



ESTUDO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DO EXTRATO DE BAGAÇO DE UVA

Carolina Castro Borges Higinio

Projeto Final de Curso

Orientadora:

Veronica Maria de Araújo Calado, D.Sc

Maio de 2012

ESTUDO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DO EXTRATO DE BAGAÇO DE UVA

Carolina Castro Borges Higinio

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro de Alimentos.

Aprovado por:

Ana Paula Gil Cruz, M. Sc.

Carla Napoli Barbato, D. Sc.

Ana Lúcia Nazareth da Silva, D.Sc.

Orientado por:

Veronica Maria de Araújo Calado, D.Sc

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Maio de 2012

H638e Higino, Carolina Castro Borges.

Estudo do comportamento reológico do extrato de bagaço de uva/ Carolina Castro Borges Higino . – 2012.
xvi, 87 f.: il; 30 cm

(Monografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2012.

Orientadora: Verônica Maria de Araújo Calado, D.Sc.

1. Reologia. 2. Pseudoplástico. 3. Bagaço de uva. 4. Temperatura 5. Viscosidade. I. Calado, Verônica Maria de Araújo. (Orient.). II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Monografia (Graduação UFRJ/EQ), Escola de Química. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Amaro e Graça, por todo o carinho, aprendizado e valores a mim passados. A minha irmã, Camila, que sempre esteve comigo nestes anos ao meu lado. Ao meu amado marido, Daniel, por todo o apoio e companheirismo, mesmo nos momentos mais estressantes.

Aos meus queridos amigos, nossa pequena panela de quase 20 pessoas, que fizeram parte de inúmeros momentos, bons e outros não tão bons, mas com alegria e diversão garantida. Estes estarão sempre no meu coração: Amandinha, Andréa, Aline, Déborah, Diego Aboul, Diego Souza, Flávio, Gustavo, Huguinho, Larissa, Mineiro, Nathália, Ricardo, Khalil, Saulo e Alemão.

A Rosana, que me auxiliou nas análises, sempre com boa vontade e, especialmente, a minha orientadora, Veronica, que tenho como exemplo profissional e pessoal e que esteve todo esse tempo me ajudando, com uma impressionante habilidade de gerenciamento do tempo, sempre me atendendo em sua sala, mesmo com várias pessoas indo consultá-la e inúmeras tarefas a cumprir.

Enfim, agradeço a todos que aqui não foram citados, mas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho, seja, com palavras, gestos, orações e torcida, fortalecendo-me cotidianamente, contribuindo para o desfecho da jornada.

Finalmente, agradeço a Deus, por mais uma oportunidade concedida e pelo seu amparo em todos os momentos da minha vida.

Carolina Castro Borges Higinio

Resumo do Projeto Final apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenharia Química

ESTUDO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DO EXTRATO DE BAGAÇO DE UVA

Carolina Castro Borges Higino

Abril, 2012

Orientadora: Veronica Maria de Araújo Calado, D.Sc.

Os subprodutos da vinificação vêm despertando o interesse tanto do ponto de vista ecológico como econômico e diversos estudos têm sido realizados com o intuito de desenvolver tecnologias para o aproveitamento dos mesmos. O bagaço da uva, foco do trabalho, é resultante da prensagem da massa da uva, constituída pelas partes sólidas das uvas e pelo mosto ou pelo conjunto mosto/vinho que as embebe.

Com esse trabalho objetivou-se a caracterização reológica do extrato de bagaço de uva, utilizando reômetro de geometria cone-placa. As medições da viscosidade foram realizadas em diferentes taxas de cisalhamento (1 a 4000 s^{-1}) nas temperaturas de 20 , 25 , 30 , 35 , 40 a $45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Verificou-se que o comportamento do fluido é não newtoniano, pseudoplástico e reopético. Além disso, houve deposição do material após 30 minutos.

O estudo mostrou também que a viscosidade aparente diminui com o aumento da temperatura e, em temperaturas mais altas, a viscosidade tende a apresentar um comportamento constante, característico de fluidos newtonianos.

A equação de Arrhenius não se adequou aos dados, sendo necessário um ajuste empírico para a descrição do efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente. Os dados foram tratados no Statistica v.10, sendo os parâmetros da equação calculados pelo mesmo.

SUMÁRIO

1	Introdução	9
2	Fundamentos Teóricos	12
2.1	Reologia.....	12
2.2	Efeito da temperatura.....	17
2.3	Revisão Bibliográfica	18
3	Materiais e Métodos.....	22
3.1	Preparação da amostra de bagaço de uva	22
3.2	Caracterização reológica do bagaço	22
4	Apresentação e Discussão dos Resultados.....	23
5	Conclusão e Sugestões	34
6	Referências Bibliográficas	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Demonstração gráfica do comportamento de fluidos newtonianos.	12
Figura 2.2. Demonstração gráfica do comportamento de fluidos pseudoplásticos.	14
Figura 2.3. Demonstração gráfica do comportamento de fluidos dilatantes.	14
Figura 2.4. Demonstração gráfica do comportamento de plásticos de Bingham.	15
Figura 2.5. Curvas de escoamento para diferentes tipos de fluidos. Fonte: Sharma et al, 2000.	15
Figura 2.6. Demonstração gráfica do comportamento de fluidos tixotrópicos.	16
Figura 2.7. Demonstração gráfica do comportamento de fluidos reopéticos.	17
Figura 4.1. Curva reológica do bagaço de uva nas diferentes temperaturas.	23
Figura 4.2. Curva reológica do bagaço de uva nas diferentes temperaturas. Corrida realizada imediatamente após o término da primeira.	24
Figura 4.3. Curva reológica do bagaço de uva nas diferentes temperaturas. Corrida realizada 30 minutos após o término da segunda corrida.	24
Figura 4.4. Viscosidade aparente do bagaço de uva nas diferentes temperaturas.	25
Figura 4.5. Viscosidade aparente do bagaço de uva nas diferentes temperaturas. Corrida realizada imediatamente após o término da primeira.	26
Figura 4.6. Viscosidade aparente do bagaço de uva nas diferentes temperaturas. Corrida realizada 30 minutos após o término da primeira.	26
Figura 4.7. Viscosidade aparente do bagaço de uva a 20 °C nas três corridas realizadas.	27
Figura 4.8. Viscosidade aparente do bagaço de uva a 25 °C nas três corridas realizadas.	27
Figura 4.9. Viscosidade aparente do bagaço de uva a 30 °C nas três corridas realizadas.	28
Figura 4.10. Viscosidade aparente do bagaço de uva a 35 °C nas três corridas realizadas.	28
Figura 4.11. Viscosidade aparente do bagaço de uva a 40 °C nas três corridas realizadas.	29
Figura 4.12. Viscosidade aparente do bagaço de uva a 45 °C nas três corridas realizadas.	29
Figura 4.13. Viscosidade versus temperatura em diferentes taxas de deformação.	30
Figura 4.14. Modelo tridimensional da equação.	31
Figura 4.15. Tensão de Cisalhamento versus Taxa de Deformação a 45°C.	32
Figura 4.16. Viscosidade versus Taxa de Deformação a 45°C.	33

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1. Parâmetros da equação empírica	31
--	----

1 Introdução

Em todo o mundo são geradas milhões de toneladas de resíduos agroindustriais por ano. A uva é uma das mais importantes culturas e a indústria vinícola e de destilados são responsáveis por boa parte desses resíduos que são altamente danosos ao meio ambiente devido às suas características poluentes, como o baixo pH e elevados teores de compostos fenólicos, antibacterianos e fitotóxicos. Portanto, o bagaço torna-se um problema ambiental a ser resolvido, pois uma grande quantidade de resíduos é gerada em um curto espaço de tempo.

De acordo com o Cadastro Vinícola da IBRAVIN - Instituto Brasileiro do Vinho, em 2010, aproximadamente 527 mil toneladas de uvas foram processadas só pelas empresas do Rio Grande do Sul, o que significa uma produção de cerca de 70 mil toneladas de resíduos gerados.

Esses subprodutos vêm despertando o interesse tanto do ponto de vista ecológico como econômico e diversos estudos têm sido realizados com o intuito de desenvolver tecnologias para o aproveitamento dos mesmos. Essas pesquisas contribuem para que os resíduos da indústria vinícola e de sucos ganhem aproveitamento econômico, dando aos produtores mais opções de renda.

O bagaço de uva é composto por casca e semente, além de alguns engaços e folhelhos (pedúnculos) das uvas, sendo subproduto da vinificação de maior importância devido à sua riqueza alcoólica e tartárica e pelo interesse econômico de alguns de seus componentes físicos. Esse bagaço é resultante da prensagem da massa da uva, constituída pelas partes sólidas das uvas e pelo mosto ou pelo conjunto mosto/vinho que as embebe.

Estima-se que entre 12 e 15% da uva processada se transforme em resíduos, sendo a maior parte constituída pelo bagaço.

Há grande variação na composição química do bagaço. Os fatores que influenciam nessa característica são: o tipo de bagaço, a natureza das castas de que provém, o modo de vinificação, as condições atmosféricas em que se encontra a vegetação da vinha, as quais têm uma influência marcada na composição das uvas, os sistemas de condução da vinha e o estado sanitário das uvas no momento da vindima, influenciando também a composição dos seus subprodutos (Famuyiwa e Ough, 1982).

No Brasil, a Embrapa Agroindústria de Alimentos (CTAA) vem estudando a utilização do bagaço de uva para a fabricação de óleo extraído das sementes, que é de grande interesse para a indústria de cosméticos.

Outra linha de estudo diz que esses subprodutos do processamento de vinhos e sucos podem contribuir para a redução do risco de cânceres e doenças cardiovasculares. Em sua tese de doutorado, Emília Ishimoto realizou a desidratação e trituração da casca e das sementes de duas variedades de uva, cabernet sauvignon e isabel, para obtenção de um tipo de farinha de bagaço e, em seguida, para a elaboração de extratos concentrados. Essa farinha pode ser utilizada para substituir o ovo e a farinha de rosca em pães, biscoitos, barras de cereais, massas, panquecas e outros alimentos, deixando o alimento mais rico em fibras, flavonóides e OPC (procianidinas oligoméricas), antioxidante que combate os radicais livres e previne o envelhecimento das células e doenças degenerativas, além das propriedades antitumorais.

Em 2006, o trabalho de Daniela Barnabé da Universidade Federal Paulista mostrou que, no Rio Grande do Sul, o bagaço da uva vem sendo aproveitado para a produção de substratos e fertilizantes. Outra iniciativa também vinda do sul do país, por meio de uma parceria entre a Fundação Proamb, a Vinícola Aurora e um instituto alemão, investe na reutilização dos resíduos da produção de uva para criar energia. Por meio de *pellets* – pequenos cilindros com 5 centímetros de comprimento e 2 centímetros de diâmetro, formados de engaço e bagaço e algum outro componente que pode vir a aumentar o poder calórico da matéria – além dos ganhos ambientais, essa iniciativa também gerou ganhos econômicos para as empresas parceiras.

Um artigo publicado na edição de Março/Abril 2010 da Revista e Portal Meio Filtrante (Volume 47, Número 2), escrito por Carla Brazinha e João G. Crespo, aponta um outro fim dado aos subprodutos da vinificação: a utilização na alimentação animal ou como fertilizantes nos estaleiros de uva, que apesar de ter um baixo valor de mercado, possui alto teor de compostos biologicamente ativos.

Farinella et al (2006) estudou o bagaço de uva como biossorventes de metais no tratamento de efluentes e, em 2008, como adsorvente alternativo natural de cádmio e chumbo para tratamento de efluentes.

Cortés et al (2010) estudaram a produção de etanol utilizando os resíduos da vinificação por meio de fermentação alcoólica dos açúcares residuais. O estudo de Curto e Tripodo (2000) revelou que um método de extração simples do bagaço de uvas frescas pode produzir uma solução rica em açúcar, que por fermentação produz uma biomassa de levedura de alto valor.

Em Alagoas, um estudo realizado por Rivera et al (2007) deu uma nova utilização para o bagaço de uva: produção de ácido lático e biossurfactantes por meio da hidrólise do seu destilado.

O fato é que ainda se desconhecem as características de escoamento do extrato do bagaço de uva e, devido a isso, este trabalho tem como objetivo caracterizá-lo reologicamente e observar a sua sensibilidade à temperatura. Por caracterização reológica, entende-se determinar: 1) a viscosidade em função da taxa de cisalhamento, 2) a influência da temperatura sobre a viscosidade, 3) natureza do escoamento e 4) influência do tempo de repouso sobre a resposta reológica do fluido.

2 Fundamentos Teóricos

2.1 Reologia

Reologia é a ciência que estuda o escoamento e a deformação dos materiais, ou seja, o modo como os materiais respondem à aplicação de uma tensão ou deformação. No estudo reológico dos líquidos, a viscosidade é a propriedade física de maior interesse, sendo caracterizada pela capacidade de um fluido resistir à tensão de cisalhamento. Além da característica físico-química da substância, a viscosidade também depende da temperatura, da pressão, da taxa de cisalhamento e do tempo.

Com base em Lewis (1993), Vandresen (2007) afirma que: “Em muitas operações da indústria de alimentos, medir a viscosidade de um fluido é importante para controle de qualidade das matérias-primas e para avaliação do efeito das variações, tanto nas condições de processamento sobre os produtos durante a fabricação, como no produto final. O conhecimento da viscosidade pode contribuir para a otimização de processos, redução dos custos nos ingredientes e melhoria da consistência do produto”.

Reologicamente, os fluidos são classificados em dois tipos de acordo com a relação entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento para condições de temperatura e pressão estabelecidas: newtonianos e não-newtonianos.

Os fluidos newtonianos possuem uma relação linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação; sua viscosidade é constante e eles seguem à Lei de Newton. Seu comportamento gráfico está demonstrado na Figura 2.1.

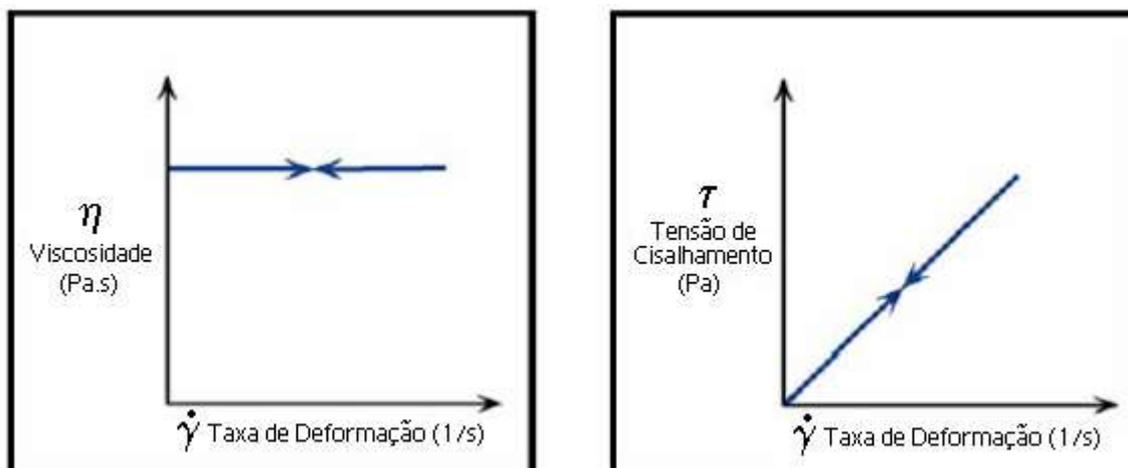


Figura 2.1. Demonstração gráfica do comportamento de fluidos newtonianos.

A equação matemática que descreve a viscosidade de fluidos newtonianos é:

$$\tau = \mu(\dot{\gamma})$$

em que,

τ , tensão de cisalhamento (Pa)

μ , viscosidade absoluta (Pa.s)

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

Fluidos não newtonianos são aqueles cuja relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação não é linear e/ou não passar pela origem. Para estes, o termo viscosidade é substituído por η_{ap} , que é a viscosidade aparente, e é função do gradiente de velocidade (VIDAL et al, 2000).

A equação matemática que descreve a viscosidade de fluidos não-newtonianos é:

$$\tau = \eta_{ap} (\dot{\gamma})^n$$

em que,

τ , tensão de cisalhamento (Pa)

η_{ap} , viscosidade aparente (Pa.s)

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

n , índice de escoamento ($n \neq 1$)

Os fluidos não-newtonianos são classificados das seguintes formas: Viscoelásticos, Pseudoplásticos, Dilatantes, Plásticos de Bingham, Herschel-Bulkley, Tixotrópicos e Reopéticos.

Como pode-se observar na Figura 2.2, nos fluidos pseudoplásticos a viscosidade decresce com o aumento da taxa de deformação. Isso ocorre porque em repouso suas moléculas estão em um estado desordenado e, quando submetidas a uma tensão de cisalhamento, suas moléculas tendem a se orientar na direção da força aplicada (Holdsworth, 1971).

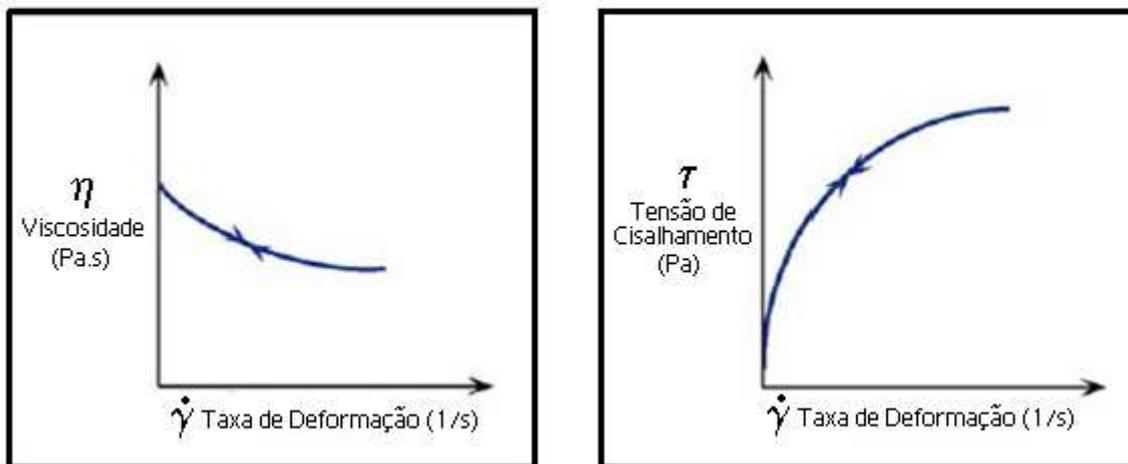


Figura 2.2. Demonstração gráfica do comportamento de fluidos pseudoplásticos.

Os fluidos dilatantes apresentam comportamento inverso ao descrito anteriormente; a viscosidade aumenta à medida que a taxa de deformação aumenta, pois há ruptura da estrutura. Normalmente são fluidos que contêm uma alta proporção de partículas rígidas insolúveis em suspensão. O comportamento gráfico pode ser observado na Figura 2.3.

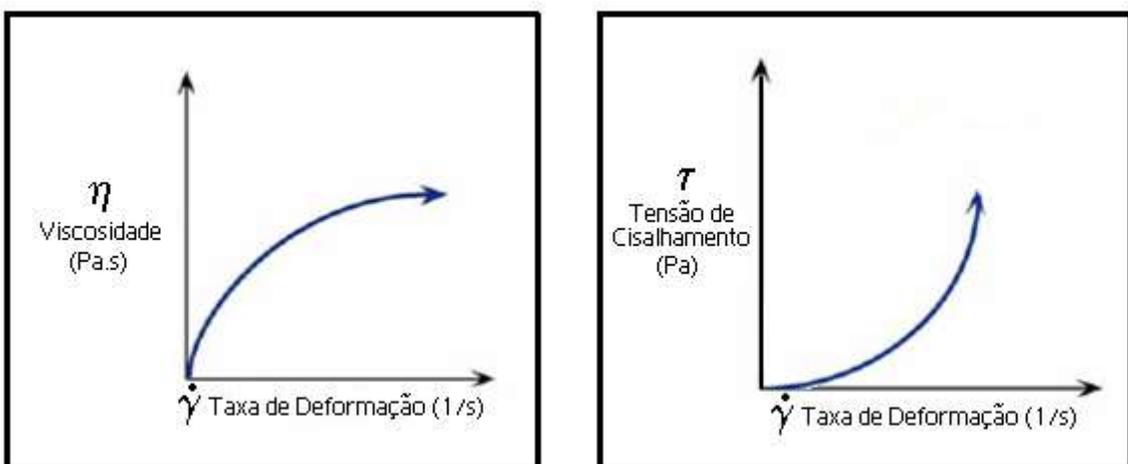


Figura 2.3. Demonstração gráfica do comportamento de fluidos dilatantes.

O comportamento classificado como Plásticos de Bingham é observado em muitos fluidos alimentícios como molhos de tomate, clara de ovo e maionese. Sob condições estáticas, apresentam comportamento sólido. É necessária a aplicação de uma tensão inicial para que o fluido comece a escoar. Seu comportamento gráfico característico é mostrado na Figura 2.4.

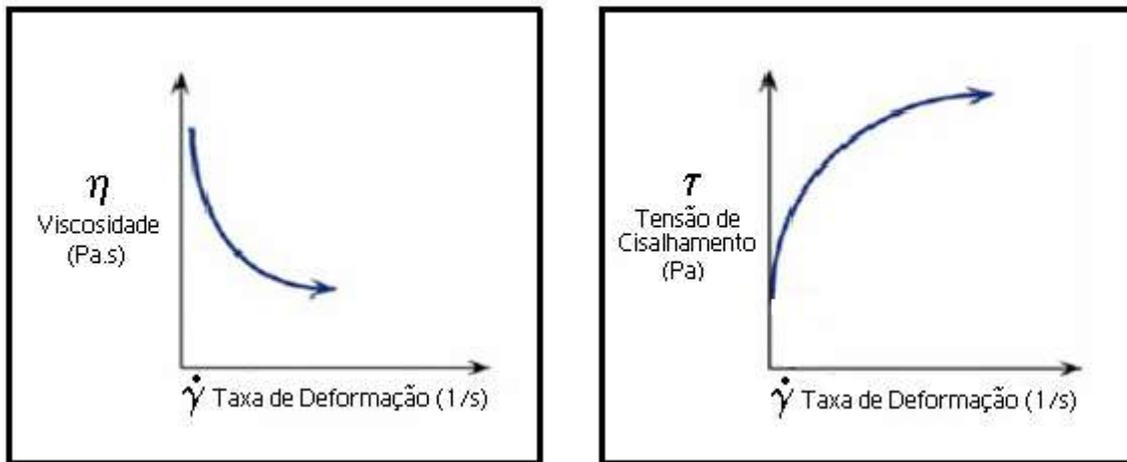


Figura 2.4. Demonstração gráfica do comportamento de plásticos de Bingham.

O comportamento de Herschel-Bulkley também é denominado Bingham generalizado. Como os fluidos de Bingham, eles necessitam de tensão inicial, sendo sólido em condição de repouso.

Na Figura 2.5 tem-se uma imagem comparativa com as diversas classificações dos fluidos vistas até aqui, permitindo melhor visualização das diferenças.

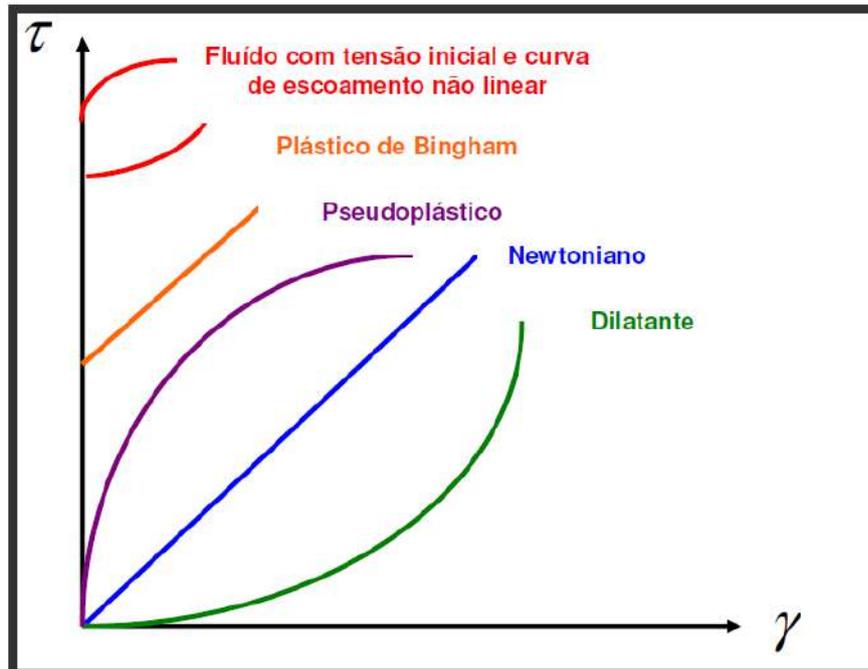


Figura 2.5. Curvas de escoamento para diferentes tipos de fluidos. Fonte: Sharma et al, 2000.

Os fluidos tixotrópicos são aqueles cuja viscosidade aparente diminui com o tempo quando o fluido é submetido a uma taxa de cisalhamento constante. Exemplos desse fluido

são gelatinas, cremes, manteigas, molhos para saladas, etc. A maioria dos alimentos se enquadra nessa classificação e tem seu comportamento descrito na Figura 2.6.

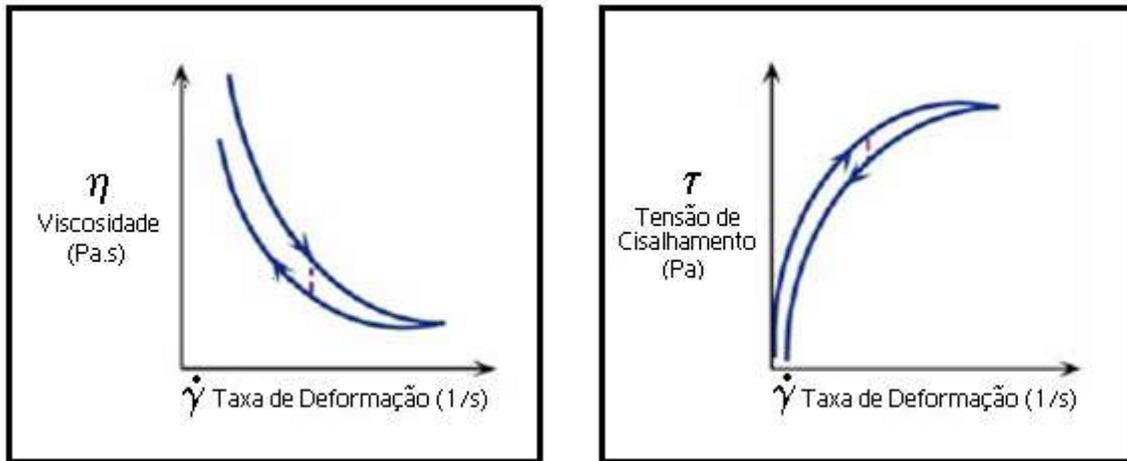


Figura 2.6. Demonstração gráfica do comportamento de fluidos tixotrópicos.

Os fluidos reopéticos têm como característica o aumento da sua viscosidade com o tempo a um cisalhamento constante. Isso ocorre pelo fato de o cisalhamento aumentar a frequência das colisões entre as moléculas ou partículas dos fluidos, que pode levar a um aumento de agregados e, conseqüentemente, a um aumento na viscosidade aparente (McClements, 2005). Este tipo de comportamento não é comum em alimentos, mas pode ocorrer em soluções de amido altamente concentradas (Sharma et al, 2000).

Fluidos desse grupo apresentam um comportamento reológico semelhante ao fluido pseudoplástico, visto que a viscosidade aparente diminui com o aumento da taxa de cisalhamento. Enquanto nos pseudoplásticos a viscosidade se mantém constante a uma mesma taxa de cisalhamento, nos fluidos reopéticos observa-se uma variação dessa propriedade de acordo com o tempo, mantendo-se a temperatura, a composição e a taxa de cisalhamento constantes. (SHARMA; MULVANY; RIZVI, 2000). Seu comportamento gráfico pode ser observado na figura a seguir.

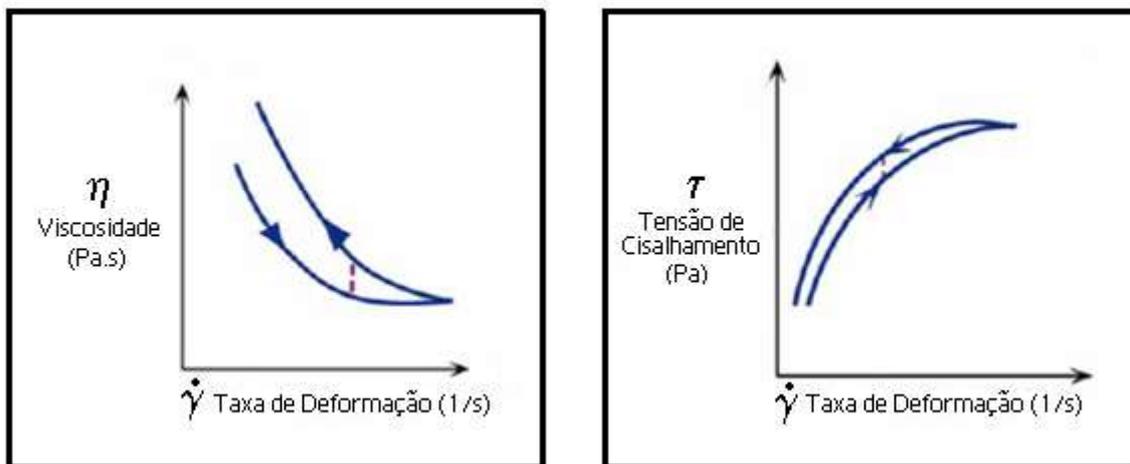


Figura 2.7. Demonstração gráfica do comportamento de fluidos reopéticos.

Os materiais viscoelásticos apresentam características elásticas e viscosas conjuntamente. São sólidos com propriedades viscosas e líquidos viscosos com propriedades elásticas. Essas substâncias se recuperam da deformação sofrida quando cessada a tensão a qual foi submetida.

2.2 Efeito da temperatura

Para os fluidos em geral, a influência da temperatura na viscosidade pode ser expressa pela equação de Arrhenius, que envolve termos como temperatura absoluta (T), constante dos gases ideais (R), fator pré-exponencial (η_∞) e energia de ativação (E_a).

$$\eta = \eta_\infty e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

Essa equação pode ser utilizada para representar os dados experimentais de viscosidade, possibilitando a determinação dos parâmetros E_a e η_∞ . O conhecimento desses parâmetros permite estimar o efeito da temperatura sobre a viscosidade.

A energia de ativação também está relacionada com a sensibilidade da viscosidade à mudança de temperatura. Valores mais altos de E_a significam que a viscosidade é relativamente mais sensível à mudança de temperatura (Pereira et al 2003).

Karwowski, 2012 cita uma revisão bibliográfica realizada por Vitali (1981) sobre a influência da temperatura nos alimentos fluidos, que mostra que os valores de energia de ativação encontram-se na faixa entre 1,5 a 15 kcal/mol (6,28 a 62,8kJ/mol). Holdsworth

(1971) diz que essa variação se deve à faixa de temperatura considerada, à influência do teor de sólidos solúveis e em suspensão, e à presença de polímeros.

2.3 Revisão Bibliográfica

O comportamento reológico e as propriedades de escoamento de polpas de frutas desempenham um importante papel no desenvolvimento e avaliação de equipamentos de processos tais como bombas, tubulações, trocadores de calor, evaporadores, esterilizadores e agitadores (Ahmed; Ramaswamy; Ngadi, 2005).

Apesar de grande quantidade de bagaço ser produzida atualmente pelas indústrias brasileiras, pouco se conhece acerca do comportamento reológico desses resíduos. Na literatura, podem-se observar estudos que abordam polpas e sucos concentrados.

Autores como Haminiuk et al (2005) estudaram o comportamento reológico da polpa de araçá em um reômetro com geometria de cilindros concêntricos variando a taxa de deformação de 2,80 a 70 s⁻¹. A temperatura utilizada foi 10 a 60 °C e o resultado encontrado foi o comportamento pseudoplástico, tendo em vista que a viscosidade diminuiu com o aumento da temperatura.

Haminiuk, também em 2005, estudou o comportamento da amora preta na faixa de 10 a 60 °C, com a mesma geometria citada anteriormente e também percebeu o mesmo comportamento reológico da polpa de araçá.

Polpas de pepino e manga foram analisadas por Pelegri et al (2002) a 30 °C em reômetro com geometria de placas paralelas, variando a taxa de deformação até 874 s⁻¹ e como resultado obteve-se comportamento pseudoplástico. Polissacarídeos da polpa de manga também foram analisados por Iagher, Reicher e Ganter em 2002, observando-se o mesmo comportamento da polpa descrito anteriormente. O estudo foi realizado a 25 °C em reômetro com a geometria cone-placa.

Arslan et al (2004) analisaram uma mistura de pasta de gergelim com suco de uva concentrado em diferentes concentrações (20 a 32% v/v) de pasta e o experimento teve como faixa de temperatura 35 a 65 °C, encontrando comportamento pseudoplástico em todas as situações. Foi utilizado viscosímetro rotacional para a caracterização reológica, variando sua velocidade entre 0,3 e 200 rpm.

O mesmo comportamento pseudoplástico pode ser visto em Yougurtçu, H e Kamish, F. (2005). O estudo analisou suco concentrado de amostras como amora e uva. A viscosidade foi medida a 5, 10, 15, 20 e 30 °C utilizando um viscosímetro rotacional na faixa de 0 a 93 s⁻¹.

Estudos sobre a polpa de manga centrifugada na faixa de temperatura de 10° a 60°C foram realizados por Vidal et al (2006), até a taxa de deformação de 300 s⁻¹, utilizando o sistema de medida de cilindros concêntricos. Observou-se um comportamento pseudoplástico para essa polpa e uma diminuição na viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação e temperatura.

Pelegrine, Vidal e Gasparetto (2000) estudaram a viscosidade aparente das polpas de manga e de abacaxi em um reômetro rotacional de placas paralelas à temperatura de 30 °C. A taxa de deformação utilizada foi até 874 s⁻¹. Eles observaram um comportamento pseudoplástico para todas as polpas. O modelo de Mizrahi e Berk foi o que melhor se ajustou aos dados obtidos.

Branco e Gasparetto (2005) estudaram o comportamento reológico da mistura ternária de polpa de manga e sucos de laranja e cenoura, aplicando a metodologia da superfície de resposta para as proporções de mistura. A temperatura de trabalho foi 60 °C e utilizou-se a geometria de placas paralelas. As curvas de escoamento foram ajustadas pelo modelo de Casson. A viscosidade aparente para todas as formulações do delineamento diminuiu com o aumento da taxa de deformação (comportamento pseudoplástico).

A tensão inicial e a viscosidade plástica, para todas as formulações estudadas, aumentaram com o aumento da fração de manga e reduziram-se com o aumento da fração de suco de laranja e, principalmente, cenoura.

Silva (2008) dissertou sobre o comportamento reológico da polpa de jenipapo. O estudo foi realizado em temperaturas de 10 a 60 °C, com taxa de deformação variando de 0 a 60 s⁻¹, obtendo-se como resultado um comportamento não-newtoniano. Avaliou-se também o efeito da temperatura na viscosidade encontrando valores de 3,34 a 4,52 kcal/gmol (que equivalem à faixa de 13,97 kJ/mol e 18,91 kJ/mol) de energia de ativação com a variação da concentração de sólidos.

Fernandes et al (2009) estudaram os efeitos do congelamento e da adição de pectina e sacarose (em diferentes concentrações) no comportamento reológico da polpa de maracujá. O estudo foi conduzido em viscosímetro a 25 °C com taxa de deformação variando de 0 a 200 s⁻¹ e as leituras foram transformadas em medidas reológicas pela metodologia de Mitschka e ajustadas pelo modelo de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência). Apesar de o congelamento não apresentar efeito significativo sobre a polpa, a amostra apresentou comportamento pseudoplástico sob as adições de pectina e sacarose.

A polpa de maracujá também foi estudada por Marangoni e Vieira (2009) em um reômetro com geometria de cilindros concêntricos nas temperaturas de 0, 10 e 20°C,

variando a taxa de deformação de 0 a 550s^{-1} . O resultado foi o mesmo encontrado por Fernandes et al em 2009.

Ferreira et al (2002) avaliaram o comportamento reológico das polpas de caju e goiaba, nas temperaturas de 10 a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, utilizando reômetro com geometria de placas paralelas com taxa de deformação até 400 s^{-1} . Referente à polpa de caju, observa-se um comportamento aleatório, com distribuição dispersa, tornando pouco representativa a utilização de modelos reológicos para definir um comportamento genérico a partir dos pontos experimentais. Já a polpa de goiaba apresenta comportamento pseudoplástico.

Bezerra et al (2009) estudaram sobre a polpa de morango em reômetro de geometria de cilindros concêntricos de 10 a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. A taxa de deformação variou de forma crescente até o valor máximo, próximo de 300 s^{-1} e depois variou de forma decrescente até 0 s^{-1} . Os dados experimentais foram bem ajustados pelos modelos de Herschell-Bulkley, Casson e Ostwald-de-Waelle. O melhor ajuste se deu pelo modelo de Herschell-Bulkley. Observou-se que a viscosidade diminui com o aumento da temperatura e que o fluido apresenta comportamento pseudoplástico.

O comportamento reológico da polpa de cupuaçu peneirada foi analisada por Cabral et al (2002) nas temperaturas de 10, 15, 20, 25 e $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Os dados experimentais foram ajustados pelos modelos reológicos de Ostwald-de-Waelle, Casson e Herschel-Bulkley sendo obtido o melhor ajuste por meio do modelo de Herschel-Bulkley. A taxa de deformação variou de 0 a 35 s^{-1} , obtendo-se comportamento pseudoplástico para a polpa.

Melo et al (2008) estudaram a polpa de buriti com leite variando as temperatura de 10 a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ e velocidades de rotação variando entre 0,5 e 100,0 rpm. Verificou-se que a viscosidade aparente da polpa diminuiu com o aumento da velocidade de rotação e com o aumento da temperatura. Dessa forma, concluiu-se que o comportamento apresentado é de fluido não-newtoniano com características pseudoplásticas.

Silva et al. (2005) determinaram o comportamento reológico do suco industrializado de acerola no intervalo de temperatura de $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $85\text{ }^{\circ}\text{C}$. O modelo de Herschel-Bulkley descreveu adequadamente o comportamento do suco e a análise foi feita em reômetro de geometria de cilindros concêntricos variando a velocidade rotacional de 8,79 a 350 rpm. As amostras foram submetidas a uma faixa de taxa de deformação variando de 11,35 a $451,85\text{ s}^{-1}$ durante quatro minutos para velocidades crescentes, e mais quatro minutos para velocidades decrescentes, obtendo-se comportamento pseudoplástico. A viscosidade aparente diminuiu com a redução do teor de sólidos e aumento da temperatura.

Magerramov et al (2006) avaliaram o efeito da temperatura e da concentração na viscosidade de suco de tangerina e limão em uma faixa de temperatura de 30 a 120 °C. Para descrever a relação entre a viscosidade e a temperatura foi utilizada a correlação de Arrhenius. O estudo foi realizado com um viscosímetro capilar e verificaram um decréscimo da viscosidade com o aumento da temperatura e aumento a viscosidade para um aumento da concentração de sólidos.

Comportamento pseudoplástico também foi encontrado no estudo de Guerrero e Alzamora (1997) ao avaliar a reologia do purê de banana. A faixa de temperatura utilizada foi de 10 a 55°C e os dados se ajustaram ao modelo de Herschel-Bulkley.

Karwowski (2012) avaliou o comportamento reológico das frutas uva e pitanga com as temperaturas de análise variando de 10 a 60 °C e a taxa de deformação variando de 0 a 85 s⁻¹. O modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência) descreveu bem o comportamento pseudoplástico das amostras integrais e a equação de Arrhenius descreveu adequadamente o efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente das frutas.

Nada foi encontrado sobre a reologia do extrato de bagaço de frutas.

3 Materiais e Métodos

3.1 Preparação da amostra de bagaço de uva

Como matéria-prima, foi utilizado bagaço proveniente da fabricação de vinho branco cedido pela vinícola Aurora (Rio Grande do Sul) da safra de 2010.

O extrato foi obtido por meio de reidratação prévia do bagaço com água destilada por 60 minutos a 30 °C na proporção 1:2 (água:bagaço). A solução de extração utilizada foi uma solução de etanol em água 70% com pH ajustado para 4,0 com ácido cítrico.

Após a reidratação do bagaço, a solução extratora foi adicionada na proporção de 9:1 (solução:bagaço) e levou-se a mistura ao tanque de extração mantendo-se a temperatura a 50 °C, com agitação de 46 rpm por duas horas.

A etapa seguinte foi constituída por centrifugação, que se deu em centrífuga de cestos com rotação de 37,5 g tendo como meio filtrante uma malha de nylon de 150 µm.

Essa metodologia foi desenvolvida por Ana Paula Gil Cruz em seu exame de qualificação de doutorado, em março de 2011.

3.2 Caracterização reológica do bagaço

Utilizou-se o Reômetro TA, Modelo ARG-II com a geometria cone-placa. As medições da viscosidade foram realizadas em diferentes taxas de cisalhamento (1 a 4000 s⁻¹) nas temperaturas de 20, 25, 30, 35, 40 a 45 °C. O limite de temperatura teve por base a degradação das antocianinas. Foram realizadas três corridas. A segunda (com o índice _1) foi realizada logo após o término da primeira e a terceira (com o índice _30min) foi realizada 30 minutos após o término da segunda corrida, com a finalidade de avaliar o depósito de partículas.

Realizou-se um ajuste não linear da equação de Arrhenius pelo programa Statistica v.10, aplicando a técnica dos mínimos quadrados.

4 Apresentação e Discussão dos Resultados

Os gráficos (curvas de escoamento) da tensão de cisalhamento versus a taxa de deformação obtidos para o bagaço de uva nas temperaturas de 20 °C, 25 °C, 30 °C, 35 °C, 40 °C e 45 °C encontram-se nas Figura 4.1 a 4.3.

As curvas mostram que a tensão varia de forma não linear com a taxa de deformação, caracterizando a amostra como fluido não-newtoniano. Pode-se observar também que na medida em que a temperatura aumenta, a tensão cisalhante diminui, conforme esperado, tendo em vista os dados da literatura.

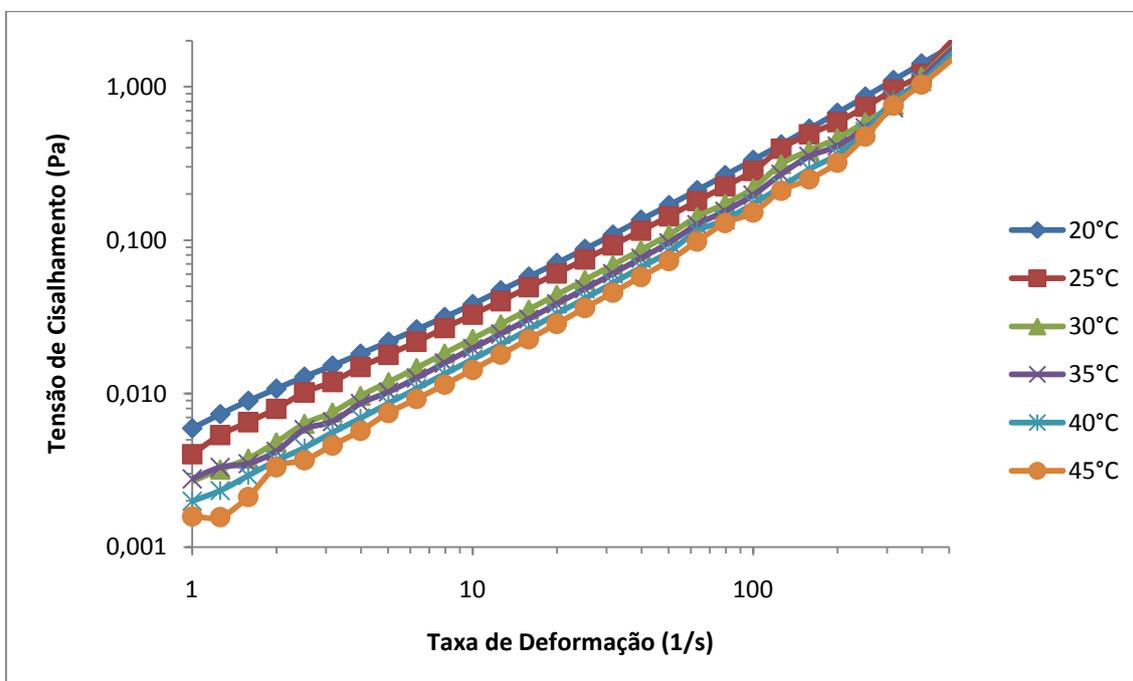


Figura 4.1. Curva reológica do bagaço de uva nas diferentes temperaturas.

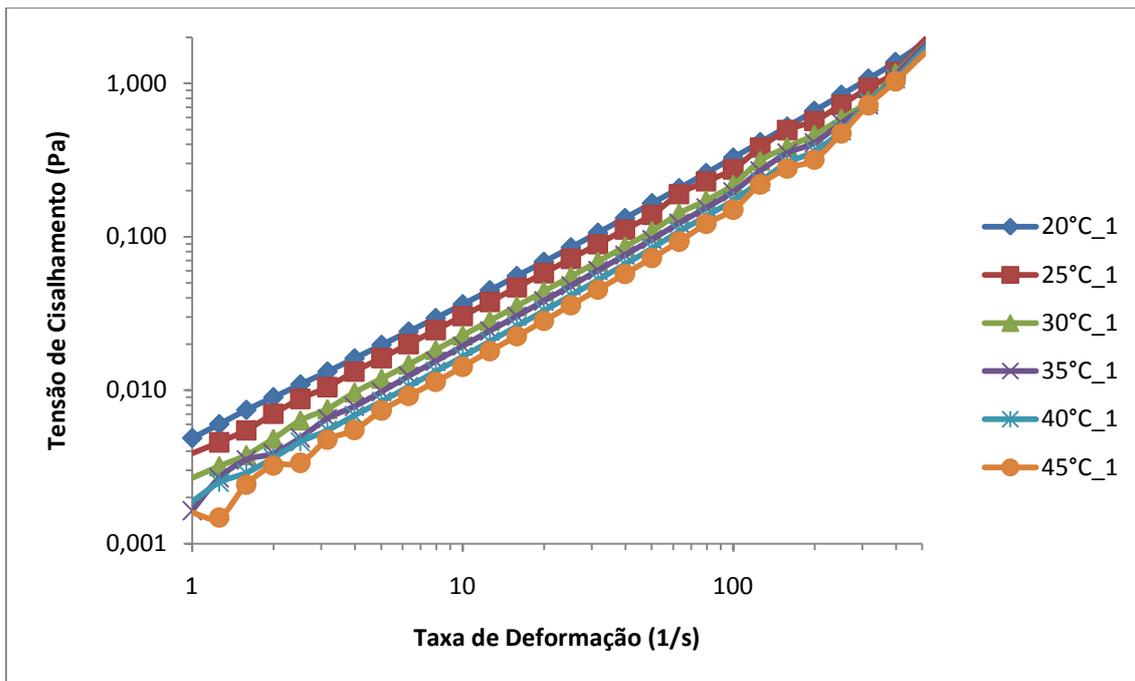


Figura 4.2. Curva reológica do bagaço de uva nas diferentes temperaturas. Corrida realizada imediatamente após o término da primeira.

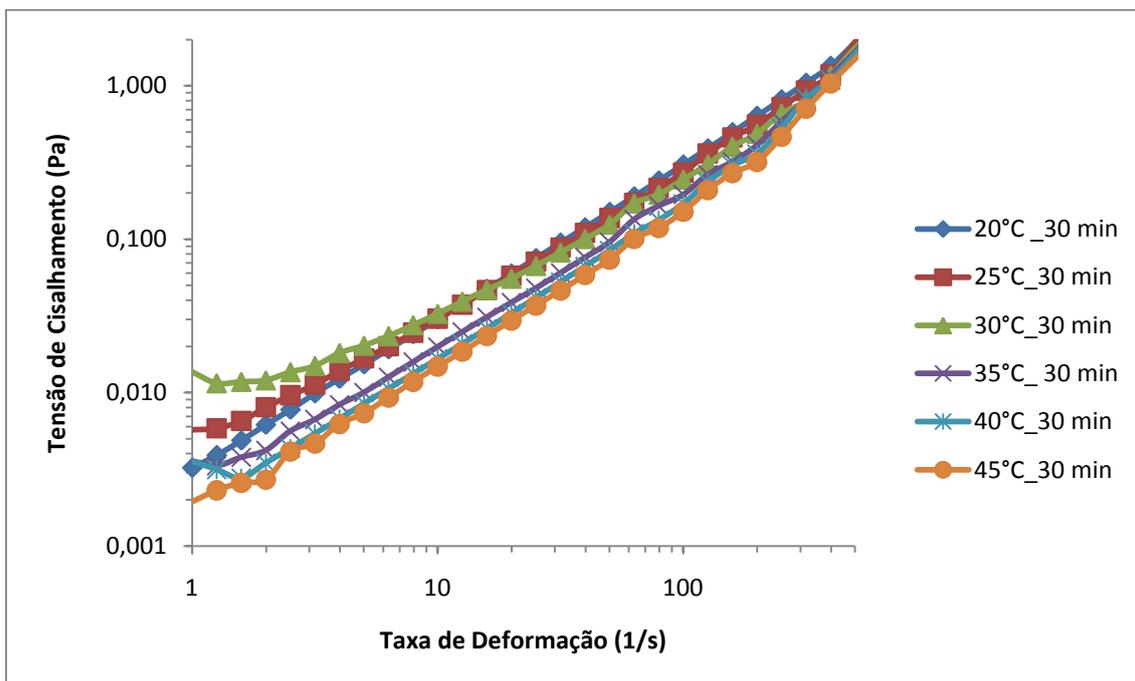


Figura 4.3. Curva reológica do bagaço de uva nas diferentes temperaturas. Corrida realizada 30 minutos após o término da segunda corrida.

Conforme pode ser observado nas Figura 4.4 a 4.6, a viscosidade aparente diminui com o aumento da taxa de deformação, comportamento característico de um fluido

pseudoplástico. Isso pode ser explicado pelo aumento do alinhamento das moléculas do fluido (Haminiuk, 2005).

A viscosidade aparente também diminui com o aumento da temperatura. Pode-se observar que em temperaturas mais altas, a viscosidade apresenta um comportamento constante com a taxa de deformação, característico de fluidos newtonianos. Hassan e Hobani (1998) informam que a força de cisalhamento quando associada com o aquecimento, faz com que as partículas se reorganizem em direções paralelas e as partículas maiores são quebradas em partículas menores. Como resultado da redução da interação partícula-partícula, o escoamento é mais fácil, resultando na diminuição da viscosidade com o aumento da temperatura.

Industrialmente tal comportamento é vantajoso, tendo em vista que o escoamento da polpa e a troca de calor durante o processamento são facilitados por essa diminuição da viscosidade aparente e quanto menor a viscosidade de um fluido, menor é a perda de carga durante o escoamento, o que resulta em um menor gasto de energia (Haminiuk, 2005).

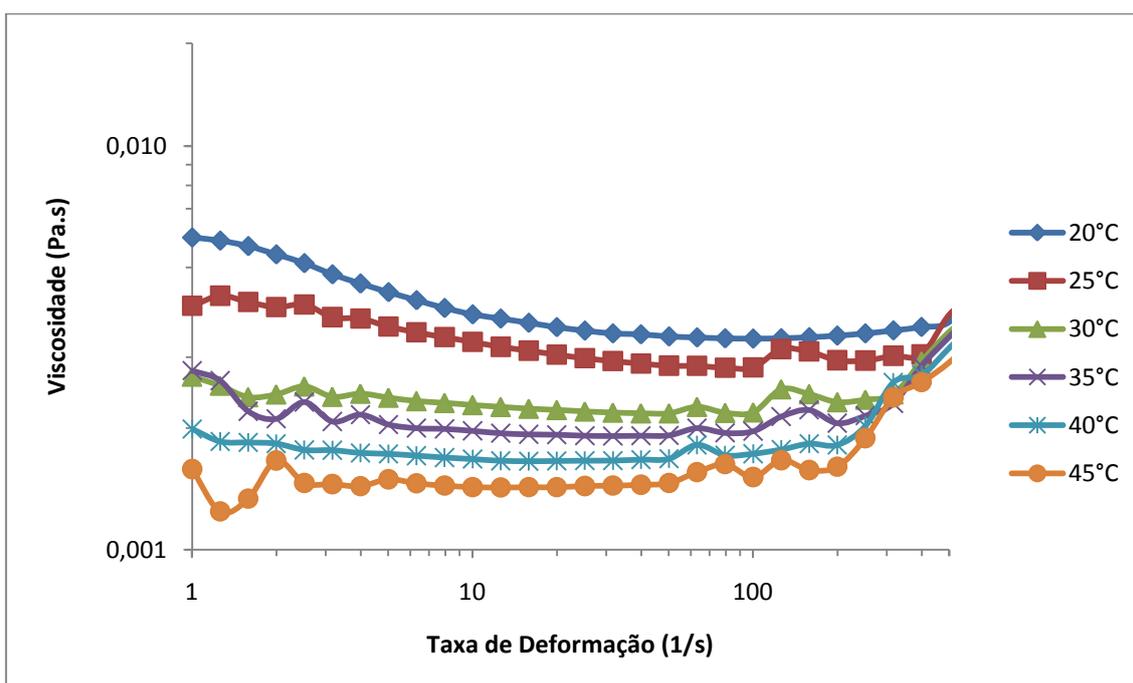


Figura 4.4. Viscosidade aparente do bagaço de uva nas diferentes temperaturas.

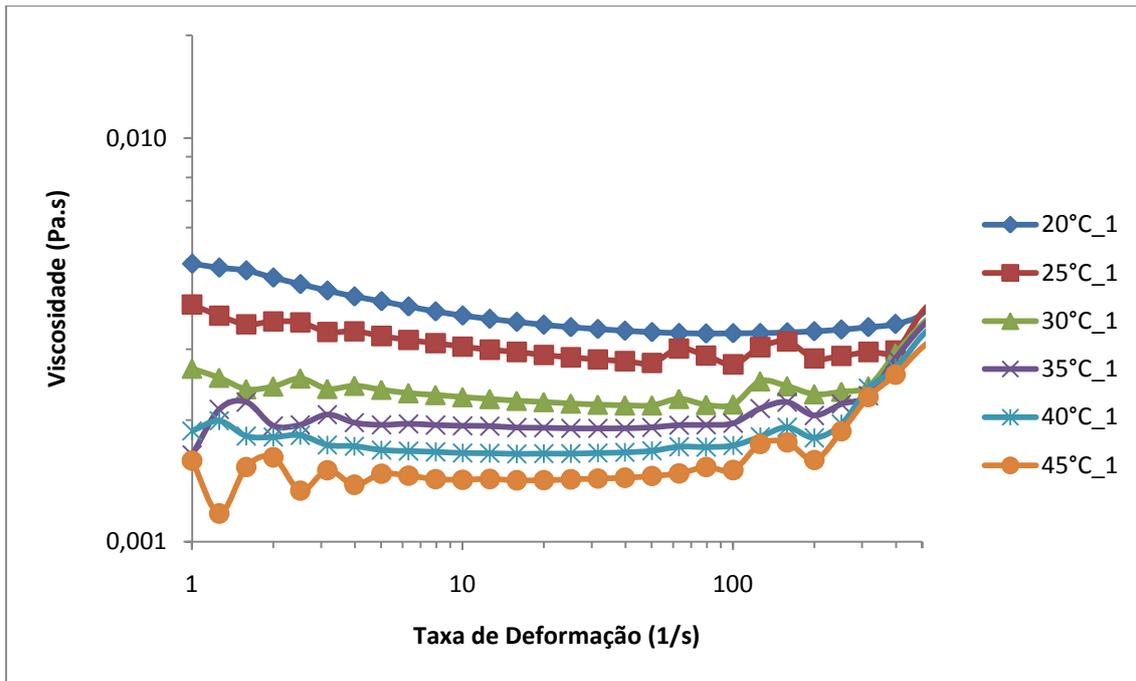


Figura 4.5. Viscosidade aparente do bagaço de uva nas diferentes temperaturas. Corrida realizada imediatamente após o término da primeira.

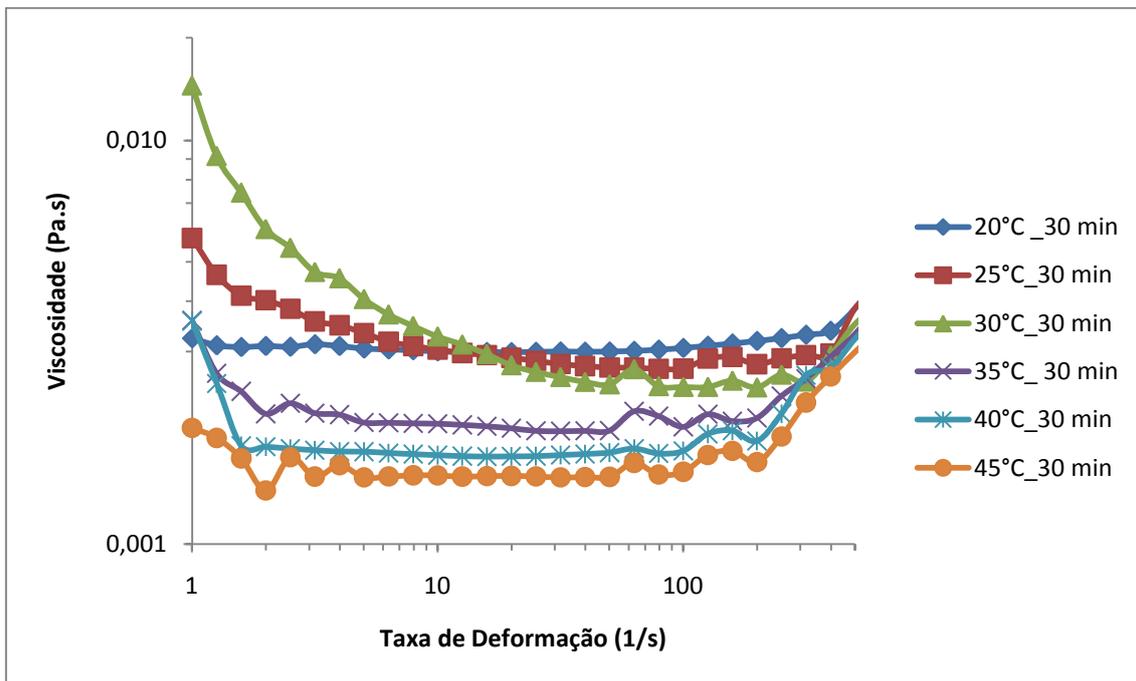


Figura 4.6. Viscosidade aparente do bagaço de uva nas diferentes temperaturas. Corrida realizada 30 minutos após o término da primeira.

Observa-se na Figura 4.6, quando comparadas às Figura 4.4 e 4.5, um aumento na viscosidade inicial, mostrando que deve ter ocorrido deposição de partículas, conforme

esperado. Isso pode ser corroborado pelas Figura 4.7 a 4.12, que, com exceção das curvas de 20 °C, mostram uma viscosidade inicial maior nas curvas de 30 minutos, denotando maior resistência a ser vencida no início do cisalhamento. Com o aumento da temperatura, a barreira a ser vencida é menor, pois o fluido apresenta menor viscosidade.

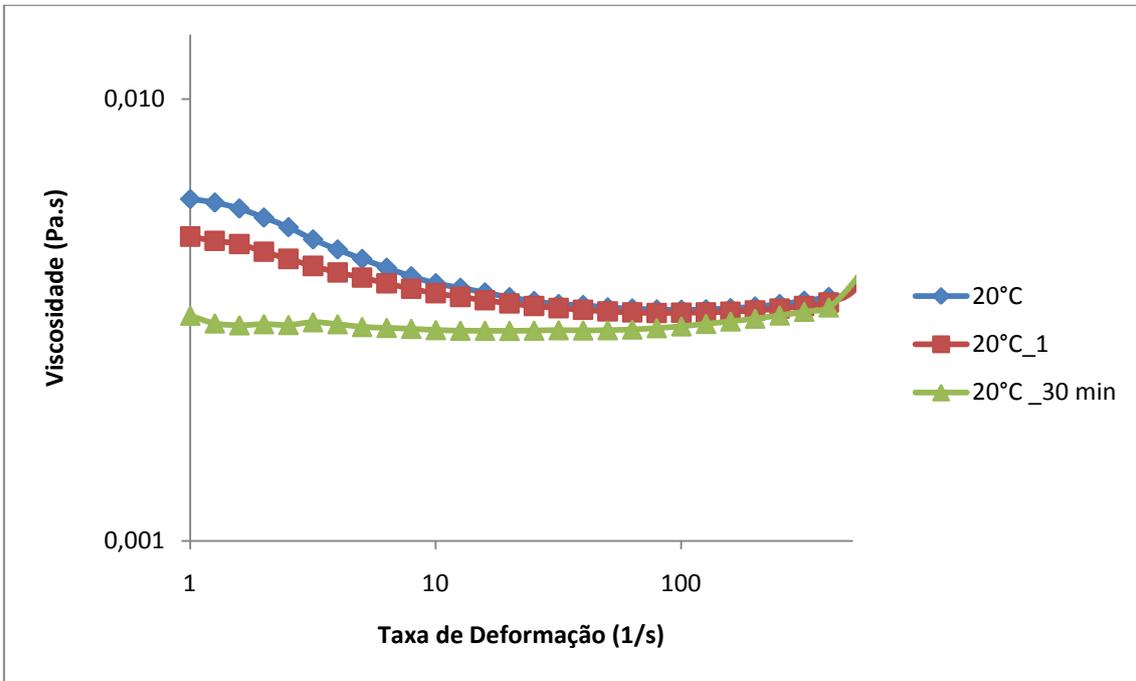


Figura 4.7. Viscosidade aparente do bagaço de uva a 20 °C nas três corridas realizadas.

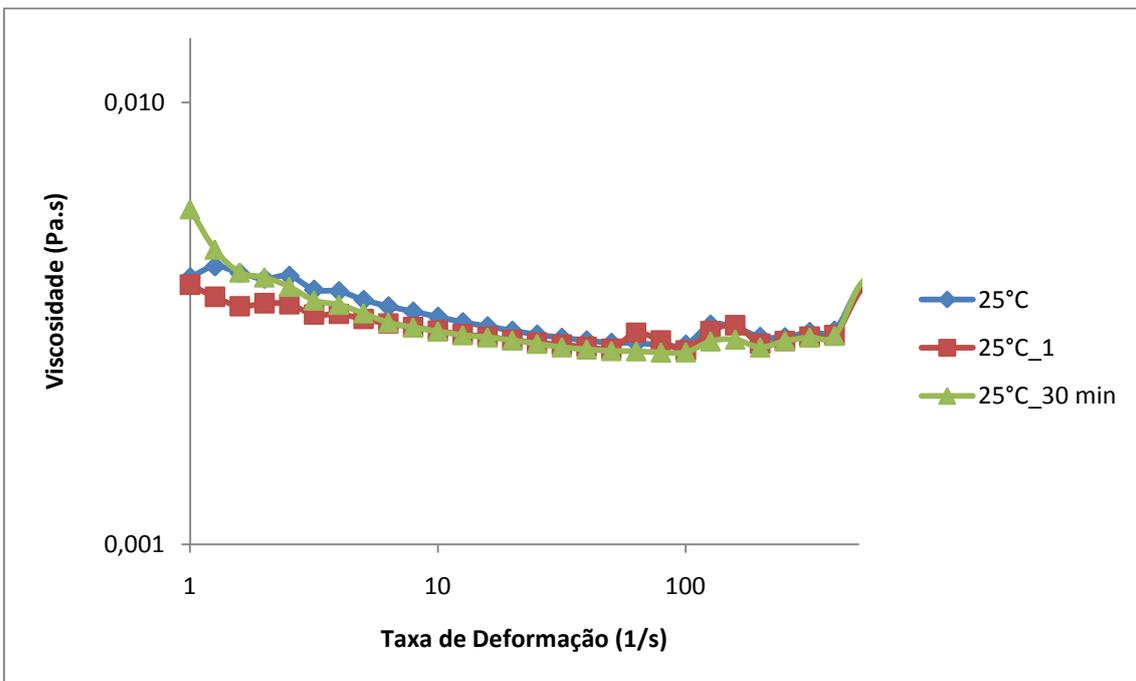


Figura 4.8. Viscosidade aparente do bagaço de uva a 25 °C nas três corridas realizadas.

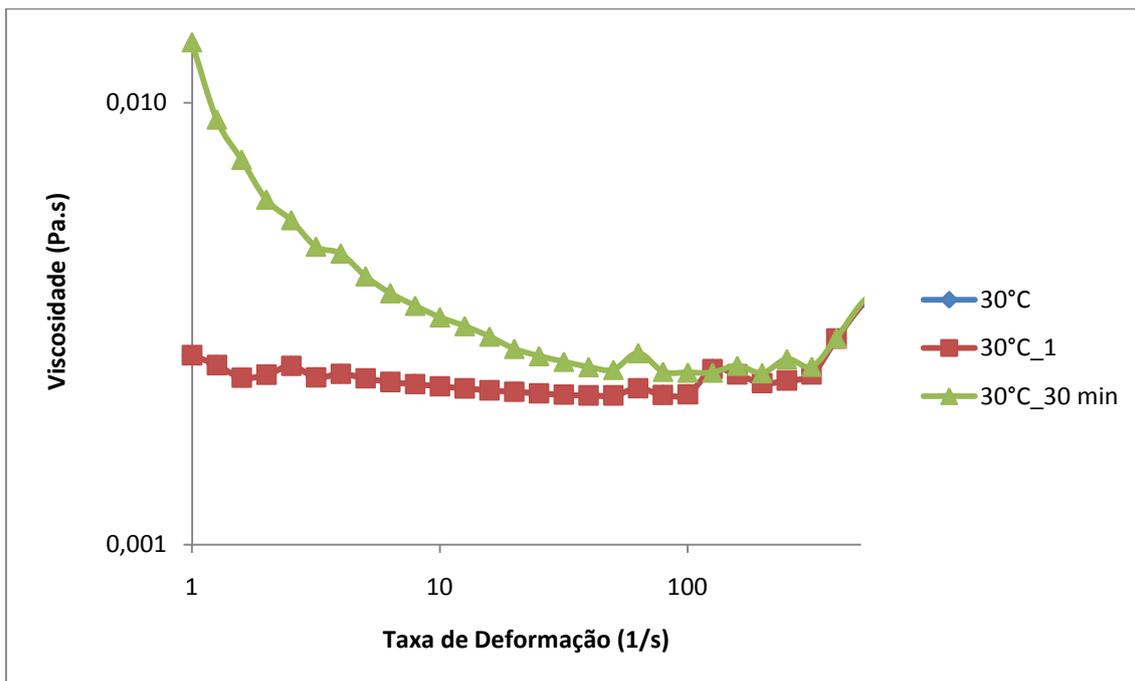


Figura 4.9. Viscosidade aparente do bagaço de uva a 30 °C nas três corridas realizadas.

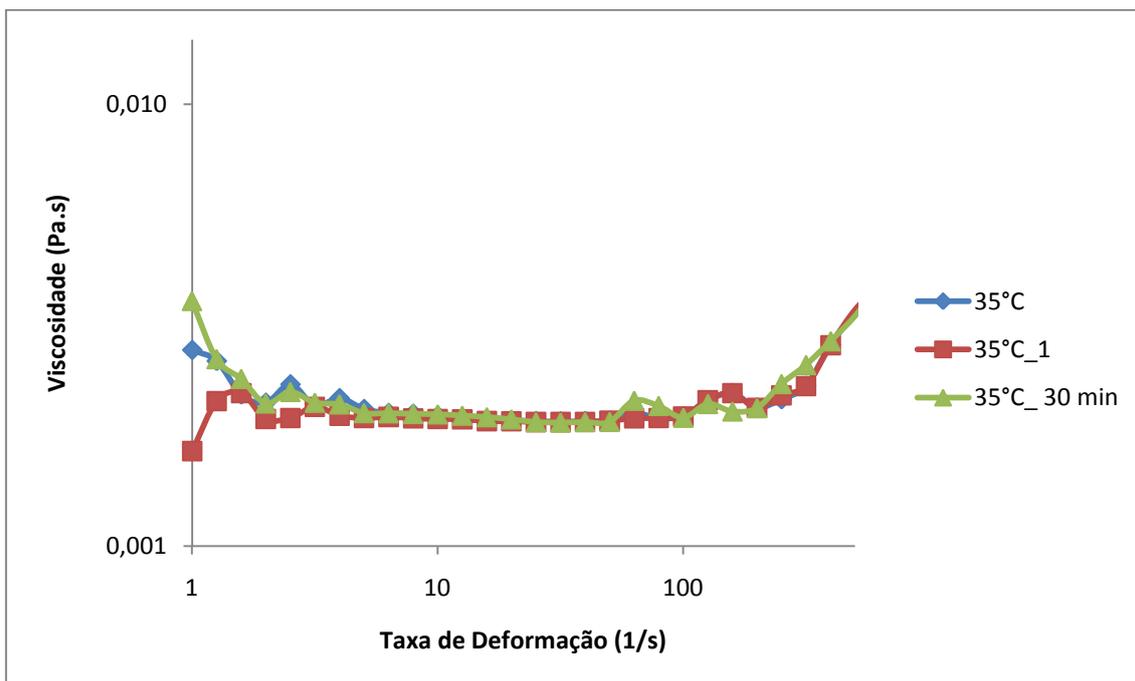


Figura 4.10. Viscosidade aparente do bagaço de uva a 35 °C nas três corridas realizadas.

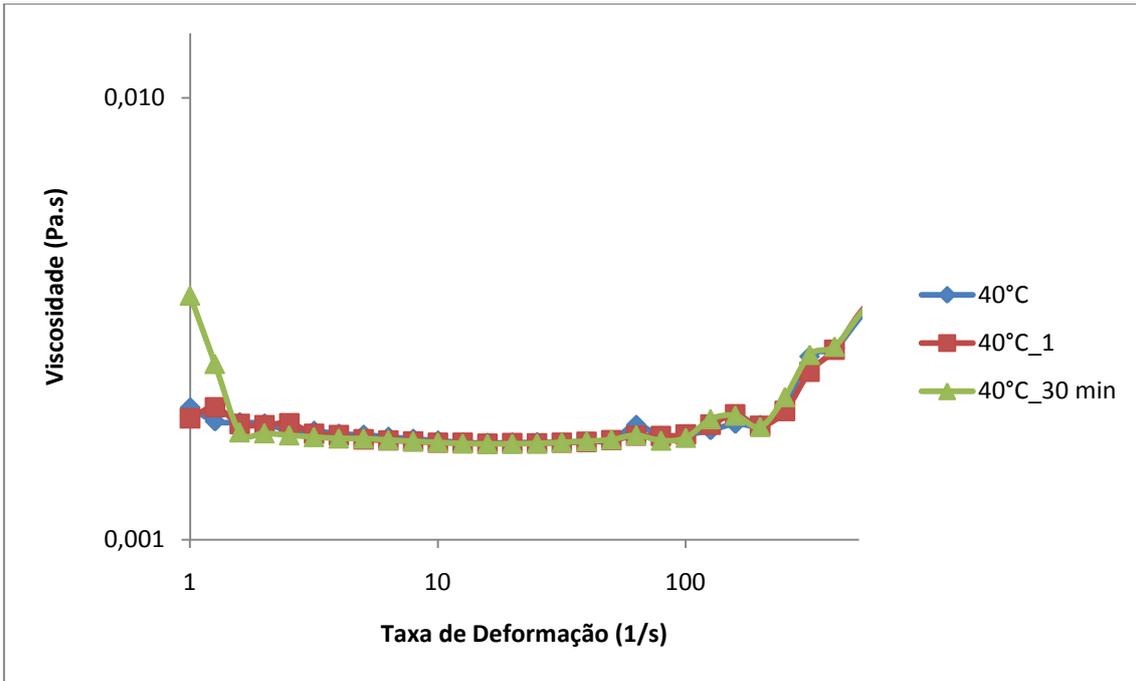


Figura 4.11. Viscosidade aparente do bagaço de uva a 40 °C nas três corridas realizadas.

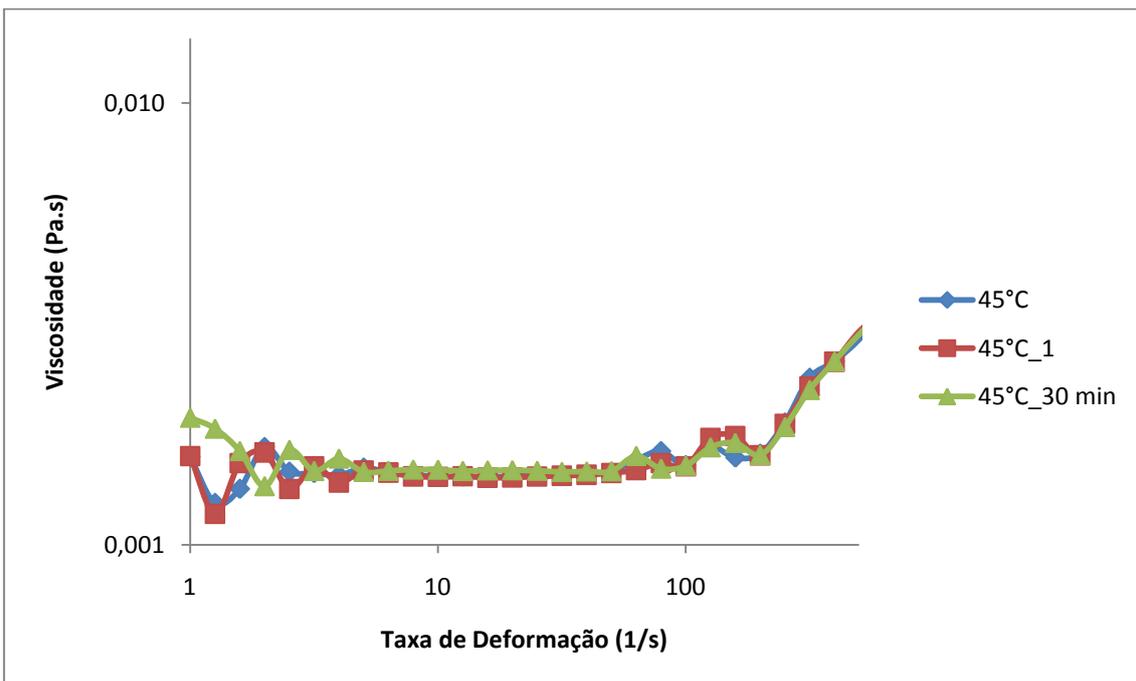


Figura 4.12. Viscosidade aparente do bagaço de uva a 45 °C nas três corridas realizadas.

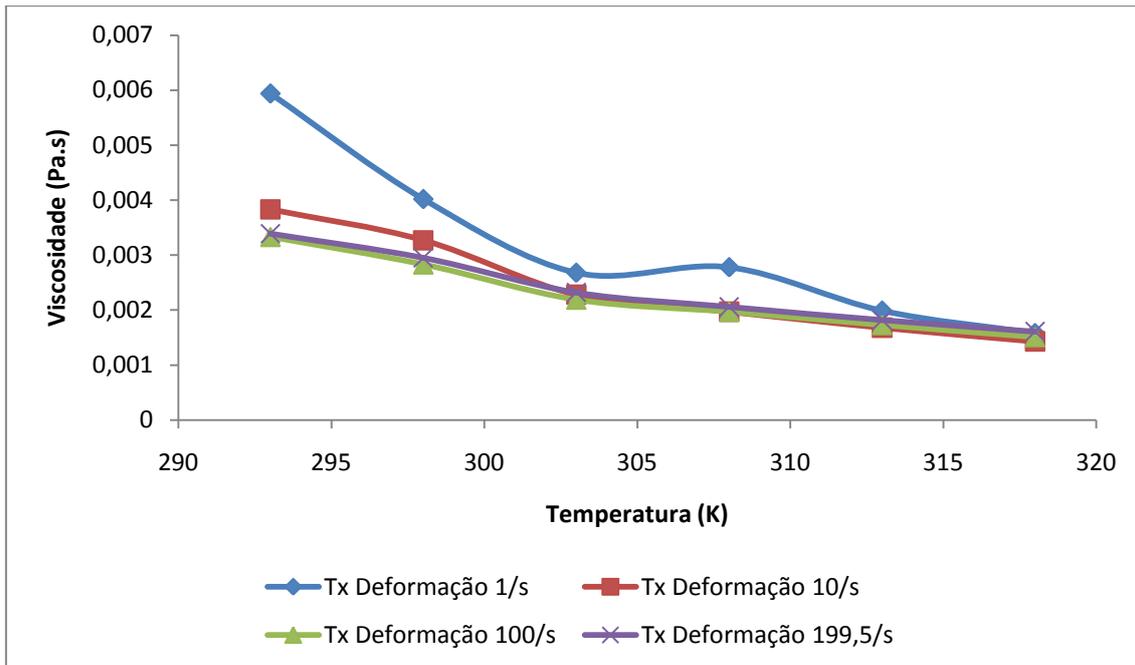


Figura 4.13. Viscosidade versus temperatura em diferentes taxas de deformação.

A viscosidade do bagaço tende a diminuir com o aumento da temperatura. Isso pode ser devido às forças de atração entre as moléculas, que requerem energia para superar a resistência ao escoamento. Esse comportamento também pode ser observado em óleos e suco de frutas (Giap, 2010). Observa-se que em taxas de deformação mais altas a viscosidade é menor, significando que a resistência a ser vencida também é menor. Nota-se também pela Figura 4.13 que, a partir de 100 s^{-1} , a dependência da viscosidade com a temperatura é similar, independentemente do valor da taxa de cisalhamento.

A equação de Arrhenius não se adequou para explicar o efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente. Então se realizou um ajuste empírico, obtendo a equação a seguir. O modelo tridimensional pode ser visto na Figura 4.14.

$$\eta = (a+b*(1/T)+c*(1/T)^2) * \dot{\gamma}^n$$

em que,

η , viscosidade aparente (Pa.s).

a, b, c são parâmetros da equação.

T, temperatura (K).

$\dot{\gamma}$, taxa de deformação (s^{-1}).

n, índice de comportamento do fluido.

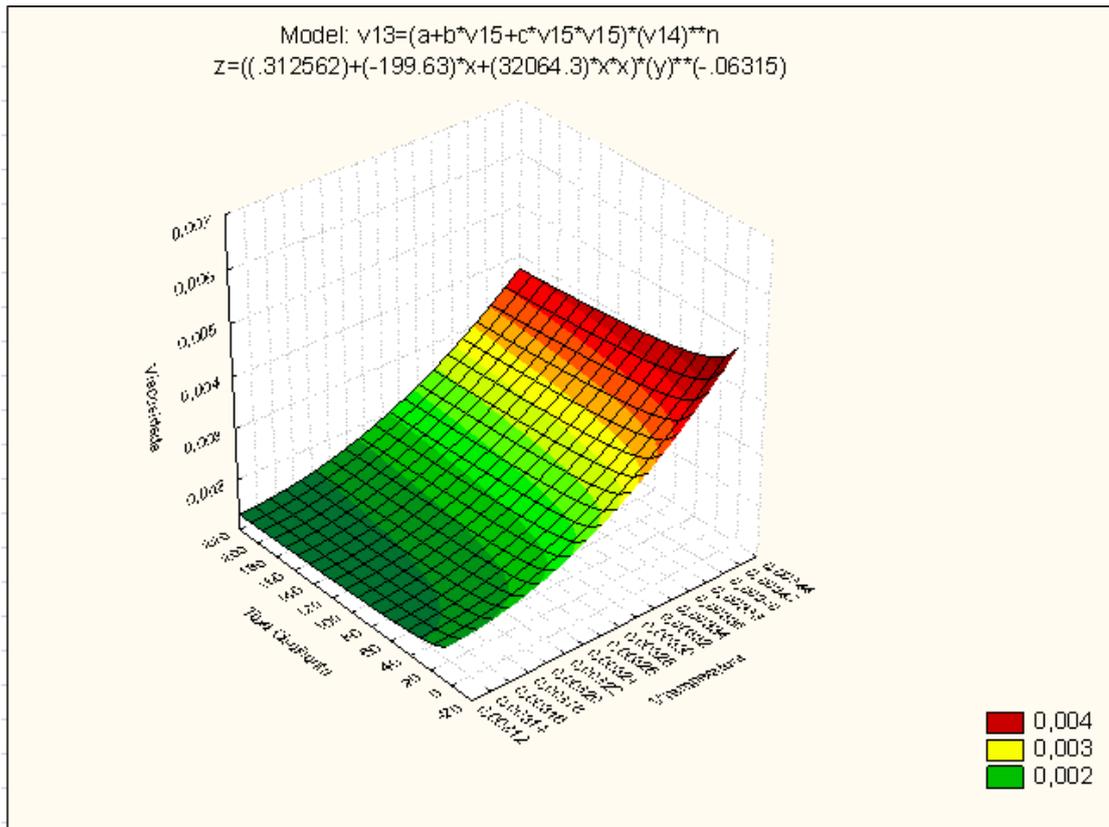


Figura 4.14. Modelo tridimensional da equação.

Como coeficiente de determinação obteve-se $R^2 = 0,905$ e os parâmetros foram estimados pelo programa Statistica v.10, sendo todos estatisticamente significativos. Os resultados são descritos na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Parâmetros da equação empírica

Parâmetros	Valor	Desvio Padrão
a	0,31	0,068
b	-199,63	41,275
c	32064,33	6297,191
n	-0,06	0,007

O valor encontrado para n é menor do que zero, indicando que viscosidade e taxa de deformação possuem comportamentos inversamente proporcionais, característico de um comportamento pseudoplástico; e a proximidade deste valor de zero mostra que o fluido

possui comportamento próximo ao newtoniano, como observado nas curvas reológicas obtidas.

A instabilidade inicial em algumas curvas das Figura 4.4 a 4.6 é decorrente da precisão do equipamento na faixa de baixas taxas de cisalhamento. Já o contínuo aumento da viscosidade na região de taxas de deformação maiores que 100 s^{-1} é decorrente dos chamados escoamentos secundários, que correspondem à turbulência do escoamento. Ocorre quando fluidos de baixa viscosidade são submetidos a altas taxas de deformação, ocasionando turbulência. O comportamento turbulento é observado alcançando-se o Reynolds crítico devido aos efeitos inerciais do líquido. Esse efeito também pode ser observado nas taxas de deformação acima de 500 s^{-1} , onde as curvas apresentam um comportamento ascendente. Devido a isso, o fluido só deve ser trabalhado em taxas de deformação até 100 s^{-1} .

Nas Figura 4.15 e 4.16 pode-se observar o fenômeno da histerese, que é a diferença entre as curvas ascendente e descendente. Isso ocorre devido ao fato de as mudanças estruturais não serem tão rápidas, ou seja, "a taxa de formação da estrutura durante o processo de desaceleração não é necessariamente igual à taxa com que a estrutura inicial é destruída no processo de aceleração" (Nascimento, 2008).

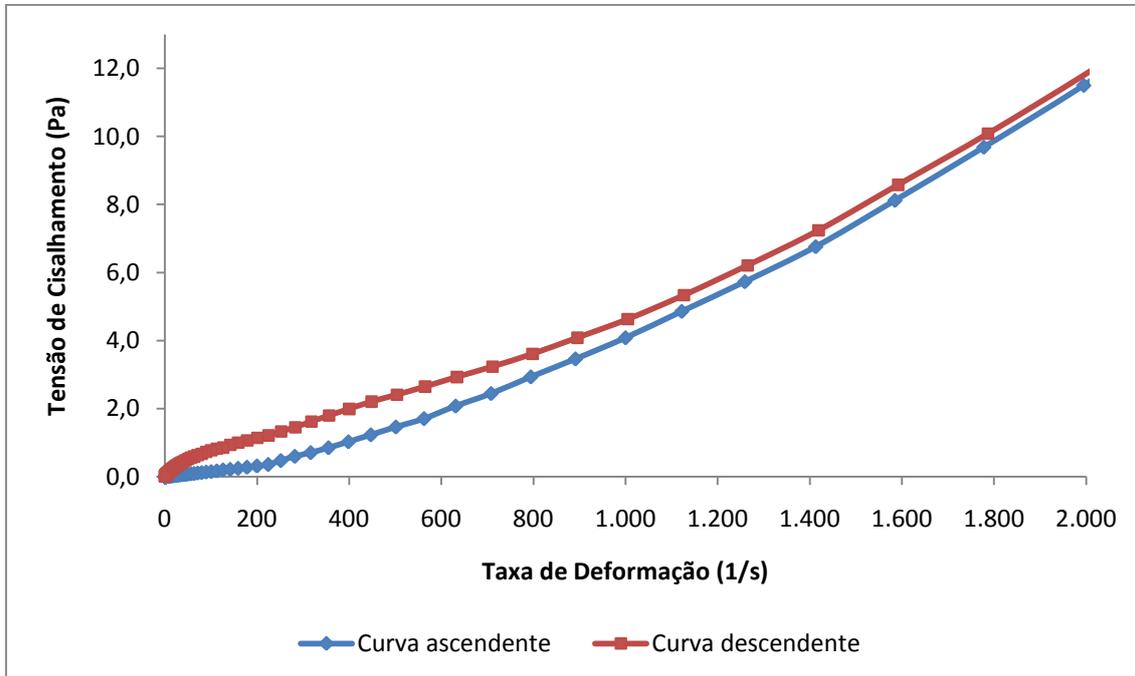


Figura 4.15. Tensão de Cisalhamento versus Taxa de Deformação a 45°C .

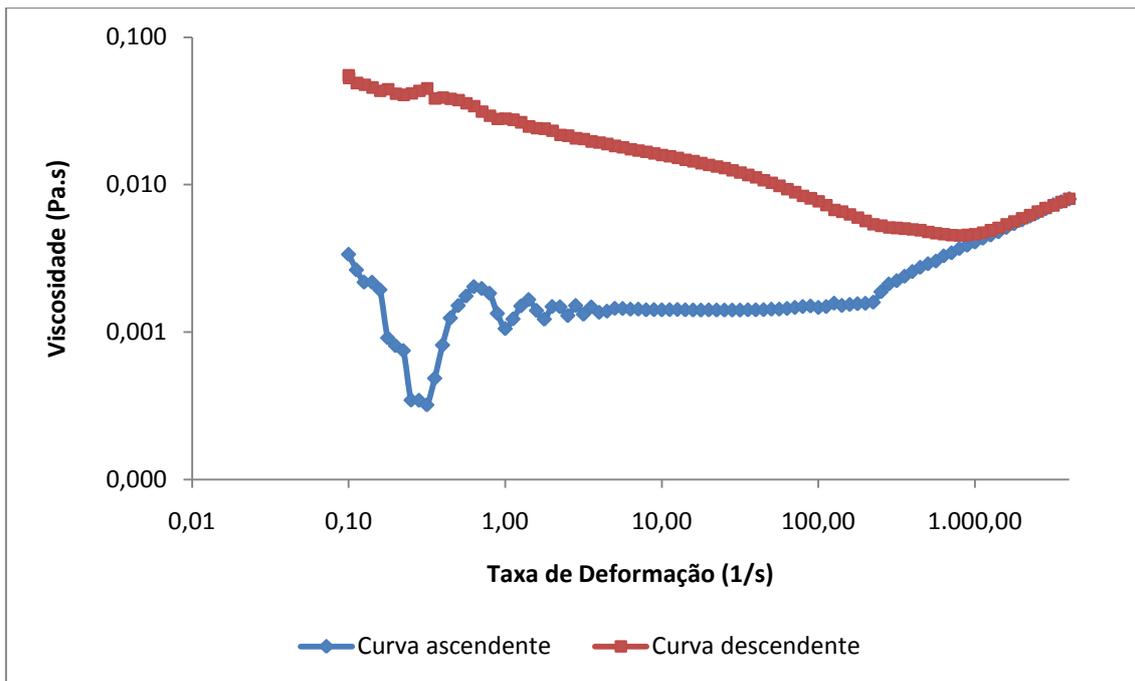


Figura 4.16. Viscosidade versus Taxa de Deformação a 45°C.

Como foi observado o fenômeno da histerese, pode-se dizer que este fluido é dependente do tempo e, de acordo com a literatura, pode-se classificá-lo como reopético devido ao perfil apresentado na Figura 4.16.

5 Conclusão e Sugestões

Pelos resultados apresentados neste trabalho, pode-se caracterizar o bagaço de uva como um fluido não newtoniano, pseudoplástico e dependente do tempo, pois, graficamente, observou-se o fenômeno da histerese, sendo possível classificá-lo também como reopético.

O estudo mostrou também que a viscosidade aparente diminui com o aumento da temperatura (devido às forças de atração entre as moléculas) e, em temperaturas mais altas, a viscosidade tende a apresentar um comportamento constante, característico de fluidos newtonianos.

A equação de Arrhenius não se adequou aos dados, sendo necessário um ajuste empírico para a descrição do efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente. Os dados foram tratados no Statistica v.10, sendo os parâmetros da equação calculados pelo mesmo.

Por fim, notou-se que houve deposição de material após 30 minutos.

Para trabalhos futuros sugere-se:

- ✓ proposição de um modelo reológico para este fluido em temperaturas baixas, já que em temperaturas altas este apresenta comportamento newtoniano;
- ✓ análise da influência de diferentes concentrações do bagaço de uva na viscosidade;
- ✓ estudo da viscosidade à taxa de deformação constante para avaliação de como se dá a dependência do tempo;
- ✓ repetição dos experimentos a 20 °C, pois se observou comportamento contrário das curvas (Figura 4.7); e
- ✓ repetição dos experimentos a 30 °C, pois se observou viscosidade inicial demasiadamente alta na curva de 30 minutos (Figura 4.9).

6 Referências Bibliográficas

Folha.com: **Pesquisa nacional estuda aproveitamento de bagaço de uva.** Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/919623-pesquisa-nacional-estuda-aproveitamento-de-bagaco-de-uva.shtml>> Acesso em: 6 fevereiro 2012.

AloeVita Produtos Naturais: **Farinha de Sementes de Uva.** Disponível em: <<http://www.aloevita.com.br/?m=informes&ir=mostrar&InformeID=92>> Acesso em: 6 fevereiro 2012.

Campo e Lavoura na Gaúcha: **Vinícola gaúcha vai transformar resíduos de uva em energia.** Disponível em: <<http://wp.clicrbs.com.br/campoelavouranagaucha/tag/uva/?topo=52,1,1,,171,77>> Acesso em: 6 fevereiro 2012.

Revista e Porta Meio Filtrante: **Ultrafiltração para produção de antioxidantes naturais.** Disponível em: <<http://www.meiofiltrante.com.br/impresao.asp?actionI=artigos&idI=678>> Acesso em: 6 fevereiro 2012.

Embrapa: **Sistema de Produção do Vinho Tinto.** Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Vinho/SistemaProducaoVinhoTinto/custos.htm>> Acesso em: 6 fevereiro 2012.

IBRAVIN: **Dados Estatísticos – Produção de Uvas.** Disponível em <<http://www.ibravim.org.br/cadastroviticola.php?secao=1&m2=true>> Acesso em 6 fevereiro 2012.

Cruz, A. P. G. Recuperação de compostos bioativos de resíduo da indústria vitivinícola por meio do uso da tecnologia de separação por membranas. Projeto de pesquisa para tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro: março, 2011.

Silva, L. M. L. R. **Caracterização dos Subprodutos da Vinificação.** Spectrum, 123. Disponível em: <<http://www.ipv.pt/millennium/millennium28/10.pdf>> Acesso em: 4 de março de 2012.

Fidélis, G.C. **O que é Histerese?** Disponível em: <<http://www.cect.com.br/histerese.pdf>> Acesso em 06 abril 2012.

Melo, P. S.; Bergamaschi, K. B.; Tiveron, A. P.; Massarioli, A. P.; Oldoni, T. L. C.; Zanús, M. C.; Pereira, G. E. **Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais.** Ciência Rural. v.41, n.6, Santa Maria: junho, 2011. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782011000600027&script=sci_arttext>

Acesso em: 4 março 2012.

Makris, D. P.; Boskou, G.; Andrikopoulos, N. K. **Polyphenolic content and in vitro antioxidant characteristics of wine industry and other agri-food solid waste extracts.**

Journal of Food Composition and Analysis, v. 20, n. 2, p. 125-132: março, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157506001001>> Acesso em 4 março 2012.

Ahmed, J.; Ramaswamy, H. S.; Ngadi, O. **Rheological characteristics of Arabic gum in combination with guar and xanthan gum using response surface methodology: effect of temperature and concentration.** International Journal of Food Properties, v. 8, n. 2, p. 79–192, 2005.

Rivera, O. M. P.; Moldes, A. B.; Torrado, A. M.; Domínguez, J. M. **Lactic acid and biosurfactants production from hydrolyzed distilled grape marc.** Process Biochemistry, v. 42, n. 6, p. 1010-1020: junho, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359511307000918>> Acesso em 15 fevereiro 2012.

Yoğurtçu, H.; Kamışlı, F. **Determination of rheological properties of some pekmez samples in Turkey.** Journal of Food Engineering, v. 77, n. 4, p. 1064-1068: dezembro, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026087740500600X>> Acesso em 15 fevereiro 2012.

Silva, N. M. C. **Propriedades Termofísicas e Comportamento Reológico da Polpa de Jenipapo (*Genipa americana* L.).** Itapetinga: novembro, 2008. [http://www.uesb.br/ppgengalimentos/BANCO%20DE%20DISSERTA%C3%87%C3%95ES/PROPRIEDADES%20TERMOF%C3%8DSICAS%20E%20COMPORTAMENTO%20REOL%C3%93GICO%20DA%20POLPA%20DE%20JENIPAPO%20\(Genipa%20americana%20L.\).pdf](http://www.uesb.br/ppgengalimentos/BANCO%20DE%20DISSERTA%C3%87%C3%95ES/PROPRIEDADES%20TERMOF%C3%8DSICAS%20E%20COMPORTAMENTO%20REOL%C3%93GICO%20DA%20POLPA%20DE%20JENIPAPO%20(Genipa%20americana%20L.).pdf)

Haminiuk, C. W. I. **Comportamento reológico e Fracionamento Pécico das Polpas Integrais de Araçá (*Psidium cattleianum sabine*) e Amora-Preta (*Rubus spp*).** Curitiba, 2005. Disponível em:

<<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/2151/Disserta%E7%E3o%20vers%E3o%20final.pdf;jsessionid=FDA302A4E7819FE547FCEE3A469C3811?sequence=1>>

Acesso em: 2 março 2012.

- Haminiuk, C.W.I.; Sierakowski, M.R.; Vidal, J.R.M.B.; Masson, M.L. Influence of temperature on the rheological behavior of whole araçá pulp (*Psidium cattleianum* Sabine). Swiss Society of Food Science and Technology. LWT, v. 39, p. 426–430, 2006.
- Fernandes, T. N.; Ribeiro, F. C. R.; Lemos, F. S.; Prado, M. E. T.; Resende, J. V.; Belchior, N. C. **Comportamento reológico, parâmetros físico-químicos e dinâmica do congelamento da polpa de maracujá adicionada de sacarose e pectina.** Brazilian Journal of Food Technology, VII BMCFB, p. 41-50: junho, 2009. Disponível em: <http://bjft.ital.sp.gov.br/artigos/especiais/especial_2009_2/v12ne_t0087.pdf> Acesso em: 2 março 2012.
- Marangoni, A. C. P.; Vieira, J. A. G. **Efeito da Concentração e da Temperatura no Comportamento Reológico de Polpa de Maracujá.** Unesp, 2009. Disponível em: <http://prope.unesp.br/xxi_cic/27_36812065897.pdf> Acesso em: 2 março 2012.
- Ferreira, G. M.; Queiroz, A. J. M.; Gasparetto, R. S. C. C. A. **Efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas de caju e goiaba.** UNICAMP, 2002. Disponível em: <<http://www.unicentro.br/editora/revistas/recen/v4n2/Efeito.pdf>> Acesso em: 2 março 2012.
- Bezerra, J. R. M. V.; Rigo, M. Junior, B. D.; Córdova, K. R. V. **Estudo do efeito da temperatura nas propriedades reológicas da polpa de morango (*Fragaria ananassa*).** Revista do Setor de Ciência Agrária e Ambientais, v. 5, n. 1, Paraná: jan/abr, 2009. Disponível em: <<http://www.unicentro.br/editora/revistas/ambiencia/v5n1/artigo%203.pdf>> Acesso em 2 março 2012.
- Cabral, M. F. P.; Queiroz, A. J. M.; Figueirêdo, R. M. F. **Comportamento Reológico da Polpa de Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum.) peneirada.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.4, n.1, p.37-40, Campina Grande, 2002. Disponível em: <<http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev41/Art416.pdf>> Acesso em 2 março 2012.
- Melo, K.S.; Figueirêdo, R. M. F.; Queiroz, A. J. M. **Comportamento reológico da polpa de buriti com leite.** Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 8, n. 2, p. 197-202, 2008. Disponível em: <<http://eduep.uepb.edu.br/rbct/sumarios/pdf/22buriti.pdf>> Acesso em 2 março 2012.
- Silva, F. C.; Guimarães, D. H. P.; Gasparetto, C. A. **Reologia do Suco de Acerola: Efeitos da Concentração e Temperatura.** Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n1/a19v25n1.pdf>> Acesso em: 2 março 2012.
- Vandresen, S. **Caracterização Físico-Química e Comportamento Reológico de Sucos de Cenoura e Laranja e suas Misturas.** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis:

Março, 2007. Disponível em: <<http://www.pgeal.ufsc.br/files/2011/01/Solange.pdf>> Acesso em 2 março 2012.

Giap, S. G. E. **The Hidden Property of Arrhenius-type Relationship: Viscosity as a Function of Temperature.** Journal of Physical Science, v. 21(1), p. 29–39, 2010. Disponível em: <http://web.usm.my/jps/21-1-10/16753402_21.1.3.pdf> Acesso em: 25 fevereiro 2012.

Pelegrine, D. H.; Vidal, J. R. M. B.; Gasparetto, C. A. **Estudo da viscosidade aparente das polpas de manga (Keitt) e abacaxi (Pérola).** Ciência Tecnologia de Alimentos, v.20, n.1, p.128-131, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612000000100024&script=sci_arttext> Acesso em: 25 fevereiro 2012.

Pelegrine, D. H.; Silva, F. C.; Gasparetto, C. A. **Rheological Behavior of Pineapple and Mango Pulps.** LWT, v. 35, n. 8, p. 645-648, 2002.

Branco, I. G.; Gasparetto, C. A. **Comportamento Reológico de Misturas de Polpa de Manga e Sucos de Laranja e Cenoura Utilizando Modelo de Casson.** Brazilian Journal of Food Technology, v. 8, n. 2, p. 183-189: abr/jun, 2005. http://www.ital.sp.gov.br/bj_old/brazilianjournal/free/p05203.pdf

Magerramov, M. A.; Abdulagatov, A. I.; Abdulagatov, I. M.; Azizov, N. D. **Viscosity of tangerine and lemon juices as a function of temperature and concentration.** International Journal of Food Science and Technology, n. 42, p. 804–818, 2007. Disponível em: <<http://www.aseanfood.info/Articles/11024157.pdf>> Acesso em: 25 fevereiro 2012.

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. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877497000320>> Acesso em: 25 fevereiro 2012.

Karwowski, M. S. M. Estudo de Estabilidade, Comportamento Reológico e dos Compostos Fenólicos de Frutas da Mata Atlântica. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012. Disponível em: <<http://www.posalim.ufpr.br/Pesquisa/pdf/DissertaMariliaMalvezzi.pdf>> Acesso em 25 fevereiro 2012.

Steffe, J.F. **Rheological methods in food process engineering.** 2. ed. Freeman Press, p.412, 1996.

Vidal, J.R.M.B.; Gasparetto, C.A.; Grandin, A. **Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga.** Revista Ciências Exatas e Naturais, v.1, n.2, p.69-76, 2000.

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.

Sharma, S. K.; Mulvaney, S. J.; Rizvi, S. S. H. **Food processing engineering: theory and laboratory experiments.** United States of America : Wiley-Interscience, p. 348, 2000.

Silva, L. M. L. R. **Caracterização dos Subprodutos da Vinificação.** Millenium: Revista do ISPV, n. 28, p. 123-133, Portugal: outubro, 2003. Disponível em: <<http://www.ipv.pt/millenium/millenium28/10.pdf>> Acesso em: 6 fevereiro 2012.

Lima, F. A.; Lima, C. S.; Santos, G. V.; Vanzela, E. S. L.; Silva, R. **Aproveitamento do Bagaço da Uva Isabel de Jales para a Produção de Geléia.** UNESP. Disponível em: <http://prope.unesp.br/xxi_cic/27_36951181802.pdf> Acesso em 6 fevereiro 2012.

Bustamante, M. A.; Moral, R.; Paredes, C.; Pérez-Espinosa, A.; Moreno-Caselles, J. e Pérez-Murcia, M. D. **Agrochemical characterization of the solid by-products and residues from the winery and distillery industry.** Waste Management, v. 28, p. 372-380, 2008.

Cruz, A. P. G. **Recuperação de compostos bioativos de resíduo da indústria vitivinícola por meio da tecnologia de separação por membranas.** Março, 2011.

Famuyiwa, O., Ough, C. S. **Grape pomace: possibilities as animal feed.** American Journal of Enology and Viticulture, v. 39(2), p. 44-46, 1982.

Lewis, M. J. **Propriedades físicas dos alimentos y de los sistemas de procesado.** 1 ed. Editora Acribia: Zaragoza, 1993.

Pereira, E. A.; Queiroz, A. J. M.; Figueirêdo, R. M. F. **Comportamento Reológico de Mel de Abelha Uruçú (*Melipona scutellaris*, L.).** Campina Grande, 2003. Disponível em: <<http://200.201.10.37/editora/revistas/recen/v5n2/comportamento.pdf>> Acesso em: 22 março 2012.

Hassan, B. H., Hobani, A. I. **Flow properties of Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) extract.** Journal of Food Engineering, v. 35(4), p. 459-470, 1998.

Thomas G. Mezger. **The Rheology Handbook: for users of rotational and oscillatory rheometers.** 2 ed. p. 181. Hannover: Vincentz Network, 2006.

MCCLEMENTS, J. **Food Biopolymers and Colloids Research Laboratory.** University of Massachusetts Amherst, 2005. Disponível em: <<http://people.umass.edu/mcclemen/Group.html>> Acesso em: 22 março 2012.

Iagher, F.; Reicher, F.; Ganter, J. L. M. S. **Structural and rheological properties of polysaccharides from mango (*Mangifera indica* L.) pulp.** International Journal of Biological Macromolecules, v. 31, p. 10-17, 2002.

Farinella, N. V.; Matos, G. D.; Arruda, M. A. Z. **Grape bagasse as a potential biosorbent of metals in effluent treatments.** *Bioresource Technology*, v. 98, p. 1940–1946, 2007.

Farinella, N. V.; Matos, G. D.; Lehmann, E. L.; Arruda, M. A. Z. **Grape bagasse as an alternative natural adsorbent of cadmium and lead for effluent treatment.** *Journal of Hazardous Materials*, v. 154, p. 1007–1012, 2008.

Arslan, E.; Yener, M. E.; Esin, A. **Rheological characterization of tahin/pekmez (sesame paste/concentrated grape juice) blends.** *Journal of Food Engineering*, v. 69, p. 167–172, 2005.

Cortés, S.; Salgado, J. M.; Rodríguez, N., Domínguez, J. M. **The storage of grape marc: Limiting factor in the quality of the distillate.** *Food Control*, v. 21, p. 1545–1549, 2010.

Lo Curto, R.B.; Tripodo, M. M. **Yeast production from virgin grape marc.** *Bioresource Technology*, v. 78, p. 5-9, 2001.

Demiral, I.; Ayan, E. A. **Pyrolysis of grape bagasse: Effect of pyrolysis conditions on the product yields and characterization of the liquid product.** *Bioresource Technology*, v. 102, p. 3946–3951, 2011.

Bailey, A. F. G.; Barbe, A. M.; Hogan, P. A.; Johnson, R. A.; Sheng, J. **The effect of ultrafiltration on the subsequent concentration of grape juice by osmotic distillation.** *Journal of Membrane Science*, v. 164, p. 195–204, 2000.

Zuritz, C. A.; Puentes, E. M.; Mathey, H. H.; Pérez, E. H.; Gascón, A.; Rubio L. A.; Carullo, C. A.; Chernikoff, R. E.; Cabeza, M. S. **Density, viscosity and coefficient of thermal expansion of clear grape juice at different soluble solid concentrations and temperatures.** *Journal of Food Engineering*, v. 71, p. 143–149, 2005.

Nascimento, C. R. **Reologia e Reometria Aplicadas ao Estudo de Polpas Mineraias.** Série Rochas e Mineraias Industriais. ISSN 1518-9155, ISBN 978-85-61121-26-6, SRMI - 11. CETEM/MCT, 2008. Disponível em <http://www.cetem.gov.br/publicacao/series_srmi/srmi-11.pdf> Acesso em 6 abril 2012.