 e 60°C.

Estudar o comportamento reológico das combinações de polpas de caju e goiaba, nas proporções de 20, 40, 50, 60, 80% nas temperaturas de 10, 20, 30, 40, 50 e 60°C.

2.0 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O caju

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma planta genuinamente brasileira e seu nome se deriva do tupi-guarani acã-yü, que quer dizer "pomo amarelo". Das 12 espécies descritas para o gênero *Anacardium*, apenas uma não é nativa do Brasil, sendo que o indigenato desta fruta, composta pela castanha e pedúnculo, está na zona litorânea, da Amazônia ao Nordeste; o fruto propriamente dito ou verdadeiro, é um aquênio reniforme (3 a 5cm de comprimento e 3 a 20g de peso), de cor castanho escuro, coriáceo, liso, com mesocarpo espesso, alveolado, cheio de um líquido viscoso, vermelho, acre e cáustico, contendo uma amêndoa rinóide no formato, envolvida por uma película avermelhada, composta de dois cotilédones brancos, carnosos e oleosos e que constituem a castanha, comestível quando torrada (MEDINA, *et al.*, 1978).

O cajueiro é cultivado em cerca de 26 países, em que a importância de sua exploração é restringida à Índia, Brasil, Vietnã, Tanzânia, Indonésia, Moçambique e Guiné-Bissau, os quais, em conjunto, são responsáveis por 81% da produção mundial, média do período de 1995 a 1997. O Brasil corresponde com 19% da produção mundial de caju, onde as maiores concentrações se localizam principalmente nas faixas litorâneas e transição do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte que, juntos, possuem cerca de 88% da área de cultivo do País (CAVALCANTI, 1998; FAO, 1998).

A industrialização do caju visa, basicamente, ao aproveitamento da amêndoa da castanha e, em menor escala, à extração do líquido da casca da castanha, existindo ainda grande possibilidade de aproveitamento do pedúnculo. Da castanha, pode-se obter enorme quantidade de produtos e subprodutos, como amêndoa, tintas, vernizes, isolantes, colas fenólicas e inseticidas, entre outros (PAIVA *et al.*, 1997).

O pseudofruto, de estrutura carnosa e muito suculento, constitui matéria residual, podendo ser industrializado sob diversas formas, como sucos, sorvetes, doces diversos (compota, cristalizado, ameixa, massa), licor, mel, geléias, cajuina e até refrigerantes

gaseificados e aguardente. O alto valor nutritivo do pedúnculo revela-se sob a forma de vitaminas e sais minerais, encontrando-se nele a vitamina C em níveis quase que cinco vezes maior que na laranja tendo, ainda, entre outros, a presença de cálcio, ferro e fósforo. Do ponto de vista tecnológico, a proporção da parte comestível do pedúnculo do caju está bem acima daquela das frutas tropicais cultivadas, como abacate, banana, manga, maracujá e abacaxi. (MENEZES & ALVES, 1995; BANDEIRA, 1991).

A Tabela 1 apresenta a composição físico-químico de cajus provenientes de seis diferentes municípios do Ceará.

Tabela 1 – Composição química do pseudofruto do caju

Determinações (análises)	Caju amarelo	Caju vermelho
	Media	Media
Umidade(%)	86,62	86,07
°Brix	10,66	10,98
Açúcares totais (%)	8,34	8,38
Açúcares redutores (%)	7,95	8,00
Açúcares não-redutores (%)	0,38	0,38
Proteína (N x 6,25) (%)	0,68	0,74
Amido (%)	1,27	1,33
Tanino (%)	0,345	0,403
Acidez total (% ac. Malico)	0,418	0,336
Acido ascórbico (mg/100g)	197,5	204,0
pH	4,27	4,48
Carotenóides totais (mg/100g)	0,286	0,224
Beta-caroteno (mg/100g)	0,00631	0,00679
Vitamina A (U.I)	10,51	11,32
Cinzas (%)	0,37	0,38
Cálcio (mg/100g)	14,43	14,70
Ferro (mg/100g)	0,36	0,35
Fósforo (P ₂ O ₅)(mg/100g)	33,15	32,55

Fonte: Moura Fé (1972)

2.2. A goiaba

A goiaba (*Psidium guajava* L.) é um dos frutos de maior importância nas regiões subtropicais e tropicais, não apenas por seu elevado valor nutritivo, com excelente aceitação para o consumo *in natura* e sua grande aplicação industrial como, também, porque pode desenvolver-se satisfatoriamente, mesmo em condições adversas; daí se encontrar entre os frutos com maiores e melhores perspectivas econômicas nas regiões onde é cultivada (CHIARRA *et al.*, 1981).

Os maiores produtores de goiaba são África do Sul, Índia, Hawaii (USA), Colômbia, Porto Rico, República Dominicana, Jamaica, Brasil, Israel, Filipinas e Taiwan (NAGY *et al.*, 1993).

No Brasil, os Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais são tradicionais produtores de goiaba. Tem grande importância no estado de São Paulo e nos Estados do Nordeste do Brasil. Praticamente, todos os estados brasileiros produzem goiaba e nos últimos anos surgiram plantações comerciais também no Rio Grande do Sul (MANICA *et al.*, 1981).

As goiabas podem ser redondas, ovais ou em forma de pêra, 3 a 10cm de diâmetro e pesando de 50 a 500g. A cor da casca do fruto maduro é verde-amarelado a amarelo e a cor da polpa pode ser branca, amarela, rosada ou avermelhada (NAGY *et al.*, 1993).

Quanto ao aspecto químico e nutricional (Tabela 2) a goiaba tem certo destaque quanto ao conteúdo de vitamina C, sendo, em média 60% mais rica que os frutos cítricos, 49% mais que o mamão e 15 vezes mais rica que a maçã. Também é importante citar os teores de vitamina A e fibras. Quanto ao teor de pectina, pode ser considerada uma fruta rica. Este teor aumenta da casca para o interior do fruto. A goiaba apresenta uma expressiva quantidade de cálcio e fósforo; no entanto, cerca de 80% do ferro estão nas sementes (MAIA *et al.*, 1998).

Tabela 2 - Composição química da polpa de quatro diferentes variedades de goiaba

Determinações*	Variedades			
	Patillo	Hong Kong Pink	B _{24p2}	B _{18p1}
Umidade (%)	83,11	83,64	84,23	84,07
Proteína (%)	0,66	0,64	0,63	0,62
Lipídios (%)	0,54	0,56	0,43	0,56
Cinzas (%)	0,52	0,44	0,50	0,52
Fibra (%)	4,58	4,58	4,58	4,58
Pectina (%)	0,83	0,87	0,96	0,98
Glicídios redutores (glicose %)	7,13	6,99	6,75	7,09
Glicídios não redutores (sacarose %)	0,75	0,70	0,64	0,71
pH	3,82	3,97	4,05	3,89
Sólidos solúveis (°Brix)	12,10	11,80	11,00	12,00
Acidez titulável total (ácido cítrico %)	0,50	0,45	0,40	0,43
Ácido ascórbico (mg/100g)	115,81	106,44	87,47	78,63
Fósforo (mg/100g)	28,23	23,98	30,11	27,43
Cálcio (mg/100g)	21,79	20,25	20,90	16,00
Ferro (mg/100g)	0,74	0,97	0,64	0,83

Fonte: Maia *et al.* (1998)

* Média de 3 determinações

2.3. Delineamento experimental

2.3.1 - Modelagem de misturas

Segundo (CORNELL, 1990b, 1990c) citado por BRUNS *et al.* (2000), as propriedades de uma mistura são determinadas pelas proporções de seus ingredientes, e não por sua quantidade total. Além disto, as proporções dos diversos componentes de uma mistura não são independentes. A soma de todas elas tem que dar sempre 100%. Para uma mistura de q componentes, portanto, pode-se escrever

$$\sum_{i=1}^q x_i = 1 \dots\dots\dots (1)$$

onde x_i representa a proporção do i -ésimo componente numa escala em que 100% corresponde a um.

Ao se pretender otimizar as propriedades de uma mistura mudando a sua formulação, as novas proporções têm de continuar obedecendo à Equação (1). A existência dessa restrição impõe algumas modificações nas metodologias, como o emprego de planejamentos fatoriais e a modelagem de superfícies de resposta, para adaptá-las aos problemas específicos das misturas. Esses métodos modificados de análise de misturas têm encontrado larga aplicação na ciência, na engenharia e, particularmente, na indústria.

Para uma mistura binária (isto é, uma mistura formada por apenas dois componentes), a Equação (1) reduz-se a $x_1 + x_2 = 1$. No sistema de eixos mostrado na Figura 1.a esta equação é representada pela reta $x_2 = 1 - x_1$. Todas as possíveis misturas desses dois componentes correspondem a pontos localizados sobre esta reta. Se x_1 e x_2 fossem variáveis independentes (temperatura e pH, por exemplo), todo o espaço dentro do quadrado mostrado na Figura 1.a poderia ser investigado experimentalmente. Na experimentação com misturas, porém, o espaço experimental fica limitado aos pontos da reta, ou seja, torna-se unidimensional. Usando-se essa reta como eixo, poder-se-á representar graficamente a variação das diversas propriedades da mistura com a sua

composição, como mostra a Figura 1.b.

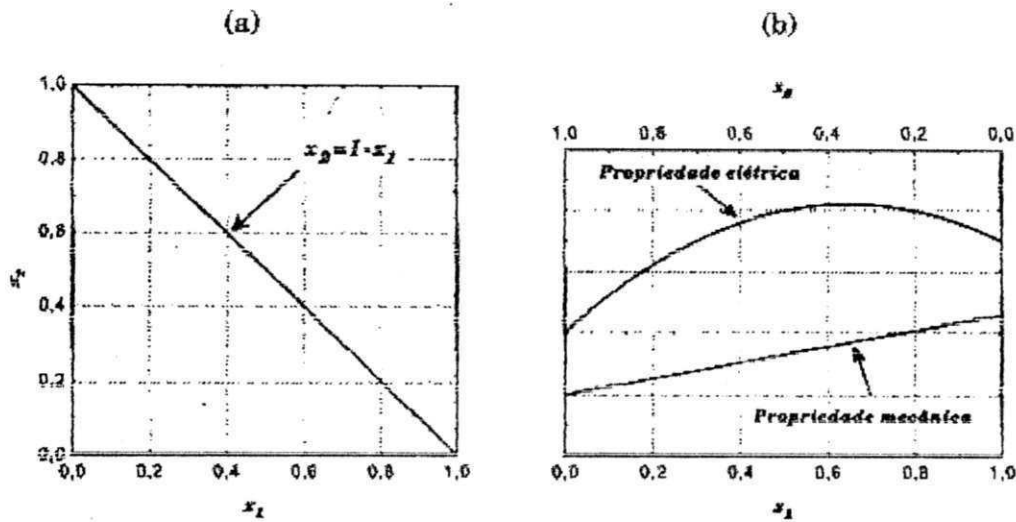


Figura 1.a - O espaço experimental para processos com duas variáveis independentes inclui todos os pontos dentro do quadrado. O espaço experimental para misturas de dois componentes está limitado aos pontos sobre a reta $x_2 = 1 - x_1$. Figura 1.b - Curvas representando a variação de duas propriedades de uma mistura binária com a sua composição.

2.4. Reologia

Reologia é a ciência de escoamento e deformação. O processamento e manuseio de produtos alimentícios podem afetar significativamente sua textura, sabor e aparência. Historicamente, os métodos usados para se avaliar e/ou prever propriedades reológicas, têm sido um tanto arbitrários e não-quantitativos. O uso de técnicas instrumentais analíticas, tal como análises reológicas usando viscosímetro placa-cone, viscosímetro placas-paralelas, viscosímetro de cilindros concêntricos, fornecem caminhos mais quantitativos caracterizando, de forma mais precisa, o produto alimentício (MA & BARBOSA-CÁNOVAS, 1995).

2.4.1. Comportamentos reológicos

A viscosidade de um alimento líquido depende da temperatura e da composição e pode, também depender da tensão de cisalhamento ou taxa de deformação, da duração do cisalhamento, assim como do histórico anterior de cisalhamento. A classificação mais geral dos fluidos, que leva em consideração o comportamento da relação taxa de deformação/tensão de cisalhamento, subdivide tais materiais em newtonianos e não-newtonianos (RAO, 1997).

Segundo SHERMAN (1970), as propriedades reológicas de fluidos newtonianos são independentes da taxa de deformação e do histórico prévio de cisalhamento e são dependentes somente da temperatura e composição. Esses fluidos são descritos pela equação 2.1:

$$\tau = \eta \dot{\gamma} \quad (2.1)$$

onde:

τ = Tensão de cisalhamento

η = Viscosidade

$\dot{\gamma}$ = Gradiente de velocidade

Para fluidos não-newtonianos, as medidas são feitas a diferentes gradientes de velocidade (taxas de deformação) e a razão $\tau/\dot{\gamma}$ não será constante. Esta razão é freqüentemente chamada viscosidade aparente (μ_a), que se altera segundo a taxa de deformação e esses fluidos podem ser convenientemente classificados como independentes ou dependentes do tempo.

Nos fluidos não-newtonianos independentes do tempo, a temperatura constante, a viscosidade depende somente da magnitude da tensão de cisalhamento ou taxa de deformação. Nesta classificação estão incluídos os fluidos pseudoplásticos, dilatantes e plásticos de Bingham.

Fluidos pseudoplásticos – Fluidos cujo comportamento reológico não segue a proporcionalidade expressa na equação 2.1. Produtos líquidos de frutas e vegetais normalmente exibem esse comportamento. Tais fluidos são caracterizados pelo decréscimo na viscosidade, com o aumento da taxa de deformação. O modelo mais freqüentemente usado para descrever esse comportamento, é a Lei da Potência, com ou sem o termo de tensão inicial (τ_0):

$$\tau = K \dot{\gamma}^n \quad (2.2)$$

$$\mu_a = \tau / \dot{\gamma} = K \dot{\gamma}^{n-1} \quad (2.3)$$

$$\tau - \tau_0 = K \dot{\gamma}^n \quad (2.4)$$

Onde:

K = coeficiente de consistência

n = índice de comportamento

τ_0 = tensão inicial

τ = tensão de cisalhamento

$\dot{\gamma}$ = taxa de deformação

μ_a = viscosidade aparente

Observa-se que, quanto maior o coeficiente de consistência (K) mais viscoso o fluido. Para fluidos pseudoplásticos, a magnitude do índice de comportamento (n) é menor que a unidade e, quanto mais afastado da unidade, tanto mais acentuado é o comportamento pseudoplástico. O modelo Lei da Potência sem tensão inicial é também conhecido como Ostwald-de-Waele e, com tensão inicial, é o Herschel-Bulkley.

Outro modelo que tem sido extremamente usado para alimentos líquidos é o de Casson:

$$\tau^{0,5} = K_0 + K_c \cdot \dot{\gamma}^{0,5} \quad (2.5)$$

Onde:

K_0 e K_c são constantes. A magnitude de K_0 tem sido usado como tensão inicial por alguns autores.

Dentre os modelos não-newtonianos encontra-se também o Mizrahi-Berk, obtido pela modificação da equação de Casson, proposto por (Mizrahi & Berk, 1972) para ser utilizado no estudo do escoamento de suco de laranja concentrado e em suspensões de partículas interagindo entre si em um meio pseudoplástico. O modelo é descrito pela equação 2.6:

$$\tau^{0,5} = K_{OM} + K_M(\dot{\gamma})^n \quad (2.6)$$

onde:

τ = tensão de cisalhamento (Pa)

K_{OM} = raiz quadrada da tensão inicial (Pa)

K_M = índice de consistência (Pa.sⁿ)

$\dot{\gamma}$ = Taxa de deformação (s⁻¹)

n = índice de comportamento de fluxo

Esses mesmos autores observaram que K_{OM} foi afetado pela concentração de partículas suspensas e pela concentração de pectinas solúveis, enquanto K_M e n foram influenciados principalmente pelas propriedades do solvente (RAO, 1984).

Plásticos de Bingham –São fluidos que, inicialmente, necessitam de uma tensão de cisalhamento para que haja fluxo ou movimentação do material. Uma vez atingida essa tensão, o fluido passa a apresentar um comportamento newtoniano e é chamado plástico de Bingham ou plástico ideal. Como exemplos desse comportamento, tem-se: purê de batata, mostarda, chocolate fundido e creme batido (GONÇALVES, 1989). A equação reológica para esse comportamento é descrita em 2.7:

$$\tau = \tau_0 + \mu_p \dot{\gamma} \quad (2.7)$$

onde:

τ = tensão de cisalhamento (Pa)

$\dot{\gamma}$ = taxa de deformação (s⁻¹)

τ_0 = tensão inicial (Pa)

μ_p = viscosidade plástica ou coeficiente de rigidez (Pa.s)

Fluidos dilatantes – Têm comportamento inverso aos pseudoplásticos, com a viscosidade aparente aumentando com a taxa de deformação (HOLDSWORTH, 1971):

$$\tau = \mu\dot{\gamma} \quad \text{onde, } 1 < n < \infty \dots\dots\dots(2.8)$$

Dentre os fluidos não-newtonianos dependentes do tempo inserem-se os fluidos tixotrópicos e os reopéticos.

Fluidos tixotrópicos – São fluidos que apresentam comportamento reológico dependente do tempo e a viscosidade aparente, a uma taxa de deformação fixa, decresce com o tempo (GASPARETTO & GEHRKE, 1995).

Fluidos reopéticos – São também conhecidos como fluidos de tixotropia negativa (GOVIER, 1972). Esses fluidos apresentam um comportamento reológico que resulta de uma formação gradual da estrutura desencadeada pelo cisalhamento. Há alguns materiais em que se formam estruturas apenas sob a ação do cisalhamento e tais estruturas se desintegram gradualmente quando o material é posto em repouso.

2.5. Propriedades reológicas de sucos de frutas

Todos os produtos líquidos derivados de frutas são sistemas bifásicos, compostos por partículas sólidas dispersas em um meio aquoso. Alguns apresentam escoamentos newtonianos, embora a maioria flua com características pseudoplásticas mostrando, por vezes, uma resistência inicial ao fluir e/ou uma dependência, com o tempo. A variabilidade do comportamento reológico está relacionado com a alteração estrutural provocada pelo cisalhamento (COSTELL & DURÁN, 1982 b).

É comprovado experimentalmente que a maioria dos líquidos de origem biológica em moderada a altas concentrações, tais como soluções ou suspensões de proteínas ou polissacarídeos não segue a lei de Newton. Assim, esses fluidos são chamados não-newtonianos. Purês de frutas e vegetais, especialmente onde quantidades substanciais de matérias particuladas insolúveis estão presentes, são altamente não-newtonianos. Dados reológicos de derivados de fruta podem variar com uma ampla faixa de fatores tais como

variedade, amadurecimento, composição, temperatura, métodos analíticos e técnicas instrumentais utilizadas (CHEN, 1993).

Diversos alimentos líquidos exibem comportamento de fluxo pseudoplástico. Em muitos casos, este comportamento não-newtoniano pode ser devido a presença de substâncias de alto peso molecular em solução e/ou sólidos dispersos em uma fase fluida. As partículas sólidas podem permanecer suspensas ou decantadas, dependendo do tamanho das partículas e também da sua concentração (RAO, 1977).

Os sucos clarificados e despectinizados geralmente apresentam comportamento newtoniano. As polpas e néctares apresentam, geralmente, comportamento não-Newtoniano (PELEGRINE, 1999). O mesmo autor, estudando o comportamento reológico de polpas de manga e abacaxi, com uso do reômetro rotacional Haake Rotovisco RV 20, observou que todas as amostras apresentaram comportamento pseudoplástico e o melhor ajuste foi conseguido com o modelo de Mizrahi-Berk.

AKDOGAN & MCHUGH (2000) utilizaram os modelos de Casson, Hershel-Bulkley, Bingham e Mizrahi-Berk, para caracterização de purê de pêssego e observaram que o primeiro descreveu suficientemente o escoamento entre a faixa de taxa de deformação de 49 a 125s⁻¹. Verificou-se, também, comportamento não-newtoniano para as amostras.

RAO *et al.* (1984), estudando o comportamento reológico dos sucos de maçã, uva e laranja, observaram que os dois primeiros apresentaram comportamento newtoniano para todas as temperaturas estudadas, enquanto o suco de laranja, o mostrou pseudoplástico.

GEHRKE (1996), desenvolveu um trabalho de reometria de sucos de caju, laranja, limão e maracujá, utilizando três sistemas de medida e verificou que todas as amostras apresentaram comportamento pseudoplástico, descritos pelos modelos de Casson, Ostwald-de-Waele e Hershel-Bulkley. Os três sistemas de medida não produziram os mesmos parâmetros de ajuste aos modelos. O sistema de placas paralelas indicou viscosidade aparente maior para todas as condições de medida.

ZAINAL *et al.* (2000), estudando o suco de goiaba, constataram que, para ambas as concentrações e na faixa de temperatura estudada, o suco apresentou pseudoplasticidade na ordem (0,39-0,46 e 0,20-0,35 para 9 e 11°Brix respectivamente).

KHALIL *et al.* (1989), estudando o comportamento reológico de suco de banana despectinizado clarificado e filtrado numa faixa de temperatura (30-70°C) e concentrações (20-79,7°Brix), verificaram comportamento como fluido newtoniano em todas as concentrações.

SARAVACOS (1970), estudou o comportamento da viscosidade para vários sucos de frutas em função da concentração e temperatura, observando comportamento newtoniano para suco de maçã clarificado filtrado e despectinizado na faixa de temperatura 20-70°C e concentrações entre 10 e 75°Brix. Ao contrário, suco de maçã não-despectinizado e filtrado, foi newtoniano a 50°Brix e abaixo; em maiores concentrações foi um fluido pseudoplástico. Para o suco de uva Concorde abaixo de 50°Brix e suco de laranja filtrado de 10 e 18°Brix, foi caracterizado como newtoniano. Concentrado de suco de maçã (não-despectinizado e filtrado) a 50 e 65°Brix, suco de uva Concord (64°Brix) e suco de laranja comercial (33 e 44°Brix) foi caracterizado como fluido pseudoplástico na faixa de temperatura de 25 e 70°C. Também calculou energias de ativação para o fluxo usando viscosidades aparentes para uma taxa de deformação de 100 s^{-1} ; como no caso de sucos de frutas newtonianos, estes foram maiores quando o conteúdo de sólidos foram maiores.

BRANCO (1995), estudou amostras de suco de laranja concentrado a baixas temperaturas, onde os dados foram ajustados aos modelos Mizrahi-Berk, Casson, Hershel-Bulkley, tendo os parâmetros determinados por análise de regressão não-linear. Os três modelos descreveram bem o comportamento nas concentrações de 64 e 60°Brix. Na concentração de 55°Brix não houve um bom ajuste a baixas temperaturas, mostrando que o teor de água congelado interfere no comportamento. Nesta mesma concentração encontraram-se valores muito baixos de tensão inicial, indicando a não-existência do parâmetro nesta concentração.

IBARZ *et al.* (1996), após estudarem o comportamento reológico do suco de cereja clarificado com diferentes conteúdos de sólidos solúveis (22-74°Brix) na faixa de

temperatura (5-70°C), usando um viscosímetro de cilindros concêntricos, viram que o mesmo se comportou como fluido newtoniano.

IBARZ *et al.* (1991) avaliaram o comportamento de suco de frutas clarificado na faixa de temperatura (5-60°C) e concluíram que o suco de groselha apresenta comportamento newtoniano.

GUERRERO & ALZAMORA (1997), estudaram o efeito da temperatura, pH e adição de glucose no comportamento do purê de banana e verificaram que todos os purês se comportaram como fluidos pseudoplásticos, com apreciáveis valores de tensão inicial, as curvas de fluxo seguiram essencialmente o modelo Herschel-Bulkley. O comportamento do fluxo foi, em grande parte, afetado pelos efeitos citados acima.

ADORNO (1997), analisou o comportamento reológico de sucos de manga, maracujá, mamão e goiaba, em várias concentrações e temperaturas, utilizando o viscosímetro de cilindros concêntricos Haake Rotovisco RV 20 observando, então, comportamento pseudo-plástico para todos os sucos. Foram correlacionados os modelos de Casson, Lei da Potência e Hershel-Bulkley e verificou que o terceiro modelo foi o que melhor ajustou os dados experimentais de todos os sucos em todos os casos.

IBARZ (1992) estudou o comportamento do suco de pêssego clarificado e notou que o mesmo se comporta como fluido newtoniano.

SÁENZ & COSTELL (1986) avaliando o comportamento reológico de produtos derivados de limão, constataram comportamento newtoniano para suco clarificado; já o suco não clarificado é do tipo plástico, a temperatura de 7°C e pseudoplástico para temperaturas entre 22 e 50°C, enquanto o triturado se comporta como fluido plástico para temperatura entre 7 e 50°C.

2.5.1. Efeito da concentração e temperatura sobre os parâmetros reológicos

A viscosidade ou consistência de sucos e purê de frutas, é uma característica física importante porque influencia no desenvolvimento do processo de elaboração e na aceitação do produto pelo consumidor. Entre as características mais importantes dos

sistemas dispersos, estão a concentração em volume, o tamanho, a forma e a distribuição de tamanho das partículas e composição química; já na fase dispersante tem-se a viscosidade, a composição química, a polaridade, o pH e a concentração de eletrólitos (se é um médio polar) (COSTELL e DURÁN, 1982).

A viscosidade de um líquido é uma função das forças intermoleculares, que restringe o movimento molecular. Essas forças dependem de espaços intermoleculares, que determinam o volume livre e são afetadas pelas trocas em temperaturas e pressão. Consistência é uma função de viscosidade. Desde então, temperatura e componentes macroscópicos de sistema líquido têm efeito muito marcante na consistência de produtos alimentícios, sendo necessário medir-se parâmetros de consistência em condições de temperatura constante. É oportuno, também, determinar esses parâmetros na faixa de temperatura em que são provavelmente encontrados na prática (HOLDSWORTH, 1971).

Sucos de fruta são assuntos para uma ampla faixa de trocas de temperatura durante processamento, armazenamento, transporte e reconstituição, razão por que dados para diferentes temperaturas são necessários. Equações de predição são muito úteis no cálculo de projetos para diferentes condições de temperaturas. Em uma concentração constante, o efeito da temperatura em cada viscosidade newtoniana ou viscosidade aparente não-newtoniana, pode ser usualmente correlacionada com uma equação tipo Arrhenius (HOLDSWORTH, 1971; RAO, 1977; SARAVACOS, 1970). A viscosidade para fluidos newtonianos em função da temperatura é:

$$\mu = \mu_{\infty} \exp(E_a/RT) \dots \dots \dots (2.9)$$

e a viscosidade aparente para fluidos pseudoplásticos (fluidos não-newtonianos) em função da temperatura pode ser escrito como;

$$\mu_a = K(\dot{\gamma})^{n-1} = \mu_{\infty} \exp(E_a/RT) \dots \dots \dots (2.10)$$

onde:

μ_{∞} = constante empírica (Pa.s)

E_a = energia de ativação do fluxo (J/g-mol)

R = constante do gás ideal, (J/g-mol.K)

T = temperatura absoluta, (°K)

Para produtos não-newtonianos (RAO, 1986; HOLDSWORTH, 1993) a equação ainda é utilizada para expressar o índice de consistência, K, em termos de temperatura como:

$$K = K_0 \exp(E_a/RT) \dots \dots \dots (2.11)$$

onde:

K = índice de consistência (Pa.sⁿ)

K_0 = constante (Pa.sⁿ)

E_a = energia de ativação do fluxo (Kcal/g-mol)

R = constante do gás ideal (1.987cal/g-mol.K)

T = temperatura absoluta (°K)

A viscosidade de fluidos alimentícios aumenta com a concentração. A variação da viscosidade com o conteúdo de sólidos solúveis pode ser descrita por várias e diferentes expressões, sendo estas geralmente do tipo potência ou exponencial, respectivamente (RAO *et al.*, 1984; RAO, 1986; KHALIL *et al.* 1989; IBARZ *et al.* 1994).

$$\eta = \eta_1 (C)^{b_1} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$\eta = \eta_2 \exp(b_2.C) \dots \dots \dots (2.13)$$

onde:

C = concentração de sólidos solúveis (°Brix ou % de sólidos)

η_1, η_2, b_1 e b_2 = constantes características experimentais

O efeito da concentração no índice de consistência, também foi estudado para os fluidos que seguem os modelos do tipo lei da potência e Herschel-Bulkley, através de relações análogas às equações (2.12) e (2.13) (CERVONE & HARPER, 1978; RAO *et al.*, 1981; VITALI & RAO, 1982):

$$K = K_1(C)^{b_1} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$K = K_2 \exp(b_2 C) \dots\dots\dots(2.15)$$

C = concentração de sólidos solúveis (°Brix ou % de sólidos)

K_1 , K_2 , b_1 e b_2 = constantes características experimentais

IBARZ (1995), estudando o comportamento reológico do suco de ameixa, verificou que a energia de ativação aumentou com o conteúdo de sólidos solúveis, e a temperatura apresentou, também, maior efeito nessas amostras; constatou, ainda, que, o conteúdo de sólidos solúveis aumentou a viscosidade plástica e que a tensão inicial mostrou uma pequena variação com a temperatura.

OLIVEIRA (1997), em estudo sobre as propriedades físicas e de transporte para o suco de acerola em várias concentrações e temperaturas, observou que o modelo de Ostwald-de-Waele representou melhor estatisticamente o comportamento nas condições estudadas e que o índice de consistência para dada concentração sofreu decréscimo com aumento da temperatura, mas este aumentou com conteúdo de sólidos solúveis, a temperatura constante. Com relação ao índice de comportamento, a temperatura mostrou uma influência não muito bem definida. A 21 e 27°Brix, o índice de comportamento se elevou com a temperatura, porém a 8°Brix o mesmo diminuiu com aumento da temperatura e, para 15°Brix, não obteve definição.

GUERRERO & ALZAMORA (1998) estudando o comportamento do fluxo dos purês de manga, mamão e pêssego na faixa de temperatura 10 - 55°C, observaram que a temperatura provocou pequena influência no índice de comportamento, mas grande efeito na tensão inicial.

IBARZ *et al.* (1987) avaliaram o comportamento reológico de sucos de maçã e pêra de 71 e 70°Brix, respectivamente, na faixa de temperatura 5-60°C, verificando que o

aumento da temperatura causa diminuição na viscosidade e que, a certa temperatura, os coeficientes de viscosidade aumentam com a concentração.

IBARZ *et al.* (1989) verificando as propriedades reológicas do suco de pêra clarificado, notaram que o aumento da temperatura causa decréscimo na viscosidade e que, quanto maior a concentração para certa temperatura maior a viscosidade.

IBARZ *et al.* (1995), estudaram o comportamento reológico de sucos de Kiwi e verificaram que o índice de consistência decresce com aumento da temperatura e com o decréscimo de sólidos solúveis. E em todas as amostras o índice de comportamento sofreu pequena variação com a temperatura, mas decréscimo com aumento do conteúdo de sólidos solúveis.

VITALI (1981), estudando o comportamento reológico do purê de goiaba, verificou que o índice de comportamento permanece praticamente constante, em função da concentração e da temperatura, com valor médio de 0,425; já o índice de consistência aumenta com aumento da concentração a temperatura constante e diminui com aumento da temperatura; a concentração constante, a viscosidade aparente comportou-se da mesma maneira.

BAYINDIRLI (1993), estudou a densidade e viscosidade do suco de uva em função da concentração e temperatura e verificou que a viscosidade aumentou rapidamente com os sólidos solúveis mas decresceu com o aumento da temperatura.

IBARZ *et al.* (1994), analisaram o suco de laranja e verificaram que a energia de ativação aumenta com a concentração e que a temperatura causa decréscimo na viscosidade do suco de laranja despectinizado, que é mais pronunciado para maiores concentrações. A viscosidade aumenta com a concentração, que é mais pronunciado para temperaturas menores.

SILVA (2000), analisando o comportamento reológico do suco de acerola, observou que a uma taxa de deformação fixa, a viscosidade aparente diminui, a medida que aumenta a temperatura, sendo mais pronunciada em temperaturas menores, e aumenta com a concentração, a taxa de deformação e temperaturas constantes; já o índice de comportamento cresce à medida que aumenta a temperatura e decresce com o aumento da

concentração, a temperatura constante. O índice de consistência diminui com aumento da temperatura e aumenta com a concentração.

VITALI & RAO (1984), estudando amostras de suco de laranja concentrado com 65°Brix, na faixa de temperatura de -19 e 30°C, verificaram que, para os parâmetros Lei-da-Potência como uma função do conteúdo de polpa (0-11%), a uma temperatura fixa, a viscosidade aparente e o índice de consistência aumentaram exponencialmente com o conteúdo de polpa, enquanto a E_a decresceu e alcançou um valor constante em torno de 10,2Kcal/gmol. Amostras com alto conteúdo de polpa (21,2%), indicaram a presença de tensão inicial, principalmente a baixas temperaturas. O modelo de Mizrahi-Berk previu valores confiáveis da tensão inicial.

ZAINAL *et al.* (2000), estudando o suco de goiaba, observaram que o coeficiente de consistência decresceu com o aumento da temperatura, enquanto o índice de comportamento aumentou; já o aumento dos sólidos solúveis totais provocou decréscimo no índice de comportamento, mas o coeficiente de consistência diminuiu com o decréscimo da concentração.

GUNJAL & WAGHMARE (1986), estudaram o comportamento reológico de polpa, suco e néctar de manga, e notaram que a viscosidade aparente diminuiu consideravelmente com o aumento da temperatura em uma mesma velocidade. Esses valores para polpa foram consideravelmente maiores que os de sucos e néctares, para ambas as cultivares, e o aumento da temperatura provocou diminuição no coeficiente de consistência; quanto ao índice de comportamento, não houve apreciável efeito da temperatura.

MANOHAR *et al.* (1990), estudando o efeito do conteúdo de pectina na polpa de manga, verificaram que os valores de índice de comportamento não variaram muito com sólidos solúveis, conteúdo de pectina ou temperatura, tendo uma média de 0,286. A energia de ativação permanece praticamente constante com a concentração; já o índice de consistência aumenta com sólidos solúveis e pectinas e diminui com aumento da temperatura.

Há ainda o efeito dos tamanhos das partículas sobre os parâmetros reológicos, entre eles:

COSTELL *et al.* (1982), estudaram a relação entre os parâmetros reológicos e características físicas e químicas do purê de damasco e concluíram que o índice de consistência (K) depende principalmente da percentagem de polpa e do tamanho médio das partículas suspensas. O índice de comportamento (n) está muito relacionado com o tamanho médio das partículas da fase dispersa, quanto maior o tamanho médio das partículas, menor o valor de (n) e, portanto, o fluxo é mais pseudoplástico. A viscosidade a um gradiente de deformação infinito (η_{∞}), depende praticamente da viscosidade do soro, tamanho médio das partículas e da acidez, genericamente se considera que quanto menor o tamanho médio das partículas, maior é a viscosidade. A tensão inicial (τ_0), depende da percentagem de polpa, tamanho médio das partículas, percentagem de células rompidas e acidez e conteúdo de substâncias pécicas.

3.0 - MATERIAIS E MÉTODO

3.1. Matéria-prima

As amostras de polpa de caju e goiaba foram gentilmente cedidas pela De Marchi Indústria e Comércio De Frutas Ltda, na forma congelada.

3.1.1. Preparo do material integral

Inicialmente efetuou-se a homogeneização das polpas de caju e goiaba, separadamente; em seguida, obtiveram-se amostras de mistura de:

20 por cento de goiaba + 80 por cento de caju (20%goiaba80%caju)

80 por cento de goiaba + 20 por cento de caju (80%goiaba20%caju)

60 por cento de goiaba + 40 por cento de caju (60%goiaba40%caju)

40 por cento de goiaba + 60 por cento de caju (40%goiaba60%caju)

50 por cento de goiaba + 50 por cento de caju (50%goiaba50%caju)

Obtendo-se o total de sete amostras, sendo homogeneizada cada mistura, seguida pelo acondicionamento em sacos de polietileno, congelamento e estocagem, a temperatura de -20°C em freezer horizontal.

3.1.2. Preparo do material peneirado

As amostras foram obtidas pela passagem da polpa integral em peneiras de aço inoxidável 0,84 mm com agitador mecânico marca Produtest, no nível de agitação máxima durante 60 minutos, homogeneizadas e efetuadas as misturas nas mesmas proporções utilizadas no material integral, seguindo-se o acondicionamento em sacos de polietileno, congelamento e estocagem, a temperatura de -20°C em freezer horizontal.

3.1.3. Preparo do material centrifugado

As amostras centrifugadas foram obtidas pela centrifugação da polpa integral a 15000 rpm por 40 minutos, com o objetivo de se reduzir os sólidos insolúveis a zero. Foram, homogeneizadas e efetuadas misturas nas mesmas proporções utilizadas no material integral, seguindo-se o acondicionamento em sacos de polietileno, congelamento e estocagem, a temperatura de -20°C em freezer horizontal.

3.2. Métodos analíticos

Foram feitas as seguintes determinações:

3.2.1. pH

A determinação foi realizada utilizando o método potenciométrico, metodologia que se baseia na determinação da concentração hidrogeniônica (pH) com leitura direta em potenciômetro, como descrito no item nº 4.7.2 em LARA et al. (1976).

3.2.2. °Brix

Foi realizada através de leitura refratométrica. A metodologia baseia-se no fato de que os índices de refração de soluções aquosas de sacarose podem ser correlacionados com seu teor de sacarose. Tem-se, assim, uma correspondência entre os índices de refração e a percentagem de sacarose, à qual se dá o nome de graus Brix. A metodologia é descrita em PEARSON (1973).

3.2.3. Cinzas

Foi determinado através do método descrito pela AOAC (1984) e os resultados foram expressos em porcentagem (p/p).

O princípio deste método fundamenta-se na perda de peso, que ocorre quando o produto é incinerado a 525°C, com destruição da matéria orgânica, sem apreciável decomposição dos constituintes do resíduo mineral ou perda por volatilização.

3.2.4. Fibras

Determinada através do método Scharrer & Kurschner, descrito pelo ITAL (1990) e os resultados foram expressos em porcentagem (%).

O princípio deste método fundamenta-se em se determinar o teor de fibras como carboidratos não hidrolisáveis com ácidos.

3.3. Determinação dos dados reológicos

As medidas reológicas foram determinadas nas temperaturas de 10, 20, 30, 40, 50 e 60°C. Na determinação dos dados reológicos utilizou-se um reômetro de placas paralelas, Haake Rotovisco modelo RV 20 (Figura 3.1), equipado com um banho termostático, para controle da temperatura da amostra. Utilizou-se também o sistema de placas paralelas pq 45 com 45mm de diâmetro e separadas por uma distância 1,0 mm para polpas integrais e peneiradas, atingindo-se valores de taxa de deformação de 400 s⁻¹. Empregou-se o mesmo sistema de medida, com distância entre as placas de 0,1mm, para as polpas centrifugadas, atingindo-se taxas de deformação de 4000 s⁻¹. Este reômetro dispõe de sistema automático de aquisição de dados, para controle de sua operação registrando, a cada 2,4s, os dados de temperatura, viscosidade aparente, tensão de cisalhamento e taxa de deformação. Os experimentos foram feitos em triplicata utilizando-se, para cada repetição, uma nova amostra. O tempo de cada determinação experimental foi de 4 minutos, obtendo-se 40 pontos de deformação, dos quais vinte em escala ascendente e vinte em escala descendente.

Os dados obtidos no reômetro de tensão de cisalhamento e taxa de deformação aplicada, foram ajustados por regressão não-linear aos modelos Lei-da-Potência (eq. 2.2), Hershel-Bulkley (eq. 2.4), Casson (eq. 2.5), Mizrahi-Berk (eq. 2.6) através do Software Origin 5.0. Os dados experimentais para cada formulação e temperatura foram obtidos em triplicata usando-se, para cada análise, uma nova amostra, nas mesmas condições. No

ajuste para cada replicata tomou-se o valor médio da tensão de cisalhamento e taxa de deformação das curvas descendentes, pois estas apresentaram menos perturbações (menos picos) para todas as amostras.

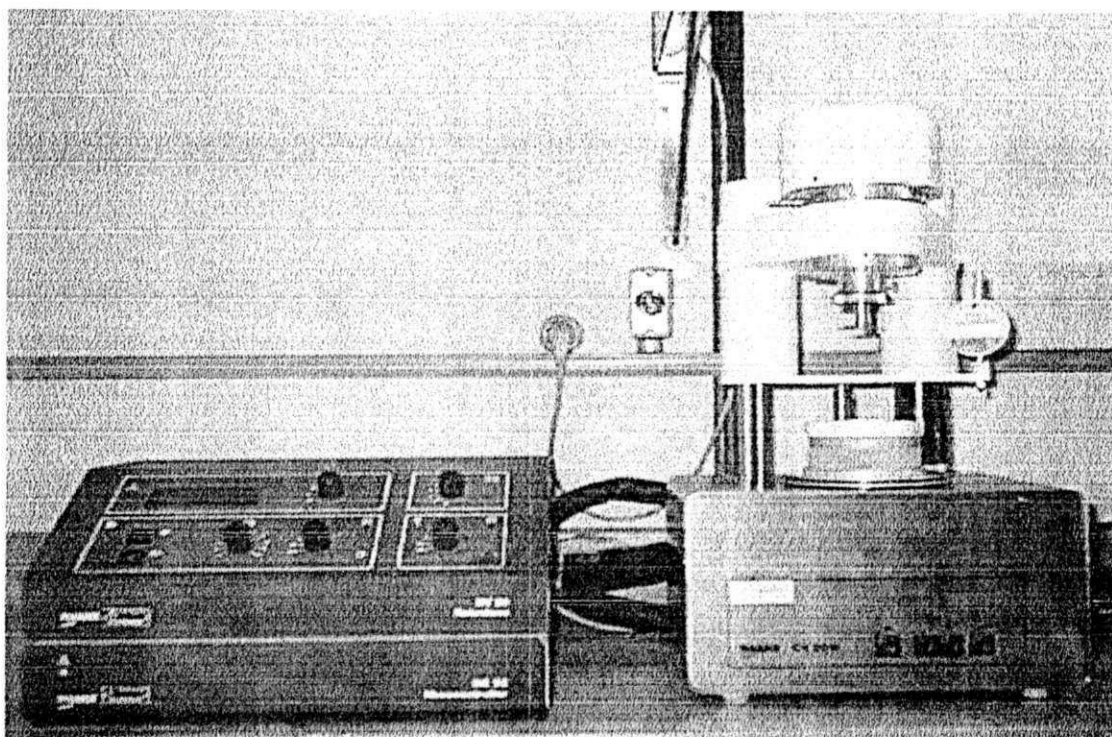


Figura 3.1 – Reômetro Haake modelo RV-20 com vista dos módulos de controle e dos suportes de sistemas de medição.

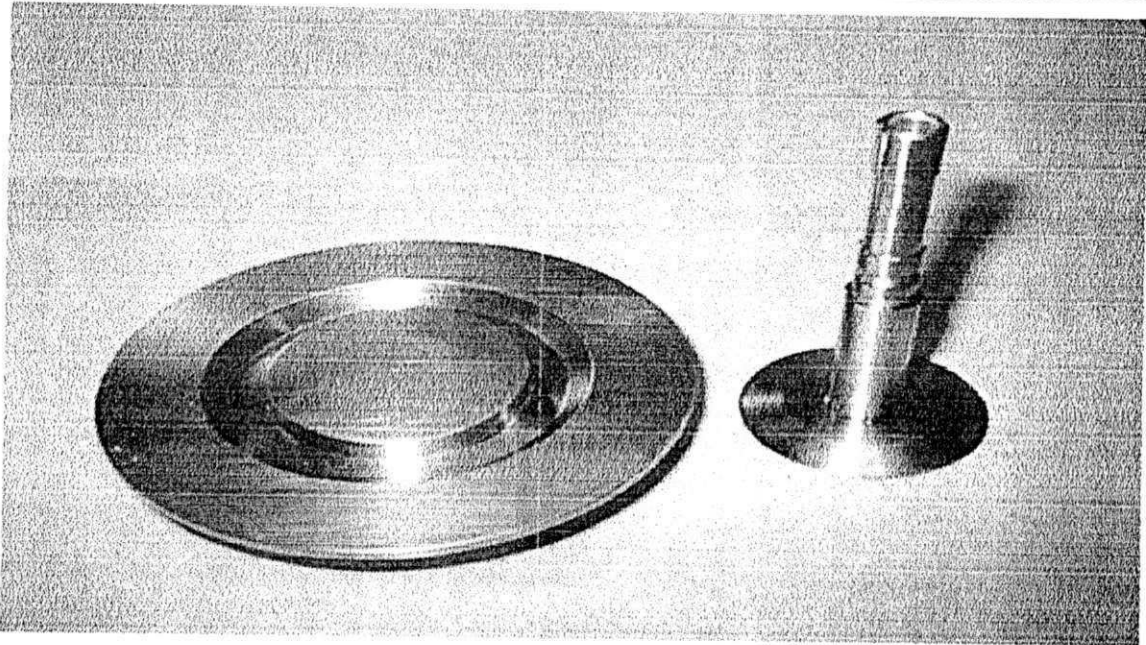


Figura 3.2 – Sistema de medição Pq 45 com vista do cilindro e da placa

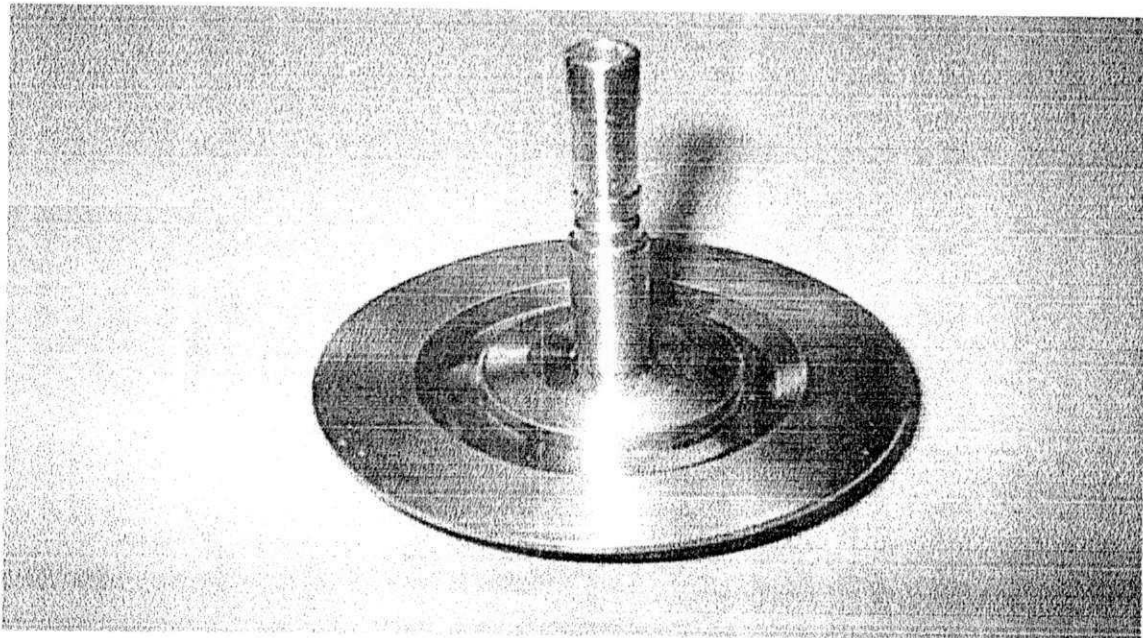


Figura 3.3 – Sistema de medição Pq 45 com vista do conjunto cilindro/placa

3.3.1. Medidas e cálculos dos dados reológicos

No estudo reológico realizaram-se, de início, testes preliminares para se verificar qual tipo de sistema de medida seria mais adequado para representar todas as amostras, nas diferentes temperaturas. Inicialmente, utilizou-se o sistema cilindros concêntricos, o qual não se mostrou adequado, uma vez que houve formação de “grumos” na polpa de caju, produzidos pela separação das fibras a medida em que transcorria o processo; passou-se, então, para o sistema de placas paralelas pq 45 (Figura 3.2 e 3.3) com distância entre as placas de 1mm, que se mostrou adequado para amostras integrais e peneiradas em todas as temperaturas e concentrações utilizadas. Para as amostras centrifugadas, utilizou-se o sistema pq 45 com distância entre as placas de 0,1mm.

3.3.2. Análise dos dados experimentais

Com os dados experimentais de tensão de cisalhamento e taxa de deformação obtidos no reômetro, foi feito o ajuste com os modelos reológicos de Mizrahi-Berk, Casson, Lei da Potência e Hershel-Bulkley, usando-se o Software Origin 5.0 para a obtenção dos parâmetros reológicos dos modelos. Os ajustes foram realizados sobre os pontos experimentais médios das curvas descendentes de taxa de deformação contra tensão de cisalhamento.

3.3.3. Análise estatística dos modelos

A análise dos ajustes dos modelos reológicos aos resultados experimentais foi feita através de parâmetros estatísticos. Os parâmetros utilizados foram:

– Coeficiente de determinação (R^2) - Mede a proporção da variação total da média explicada pela regressão, definida como a soma quadrática total:

$$R^2 = \frac{SQR}{SQT} = \frac{\sum (ypred - y)^2}{\sum (y_{obs} - y)^2}$$

Onde:

y = média amostral

SQR = Soma quadrática devido à regressão

SQT = soma quadrática total

– Qui-quadrado (χ^2) – Expressa a diferença entre os valores previstos pelo modelo e os valores obtidos experimentalmente

$$\chi^2 = \sum (y_{obs} - y_{pre})^2$$

Onde:

χ^2 = Teste do qui-quadrado;

y_{obs} = Valor experimental

y_{pred} = valor previsto pelo modelo

– Soma dos quadrados dos resíduos (SSR) – Identifica o erro no ajuste da curva.

Quanto maior o valor de χ^2 maior a diferença entre as frequências observadas e esperadas. Portanto, o modelo que melhor se ajusta é aquele com altos valores de R^2 e baixos valores de χ^2 e SSR.

4.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização físico-química

A composição química das frutas frescas pode variar em função da variedade, fertilidade do solo, época do ano, grau de maturação, porção do fruto e condições climáticas, dentre outras.

Na caracterização físico-química das amostras foram obtidos os valores apresentados na Tabela 4.1, determinados a partir de duas repetições.

Tabela 4.1. Caracterização físico-química das polpas de goiaba e caju

Polpas	pH	°Brix	Cinzas (%)	Fibras (%)
Goiaba	3,96	4,80	0,50	5,00
Caju	4,06	8,14	0,33	1,30

Os resultados obtidos de °Brix para a polpa de caju está na faixa de 18,6% menor e para polpa de goiaba na faixa de 31,4% menor em comparação aos valores recomendados no regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade polpa de fruta do Ministério da Agricultura e Abastecimento (BRASIL, 2000).

Os resultados obtidos para polpa de goiaba e caju integral estão na faixa dos valores encontrados por MAIA *et al.* (1998) conforme se vê na Tabela 4.2, com exceção apenas para os sólidos solúveis das polpas, cerca de 60% menos para a goiaba e 24% abaixo para o caju.

Tabela 4.2. Composição química da goiaba e caju segundo MAIA *et al.*,(1998)

Polpas	pH	°Brix	Cinzas (%)	Fibras (%)
Goiaba	3,82	12,10	0,53	5,06
Caju	4,13	10,70	0,33	1,50

4.2. Caracterização reológica

4.2.1. Determinação dos parâmetros reológicos

Dentre os modelos utilizados para descrever o comportamento reológico das polpas, o de Mizrahi-Berk proporcionou os melhores parâmetros de ajuste para as polpas, em todas as concentrações e temperaturas estudadas, pois apresentou menores valores para o χ^2 , SSR e maiores para R^2 . Os resultados dos ajustes obtidos utilizando-se os demais modelos reológicos, encontram-se nas Tabelas A.1 a A.12 (Apêndice).

Nas Tabelas 4.3 a 4.6 tem-se os valores dos parâmetros obtidos pelo ajuste dos dados experimentais ao modelo Mizrahi-Berk para polpa de goiaba e misturas 80%goiaba20%caju, 60%goiaba40%caju, 50%goiaba50%caju integrais.

Na Tabela 4.3 observa-se que os valores do índice de comportamento (n_M) estão abaixo da unidade, configurando caráter pseudoplástico para as amostras. Entre as amostras a 10°C e 20°C o n_M sofreu redução de cerca de 52%. A partir de 20°C até 60°C, o n_M apresentou uma variação máxima em torno de 33% entre 20°C e 30°C e mínima, de cerca de 7,5% entre as temperaturas de 20°C e 40°C; porém não se verifica tendência definida, ou seja, aumento nem decréscimo deste parâmetro com a temperatura. Em relação ao índice de consistência (K_M), observa-se variação máxima em torno de 73,9% entre 10°C e 50°C e mínima, cerca de 5,8% para 30°C e 60°C.

Tabela 4.3. Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para polpa de goiaba integral

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K_{0M}	1,8219	0,3899	0,1116	-0,0657	-0,9351	-0,4336
K_M	0,6918	2,1174	1,5611	1,9125	2,6499	1,6573
n_M	0,2594	0,1235	0,1642	0,1329	0,1062	0,1434
χ^2	0,0010	0,0019	0,0016	0,0011	0,0057	7,0391E-4
SSR	0,0173	0,0318	0,0264	0,0193	0,0975	0,0119
R^2	0,9981	0,9958	0,9971	0,9974	0,9876	0,9983

Referente à Tabela 4.4, nota-se que os valores de n_M estão todos abaixo da unidade, sendo então a amostra de caráter pseudoplástico. Os valores n_M apresentam tendência de decréscimo bem definida, mas, para a temperatura de 60°C em relação a 50°C ocorreu aumento pouco significativo (cerca de 4,6%). Os valores de K_M , tendem a aumentar com o acréscimo da temperatura entre 10°C e 50°C, cerca de 77,8%. Para este parâmetro também se observou que na temperatura de 60°C a tendência não foi a mesma, caso em que, ocorreu decréscimo de seu valor.

Tabela 4.4. Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para mistura de 80%goiaba20%caju integral

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K_{oM}	1,9542	1,4229	1,0645	0,7578	-0,6917	-0,2886
K_M	0,6105	0,9469	1,2422	1,6329	2,7568	2,4272
n_M	0,2688	0,2171	0,1819	0,1458	0,1079	0,1131
X^2	7,5275E-4	6,2436E-4	0,0026	0,0028	0,0047	0,0061
SSR	0,0128	0,0106	0,0442	0,0484	0,0806	0,1029
R^2	0,9984	0,9988	0,9947	0,9933	0,9902	0,9866

De acordo com a Tabela 4.5, nota-se que todos os valores de n_M estão abaixo da unidade, configurando um comportamento pseudoplástico. Para a faixa de temperatura compreendida entre 10°C e 60°C, observa-se que a menor variação, cerca de 61%, está para 30°C e 40°C, e a maior variação é de 100% para as temperaturas de 40°C e 60°C. O n_M diminui até 40°C. Em relação aos valores de K_M , a variação mínima é cerca de 33% para as temperaturas de 20°C e 50°C e a máxima de 100%, nas temperaturas 40° e 60°C. O K_M aumenta até 40°C.

Tabela 4.5. Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para mistura de 60%goiaba40%caju integral para taxa de deformação a partir de 100s⁻¹.

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K_{oM}	-69,8808	-336,4404	-1051,8709	-2332,1209	-224,7370	4,2702
K_M	74,5673	338,5335	1053,3403	2333,9479	226,4674	0,0186
n_M	0,0038	0,0021	7,7249E-4	2,9846E-4	0,0031	0,7259
X^2	0,0035	0,0078	0,0039	0,0032	8,3753E-4	1,7431E-4
SSR	0,0420	0,0934	0,0474	0,0384	0,0100	0,0021
R^2	0,8307	0,9298	0,9712	0,9681	0,9918	0,9981

No que se refere à Tabela 4.6, os valores de n_M para as temperaturas de 20°C e 30°C encontram-se acima da unidade, indicando comportamento dilatante para esta polpa nas referidas temperaturas. O comportamento dilatante é pouco comum em polpas e sucos de fruta, mas já foi observado por VARSHNEY & KUMBHAR (1978), que encontraram este comportamento em suco filtrado de abacaxi, a 7 °Brix e a temperatura de 45°C. No caso presente, a explicação estaria nas perturbações provocadas pelo envelhecimento das fibras longas presentes na polpa de caju. Para as demais temperaturas, tem-se valores menores que a unidade caracterizando, assim, comportamento pseudoplástico. Os valores de n_M estão próximos nas temperaturas de 50°C e 60°C, com diferença apenas de 18,6% e a maior variação, para os valores de n_M menores que a unidade, está para as temperaturas de 40°C e 60°C, com variação de 100%. Os valores de n_M tendem a diminuir para as temperaturas de 20°C a 60°C. Em relação ao parâmetro K_M , nota-se tendência de aumento entre as temperaturas 20°C a 60°C, cerca de 100%, e a menor variação está entre as temperaturas 50°C e 60°C, com uma diferença de 0,005%.

Tabela 4.6. Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para mistura de 50%goiaba50%caju integral para taxa de deformação a partir de 100s⁻¹.

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K_{oM}	-2219,4925	5,0549	5,21732	4,3648	-11499,0990	-11498,5398
K_M	2221,5614	5,0937E-4	0,0022	0,1901	11500,7725	11501,3308
n_M	2,8083E-4	1,2170	1,0393	0,4095	7,3939E-5	6,0158E-5
X^2	0,0086	0,0051	0,0116	0,0091	0,0070	0,0058
SSR	0,10316	0,0612	0,1392	0,1093	0,0847	0,0699
R^2	0,9007	0,8946	0,8733	0,9163	0,9534	0,9425

4.2.1.1. Curvas de escoamento para amostras integrais

Nas Figuras 4.1 a 4.4, mostram-se as curvas de taxa de deformação e tensão de cisalhamento obtidas nas diferentes temperaturas e concentrações dos materiais goiaba, 80%goiaba20%caju, 60%goiaba40%caju e 50%goiaba50%caju integrais.

Das Figuras 4.1 a 4.3, verifica-se que as inclinações das curvas de escoamento diminuem com o aumento da taxa de deformação evidenciando, assim, decréscimo da viscosidade aparente, com o aumento da taxa de deformação, confirmando visualmente o comportamento pseudoplástico das amostras.

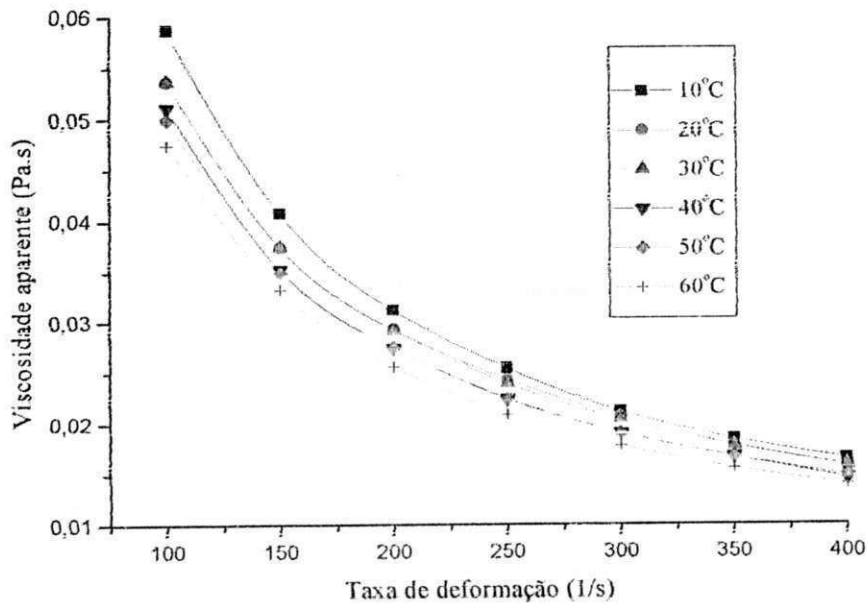


Figura 4.7. Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para mistura de polpa de 60%goiaba40%caju integral

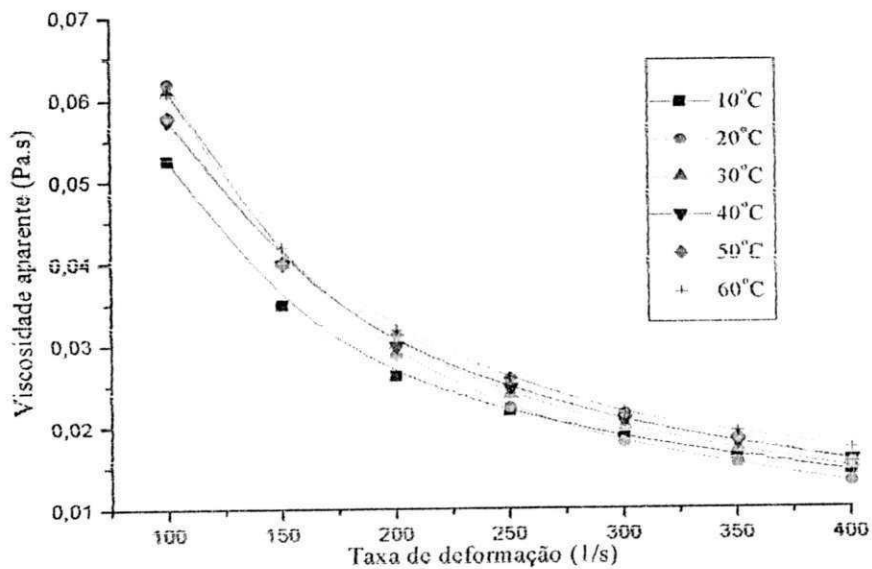


Figura 4.8. Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para mistura de polpa de 50%goiaba50%caju integral

As Tabelas 4.7 a 4.11 apresentam os valores dos parâmetros obtidos para as polpas peneiradas pelo ajuste dos dados experimentais ao modelo Mizrahi-Berk. Os demais modelos se encontram nas Tabelas A.13 a A.27 (Apêndice).

De acordo com a Tabela 4.7, observa-se que os valores do n_M se apresentam menores que a unidade, caracterizando as amostras como pseudoplásticas. Entre as amostras, o índice de comportamento de fluxo (n_M) apresentou variação máxima de 38% entre as temperaturas de 20°C e 60°C e variação mínima de 4,5% entre as temperaturas de 30°C e 60°C. Não se comprova comportamento definido, aumento ou redução no intervalo de temperatura estudado. Em relação aos valores de K_M , também não se verifica tendência de acréscimo ou diminuição definida, observando-se taxa de variação máxima de 71% para as temperaturas de 20°C e 30°C e variação mínima, entre as temperaturas de 20°C e 40°C, de cerca de 10%.

Tabela 4.7. Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para polpa de goiaba peneirada

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K_{oM}	0,7470	0,9271	0,3967	1,0748	1,0083	0,8766
K_M	0,1859	0,0896	0,3123	0,1001	0,1614	0,2417
n_M	0,4060	0,4761	0,3086	0,4366	0,3579	0,2946
X^2	3,1166E-4	3,6119E-4	5,4642E-4	8,1219E-5	1,4718E-4	9,5988E-4
SSR	0,0053	0,0061	0,0093	0,0014	0,0025	0,0163
R^2	0,9990	0,9980	0,9976	0,9994	0,9988	0,9914

Na Tabela 4.8, nota-se que todos os valores de n_M se apresentam menores que a unidade, caracterizando um fluido pseudoplástico. Os valores de n_M tendem a decrescer de 10°C a 50°C, numa ordem de 62%. Os valores do parâmetro K_M tendem a aumentar até a temperatura de 50°C, totalizando um aumento de 88,8%.

Tabela 4.8. Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para polpa de caju peneirada

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K_{oM}	2,4745	2,4348	2,3703	1,9954	1,7556	1,5460
K_M	0,0395	0,0634	0,1236	0,1275	0,3534	0,2173
n_M	0,5799	0,4908	0,3824	0,3537	0,2206	0,2792
X^2	0,0036	0,0039	0,0042	0,0053	0,0044	0,0022
SSR	0,0616	0,0677	0,071	0,0907	0,0745	0,0369
R^2	0,9749	0,9662	0,9600	0,9305	0,9450	0,9702

Observando-se a Tabela 4.9, constata-se que todos os valores de n_M apresentam-se menores que a unidade, resultado de um comportamento pseudoplástico em todas as temperaturas. Não se verifica, no entanto, tendência de variação definida para os valores de n_M e o percentual mínimo de diferença neste parâmetro se dá entre as temperaturas de 40°C e 50°C, com cerca de 0,6% e a diferença máxima ocorre entre 50°C e 60°C, em cerca de 30%. Em relação ao K_M não se observou tendência definida, apresentando variações em torno de 80% entre 20°C e 60°C e, nas demais temperaturas, encontram-se mais próximas entre si.

Tabela 4.9. Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para mistura 80%goiaba20%caju peneirados

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K_{oM}	1,0504	0,7337	1,0275	1,1559	1,1854	1,5694
K_M	0,1279	0,1832	0,1577	0,1743	0,1502	0,0355
n_M	0,4430	0,3898	0,3988	0,3712	0,3689	0,5276
X^2	$2,9911 \times 10^{-4}$	$7,8623 \times 10^{-4}$	$1,5366 \times 10^{-4}$	$4,1439 \times 10^{-4}$	$9,0014 \times 10^{-4}$	0,0037
SSR	0,0051	0,0134	0,0026	0,0070	0,0153	0,0621
R^2	0,9988	0,9968	0,9992	0,9976	0,9927	0,9404

Analisando a Tabela 4.10, nota-se que os valores de n_M se mostram menores que a unidade em todas as temperaturas, valores conferidos pelas amostras com características pseudoplásticas. Os valores de n_M oscilam com a temperatura, e entre 20°C e 50°C verificou-se aumento de 59%. A diferença máxima está compreendida entre as temperaturas de 50°C e 60°C (cerca de 100%). Em relação ao K_M , ocorreu decréscimo

entre 20°C a 50°C de 98,7%. A maior diferença se dá entre as temperaturas de 50°C e 60°C, cerca de 100%.

Tabela 4.10. Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para mistura 60%goiaba40%caju peneirados para taxa de deformação a partir de 100s⁻¹.

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K_{oM}	1,7489	1,3619	1,4833	2,3104	1,8329	-306,0986
K_M	0,0507	0,1574	0,0760	0,0025	0,0020	306,2847
n_M	0,5798	0,4081	0,5045	0,9092	0,9931	9,5367E-4
X^2	2,1804E-4	1,6298E-4	2,4019E-4	6,1857E-4	0,0053	0,0037
SSR	0,0026	0,00196	0,0029	0,0074	0,0632	0,0444
R^2	0,9976	0,9976	0,9965	0,9702	0,8827	0,8236

Com relação à Tabela 4.11, a amostra apresentou-se com valor de n_M maior que 1 (um) para temperatura de 30°C, o que confere à polpa uma característica dilatante, comportamento semelhante ao ocorrido nas temperaturas de 20°C e 30°C para polpa de 50%goiaba50%caju integral, enquanto as demais temperaturas se apresentam com valores menores que a unidade, seguindo um comportamento pseudoplástico. Os valores de n_M não variaram de maneira definida com a temperatura, apresentando variação máxima entre as temperaturas de 10°C e 60°C, cerca de 100% e a variação mínima está compreendida entre as temperaturas 10°C e 20°C cerca de 10%. Os valores de K_M oscilaram com a variação da temperatura, apresentando as maiores variações em torno de 100% para as temperaturas de 30°C e 60°C e a menor variação foi para as temperaturas de 20°C e 50°C (cerca de 12,7%).

Tabela 4.11. Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para mistura 50%goiaba50%caju peneirados para taxa de deformação a partir de 100s⁻¹.

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K_{oM}	1,7861	1,7763	2,4608	1,4589	1,8290	-4032,7730
K_M	0,0555	0,0765	3,4527E-6	0,1175	0,0668	4033,1187
n_M	0,5606	0,5027	1,9586	0,4095	0,4719	1,0408E-4
X^2	6,1719E-5	1,481E-4	4,4272E-4	3,0861E-4	5,5217E-4	0,0057
SSR	7,4063E-4	0,0018	0,0053	0,0037	0,0066	0,0689
R^2	0,9992	0,9978	0,9778	0,9919	0,9831	0,8597

4.2.1.3. Curvas de escoamento para amostras peneiradas

As Figuras 4.9 a 4.13 mostram as relações taxa de deformação e tensão de cisalhamento, obtidas em diferentes temperaturas (10 a 60°C) e concentrações como polpas de caju, goiaba, 80%goiaba20%caju, 60%goiaba40%caju, 50%goiaba50%caju peneirados.

Analisando-se as Figuras 4.9 a 4.11, vê-se que a inclinação das curvas de escoamento diminui com aumento da taxa de deformação, indicando o decréscimo da viscosidade aparente com aumento da taxa de deformação típica dos fluidos pseudoplásticos. Nas Figuras 4.12 e 4.13, isto não se observa, devido à pequena pseudoplasticidade, ou mesmo dilatância, como visto na amostra 50%goiaba50%caju integral nas temperaturas de 20°C e 30°C.

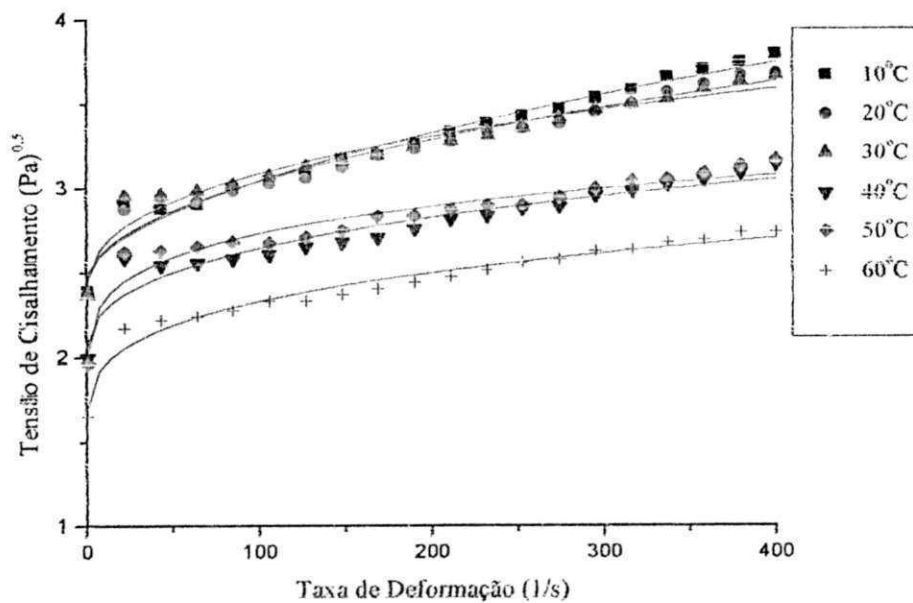


Figura 4.9. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de caju peneirada.

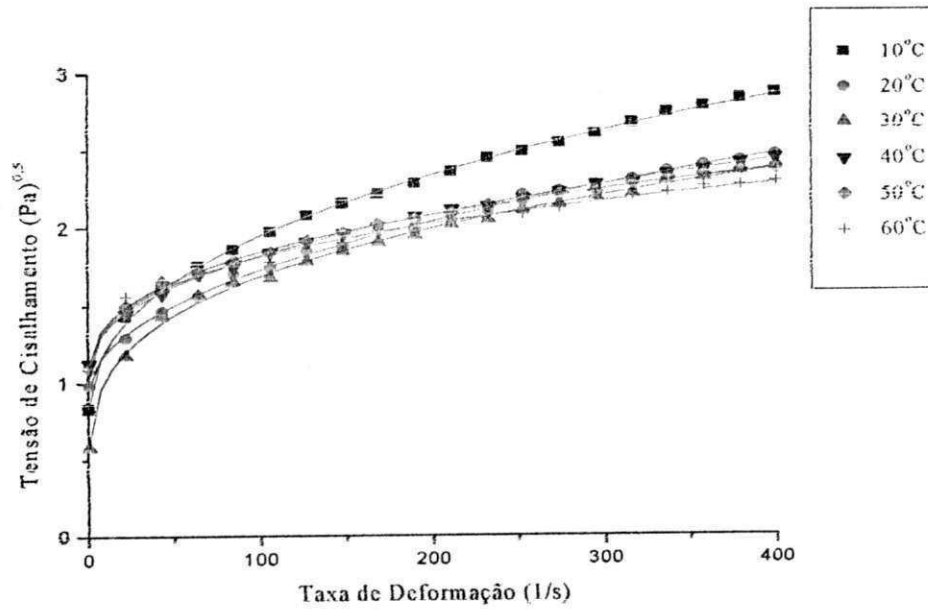


Figura 4.10. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de goiaba peneirada

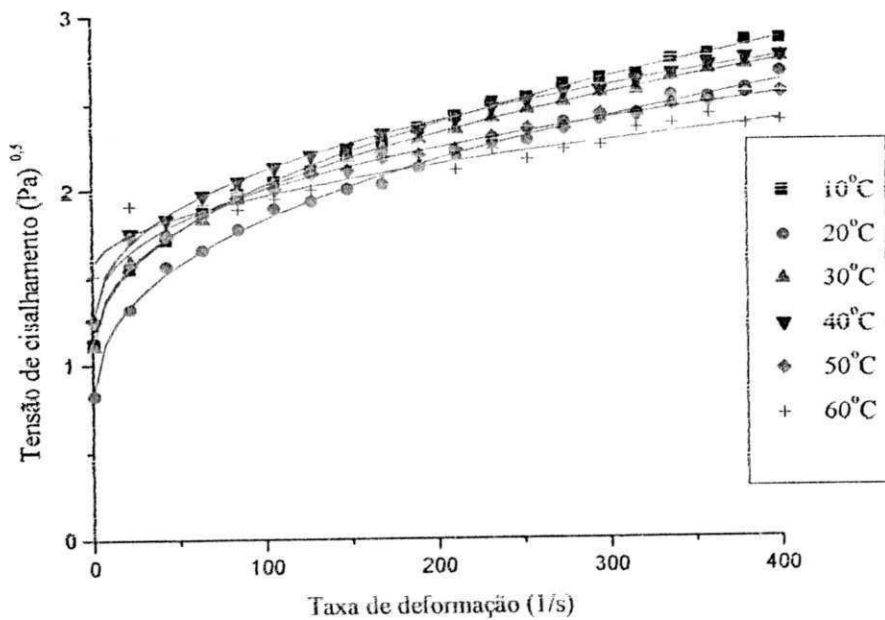


Figura 4.11. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa de 80%goiaba20%caju peneirados.

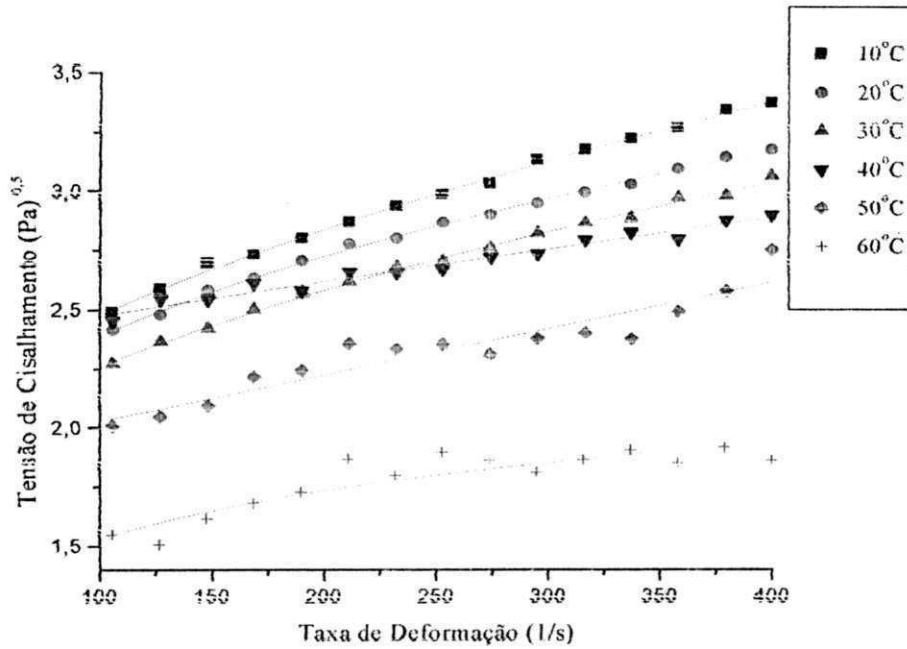


Figura 4.12. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa de 60%goiaba40%caju peneirados

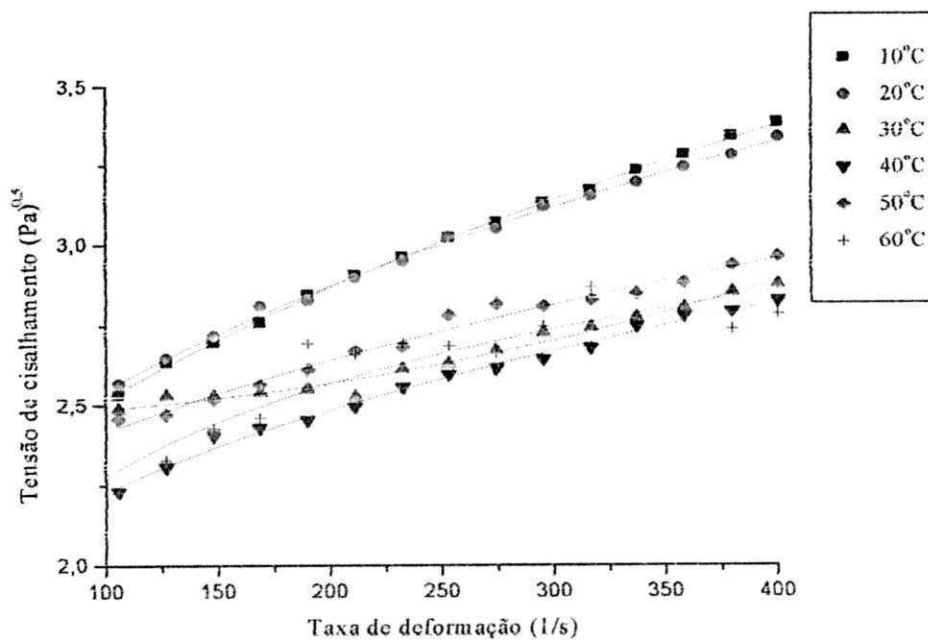


Figura 4.13. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa de 50%goiaba50%caju peneirado

4.2.1.4. Curvas de viscosidade aparente para amostras peneiradas

Os valores de viscosidade aparente foram obtidos a partir do modelo Mizrahi-Berk, para taxa de deformação a partir de 50s^{-1} para as polpas de goiaba, caju e 80%goiaba20%caju peneiradas, sendo as demais a partir de 100s^{-1} e foram graficadas em função da taxa de deformação.

Nas Figuras 4.14 a 4.18 são apresentadas as relações entre viscosidade aparente e taxa de deformação para as amostras de polpa de goiaba, caju, 80%goiaba20%caju, 60%goiaba40%caju, 50%goiaba50%caju peneirados, respectivamente.

Observa-se, na Figura 4.17, que para a maioria das taxas de deformação a viscosidade aparente diminui a medida em que aumenta a temperatura. Para Figura 4.14, nota-se que as curvas das temperaturas se encontram muito próximas e formam três blocos em que, no de cima encontram as curvas de 10°C , 20°C e 30°C , seguidas pelo bloco das temperaturas de 40°C e 50°C e, logo abaixo, a curva de 60°C . Na Figura 4.15, a curva da temperatura de 10°C encontra-se praticamente separada das demais; estas se encontram entrelaçadas e próximas, situadas logo abaixo. Na Figura 4.16, as curvas estão agrupadas e próximas para taxa de deformação a partir de 100s^{-1} . Na Figura 4.18, as curvas das temperaturas de 10°C e 20°C , se acham bem próximas e, logo abaixo, encontram-se as demais curvas, também entrelaçadas.

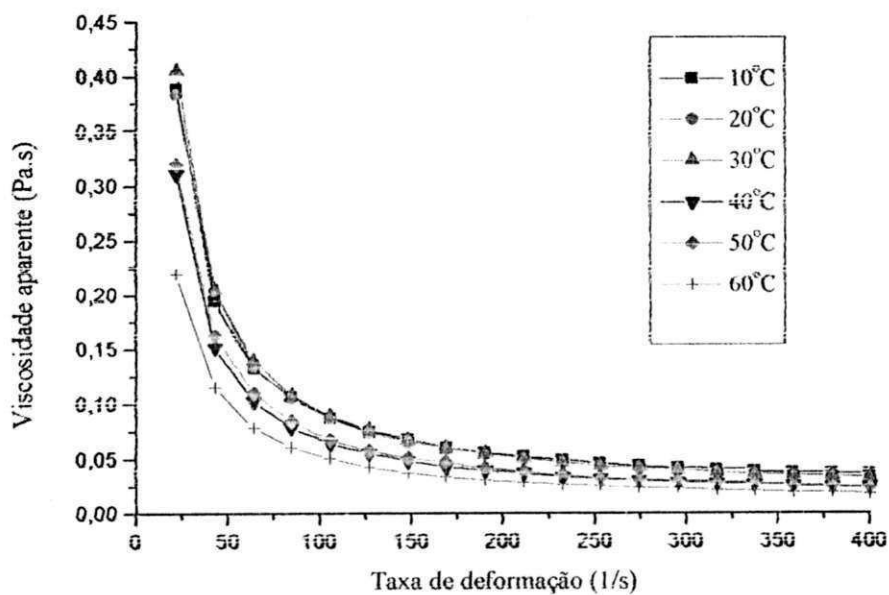


Figura 4.14. Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para polpa de caju peneirado

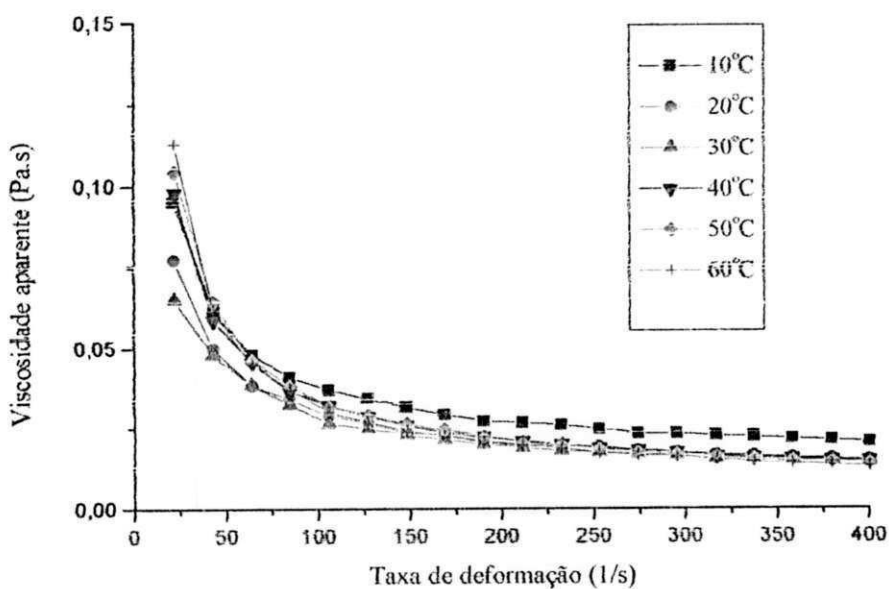


Figura 4.15. Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para polpa de goiaba peneirada.

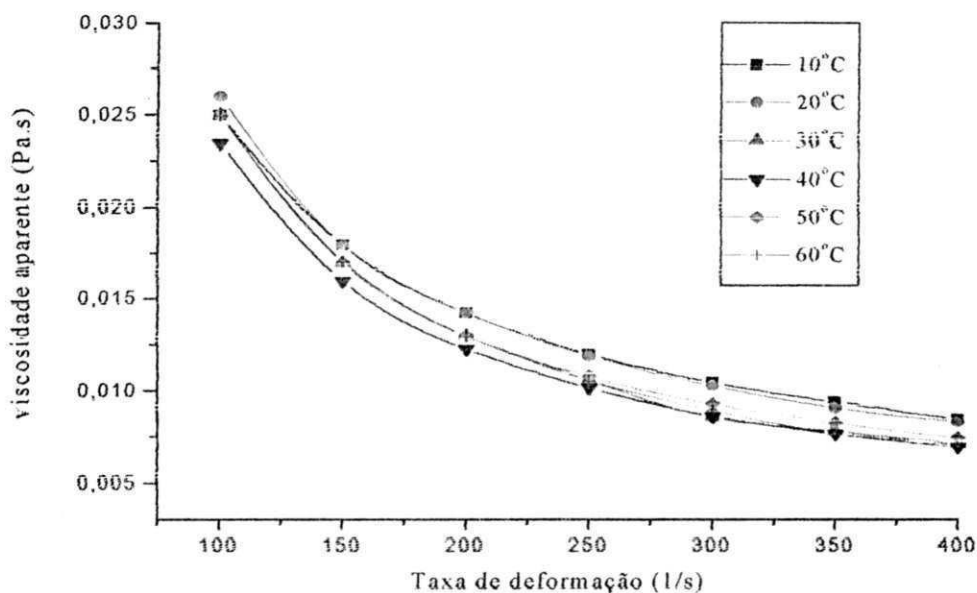


Figura 4.18. Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para mistura de polpa de 50%goiaba50%caju peneirados

As Figuras 4.19 a 4.23 mostram as relações entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpas de caju, 80%caju20%goiaba, 60%caju40%goiaba integrais e 80%caju20%goiaba, 60%caju40%goiaba peneirados.

No caso dessas polpas, observa-se que o conjunto de pontos apresenta um comportamento aleatório, com distribuição dispersa, tornando pouco representativa a utilização de modelos reológicos para definir um comportamento genérico a partir dos pontos experimentais. Tal comportamento é comprovado nas amostras de polpa de caju ou nas combinações em que a proporção da polpa de caju ultrapassa 50%, podendo ser atribuído às fibras longas presentes neste material.

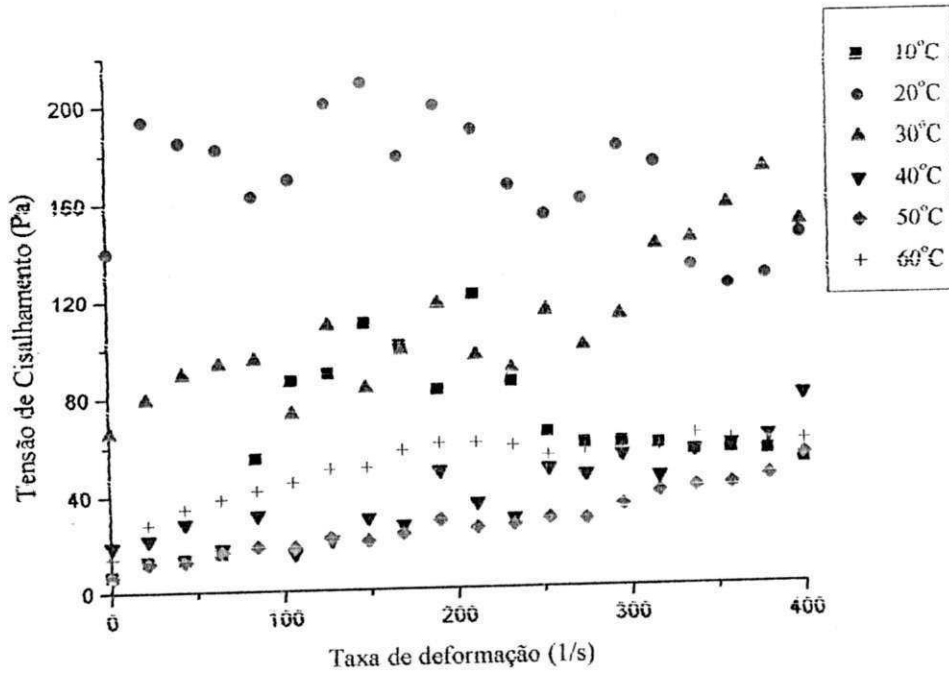


Figura 4.19. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de caju integral

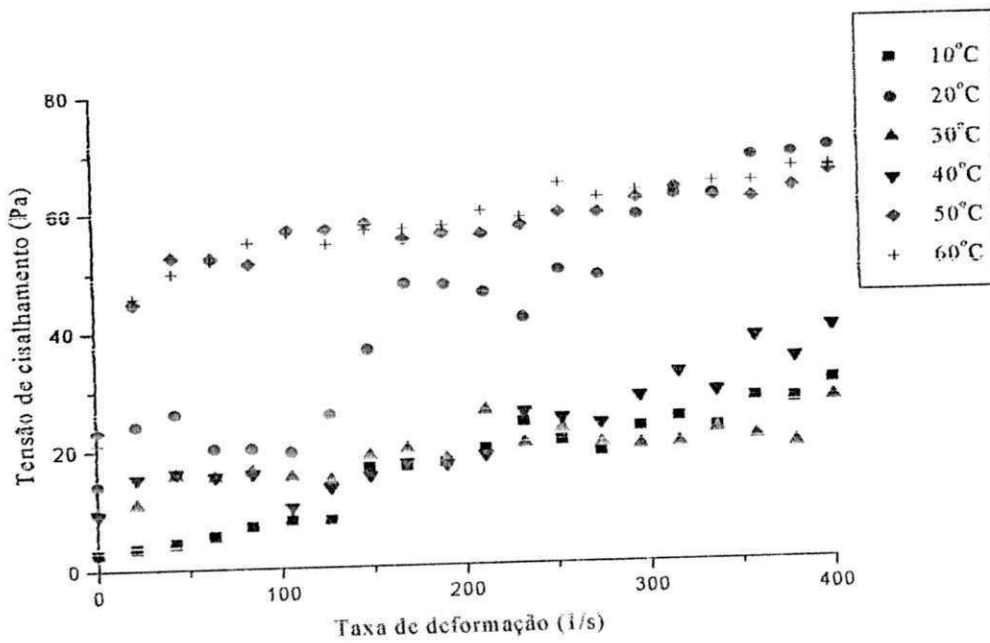


Figura 4.20. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa 80%caju 20%goiaba integral.

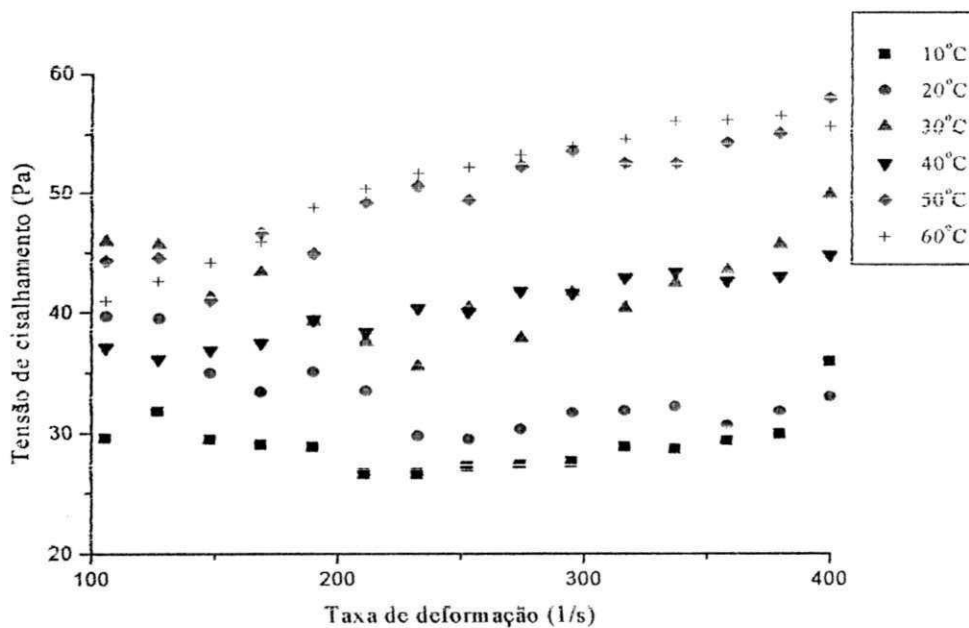


Figura 4.21. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa 60%caju40%goiaba integral.

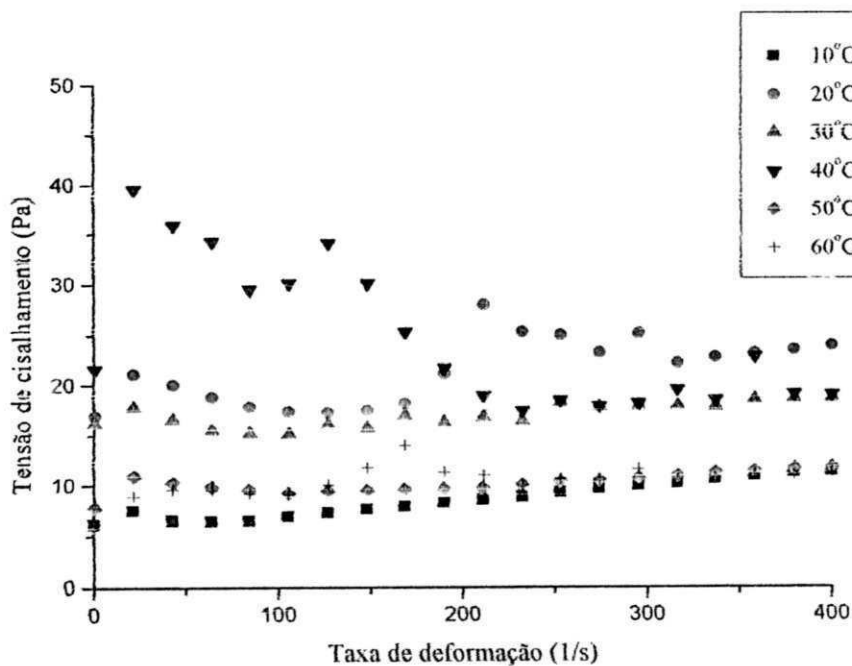


Figura 4.22. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa 80%caju20%goiaba peneirados.

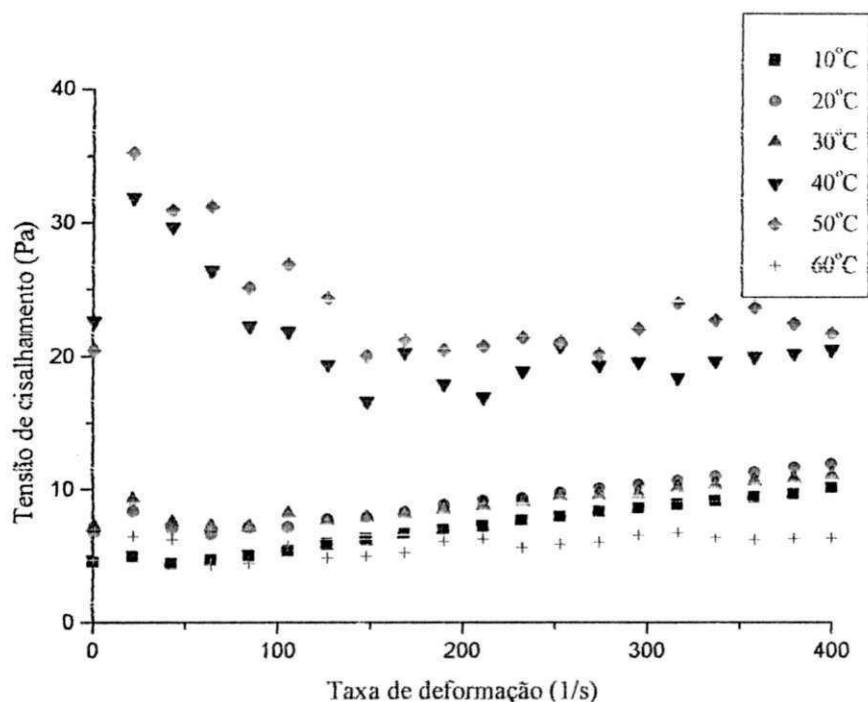


Figura 4.23. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa de 60%caju40%goiaba peneirados.

4.2.2. Curvas de comparação entre materiais integrais e peneirados

Nas Figuras 4.24 a 4.35 representam-se as relações entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação para amostras integrais e peneiradas de goiaba, 80%goiaba20%caju, 60%goiaba40%caju, 50%goiaba50%caju, nas temperaturas de 10, 30 e 60°C, ajustadas ao modelo Mizrahi-Berk.

Comparando-se o conjunto das curvas das Figuras 4.24 a 4.35, observa-se que as curvas referentes às amostras peneiradas se acham bem abaixo das curvas de materiais integrais, demonstrando a influência dos sólidos insolúveis, que assumem papel importante no comportamento reológico do material. Observa-se, também, que aumentaram os distanciamentos das curvas referentes aos materiais peneirados em relação aos integrais, com a incorporação das polpas de caju às amostras de polpa de goiaba.

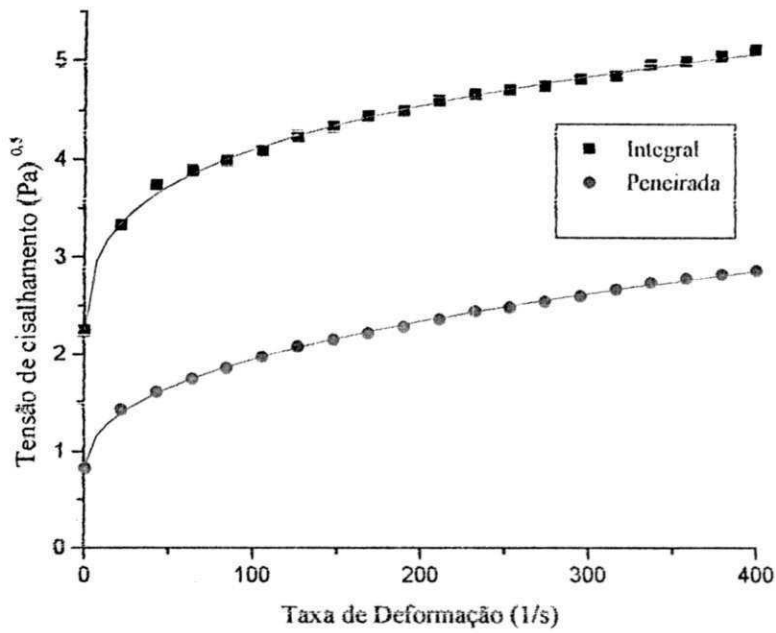


Figura 4.24. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de goiaba integral e peneirada a 10°C.

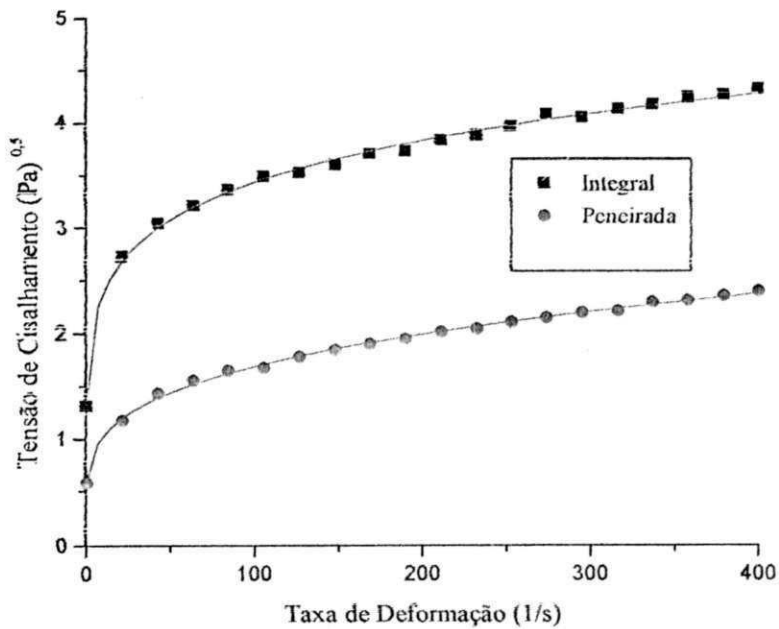


Figura 4.25. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de goiaba integral e peneirada a 30°C.

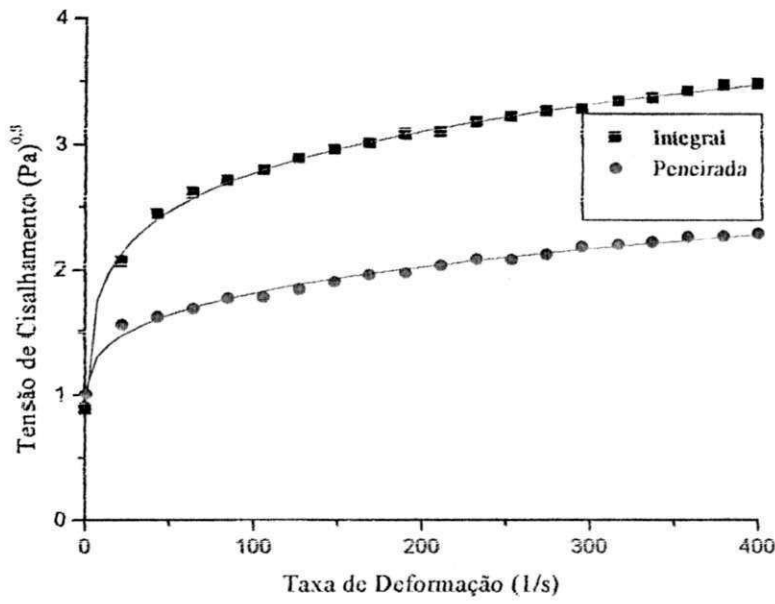


Figura 4.26. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de goiaba integral e peneirada a 60°C.

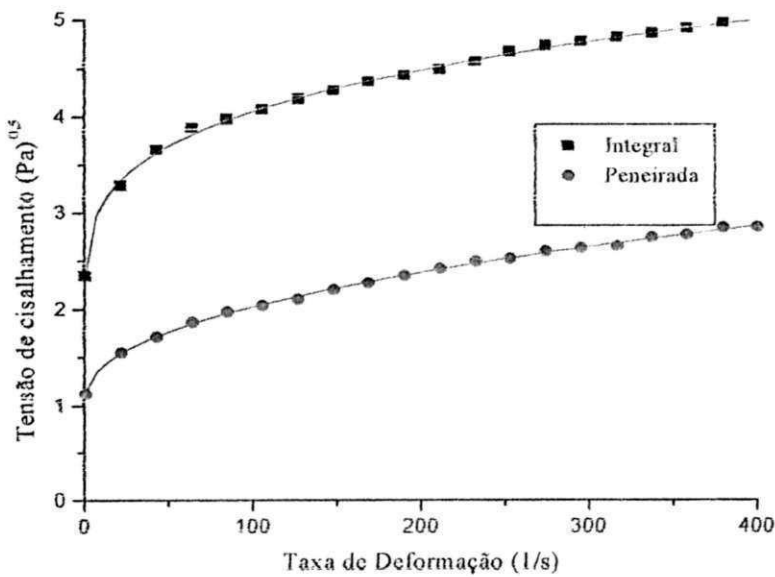


Figura 4.27. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de 80% goiaba e 20% caju integral e peneirada a 10°C.

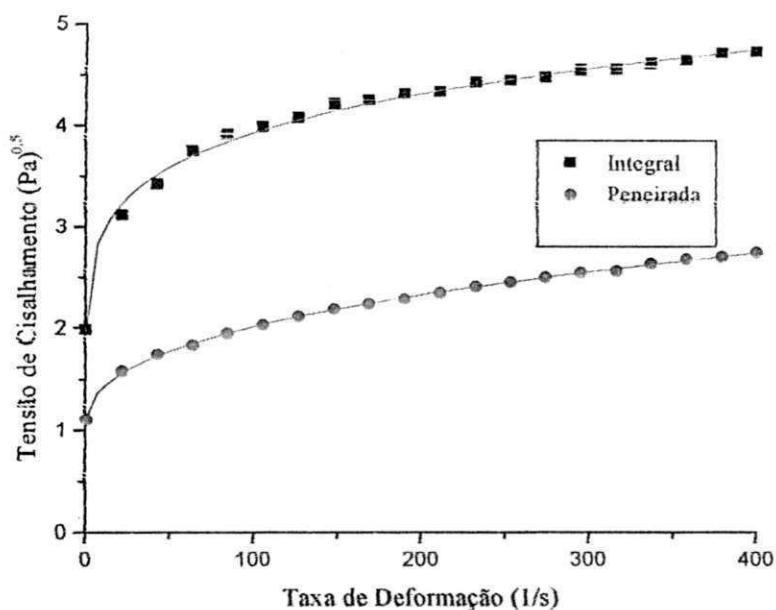


Figura 4.28. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de 80%goiaba20%caju integral e peneirada a 30°C.

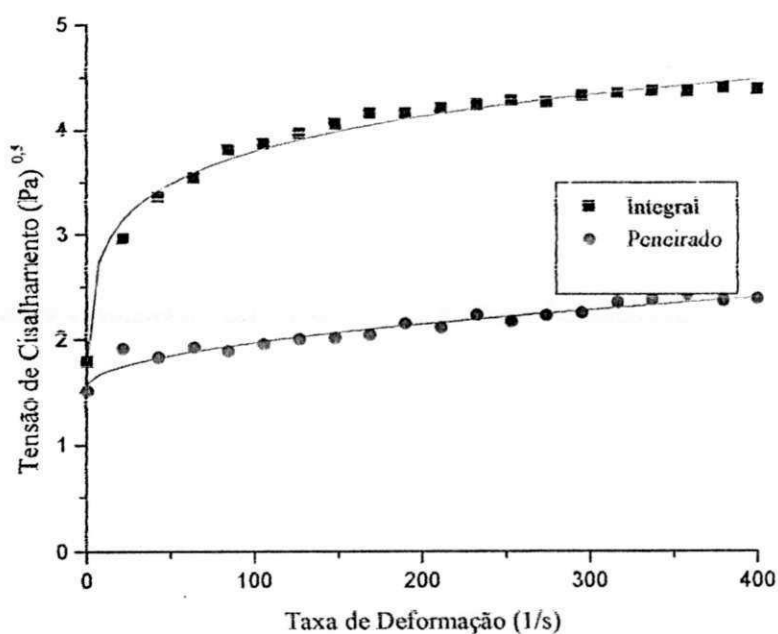


Figura 4.29. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de 80%goiaba20%caju integral e peneirada a 60°C.

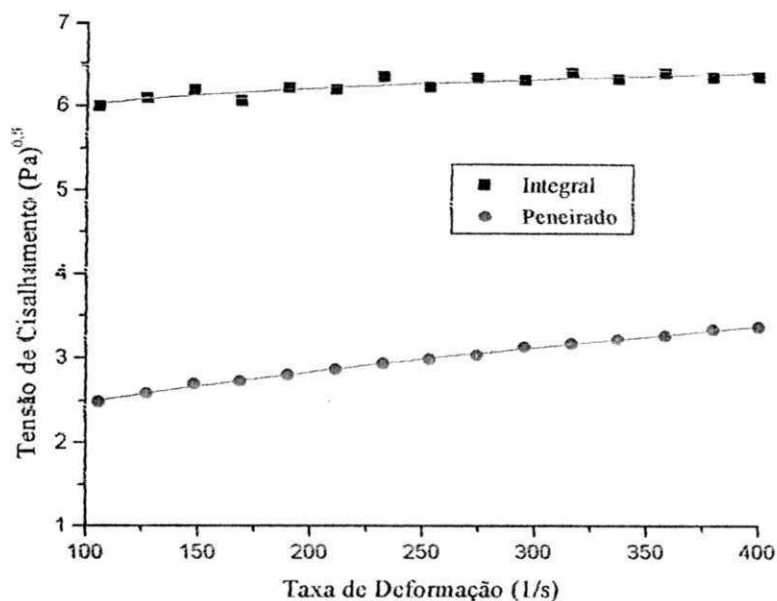


Figura 4.30. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de 60%goiaba40%caju integral e peneirada a 10°C.

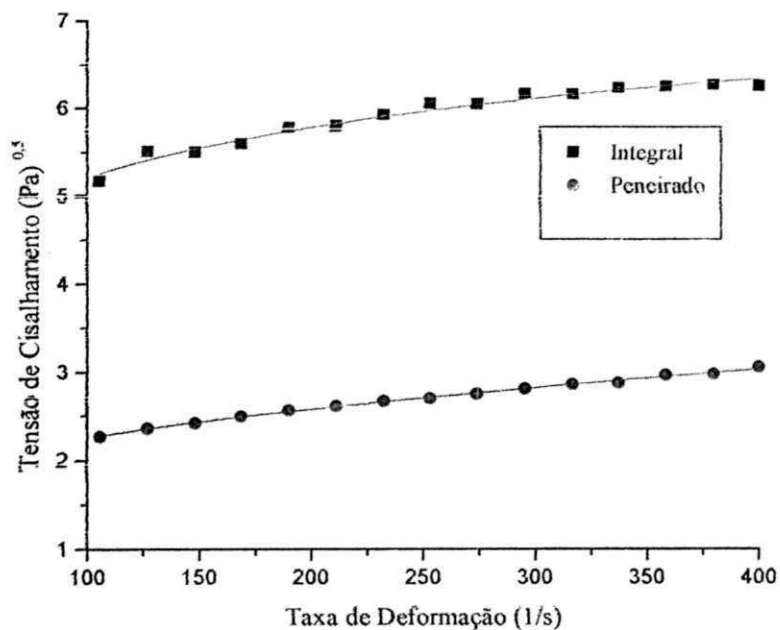


Figura 4.31. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de 60%goiaba40%caju integral e peneirada a 30°C.

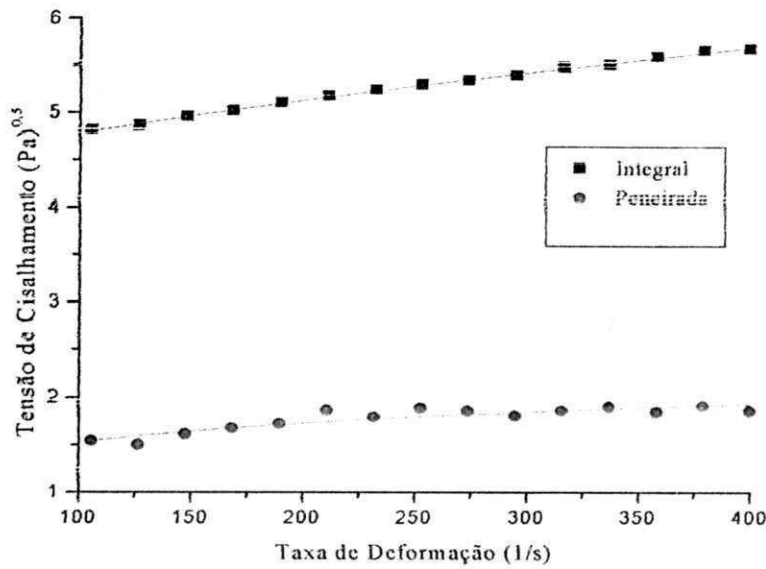


Figura 4.32. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de 60%goiaba40%caju integral e peneirada a 60°C.

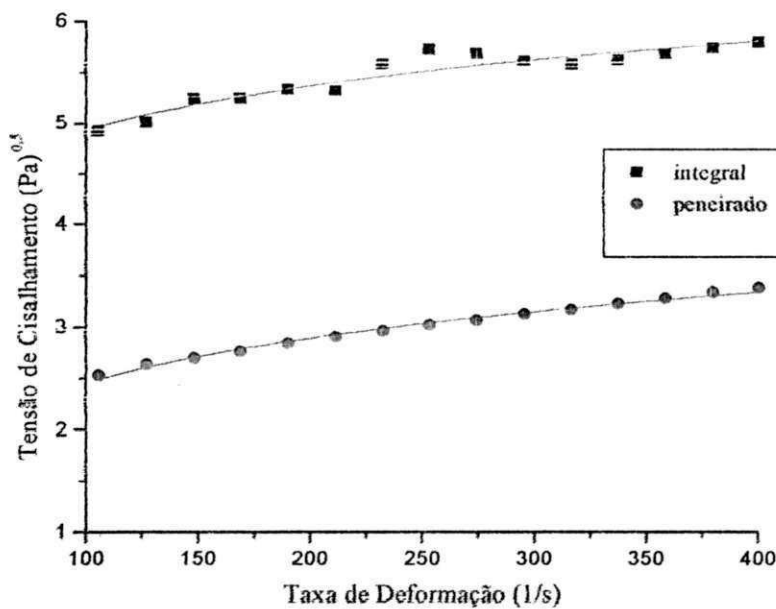


Figura 4.33. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de 50%goiaba50%caju integral e peneirada a 10°C.

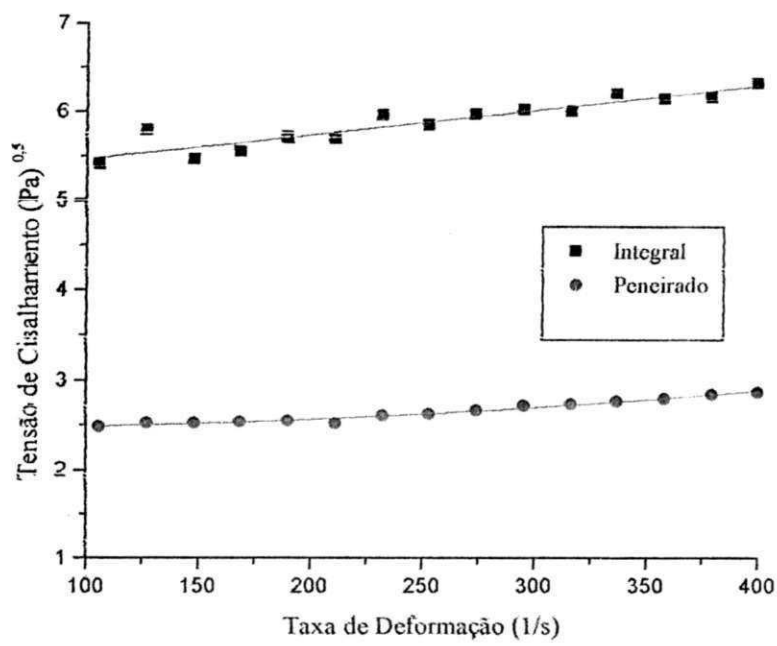


Figura 4.34. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de 50%goiaba50%caju integral e peneirada a 30°C.

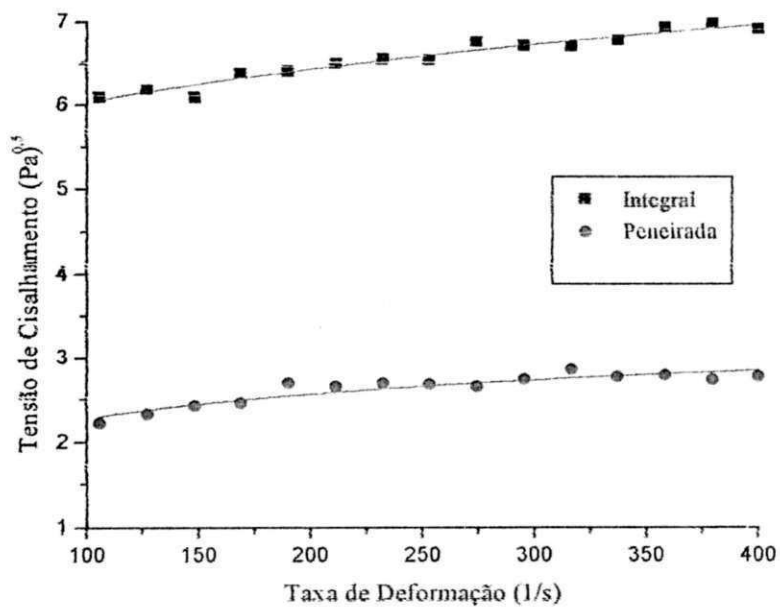


Figura 4.35. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de 50%goiaba50%caju integral e peneirada a 60°C.

Nas Tabelas 4.12 a 4.18 apresentam-se os valores dos parâmetros de ajuste para polpas centrifugadas, através do modelo Mizrahi-Berk. Os resultados dos parâmetros de ajuste através de outros modelos encontram-se nas Tabelas A.28 a A.48 (Apêndice).

Analisando a Tabela 4.12, observa-se que os valores de n_M se apresentam menores que 1 (um) conferindo à polpa característica pseudoplástica. Os valores de n_M mostram variação máxima nas temperaturas de 10°C e 40°C, cerca de 25,6%, e variação mínima nas temperaturas de 20°C e 40°C, cerca de 1%. Com relação ao K_M , estes também variaram de modo não uniforme com a temperatura, apresentando variação mínima para as temperaturas de 10°C e 30°C, cerca de 1,6%, e variação máxima para as temperaturas de 20°C e 60°C de 83%.

Tabela 4.12. Parâmetros do modelo Mizrahi-Berk. para polpa de caju centrifugada

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K_{oM}	0,098	-0,0412	0,4573	-0,0983	-0,1785	0,2765
K_M	0,0048	0,0209	0,0049	0,0198	0,0086	0,0035
n_M	0,7607	0,5713	0,7030	0,5663	0,6741	0,7296
X^2	0,0149	0,0038	7,1676E-4	0,0022	0,0086	0,0017
SSR	0,2532	0,0642	0,0122	0,0382	0,147	0,0296
R^2	0,9791	0,9924	0,9973	0,9945	0,9827	0,9919

De acordo com a Tabela 4.13, observa-se que todos os valores de n_M se apresentam menores que 1 (um) caracterizando, assim, comportamento pseudoplástico. Os valores de n_M , não apresentam comportamento definido, com variação máxima para as temperaturas de 10°C e 60°C, em torno de 33%, e variação mínima para as temperaturas de 20°C e 30°C, em torno de 0,3%. Em relação ao K_M , nota-se que, com o aumento da temperatura, houve um decréscimo até 60°C, exceto para a temperatura de 50°C com um aumento em relação à temperatura de 40°C, em torno de 27%.

Tabela 4.13. Parâmetros do modelo Mizrahi-Berk. para polpa de goiaba centrifugada

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K_{oM}	-0,0685	-0,1282	0,1444	0,2392	0,0958	-0,0488
K_M	0,0566	0,0332	0,0289	0,0155	0,0213	0,0046
n_M	0,4987	0,5504	0,5487	0,6163	0,5830	0,7449
X^2	0,0036	0,0039	0,0062	0,0043	0,0028	0,0048
SSR	0,0622	0,0657	0,1055	0,0724	0,0473	0,0822
R^2	0,9963	0,9955	0,9903	0,9929	0,9956	0,9899

De acordo com a Tabela 4.14, os valores de n_M foram menores que 1 (um), mostrando, assim, que a polpa apresenta comportamento pseudoplástico em todas as temperaturas. O aumento da temperatura no n_M não apresenta tendência definida, devido à variação máxima de 23% nas temperaturas de 50°C e 60°C, porém nas temperaturas de 10°C e 20°C essa diferença não foi tão significativa, cerca de 0,4%. O K_M oscila indefinidamente com a temperatura, apresentando a maior variação de 85% para 50°C e 60°C e a menor variação em torno 8% nas temperaturas de 10°C e 20°C.

Tabela 4.14. Parâmetros do modelo Mizrahi-Berk. para 40%caju60%goiaba centrifugados

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K_{oM}	0,3016	0,3803	0,3224	0,3122	0,0242	0,6535
K_M	0,0168	0,0154	0,0077	0,0120	0,0233	0,0035
n_M	0,6179	0,6154	0,6877	0,6304	0,5616	0,7321
X^2	0,0048	0,0051	0,0054	9,0314E-4	0,0042	0,0017
SSR	0,0817	0,0871	0,0923	0,0153	0,0710	0,0282
R^2	0,9933	0,9912	0,9894	0,9980	0,9919	0,9927

Analisando-se a Tabela 4.15, todos os valores de n_M são menores que a unidade determinando, deste modo, comportamento pseudoplástico em todas as temperaturas. O aumento da temperatura na amostra provoca acréscimo gradativo nos valores de n_M , com exceção da temperatura de 20°C em relação a 10°C, que apresenta aumento de 29%. Comparando o n_M a 10°C com o de 60°C, vê-se um aumento de 38,5%. O índice de consistência tende a diminuir com a temperatura, sendo que a 20°C houve um brusco decréscimo de 88% em relação a 10°C, enquanto a faixa de decréscimo entre 10° e 60°C foi de 94,5%.

Tabela 4.15. Parâmetros do modelo Mizrahi-Berk. para 60%caju40%goiaba centrifugados

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K_{oM}	-0,0636	0,5205	0,1399	-0,1002	-0,1105	-0,1358
K_M	0,0571	0,0068	0,0162	0,0154	0,0131	0,0031
n_M	0,4806	0,6784	0,5949	0,6157	0,6234	0,7813
X^2	0,0037	0,0012	0,0018	0,0034	0,0083	0,0055
SSR	0,0631	0,0207	0,0312	0,0581	0,1412	0,0934
R^2	0,995	0,9963	0,9959	0,9941	0,9830	0,9868

Pela Tabela 4.16, observa-se que em todas as temperaturas o índice de comportamento apresenta-se menor que 1 (um), configurando um comportamento pseudoplástico para amostra. O aumento da temperatura causa variações indefinidas nos parâmetros n_M e K_M . Em relação ao n_M , a menor variação está nas temperaturas de 20°C e 40°C com 2,5% e a maior está para as temperaturas de 20°C e 60°C, com cerca de 43,7%, enquanto para o parâmetro K_M a maior variação se encontra entre as temperaturas de 20°C e 60°C, em torno de 97,8%.

Tabela 4.16. Parâmetros do modelo Mizrahi-Berk. para 20%caju80%goiaba centrifugados

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K_{oM}	0,1886	-0,1355	0,1249	-0,1109	0,3614	0,4444
K_M	0,0283	0,0442	0,0227	0,0383	0,0027	9,7148E-4
n_M	0,5529	0,5016	0,5686	0,5148	0,7817	0,8915
X^2	0,0078	0,0042	0,0019	0,0018	0,0011	0,0018
SSR	0,1321	0,0723	0,0329	0,0302	0,0191	0,0309
R^2	0,9882	0,9934	0,9965	0,9971	0,9964	0,99307

Analisando a Tabela 4.17, nota-se que os valores de n_M em todas as temperaturas são menores que 1 (um) caracterizando as amostras como pseudoplásticas. A temperatura causa variações indefinidas, tanto para o n_M quanto para o K_M . Em relação ao n_M , a variação máxima corresponde a 43% e se encontra entre as temperaturas de 20°C e 60°C e a mínima diferença de 1,5% para as temperaturas de 10°C e 40°C. O K_M apresenta a menor variação na faixa de 21,5% para as temperaturas de 10°C e 40°C e a maior, cerca 97,5% nas temperaturas de 20°C e 60°C.

Tabela 4.17. Parâmetros do modelo Mizrahi-Berk. para 80%caju20%goiaba centrifugados

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K_{oM}	-0,1088	-0,1092	-0,0971	-0,0897	-0,0471	0,0790
K_M	0,0132	0,0292	0,0248	0,0104	0,0095	7,3405E-4
n_M	0,6385	0,5298	0,5460	0,6479	0,6278	0,9279
X^2	0,0105	0,0044	0,0017	0,0027	0,0014	0,0028
SSR	0,1789	0,0746	0,0283	0,0464	0,0236	0,0474
R^2	0,9837	0,9906	0,9963	0,9941	0,9949	0,99

Analisando-se a Tabela 4.18, observa-se que os valores de n_M encontram-se todos acima da unidade, caracterizando o fluido como dilatante. A presença de dilatância em combinações onde a polpa de caju atinge 50% da composição total, já observada nos materiais integral e peneirado, não é observada nas polpas puras de caju, sugerindo então uma interação entre as polpas das duas frutas que altera o comportamento individual de cada uma delas. Uma hipótese para se explicar este efeito seria a combinação da pectina presente em maior proporção na polpa de goiaba com as fibras da polpa de caju presente, mesmo que apenas em traços, no material centrifugado. Os parâmetros n_M e K_M variam com a temperatura, não apresentando tendência definida. Entre as amostras a 10°C e 20°C o n_M sofre um aumento de 7,6%. A partir de 20°C até 60°C este parâmetro apresenta uma variação mínima de 14% e uma variação máxima de 20%. O K_M mostra uma variação máxima para as temperaturas de 20°C e 30°C, correspondente a 86,6%, e variação mínima entre as temperaturas de 30°C e 40°C, correspondente a 2,6%.

Para mistura de 50%caju50%goiaba centrifugados, o melhor modelo foi Hershel-Bulkley, pelo fato de apresentar os melhores parâmetros estatísticos, com menores χ^2 , SSR e maiores R^2 .

Tabela 4.18. Parâmetros do modelo Hershel-Bulkley para 50%caju50%goiaba centrifugados

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K_{oM}	0,4607	-0,0931	-0,0812	-0,1997	0,1614	-0,0830
K_M	3,0359E-4	1,5236E-4	0,0011	0,0011	4,8137E-4	3,7265E-4
n_M	1,1996	1,2977	1,0373	1,0334	1,0710	1,1120
χ^2	0,0283	0,0526	0,0047	0,0086	0,0045	0,0094
SSR	0,4819	0,8940	0,0801	0,1455	0,0772	0,1594
R^2	0,9938	0,9912	0,9989	0,9977	0,9966	0,9941

Analisando-se os resultados referentes às Tabelas 4.3 a 4.18, nota-se que a redução dos sólidos insolúveis influencia diretamente nos valores dos parâmetros K_M e n_M , uma vez que os valores do índice de comportamento (n_M) são maiores para polpas centrifugadas em quase todas as concentrações e temperaturas, seguindo uma ordem crescente de integral, peneirado e centrifugado, mostrando que as polpas integrais têm um grau de pseudoplasticidade maior, pois apresentam os menores valores de índice de comportamento. Quanto ao K_M , para as polpas centrifugadas este se apresenta em todas

as concentrações e temperaturas, exceto para 60%goiaba40%caju, com menores valores que para as polpas peneiradas e integrais, respectivamente.

Referindo-se à influência da temperatura sobre os parâmetros reológicos, nota-se que, de maneira geral, estes não apresentam tendências definidas. O mesmo foi observado por CONCEIÇÃO (2000) que, estudando o comportamento reológico da polpa de goiaba nas temperaturas de 30 a 70°C, constatou tal comportamento.

4.2.1.5. Curvas de escoamento para amostras centrifugadas

As Figuras 4.36 a 4.42 representam os reogramas que relacionam taxa de deformação e tensão de cisalhamento para as polpas de caju, goiaba, 80%goiaba20%caju, 20%goiaba80%caju, 60%goiaba40%caju, 40%goiaba60%caju, 50%goiaba50%caju centrifugadas.

Com referência às Figuras 4.36 a 4.41, verifica-se que a inclinação das curvas de escoamento diminui com aumento da taxa de deformação confirmando, assim, um comportamento pseudoplástico para as amostras.

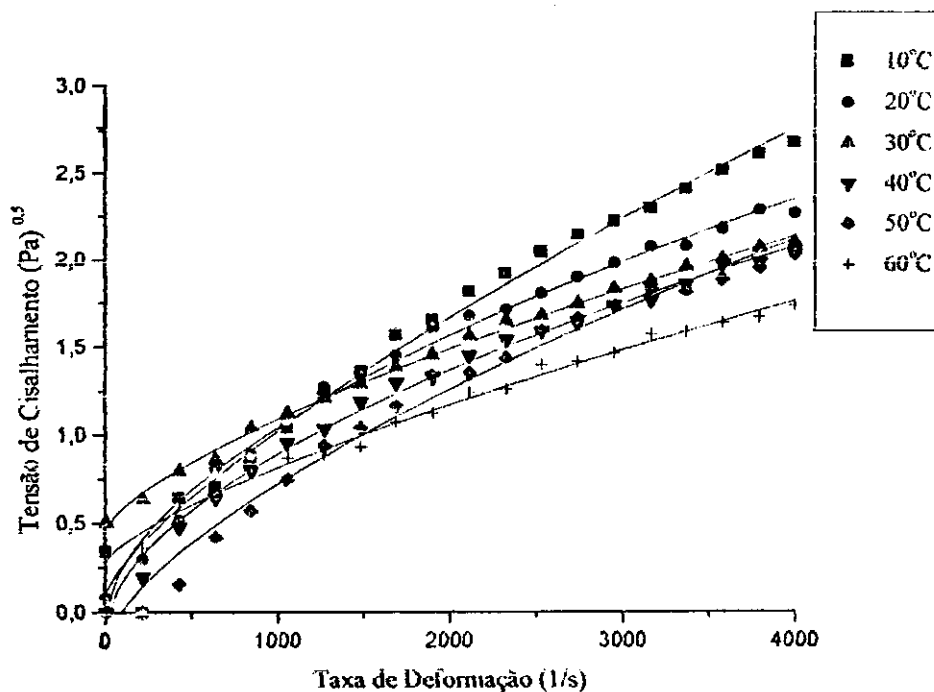


Figura 4.36. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de caju centrifugada

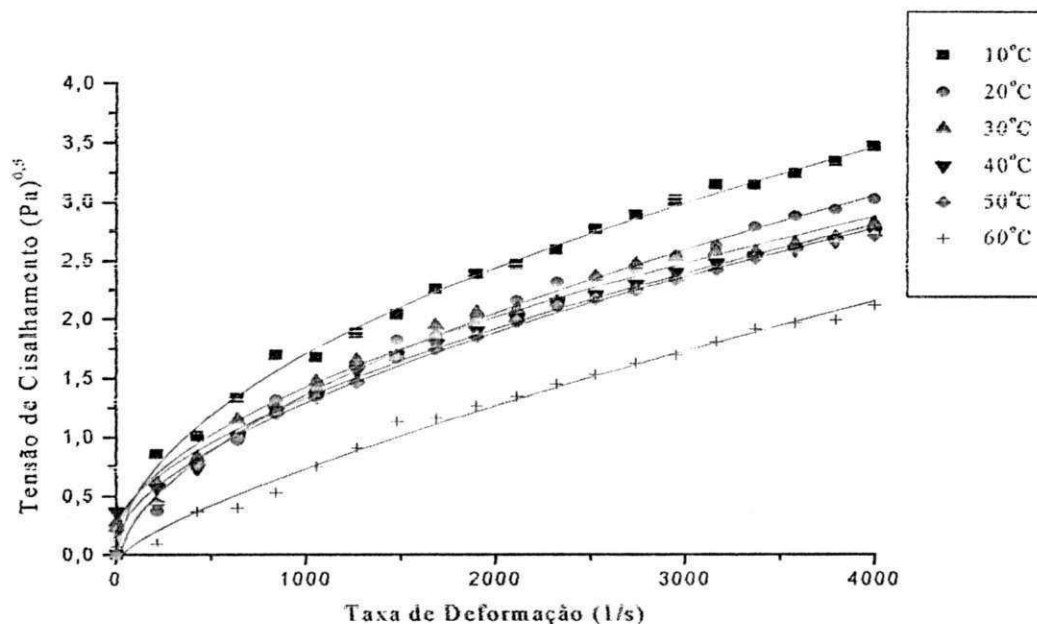


Figura 4.37. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para polpa de goiaba centrifugada

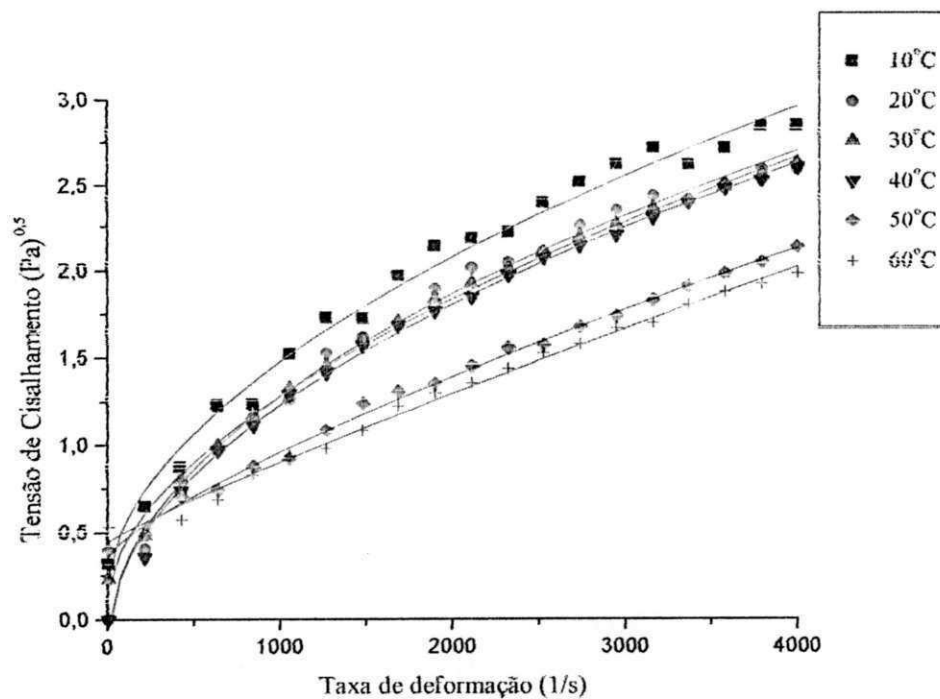


Figura 4.38. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa de 80%goiaba20%caju centrifugados

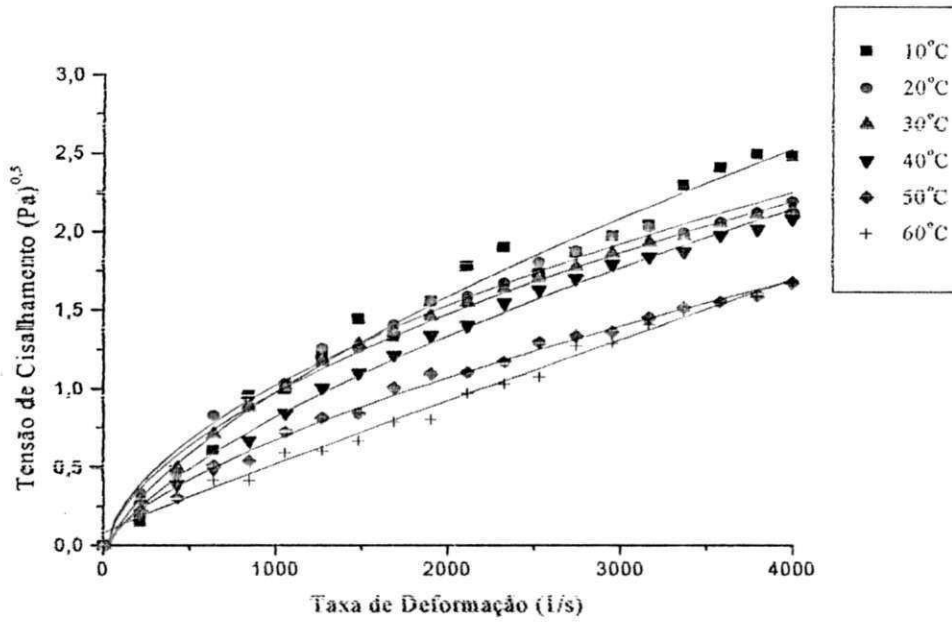


Figura 4.39. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa de 20%goiaba80%caju centrifugados

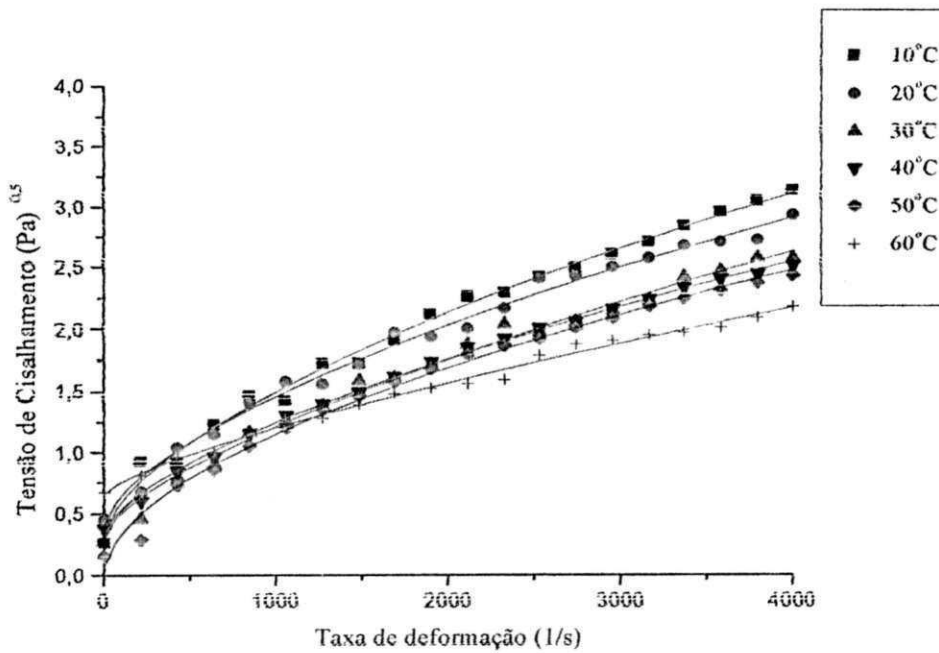


Figura 4.40. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa de 60%goiaba40%caju centrifugados

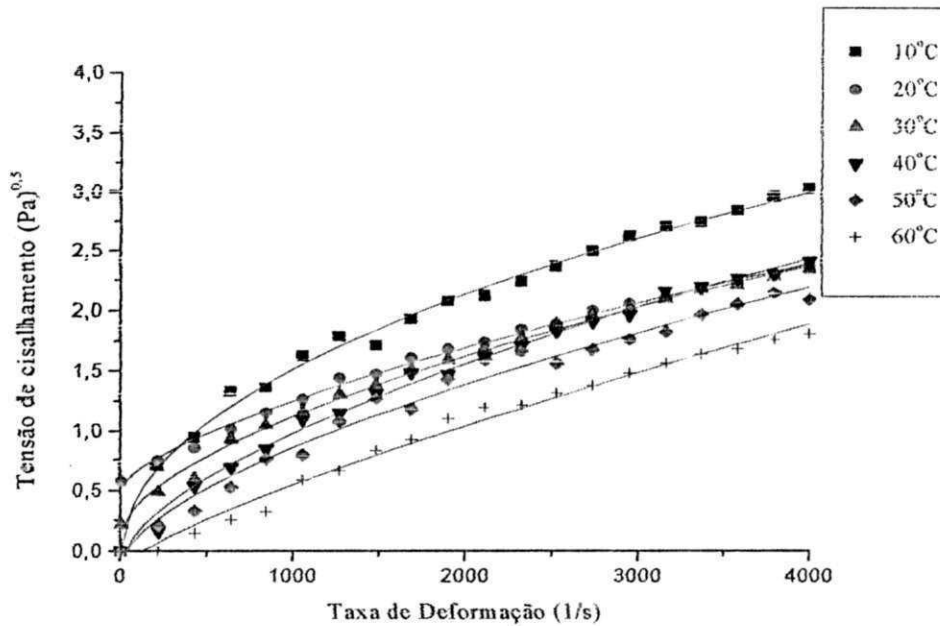


Figura 4.41. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa de 40%goiaba60%caju centrifugados.

Da Figura 4.42 (amostra de 50%goiaba50%caju), nota-se que a inclinação das curvas de escoamento aumenta com o aumento da taxa de deformação, mostrando um aumento na viscosidade aparente com a taxa de deformação e caracterizando um comportamento dilatante para esta polpa centrifugada em todas as temperaturas e concentrações

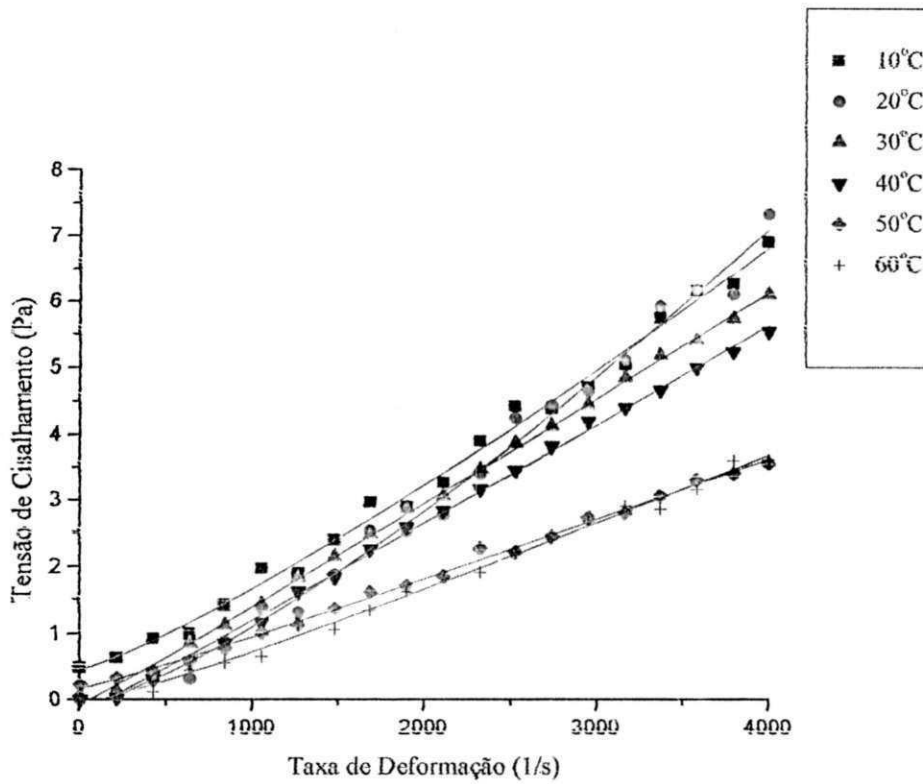


Figura 4.42. Relação entre taxa de deformação e tensão de cisalhamento para mistura de polpa de 50%goiaba50%caju centrifugados

A intersecção de algumas curvas principalmente para taxa de deformação menor que 2000s^{-1} ($\dot{\gamma} < 2000\text{s}^{-1}$) provavelmente deve-se ao fato de restar algum sólido insolúvel nas amostras.

4.2.1.6. Curvas de viscosidade aparente para amostras centrifugadas

Quanto às Figuras 4.43 a 4.49, observa-se que as curvas de viscosidade aparente se encontram muito próximas em todas as amostras e que, para uma taxa de deformação fixa, a viscosidade aparente diminui à medida que aumenta a temperatura.

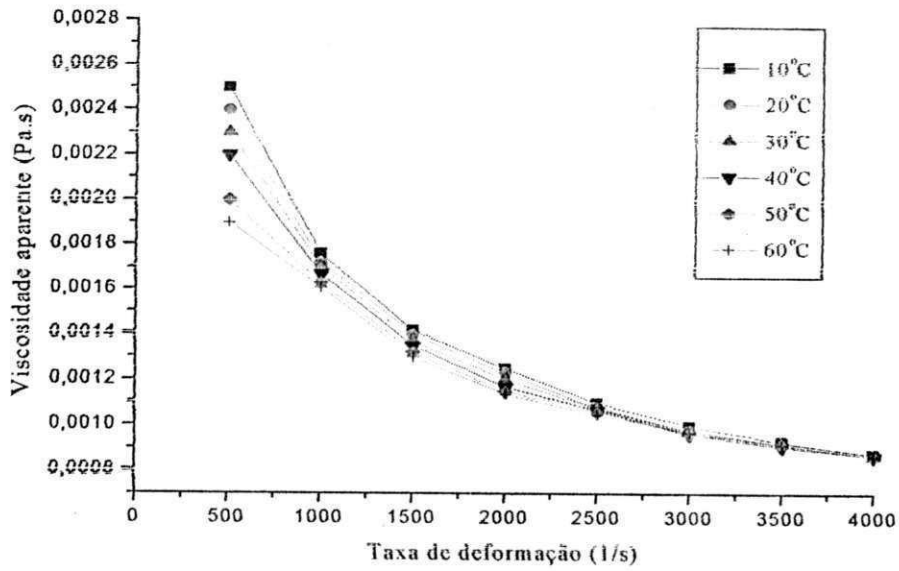


Figura 4.43. Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para polpa de goiaba centrifugada.

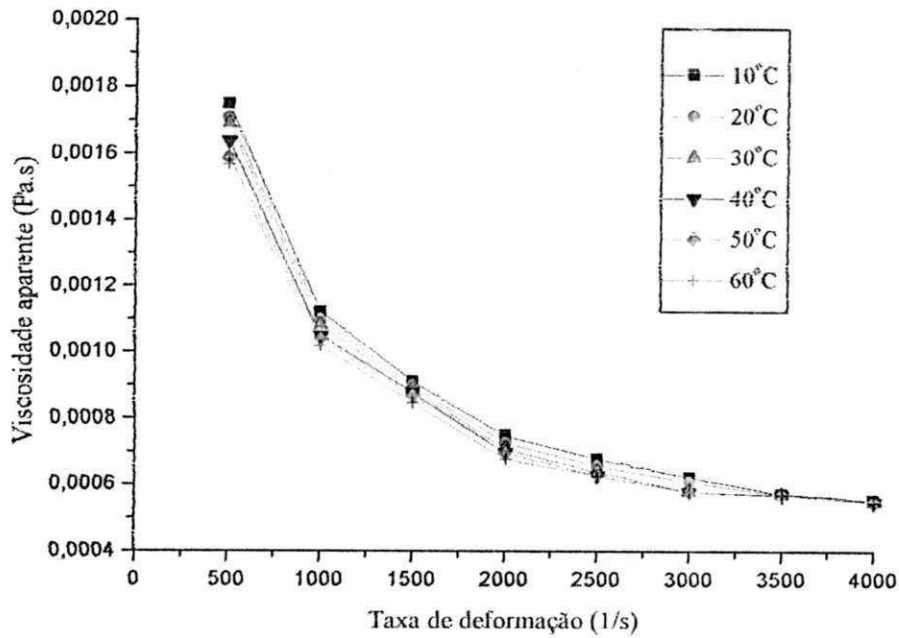


Figura 4.44. Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para polpa de caju centrifugada.

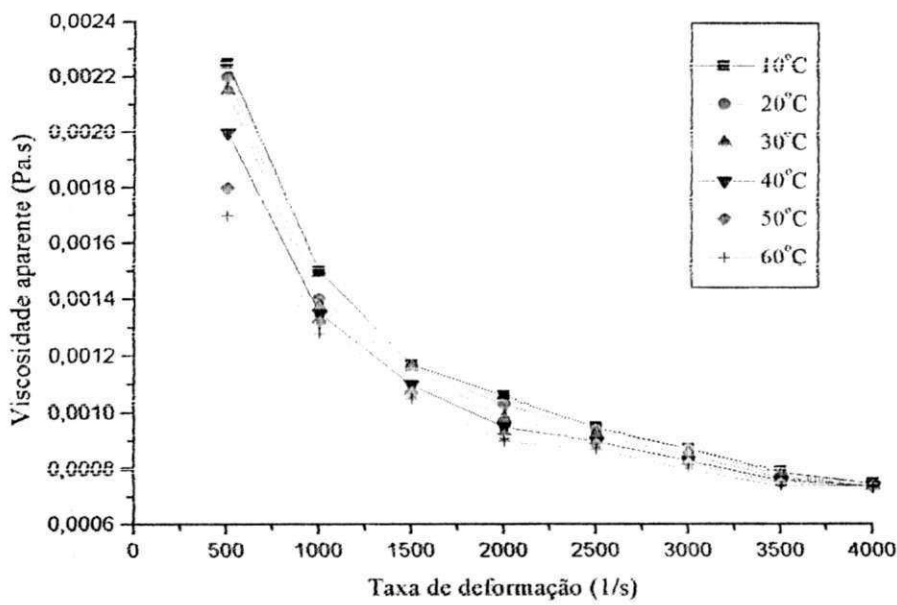


Figura 4.45. Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para mistura de polpa de 80%goiaba20%caju centrifugada.

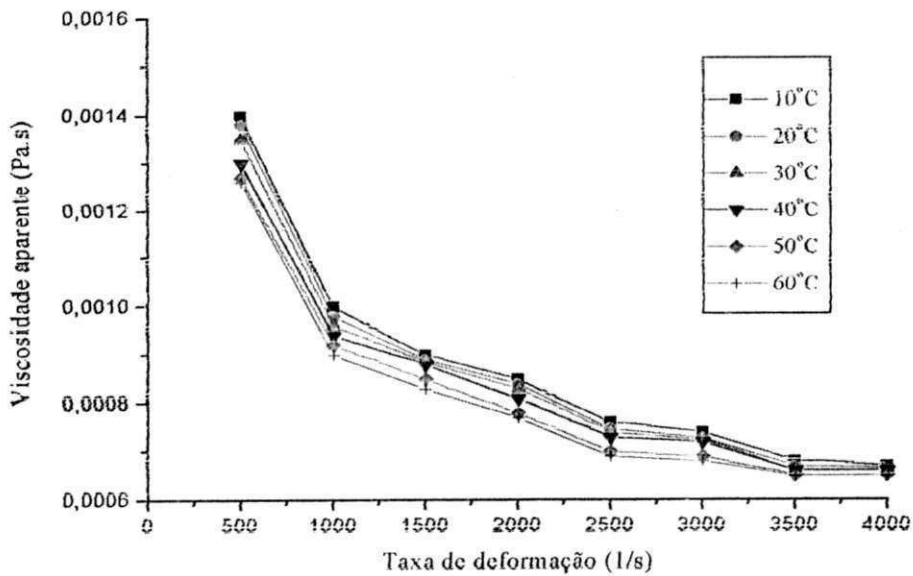


Figura 4.46. Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para mistura de polpa de 20%goiaba80%caju centrifugada.

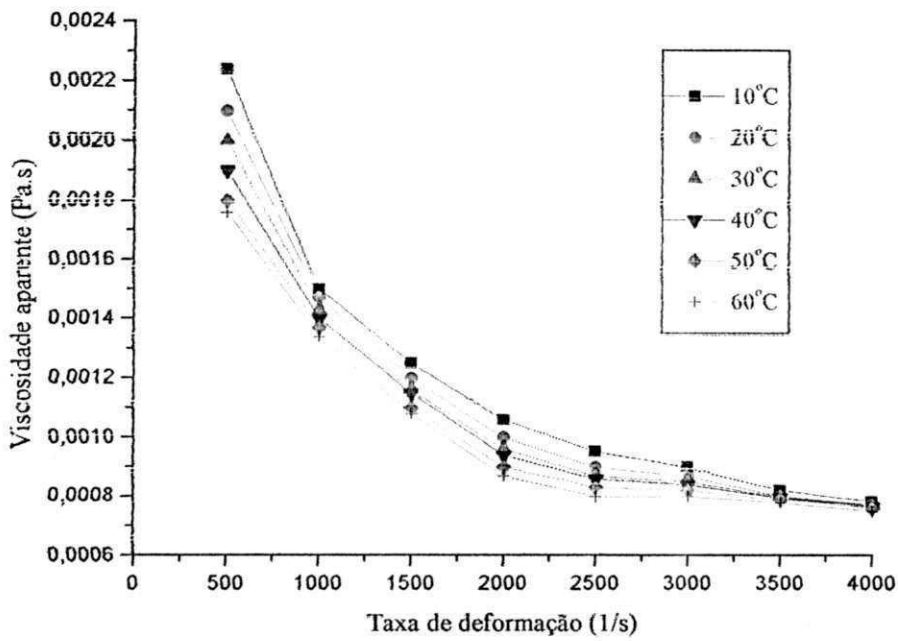


Figura 4.47. Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para mistura de polpa de 60%goiaba40%caju centrifugada.

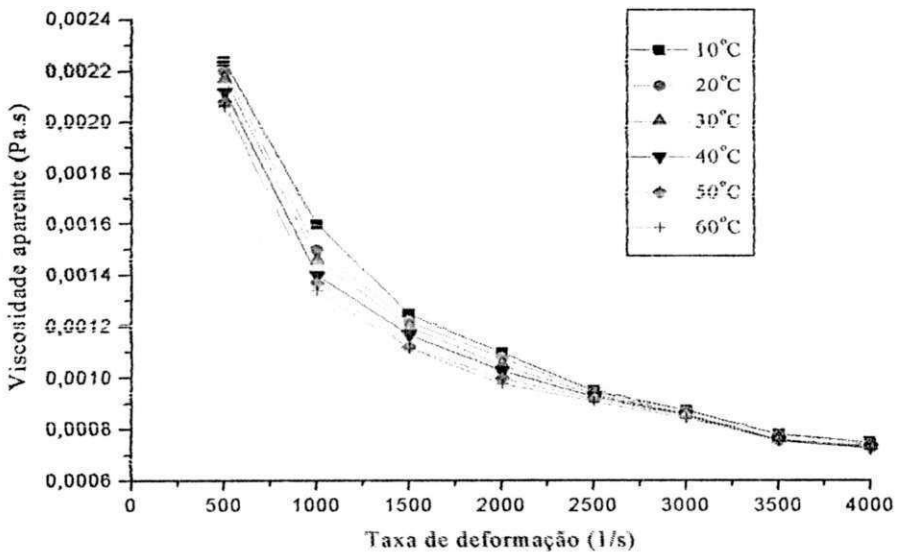


Figura 4.48. Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para mistura de polpa de 40%goiaba60%caju centrifugada.

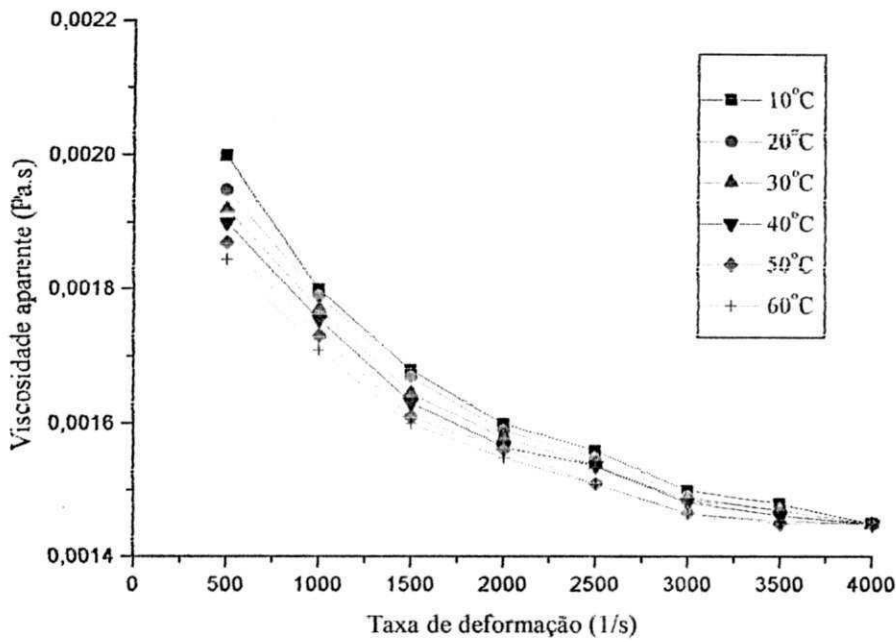


Figura 4.49. Relação entre viscosidade aparente e taxa de deformação para mistura de polpa de 50%goiaba50%caju centrifugada.

4.3. Efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente

Mediante um ajuste não linear dos dados de viscosidade aparente (η_a) das Tabelas 4.19 a 4.22 à equação de Arrhenius (eq. 2.10), determinou-se os valores de energia de ativação e do parâmetro η_0 das polpas integrais, peneiradas e centrifugadas nas proporções determinadas anteriormente e temperaturas (10°C a 60°C). Os parâmetros estão relacionados nas Tabelas 4.23, 4.24 e 4.25.

Calculou-se-se os valores de viscosidade aparente a partir do modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais, neste caso, o modelo de Mizrahi-Berk, para taxas de deformação de 200 s⁻¹ nas polpas integrais e peneiradas e 2000 s⁻¹ para as polpas centrifugadas.

Tabela 4.19 – Valores da viscosidade aparente calculados para taxa de deformação de 200 s⁻¹ a partir dos parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para polpa de goiaba, 80%goiaba20%caju, 60%goiaba40%caju, 50%goiaba50%caju integrais.

T (°C)	Viscosidade Aparente (mPa.s)			
	Goiaba	80%goiaba20%caju	60%goiaba40%caju	50%goiaba50%caju
10	23,1	22,5	31,0	28,7
20	22,5	22,0	29,0	29,5
30	19,5	21,4	28,5	30,0
40	18,8	21,2	27,5	30,4
50	18,5	21,0	27	30,9
60	15,4	20,0	25,5	31,2

Tabela 4.20 – Valores da viscosidade aparente calculados para taxa de deformação de 200 s⁻¹ a partir dos parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para polpa de goiaba, caju, 80%goiaba20%caju, 60%goiaba40%caju, 50%goiaba50%caju peneirados.

T (°C)	Viscosidade Aparente (mPa.s)				
	Goiaba	caju	80%goiaba20%caju	60%goiaba40%caju	50%goiaba50%caju
10	11,3	17,0	12,2	14,2	14,2
20	10,6	16,7	12,2	13,5	14,0
30	10,5	16,0	11,7	12,7	13,8
40	10,3	14,2	11,7	12,6	13,7
50	10,3	14,0	11,0	11,2	13,2
60	10,0	12,0	10,5	10,0	13,0

Tabela 4.21 – Valores da viscosidade aparente calculados para taxa de deformação de 2000 s^{-1} a partir dos parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk para polpa de goiaba, caju, 80%goiaba20%caju, 20%goiaba80%caju, 60%goiaba40%caju, 40%goiaba60%caju centrifugados.

T (°C)	Viscosidade Aparente (mPa.s)					
	Goiaba	caju	80%goiaba 20%caju	20%goiaba 80%caju	60%goiaba 40%caju	40%goiaba 60%caju
10	1,25	0,81	1,03	0,81	1,07	1,06
20	1,10	0,75	0,94	0,78	1,00	0,85
30	1,06	0,74	0,82	0,75	0,87	0,80
40	0,94	0,69	0,73	0,65	0,87	0,75
50	0,90	0,62	0,65	0,54	0,81	0,65
60	0,62	0,56	0,60	0,44	0,75	0,50

Tabela 4.22 – Valores da viscosidade aparente calculados para taxa de deformação de 2000 s^{-1} a partir dos parâmetros do modelo de Herschel-Bulkley para a amostra de 50%goiaba50%caju centrifugados.

T (°C)	Viscosidade Aparente (mPa.s)
	50%goiaba50%caju
10	1,56
20	1,37
30	1,31
40	1,25
50	0,87
60	0,85

Analisando as Tabelas 4.19 a 4.22, nota-se que a viscosidade aparente diminui com o aumento da temperatura em todas as amostras, exceto na Tabela 4.19 para a polpa de 50%goiaba50%caju integrais, onde observa-se um comportamento inverso.

Comparando-se as viscosidades aparentes das polpas integrais e peneiradas, observa-se que a eliminação dos sólidos insolúveis, através do peneiramento, resultou na redução do valor médio da viscosidade aparente em 46,5% para a goiaba, 46% para 80%goiaba20%caju e em 55,8% para 60%goiaba40%caju, enquanto, com a eliminação de sólidos insolúveis, ocorreu decréscimo na viscosidade média aparente em 95% para goiaba, em 96% para 80%goiaba20%caju, em 96,8% para 60%goiaba40caju em relação ao material integral, indicando a influência dos sólidos insolúveis na viscosidade aparente. Observa-se que os maiores valores de viscosidade aparente estão para as polpas integrais, seguida da peneirada e, por último, as polpas centrifugadas. Esta tendência foi similar à encontrada por QUEIROZ (1998) ao estudar o suco de abacaxi natural.

Tabela 4.23 – Parâmetros da equação de Arrhenius para polpas integrais.

Amostras	η_0 (mPa.s)	E_a (kcal/gmol)	R^2
Goiaba	1,74	1,47	0,93
80%goiaba20%caju	12,09	0,35	0,96
60%goiaba40%caju	8,93	0,69	0,98
50%goiaba50%caju	51,19	-0,32	0,98

Tabela 4.24 – Parâmetros da equação de Arrhenius para polpas peneiradas.

Amostras	η_0 (mPa.s)	E_a (kcal/gmol)	R^2
Goiaba	5,30	0,42	0,86
Caju	1,77	1,30	0,92
80%goiaba20%caju	4,32	0,60	0,91
60%goiaba40%caju	1,56	1,26	0,93
50%goiaba50%caju	7,53	0,36	0,96

Tabela 4.25 – Parâmetros da equação de Arrhenius para polpas centrifugadas.

Amostras	η_0 (Pa.s)	E_a (kcal/gmol)	R^2
Goiaba	2,77E-2	2,17	0,90
Caju	7,60E-2	1,35	0,96
60%goiaba40%caju	9,27E-2	1,38	0,96
40%goiaba60%caju	1,15E-2	2,55	0,95
80%goiaba20%caju	1,99E-2	2,24	0,99
20%goiaba80%caju	1,74E-2	2,21	0,90
50%goiaba50%caju	2,49E-2	2,36	0,90

Como se observa, ao se analisar as polpas integrais, peneiradas e centrifugadas das Tabelas 4.23 a 4.25, as amostras centrifugadas que apresentam maiores valores de índice de comportamento, possuem também os maiores valores para energia de ativação, confirmando observações feitas por VITALI *et al.* (1974), ao estudar o comportamento da viscosidade de sucos de maracujá concentrado, verificando que a energia de ativação aumenta com o índice de comportamento de fluxo. Comportamento inverso foi observado ao se comparar a polpa de goiaba integral com a polpa de goiaba peneirada, em que o índice de comportamento da polpa peneirada é maior e, no entanto, ocorreu um decréscimo na energia de ativação na ordem de 71,66% em relação ao integral, confirmando estudo realizado por CABRAL (2001) ao examinar os valores da energia de ativação para a polpa de cupuaçu, verificando a mesma relação.

As Figuras 4.50 a 4.52, representam o efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente, calculada a partir do modelo de Mizrahi-Berk, para taxa de deformação de 200s^{-1} (integrais e peneiradas) e 2000s^{-1} (centrifugadas).

Observa-se que o aumento da temperatura provoca uma diminuição da viscosidade, conforme Figuras 4.50 a 4.52, onde as viscosidades aparentes aumentam com o inverso da temperatura em todas as amostras. Esta tendência é similar ao comportamento observado por IBARZ *et al.* (1987), ao estudar o comportamento reológico do suco de maçã e pêra, IBARZ *et al.* (1994), ao estudar o efeito da temperatura na viscosidade de sucos de laranja clarificado, IBARZ *et al.* (1996), ao estudar o comportamento reológico do suco de ameixa, BAYINDIRLI (1993), ao estudar o

comportamento reológico do suco de uva, SINGH & EIPESON (2000) ao estudar o comportamento reológico de concentrados de suco de manga clarificado.

Para 50%goiaba50%caju integral, nota-se que a viscosidade aparente diminui com o inverso da temperatura, ou seja, a viscosidade aparente aumenta com a temperatura.

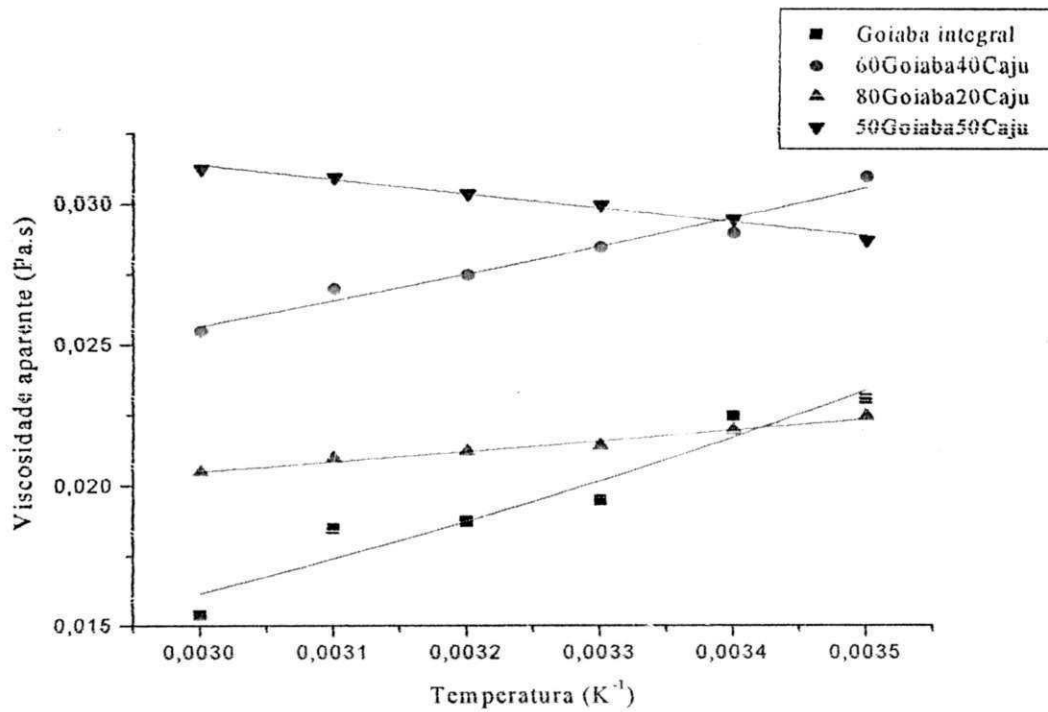


Figura 4.50 – Viscosidade aparente das polpas integrais, calculadas para taxa de deformação de $200s^{-1}$, em função da temperatura ajustada com a equação de Arrhenius.

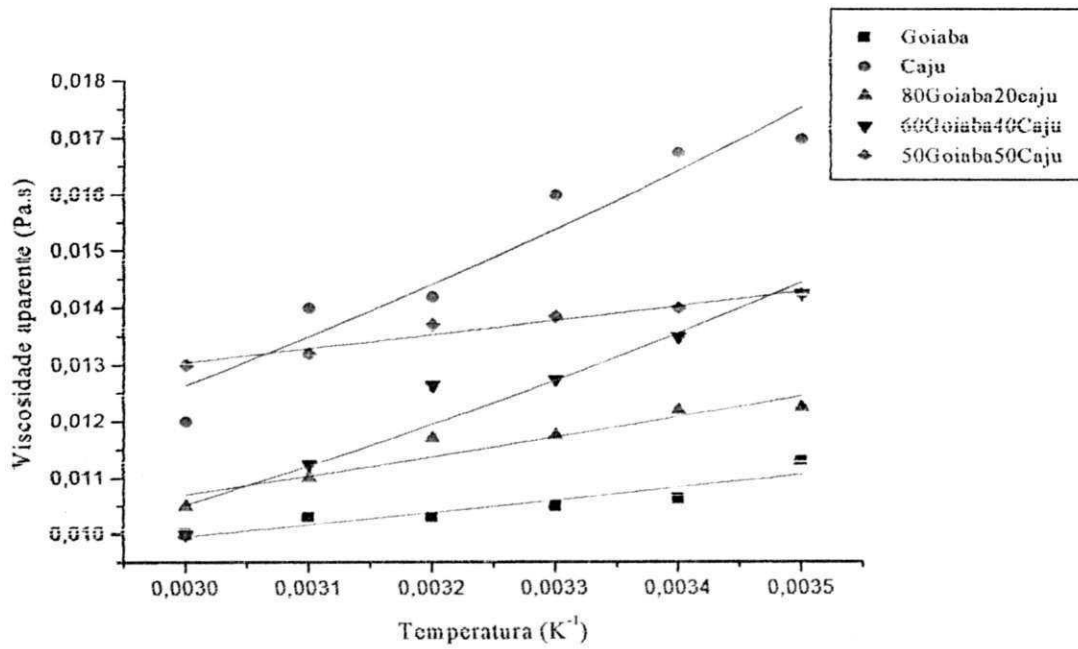


Figura 4.51 – Viscosidade aparente das polpas peneiradas, calculadas para taxa de deformação de 200s⁻¹, em função da temperatura ajustada com a equação de Arrhenius.

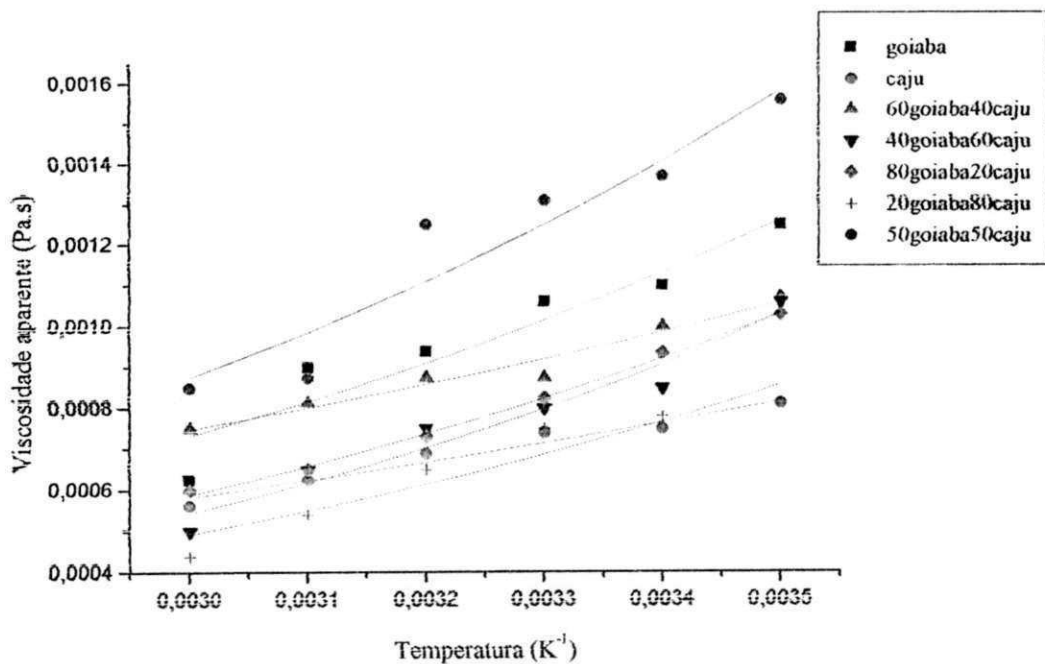


Figura 4.52 – Viscosidade aparente das polpas centrifugadas, calculadas para taxa de deformação de 2000s⁻¹, em função da temperatura ajustada com a equação de Arrhenius.

5.0 - CONCLUSÕES

Dos resultados das análises de polpas de caju, goiaba e misturas integrais, peneiradas e centrifugadas, conclui-se que, os sólidos suspensos exercem influência no comportamento reológico, dos materiais, aumentando a viscosidade aparente e alterando o padrão de comportamento.

Dos modelos reológicos utilizados para descrever o comportamento das polpas, o de Mizrahi-Berk proporcionou os melhores parâmetros de controle de ajuste para todas as polpas, com exceção, apenas para polpa de 50%goiaba50%caju centrifugada, em que o modelo que melhor ajustou os dados experimentais foi o de Herschel-Bulkley.

Dentre as polpas utilizadas no trabalho, os dados experimentais da polpa de caju integral e misturas 80%caju20%goiaba, 60%caju40%goiaba integrais e peneiradas, não se ajustaram a nenhum dos modelos reológicos.

As polpas analisadas apresentam, em todas as faixas de temperatura, comportamento não-newtoniano, com características pseudoplásticas ou dilatantes, estas últimas representadas pelas amostras50%caju50%goiaba integral, peneiradas e centrifugadas que mostraram comportamento dilatante em pelo menos uma das temperaturas estudadas.

O aumento da temperatura acarretou na redução da viscosidade aparente em todas as amostras, exceto apenas para a amostra 50%goiaba50%caju integral.

A energia de ativação foi maior nas amostras centrifugadas onde aumentou com o índice de comportamento de fluxo (n).

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADORNO, R.A.C. **Reologia de sucos de frutas tropicais: manga, maracujá, mamão e goiaba**. Campinas-SP: UNICAMP, 1997, p.178 (Dissertação de Mestrado).

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. (A.O.A.C.). **Official methods of analysis**. WILLIAMS, S. (Ed.) 14. Ed. Arlington, 1984. 1141p.

AKDOGAN, H. & MCHUGH, T.H. Flow Characterization of Peach Products During Extrusion. **Journal of Food Science**. v.65, n.3, p.471-475, 2000.

BANDEIRA, C.T. **Métodos de extração da goma de cajueiro**. Fortaleza : EMBRAPA-CNPc, 1991. 2p. (EMBRAPA-CNPc. Pesquisa em Andamento, 06).

BAYINDIRLI, L. Density and Viscosity of Grape Juice as a Function of Concentration and Temperature. **Journal of Food Processing & Presevation**, v.17, p.147-151, 1993.

BEZERRA, J. R. M. V. **Comportamento da polpa de manga**. Campinas-SP: UNICAMP, 2000, p.159 (Tese de doutorado).

BRANCO, I.G. **Estudo do Comportamento Reológico de Misturas Ternárias com Sucos de Manga, Laranja e Cenoura**. Campinas-SP: UNICAMP, 2001. 163 p. Tese de Doutorado.

BRANCO, I.G. **Suco de Laranja Concentrado-Comportamento Reológico a Baixas Temperaturas**. Campinas-SP: UNICAMP, 1995. 91p. Tese de Mestrado.

BRASIL. Instrução normativa nº 1, de 7 de janeiro de 2000. Estabelece o Regimento Técnico para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília – DF, 10 jan. 2000. Seção 1, n.6, p. 54 – 58.**

CABRAL, M. F. P. **Comportamento reológico da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum).** Campina Grande PB: UFPB, 2001, 106p. (Dissertação de Mestrado).

CAVALCANTI, J.J.V. *Anacardium occidentale*. Disponível na internet: <http://www.unicamp.br/nipe/rbma/caju/rtm>. 1998.

CARVALHO, C.R.L.; MANTOVAN, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M. de. **Análises químicas de alimentos.** Campinas – SP: ITAL, 1990, 121 p.

CERVONE, N.W.; HARPER, J.M. Viscosity of an intermediate moisture dough. **Journal of Food Processing Engineering**, Colorado, v.2, n.1, p.83-95, 1978.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B.; CARVALHO, V.D. de. Algumas características dos frutos de duas cultivares de goiabeiras (*Psidium guajava* L.) em fase de maturação. **Anais do VI Congresso Brasileiro de Fruticultura**. Recife, PE, 1981. V.3, p. 771-778.

CONCEIÇÃO, R. S. **Comportamento reológico da polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.).** Campina Grande PB: UFPB, 2000, 68p. (Dissertação de Mestrado).

COSTELL, E.; CLEMENTE, G.; DURAN, L. Reología fisico-química del puré de albaricoque. II- Caracterización del flujo y relación entre los parámetros reológicos y las características químicas y físicas del producto. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v.22, n.4, p.539-550, 1982.

COSTELL, E.; DURAN, L. Reología fisico-química de los zumos y purés de fruta. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v.22, n.1, p.81-94, 1982.

COSTELL, E.; DURAN, L. Reología fisico-química del puré de albaricoque. Parte I. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v.22, n.3, p.381-394, 1982b.

DURAN, L.; COSTELL, E. Rheology of Apricot Puree: Characterization of Flow. **Journal of**

texture Studies, v.13, p.43-58, 1982.

FAO. Disponível na Internet: <http://www.fao.org>. 1998.

GASPARETTO, C. A.; GEHRKE, T. **Reologia**. Campinas SP: UNICAMP, 1995. 20p. Apostila.

GEHRKE, T. **Reometria de suco concentrado de frutas**. Campinas-SP: UNICAMP, 1996. 103p. Tese de Mestrado.

GONÇALVES, J. R. Introdução à reologia de alimentos fluidos. **Reologia e textura de alimentos**. Campinas SP: ITAL, 1989. Cap.2, p. 6-11.

GOVIER, G.W. **The flow of complex mixtures in pipes**. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1972.

GUERRERO, S.N.; ALZAMORA, S.M. Effect of pH, Temperature and Glucose Addition on Flow Behavior of Fruit Purées I. Banana Purée. **Journal of Food Engineering**. v.33, p.239-256, 1997.

GUERRERO, S.N.; ALZAMORA, S.M. Effect of pH, Temperature and Glucose Addition on Flow Behavior of Fruit Purées II. Peach, Papaya and Mango Purées. **Journal of Food Engineering**. v.37, p.77-101, 1998.

GUNJAL, B. B.; WAGHMARE, N. J. Flow characteristics of pulp, juice and nectar of "Baneshan" and "Neelum" mangoes. **Journal of Food Science Tech.**, v.24, p.20-23, 1986.

HOLDSWORTH, S. D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behaviour of fluid food products. **Journal of Texture Studies**, v.2, n.4, p.393-418, 1971.

HOLDSWORTH, S. D. Rheological models used for the prediction of the flow properties

of food products: a literature review. **Trans. I. Chem. E., Part. C**, p.139-78, sept., 1993.

IBARZ, A. Rheology of Clarified Fruit Juices. I: Peach Juices. **Journal of Food Engineering**, v.15, n.1, p.49-61, 1992.

IBARZ, A.; GARVIN, A.; COSTA, J. Rheological Behaviour of Sloe (*Prunus Spinosa*) Fruit juices. **Journal of Food Engineering**. v.27, p.423-430, 1996.

IBARZ, A.; GINER, J.; PAGAN, J.; GIMENO, V.; GARZA, S. Rheological Behavior of Kiwi Fruit Juice Concentrates. **Journal of texture Studies**, v.26, p.137-145, 1995.

IBARZ, A.; GONZALEZ, C.; ESPLUGAS, S.; Rheology of clarified fruit juices: III - Orange Juices. **Journal of Food Engineering**, v.21, p.485-494, 1994.

IBARZ, A.; LOZANO, J.F. Caracterización reológica de pulpas concentradas de ciruela y melocotón. **Rev. Esp. Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.32, n.1, p.85-94, 1991.

IBARZ, A.; PAGAN, J.; GUTIÉRREZ, J.; VICENTE, M. Rheological Properties of Clarified Pear juice Concentrates. **Journal of Food Engineering**, v.10, n.1, p.57-63, 1989.

IBARZ, A.; PAGAN, J.; MIGUELSANZ, R. Rheology of clarified fruit juices: II – blackcurrant juices. **Journal of Food Engineering**, v.15, n.1, p.63-73, 1992.

IBARZ, A.; GONZALEZ, C.; ESPLUGAS, S.; VICENTE, M.; Rheology of clarified fruit juices: I - peach juices. **Journal of Food Engineering**, v.15, n.1, p.49-61, 1992.

IBARZ, A.; VICENTE, M.; GRAELL, J. Rheological Behavior of Apple Juice and Pear Juice and their Concentrates. **Journal of Food Engineering**. v.6, n.4, p.257-267, 1987.

KHALIL, K.E.; RAMAKRISHNA, P.; NANJUNDASWAMY, A.M. & PATWARDHAN, M.V. Rheological Behavior of Clarified Banana Juice: Effect of Temperature and Concentration. **Journal of Food Engineering**, v.10, n.3, p.231-240, 1989.

LARA, A. B. W.; NAZÁRIO, G.; ALMEIDA, M. E. W.; PREGNOLATTO, W. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz - **Métodos Químicos e Físicos para análise de Alimentos**. Instituto Adolfo Lutz, SP, v.1, 2ª ed., 1976.

LICHTEMBERG, L.A. Competição entre dez variedades de goiaba (*Psidium guajava* L.) na Jaíba (Janaúba), **Anais do VI Congresso Brasileiro de Fruticultura**. Recife, PE, 1981. V.3, p.781-791.

MA, L.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Instrumentation for the rheological characterization of foods. **Journal Food Science and Technology Internacional**, v.1, n.1, p.3-17, 1995.

MAIA, G.A.; OLIVEIRA DE, G.S.F.; FIGUEIRREDO DE, R.W.F.; GUIMARÃES, A.C.L. **Tecnologia em processamento de sucos e polpas tropicais**. Brasília: editado pela ABEAS, 1998, v.1, p.104.

MANICA, I.; ALVARENGA, L.R. de; CAIXETA, T.J.; PURCINO, J.R.C.;

MANOHAR, B.; RAMAKRISHNA, P.; RAMTEKE, R.S. Effect of Pectin Content on Flow Properties of Mango Pulp Concentrates. **Journal of texture Studies**, v.21, p.179-190, 1990.

MEDINA, J.C.; BLEINROTH, E.W.; BERNHARDT, L.W.; HASHIZUME, T.; RENESTO, O.V.; VIEIRA, L.F. **Caju – da cultura ao processamento e comercialização**, 1978, 178 p.

MENEZES, J.B.; ALVES, R.E. **Fisiologia e tecnologia pos-colheita do pedúnculo de caju**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995, 20 p.

MIZRAHI, S.; BERK, Z. Flow behaviour of concentrated orange juice: mathematical treatment. **Journal of Texture Studies**, v.3, p.69-79, 1972.

MOURA FE, J.A. Características químicas do hipocarpo do caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciência Agronômica**, 2 (2), p. 103-108, 1972.

NAGY, S.; CHEN, C.S.; SHAW, P.E. **Fruit Juice Processing Technology**. Agscience, Inc. Auburndale, Flórida, 713 p., 1993.

NETO, B.B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Como Fazer Experimentos: Pesquisa e Desenvolvimento na Ciência e na Indústria**. Campinas-SP: UNICAMP, 2001, 401 p.

OLIVEIRA, R.P. da S. **Determinação de Propriedades Físicas e de Transporte de suco de Acerola**. Campinas-SP: UNICAMP, 1997. 148p. Tese de Mestrado.

PAIVA, F.F.A.; GARRUTTI, D.S.; SILVA NETO, R.M. **Aproveitamento industrial do caju**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1997., 85 p.

PAUL, J.K. **Fruit and vegetable juice processing**. Noyes data corporation, New Jersey, 277 p., 1975.

PEARSON, D. **Laboratory Techniques in Food Analysis**. London: London Butterwoths, 1973. p. 58-60.

PELEGRINE, D.H. **Comportamento Reológico das Polpas de Manga e Abacaxi**. Campinas-SP: UNICAMP, 1999. 115p. Tese de Mestrado.

QUEIROZ, A. J. M. **Estudo do comportamento reológico dos sucos de abacaxi e manga**. Campinas-SP: UNICAMP, 1998, p.170 (Tese de Doutorado).

RAO, M. A. Rheological properties of fluid foods. In: RAO, M. A.; RIZVI, S. S. H. **Engineering properties of foods**. New York: Marcel Dekker, 1986 p.1-47.

RAO, M. A. Rheology of liquid foods - a review. **Journal of Texture Studies**, v.8, n.2, p.135-68, 1977.

RAO, M.A.; BOURNE, M.C.; COOLEY, H.J. Flow properties of tomato concentrates. **Journal of Texture Studies**, New York, v.12, n.4, p.521-538, 1981.

RAO, M.A.; COOLEY, H.J.; VITALI, A.A. Flow Properties of Concentrated Juices at Low Temperatures. **Food Technology**, v.38, n.3, p.113-119, 1984.

SAENZ, C.; COSTELL, E. Comportamiento reológico de productos de limón. Influência de la temperatura y de la concentracion. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v.26, n.4, p.581-588, 1986.

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

SHERMAN, P. **Industrial Rheology**. Academic Press. London-New York, 1970.

SILVA, F.C. **Reologia do Suco de Acerola: Efeito da Concentração e da Temperatura**. Campinas-SP: UNICAMP, 2000. 110p. Tese de Mestrado.

SINGH, N. I.; EIPESON, W.E. Rheological behavior of clarified mango juice concentrates. **Journal of Texture Studies**, vol.31, p.287-295, 2000.

VARSHNEY, N. N. KUMBHAR, B. K. Effect of concentration and temperature on rheological properties of pineapple and orange juices. **Journal of Food Science Technology**, vol.15, p.53-55, 1978.

VITALE, A.A.; RAO, M.A. Flow behavior of guava puree as a function of temperature and concentracion. **Journal of Texture Studies**, v.13, n.3, p.275-289, 1982.

VITALI, A. A.; RAO, M. A. Flow properties of low-pulp concentrated orange juice: Effect of temperature and concentration. **Journal of Food Science**, v.49, n.3, p.882-888, 1984.

VITALI, A. A.; ROIG, S. M., RAO, M. A. Viscosity behavior of concentrated passion fruit juice. **Confructa**, vol.19, n.5, p.201-206, 1974.

VITALI, A. de A. **Comportamento Reológico do Puré de Goiaba (*Psidium Guajava* L.)**

em função da concentração e Temperatura. Campinas-SP: UNICAMP, 1981, p.151, Tese de Mestrado.

ZAINAL, B. S.; ABDULRAHMAN, R.; ARIFF, A. B.; SAARI, B. N. Thermophysical properties of pink guava juice at 9 and 11 °Brix. **Journal of Food Process Engineering**, v.24, n.1, p.87-100, 2001.

ZAINAL, B.S.; RAHMAN, R.A.; ARIFF, A.B.; SAARI, B.N.; ASBI, B.A. Effects of Temperature on the Physical Properties of Pink Guava Juice at two Different Concentrations. **Journal of Food Engineering**, v.43, p.55-59, 2000.

APÊNDICE

Tabela A.1. Parâmetros do modelo de Casson para polpa de goiaba integral

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K_{oc}	2,7018	2,8414	2,00424	2,175	2,08056	1,5294
K_c	0,1269	0,10928	0,12416	0,10969	0,11003	0,10671
X^2	0,02435	0,05622	0,0494	0,05231	0,07247	0,04486
SSR	0,43823	1,01194	0,88925	0,94161	1,30454	0,8075
R^2	0,9525	0,86527	0,90397	0,87416	0,8347	0,88464

Tabela A.2. Parâmetros do modelo de Casson para mistura de 80%goiaba20%caju integral

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K_{oc}	2,7384	2,6121	2,5868	2,6949	2,4984	2,5062
K_c	0,1201	0,1227	0,1176	0,1079	0,1138	0,10925
X^2	0,0193	0,034	0,0453	0,0504	0,0663	0,0673
SSR	0,3468	0,6164	0,8162	0,9071	1,1944	1,2111
R^2	0,9577	0,9301	0,9022	0,8748	0,8543	0,8426

Tabela A.3. Parâmetros do modelo de Casson para mistura de 60%goiaba40%caju integral

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K_{oc}	4,4992	3,7541	3,8323	3,7385	3,6431	3,4423
K_c	0,1122	0,1429	0,1338	0,1210	0,1239	0,1177
X^2	0,1087	0,0587	0,0357	0,0265	0,0169	0,0112
SSR	1,9565	1,0564	0,6427	0,4776	0,3039	0,2021
R^2	0,7771	0,9129	0,9379	0,9435	0,9649	0,9739

Tabela A.4. Parâmetros do modelo de Casson para mistura de 50%goiaba50%caju integral

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K_{oc}	5,2184	8,1046	6,4089	4,1795	4,0149	4,2508
K_c	0,0183	-0,1604	-0,0293	0,1268	0,1477	0,1481
X^2	0,0759	0,6702	0,2366	0,0369	0,0603	0,0866
SSR	1,3675	12,0633	4,2595	0,6656	1,0862	1,5587
R^2	0,1177	0,5358	0,0991	0,9293	0,9160	0,8840

Tabela A.5. Parâmetros do modelo Lei da potência para polpa de goiaba integral

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K	4,6606	6,1700	2,6871	3,4666	3,3715	1,6708
n	0,2838	0,2214	0,3212	0,2694	0,2659	0,3310
X^2	0,462	0,1129	0,0839	0,0496	0,2755	0,0207
SSR	8,3182	2,0323	1,5119	0,8923	4,9587	0,3735
R^2	0,9850	0,9949	0,9955	0,9967	0,9805	0,9976

Tabela A.6. Parâmetros do modelo Lei da potência para mistura 80%goiaba20%caju integral

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K	4,8475	4,6050	4,7674	5,4655	4,6262	4,8050
n	0,2711	0,2734	0,2584	0,2298	0,2516	0,2391
X^2	0,4557	0,1617	0,1606	0,1684	0,2839	0,3296
SSR	8,2035	2,9106	2,8917	3,0319	5,1117	5,9338
R^2	0,9833	0,9939	0,9931	0,9915	0,9859	0,9821

Tabela A.7. Parâmetros do modelo Lei da potência para mistura 60%goiaba40%caju integral

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K	16,7619	10,1359	10,3508	10,3449	9,4761	8,2784
n	0,1551	0,2312	0,2235	0,2049	0,2177	0,2224
X ²	1,3023	1,2	2,9588	1,3801	1,5427	1,5885
SSR	23,4418	21,6000	53,2589	24,8418	27,7695	28,5934
R ²	0,9748	0,982	0,9506	0,9687	0,9657	0,9565

Tabela A.8. Parâmetros do modelo Lei da potência para mistura 50%goiaba50%caju integral

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K	29,7536	78,811	45,3322	13,3456	11,7112	13,6671
n	9,1900E-4	-0,1642	-0,0460	0,1912	0,2247	0,2105
X ²	10,0940	71,9255	30,4461	2,6834	1,5881	0,7759
SSR	181,6922	1294,6590	548,0295	48,3006	28,5855	13,9656
R ²	1,9639E-4	0,7628	0,2759	0,9548	0,9802	0,9911

Tabela A.9. Parâmetros do modelo Hershel Bulkley para polpa de goiaba integral

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
τ_0	4,1348	0,5061	0,4454	-0,2702	-1,8832	-0,3872
K _H	2,1240	5,7567	2,4185	3,6626	4,7989	1,9048
n	0,3887	0,2295	0,3350	0,2626	0,2239	0,3139
X ²	0,0825	0,1173	0,0848	0,0515	0,2508	0,0188
SSR	1,4030	1,9949	1,4417	0,8754	4,2628	0,3187
R ²	0,9975	0,9949	0,9957	0,9967	0,9833	0,9979

Tabela A.10. Parâmetros do modelo Hershel Bulkley para mistura de 80%goiaba20%caju integral

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
τ_0	4,4896	2,6690	1,5449	0,8162	-2,0412	-1,4658
K_H	2,0116	2,8359	3,6606	4,8194	6,2133	5,9769
N	0,3879	0,3363	0,2915	0,2448	0,2171	0,2137
X^2	0,0489	0,0296	0,1320	0,1713	0,2670	0,3302
SSR	0,8323	0,5033	2,2443	2,9116	4,5393	5,6131
R^2	0,9983	0,9989	0,9946	0,9918	0,9875	0,9830

Tabela A.11. Parâmetros do modelo Hershel Bulkley para mistura de 60%goiaba40%caju integral

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
τ_0	-13,6664	5,5461	9,7878	8,8497	9,4659	9,1111
K_H	29,7789	5,9676	3,3408	3,5484	2,6389	1,9402
N	0,1047	0,2971	0,3699	0,3404	0,3847	0,4145
X^2	1,1703	0,8905	1,6549	0,409	0,0882	0,1163
SSR	19,8958	15,1387	28,1326	6,9529	1,4994	1,9779
R^2	0,9786	0,9874	0,9739	0,9912	0,9981	0,9967

Tabela A.12. Parâmetros do modelo Hershel Bulkley para mistura de 50%goiaba50%caju integral

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
τ_0	28,0987	220368,6462	220350,2611	2,5411E6	2,5411E6	2,5411E6
K_H	1,9608E-6	-220286,394	-220304,764	-2,5411E6	-2,5411E6	-2,5411E6
N	2,4922	4,2532E-5	8,5457E-6	-1,580E-6	-1,898E-6	-2,079E-6
X^2	6,618	67,5472	32,3480	9,6581	10,6900	7,5877
SSR	112,506	1148,3020	549,9162	164,1877	181,7304	128,9915
R^2	0,3809	0,7896	0,2734	0,8465	0,8739	0,9177

Tabela A.13. Parâmetros do modelo de Casson para polpa de goiaba peneirada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K_{oc}	0,9275	0,9580	0,7924	1,1502	1,1974	1,1854
K_c	0,0989	0,0766	0,0831	0,0656	0,0615	0,0579
X^2	0,0018	3,9449E-4	0,0059	3,7976E-4	0,0016	0,0038
SSR	0,0327	0,0071	0,1076	0,0068	0,0297	0,0690
R^2	0,9939	0,9978	0,9721	0,9971	0,9857	0,9635

Tabela A.14. Parâmetros do modelo de Casson para polpa de caju peneirada

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K_{oc}	2,3998	2,4437	2,5045	2,1467	2,1993	1,8249
K_c	0,0664	0,0597	0,0559	0,0451	0,0473	0,0463
X^2	0,0037	0,0038	0,0046	0,0057	0,0077	0,0040
SSR	0,0668	0,0678	0,0821	0,1023	0,1383	0,0723
R^2	0,9728	0,9661	0,9538	0,9216	0,8979	0,9416

Tabela A.15. Parâmetros do modelo de Casson para mistura de 80%goiaba20%caju peneirada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K_{oc}	1,1406	0,926	1,1866	1,3540	1,3566	1,5514
K_c	0,0876	0,0872	0,0799	0,0728	0,0618	0,0425
X^2	6,8619E-4	0,0025	0,0013	0,0020	0,0020	0,0035
SSR	0,0123	0,0445	0,0240	0,0362	0,0372	0,0624
R^2	0,9970	0,9894	0,9931	0,9875	0,9824	0,9402

Tabela A.16. Parâmetros do modelo de Casson para mistura de 60%goiaba40%caju peneirada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K_{oc}	1,6169	1,8359	1,7107	2,3474	1,6784	1,3132
K_c	0,0873	0,0644	0,0635	0,0231	0,0428	0,0306
X^2	6,8583E-4	0,0052	0,0065	0,0097	0,011	0,0041
SSR	0,0123	0,0931	0,1177	0,1651	0,1980	0,0743
R^2	0,9970	0,9603	0,9489	0,6357	0,8339	0,8719

Tabela A.17. Parâmetros do modelo de Casson para mistura de 50%goiaba50%caju peneirada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K_{oc}	1,8159	2,0177	2,3098	2,0960	2,2582	2,0877
K_c	0,0757	0,0624	0,0235	0,0311	0,0305	0,0372
X^2	0,0041	0,0057	0,0054	0,0165	0,0126	0,0206
SSR	0,0748	0,1021	0,0976	0,2979	0,2265	0,3704
R^2	0,9766	0,9539	0,7553	0,6383	0,6898	0,0099

Tabela A.18. Parâmetros do modelo Lei da potência para polpa de goiaba peneirada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K	0,3234	0,3353	0,3026	0,6122	0,7767	0,8307
n	0,5375	0,4809	0,4881	0,3747	0,3280	0,3041
X^2	0,03090	0,0482	0,0118	0,0607	0,0426	0,0362
SSR	0,7024	0,8672	0,2123	1,0929	0,7664	0,6518
R^2	0,9919	0,9795	0,9948	0,9668	0,9727	0,9721

Tabela A.19. Parâmetros do modelo Lei da potência para polpa de caju peneirada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K	4,2503	4,7514	5,1759	3,8202	4,0918	2,6497
n	0,1870	0,1598	0,1443	0,1419	0,1363	0,1639
X ²	0,9440	0,6929	0,4922	0,2927	0,1938	0,1101
SSR	16,9924	12,4730	8,8592	5,2685	3,4877	1,9823
R ²	0,8303	0,8412	0,8719	0,8556	0,9071	0,9229

Tabela A.20. Parâmetros do modelo Lei da potência para mistura de 80%goiaba20%caju peneirada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K	0,5084	0,3446	0,6265	0,9486	1,0509	1,8042
n	0,4606	0,4978	0,4114	0,3441	0,2997	0,1831
X ²	0,0788	0,0407	0,0637	0,0825	0,0818	0,1774
SSR	1,4187	0,7334	1,1470	1,4851	1,4725	3,1925
R ²	0,9819	0,9874	0,9804	0,9717	0,9567	0,8174

Tabela A.21. Parâmetros do modelo Lei da potência para mistura de 60%goiaba40%caju peneirada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K	1,0765	1,8433	1,4575	5,3922	2,2035	1,3417
n	0,3871	0,2712	0,2960	0,0550	0,1677	0,1597
X ²	0,4084	0,7534	0,6791	0,3959	0,3952	0,0874
SSR	7,3515	13,5621	12,2246	7,1267	7,1139	1,5726
R ²	0,9366	0,7931	0,7907	0,4386	0,6952	0,7575

Tabela A.22. Parâmetros do modelo Lei da potência para mistura de 50%goiaba50%caju peneirada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K	1,5245	2,5884	5,1458	4,3047	4,9434	3,8735
n	0,3258	0,2277	0,0598	0,0784	0,0743	0,1113
X ²	0,7745	0,9047	0,2483	0,7302	0,6351	0,4696
SSR	13,9412	16,2855	4,4698	13,1733	11,4312	8,4524
R ²	0,8554	0,7666	0,5911	0,3627	0,4431	0,6791

Tabela A.23. Parâmetros do modelo Hershel Bulkley para polpa de goiaba peneirada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
τ_0	0,7811	0,9391	0,3184	1,2392	1,1422	0,9964
K _{HL}	0,1489	0,0962	0,207	0,1389	0,2255	0,2846
n	0,6525	0,6652	0,5430	0,5879	0,5011	0,4516
X ²	0,0083	0,0053	0,0078	0,0015	0,0029	0,0128
SSR	0,1418	0,0895	0,1329	0,0257	0,0500	0,2179
R ²	0,9984	0,9979	0,9968	0,9992	0,9982	0,9907

Tabela A.24. Parâmetros do modelo Hershel Bulkley para polpa de caju peneirada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
τ_0	6,4754	6,3102	6,0574	4,4271	3,6748	2,7252
K _{HL}	0,0861	0,1478	0,3261	0,2496	0,8348	0,4384
n	0,7493	0,6437	0,5101	0,5004	0,3257	0,3931
X ²	0,1353	0,1538	0,1646	0,1488	0,1333	0,0484
SSR	2,2995	2,614	2,7986	2,5295	2,2662	0,8224
R ²	0,9770	0,9667	0,9592	0,9307	0,9396	0,9680

Tabela A.25. Parâmetros do modelo Hershel Bulkley para mistura de 80%goiaba20%caju peneirada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
τ_0	1,2565	0,7176	1,2188	1,5334	1,5755	2,6298
K_H	0,1541	0,1561	0,2004	0,2593	0,2317	0,0505
n	0,6357	0,6139	0,5757	0,5276	0,5113	0,6925
X^2	0,0083	0,0171	0,0044	0,0091	0,0151	0,0599
SSR	0,1416	0,2911	0,0752	0,1554	0,2572	1,0193
R^2	0,9981	0,995	0,9987	0,9970	0,9924	0,9417

Tabela A.26. Parâmetros do modelo Hershel Bulkley para mistura de 60%goiaba40%caju peneirada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
τ_0	2,9782	4,1823	3,7692	6,2775	3,6044	1,7967
K_H	0,1160	0,0242	0,0149	1,6193E-5	0,0026	0,0474
n	0,7154	0,9211	0,9898	1,9755	1,1875	0,6184
X^2	0,0083	0,0206	0,0245	0,1639	0,2078	0,0552
SSR	0,1418	0,351	0,4169	2,7866	3,5324	0,8533
R^2	0,9988	0,9946	0,9929	0,7805	0,8487	0,8684

Tabela A.27. Parâmetros do modelo Hershel Bulkley para mistura de 50%goiaba50%caju peneirada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
τ_0	4,0964	5,0248	6,1861	5,24226	5,9848	3,1606
K_H	0,0427	0,0195	4,3128E-6	5,5103E-5	1,2816E-4	0,9098
n	0,8603	0,9612	2,1898	1,8182	1,6764	0,2695
X^2	0,0169	0,0340	0,1082	0,1842	0,1900	0,4702
SSR	0,2878	0,5788	1,8389	3,1311	3,2306	7,9931
R^2	0,9970	0,9917	0,8317	0,8482	0,8426	0,6965

Tabela A.28. Parâmetros do modelo de Casson para polpa de goiaba centrifugada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K_{oc}	-0,0648	-0,2499	0,0431	0,0305	-0,0661	-0,3768
K_c	0,0559	0,0518	0,0444	0,0429	0,0442	0,0381
X^2	0,0035	0,0047	0,0066	0,0077	0,0046	0,0153
SSR	0,0622	0,0844	0,1190	0,1382	0,0834	0,2751
R^2	0,9963	0,9942	0,9890	0,9864	0,9922	0,9662

Tabela A.29. Parâmetros do modelo de Casson para polpa de caju centrifugada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K_{oc}	-0,3158	-0,1668	0,2400	-0,2047	-0,4392	0,0654
K_c	0,0461	0,0392	0,0287	0,0356	0,0389	0,0256
X^2	0,0325	0,0048	0,0048	0,0029	0,0149	0,0057
SSR	0,5854	0,0859	0,0864	0,0536	0,2679	0,1026
R^2	0,9516	0,9898	0,9811	0,9922	0,9685	0,972

Tabela A.30. Parâmetros do modelo de Casson para polpa de 80%goiaba20%caju centrifugada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K_{oc}	0,0782	-0,1392	-0,0038	-0,1426	0,0677	0,1209
K_c	0,0451	0,0449	0,0416	0,0437	0,0308	0,0278
X^2	0,0082	0,0040	0,0031	0,0017	0,0092	0,0141
SSR	0,1484	0,0723	0,0551	0,0314	0,1651	0,2544
R^2	0,9867	0,9934	0,9942	0,9969	0,9691	0,9430

Tabela A.31. Parâmetros do modelo de Casson para polpa de 20%goiaba80%caju centrifugada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K_{oc}	-0,3591	-0,1636	-0,1772	-0,3122	-0,1997	-0,2792
K_C	0,0444	0,0380	0,0372	0,0377	0,0290	0,0287
X^2	0,015	0,0044	0,0020	0,0069	0,0032	0,0141
SSR	0,2699	0,0784	0,0366	0,1243	0,0572	0,2537
R^2	0,9754	0,9901	0,9951	0,9842	0,9876	0,9465

Tabela A.32. Parâmetros do modelo de Casson para polpa de 60%goiaba40%caju centrifugada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K_{oc}	0,0690	0,1749	0,0423	0,1105	-0,0889	0,4333
K_C	0,0471	0,0423	0,0395	0,0376	0,0402	0,0263
X^2	0,0083	0,0081	0,0123	0,0041	0,0049	0,0057
SSR	0,1490	0,1452	0,2222	0,0734	0,0883	0,1022
R^2	0,9878	0,9853	0,9744	0,9905	0,9900	0,9735

Tabela A.33. Parâmetros do modelo de Casson para polpa de 40%goiaba60%caju centrifugada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K_{oc}	-0,0146	0,3024	-0,0126	-0,3064	-0,3084	-0,4699
K_C	0,0481	0,0319	0,0371	0,0425	0,0387	0,0353
X^2	0,0036	0,0053	0,0035	0,0066	0,0111	0,0172
SSR	0,0655	0,0963	0,0633	0,1191	0,2002	0,3106
R^2	0,9948	0,9829	0,9916	0,988	0,9759	0,9562

Tabela A.34. Parâmetros do modelo de Casson para polpa de 50%goiaba50%caju centrifugada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K_{oc}	0,2949	-0,3650	-0,0518	-0,2452	0,2015	-0,1646
K_C	0,0347	0,0465	0,0396	0,0416	0,0260	0,0326
X^2	0,0149	0,0131	0,0065	0,0049	0,0056	0,0079
SSR	0,2689	0,2366	0,1165	0,0884	0,1012	0,1425
R^2	0,9606	0,9803	0,9865	0,9907	0,9732	0,9758

Tabela A.35. Parâmetros do modelo de Lei da Potência para polpa de caju centrifugada

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K	1,3040E-4	6,2235E-4	0,0017	3,1286E-4	7,6000E-5	3,4043E-4
n	1,3182	1,0929	0,9512	1,1469	1,3180	1,0966
X^2	0,0168	0,0167	0,0074	0,0072	0,0232	0,0062
SSR	0,3028	0,3014	0,1336	0,1288	0,4174	0,1114
R^2	0,9971	0,9947	0,9960	0,9963	0,9889	0,9934

Tabela A.36. Parâmetros do modelo de Lei da Potência para polpa de goiaba centrifugada

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K	0,0024	8,1256E-4	0,0029	0,0017	0,0012	3,3289E-5
n	1,0273	1,1266	0,9527	1,0132	1,0577	1,4246
X^2	0,0508	0,0299	0,0718	0,0154	0,0097	0,0111
SSR	0,9148	0,5382	1,2921	0,2767	0,1744	0,2004
R^2	0,9966	0,9968	0,9895	0,9975	0,9984	0,9951

Tabela A.37. Parâmetros do modelo de Lei da Potência para mistura de 40%caju60%goiaba centrifugados

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K	0,0012	0,0025	8,2179E-4	0,0014	0,0010	0,0045
n	1,0850	0,9787	1,0874	1,0117	1,0430	0,8353
X ²	0,0485	0,0701	0,0385	0,0045	0,0070	0,0375
SSR	0,8733	1,2623	0,6936	0,0817	0,1265	0,6743
R ²	0,9949	0,9900	0,9919	0,9989	0,9982	0,9799

Tabela A.38. Parâmetros do modelo de Lei da Potência para mistura de 60%caju40%goiaba centrifugados

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K	0,0019	0,0029	9,3416E-4	1,7509E-4	1,7660E-4	1,0442E-5
n	1,0179	0,9113	1,0483	1,2573	1,2286	1,5315
X ²	0,0423	0,0117	0,0043	0,0159	0,049	0,0102
SSR	0,7610	0,2113	0,0784	0,2865	0,8820	0,1842
R ²	0,9951	0,9960	0,9986	0,9959	0,9805	0,9925

Tabela A.39. Parâmetros do modelo de Lei da Potência para mistura de 20%caju80%goiaba centrifugados

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K	0,0035	0,0018	0,0015	0,0010	2,9891E-4	2,7447E-4
n	0,9384	1,0012	1,0145	1,0575	1,1585	1,1538
X ²	0,0983	0,0483	0,0047	0,0057	0,0085	0,0079
SSR	1,7695	0,8698	0,0847	0,1034	0,1534	0,1424
R ²	0,9869	0,9911	0,9991	0,9988	0,9958	0,9949

Tabela A.40. Parâmetros do modelo Lei da Potência para mistura de 80%caju20%goiaba centrifugados

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K	1,0971E-4	8,2103E-4	5,3118E-4	1,2274E-4	8,8485E-5	1,3509E-6
n	1,3225	1,0499	1,0969	1,2667	1,2492	1,7573
X ²	0,0968	0,0279	0,0061	0,013	0,0039	0,0059
SSR	1,7423	0,5018	0,1096	0,2285	0,0715	0,1076
R ²	0,9786	0,9896	0,9975	0,9944	0,9954	0,9934

Tabela A.41. Parâmetros do modelo Lei da Potência para mistura de 50%caju50%goiaba centrifugados

	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
K	0,0014	1,0838E-4	8,8242E-4	5,5891E-4	0,0012	2,3069E-4
n	1,0196	1,3376	1,0670	1,1124	0,9695	1,1677
X ²	0,0507	0,0509	0,0052	0,0126	0,0070	0,0097
SSR	0,9129	0,9165	0,0929	0,2276	0,1266	0,1744
R ²	0,9883	0,9909	0,9987	0,9964	0,9944	0,9936

Tabela A.42 Parâmetros do modelo Hershel Bulkley para polpa de goiaba centrifugada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
τ_0	-0,0213	-0,1593	-0,2027	-0,1021	-0,1065	-0,1093
K _H	0,0025	0,0012	0,0045	0,0022	0,0015	6,4409E-5
n	1,0234	1,0849	0,9060	0,9854	1,0263	1,3472
X ²	0,0538	0,0286	0,0718	0,0151	0,0089	0,0098
SSR	0,9140	0,4861	1,2204	0,2572	0,1525	0,1668
R ²	0,9966	0,9971	0,9900	0,9977	0,9986	0,9954

Tabela A.43 Parâmetros do modelo Hershel Bulkley para polpa de caju centrifugada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
τ_0	-0,1111	-0,1623	0,2201	-0,1033	-0,2058	0,0849
K_H	1,9097E-4	0,0011	6,2992E-4	5,2104E-4	2,2968E-4	1,8226E-4
n	1,2736	1,0258	1,0632	1,0877	1,1893	1,1693
X^2	0,0159	0,0146	0,0027	0,0062	0,0181	0,0056
SSR	0,2708	0,2485	0,0452	0,1063	0,3078	0,0960
R^2	0,9974	0,9956	0,9987	0,9969	0,9918	0,9943

Tabela A.44 Parâmetros do modelo Hershel Bulkley para polpa de 80%goiaba20%caju centrifugada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
τ_0	-0,2016	-0,2767	-0,0862	-0,1154	0,1719	0,1893
K_H	0,0052	0,0034	0,0019	0,0015	1,1407E-4	8,3403E-5
n	0,8953	0,9265	0,9882	1,0198	1,2712	1,2930
X^2	0,0999	0,0429	0,0042	0,0046	0,0051	0,0033
SSR	1,6994	0,7289	0,0710	0,0781	0,0869	0,0567
R^2	0,9875	0,9926	0,9992	0,9991	0,9976	0,9979

Tabela A.45 Parâmetros do modelo Hershel Bulkley para polpa de 20%goiaba80%caju centrifugada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
τ_0	-0,0497	-0,1909	-0,1364	-0,1573	-0,0559	0,0339
K_H	1,3531E-4	0,0016	9,2905E-4	2,7136E-4	1,4134E-4	8,5686E-7
n	1,2980	0,9712	1,0322	1,1744	1,1946	1,8112
X^2	0,1021	0,0253	0,0042	0,0099	0,0038	0,0061
SSR	1,7362	0,4309	0,0721	0,1678	0,0640	0,1032
R^2	0,9787	0,9911	0,9983	0,9959	0,9959	0,9937

Tabela A.46 Parâmetros do modelo Hershel Bulkley para polpa de 40%goiaba60%caju centrifugada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
τ_0	0,1248	0,272	-0,0349	-0,0905	-0,1637	-0,1293
K_H	0,0015	0,0012	0,0010	2,5298E-4	3,8024E-4	3,0310E-5
n	1,0496	1,0141	1,0342	1,2143	1,1394	1,4065
X^2	0,0431	0,0049	0,0045	0,0157	0,0482	0,0078
SSR	0,7333	0,0828	0,0760	0,2670	0,8198	0,132
R^2	0,9953	0,9984	0,9987	0,9961	0,9819	0,9940

Tabela A.47 Parâmetros do modelo Hershel Bulkley para polpa de 60%goiaba40%caju centrifugada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
τ_0	0,2979	0,1622	0,0889	0,0878	-0,1316	0,4788
K_H	6,0157E-4	0,0017	6,2046E-4	0,0011	0,0016	6,2259E-4
n	1,1658	1,0213	1,1201	1,0427	0,9961	1,0634
X^2	0,0409	0,0715	0,0398	0,0039	0,0055	0,0176
SSR	0,6955	1,2150	0,6774	0,0673	0,0938	0,2993
R^2	0,996	0,9904	0,9921	0,9991	0,9986	0,9911

Tabela A.48 Parâmetros do modelo Mizrahi Berk para polpa de 50%goiaba50%caju centrifugada

	10°C	20°C	30°C	40	50	60°C
K_0	28621,1447	28620,6711	28620,8917	76479,2335	76479,6197	76479,3773
K_H	-28621,389	-28621,842	-28621,622	-76480,242	-76479,856	-76480,099
n	-9,6757E-6	-1,3508E-5	-1,1461E-5	-4,5992E-6	-2,8038E-6	-3,5235E-6
X^2	0,1635	0,2408	0,1685	0,1663	0,0834	0,1224
SSR	2,7799	4,0944	2,8639	2,8278	1,4186	2,0801
R^2	0,5076	0,6586	0,6685	0,7018	0,6240	0,6474