

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARÍLIA SILVA MALVEZZI KARWOWSKI

ESTUDO DA ESTABILIDADE, COMPORTAMENTO REOLÓGICO E
DOS COMPOSTOS FENÓLICOS DE FRUTAS DA MATA ATLÂNTICA

CURITIBA
2012

MARÍLIA SILVA MALVEZZI KARWOWSKI

ESTUDO DA ESTABILIDADE, COMPORTAMENTO REOLÓGICO E
DOS COMPOSTOS FENÓLICOS DE FRUTAS DA MATA ATLÂNTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, PPGTA, setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Charles Windson Isidoro Haminiuk

Co-orientadora: Prof^a Dr^a Maria Lucia Masson

CURITIBA
2012

DEDICATÓRIA

À minha família, em especial, aos meus pais Nestor e Lila, ao meu marido Luiz e ao meu orientador, pelo apoio, incentivo e paciência.

Karwowski, Marília Silva Malvezzi

Estudo da estabilidade, comportamento reológico e dos compostos fenólicos de frutas da Mata Atlântica / Marília Silva Malvezzi
Karwowski. - Curitiba, 2011.

89 f.: il.; tab.; graf.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Charles Windson Isidoro Haminiuk

Coorientadora: Maria Lucia Masson

1. Polpa de frutas. 2. Mata Atlântica. 3. Reologia I. Haminiuk, Charles Windson Isidoro. II. Masson, Maria Lucia. III. Título.

CDD 664.8

MARILIA SILVA MALVEZZI KARWOWSKI

**ESTUDO DA ESTABILIDADE, COMPORTAMENTO REOLÓGICO
E DOS COMPOSTOS FENÓLICOS DE FRUTAS DA MATA
ATLÂNTICA**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:



Orientador: Prof. Dr. CHARLES WINDSON ISIDORO HAMINIUK
Campus Campo Mourão, UTFPR



Prof.^a. Dr.^a. MICHELE RIGON SPIER
Setor de Tecnologia, UFPR



Prof. Dr. MARCELO KAMINSKI LENZI
Setor de Tecnologia, UFPR

Curitiba, 06 de fevereiro de 2012.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - REGIÃO DE DESMATAMENTO DA MATA ATLÂNTICA	7
FIGURA 2 - UVAIEIRA	8
FIGURA 3 - UVAIA (a) e UVAIA CORTE LONGITUDINAL (b).....	8
FIGURA 4 – IMAGEM DA PITANGUEIRA	10
FIGURA 5 - PITANGA (a) e CORTE LONGITUDINAL (b).....	11
FIGURA 6 - MODELO DE PLACA PARALELA.....	14
FIGURA 7 - CURVA DE FLUXO PARA UM FLUÍDO NEWTONIANO.....	14
FIGURA 8 - CLASSIFICAÇÃO DOS FLUÍDOS SEGUNDO MODELOS REOLÓGICOS	15
FIGURA 9 - CURVA DE ESCOAMENTO PARA VÁRIOS TIPOS DE FLUIDOS INDEPENDENTES DO TEMPO	17
FIGURA 10 - CURVAS DE ESCOAMENTO PARA FLUIDOS DEPENDENTES DO TEMPO	18
FIGURA 11 - ESTRUTURA GERAL DE UM FLAVONÓIDE COM OS ANÉIS A, B E C E SISTEMA DE NUMERAÇÃO PARA DIFERENCIAÇÃO DAS POSIÇÕES DOS CARBONOS	24
FIGURA 12 - ESTRUTURA QUÍMICA DE ALGUNS FLAVONÓIDES.....	26
FIGURA 13 - ESTRUTURAS QUÍMICAS DOS ÁCIDOS FENÓLICOS: A-ÁCIDOS BENZÓICOS; B-ÁCIDOS CINÂMICOS; C-CUMARINAS	26
FIGURA 14 - FENÔMENO DE SEDIMENTAÇÃO DE PARTÍCULAS EM SUSPENSÕES DISPERSAS (a) E AGLOMERADAS (b).....	28
FIGURA 15 - MECANISMOS DE ESTABILIZAÇÃO DE SUSPENSÕES: (A) ATRAVÉS DE CARGAS NAS SUPERFÍCIES DAS PARTÍCULAS, (B) DA ADSORÇÃO DE MOLÉCULAS POLIMÉRICAS E (C) DA ADSORÇÃO DE MOLÉCULAS IONIZADAS OU POLIELETRÓLITOS.....	29
FIGURA 16 - FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DE ANÁLISE.....	33
FIGURA 17 - MODELO DA LEI DA POTÊNCIA AJUSTADO AO REOGRAMA OBTIDO NO REÔMETRO DV-III ULTRA E ROTOR SC4-34. UVAIA (a) e PITANGA (b) NA FORMA INTEGRAL.....	42
FIGURA 18 - MODELO DA LEI DA POTÊNCIA AJUSTADO AO REOGRAMA OBTIDO NO REÔMETRO DV-III ULTRA E ROTOR SC4-18. UVAIA (a) e PITANGA (b) NA FORMA CENTRIFUGADA.....	44
FIGURA 19 - MODELO DE NEWTON AJUSTADO AO REOGRAMA OBTIDO NO REÔMETRO DV-III ULTRA E ROTOR SC4-18. UVAIA (a) e PITANGA (b) NA FORMA CENTRIFUGADA.....	45
FIGURA 20 - COMPARAÇÃO DOS AJUSTES DA POLPA DE UVAIA CENTRIFUGADA A 60 °C PELO MODELO LEI DA POTÊNCIA (a) e NEWTON (b)	46
FIGURA 21 - COMPARAÇÃO DOS AJUSTES DA POLPA DE PITANGA CENTRIFUGADA A 60 °C PELO MODELO LEI DA POTÊNCIA (a) e NEWTON (b)	46
FIGURA 22 - CURVAS DA VISCOSIDADE APARENTE DA POLPA DE UVAIA (a) E PITANGA (b) NA FORMA INTEGRAL	48
FIGURA 23 - CURVAS DA VISCOSIDADE APARENTE DA POLPA DE UVAIA (a) E PITANGA (b) NA FORMA CENTRIFUGADA	49
FIGURA 24 - EFEITO DA TEMPERATURA SOBRE A VISCOSIDADE APARENTE DAS POLPAS (CENTRIFUGADA E INTEGRAL) AJUSTADO PELA EQUAÇÃO DE ARRHENIUS	51
FIGURA 25 - CURVAS DE SEDIMENTAÇÃO DA POLPA DE UVAIA (a) E PITANGA (b)....	53
FIGURA 26 - CURVAS DE TURBIDEZ DA POLPA DE UVAIA (a) E PITANGA (b).....	55
FIGURA 27 - CURVAS PADRÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS OBTIDA A 280 nm.....	57
FIGURA 28 - CROMATOGRAMA DA POLPA DE UVAIA OBTIDO A 280 nm	60
FIGURA 29 - CROMATOGRAMA DA POLPA DE PITANGA OBTIDA A 280 nm	61

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA POLPA DE UVAIA.....	9
TABELA 2 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA POLPA DE PITANGA.....	12
TABELA 3 - OCORRÊNCIA DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM FRUTAS	23
TABELA 4 - FLAVONÓIDES DE OCORRÊNCIA EM ALIMENTOS	25
TABELA 5- COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA DE UVAIA E PITANGA.....	39
TABELA 6 - PARÂMETROS REOLÓGICOS* DO MODELO DA LEI DA POTÊNCIA PARA A POLPA DE UVAIA E PITANGA INTEGRAL.....	40
TABELA 7 - PARÂMETROS REOLÓGICOS* DO MODELO DA LEI DA POTÊNCIA PARA A POLPA DE UVAIA E PITANGA CENTRIFUGADA.....	43
TABELA 8 - PARÂMETROS REOLÓGICOS* DO MODELO DE NEWTON PARA A POLPA DE UVAIA E PITANGA CENTRIFUGADA.....	45
TABELA 9 - ENERGIA DE ATIVAÇÃO DAS POLPAS (CENTRIFUGADA E INTEGRAL) AJUSTADO PELA EQUAÇÃO DE ARRHENIUS.....	52
TABELA 10 - COMPOSIÇÃO FENÓLICA DA POLPA DE UVAIA	57
TABELA 11 - COMPOSIÇÃO FENÓLICA DA POLPA DE PITANGA.....	58
TABELA A. 1 - DADOS EXPERIMENTAIS DE TENSÃO DE CISALHAMENTO E TAXA DE CISALHAMENTO PARA POLPA DE UVAIA INTEGRAL (REÔMETRO DV III ULTRA E ROTOR SC4-34)*	85
TABELA A. 2 - DADOS EXPERIMENTAIS DE TENSÃO DE CISALHAMENTO E TAXA DE CISALHAMENTO PARA POLPA DE PITANGA INTEGRAL (REÔMETRO DV III ULTRA E ROTOR SC4-34)*	86
TABELA A. 3 - DADOS EXPERIMENTAIS DE TENSÃO DE CISALHAMENTO E TAXA DE CISALHAMENTO PARA POLPA DE UVAIA CENTRIFUGADA (REÔMETRO DV III ULTRA E ROTOR SC4-18)*	87
TABELA A. 4 - DADOS EXPERIMENTAIS DE TENSÃO DE CISALHAMENTO E TAXA DE CISALHAMENTO PARA POLPA DE PITANGA CENTRIFUGADA (REÔMETRO DV III ULTRA E ROTOR SC4-18)*	88

LISTA DE SÍMBOLOS

- τ = Tensão de cisalhamento (Pa)
 μ = Viscosidade absoluta ou dinâmica (Pa.s)
 γ = Taxa de cisalhamento (s^{-1})
 η_{ap} = Viscosidade aparente (Pa.s)
 n = Índice de comportamento
 T = Temperatura absoluta (K)
 R = Constante universal dos gases (kJ/mol.K)
 E_{at} = Energia de ativação para viscosidade (kJ/mol)
 η_0 = Fator pré-exponencial
 v = Velocidade de sedimentação da partícula dispersa (cm/s)
 ρ_1 = Densidade específica da fase dispersa (g/cm^3)
 ρ_2 = Densidade específica da fase dispersante (g/cm^3)
 R = Raio da partícula dispersa (cm)
 η = Viscosidade do meio dispersante
 g = Constante da gravidade (980 cm/s^2 ao nível do mar)
 IS = Índice de sedimentação (%)
 V_{inf} = Volume do sedimento (mL)
 V_{total} = Volume total (mL)
 $CLAE$ = Cromatografia líquida de alta eficiência
 R^2 = Coeficiente de determinação
 χ^2 = qui-quadrado

RESUMO

Este estudo avaliou o comportamento reológico, a estabilidade física e os compostos fenólicos das frutas Uvaia (*Eugenia uvalha*) e Pitanga (*Eugenia uniflora* L.). O efeito da temperatura sobre o comportamento reológico das frutas foi analisado (10-60 °C) por meio de análise reológica não-oscilatória. As amostras integrais (purês) apresentaram comportamento pseudolástico ($n < 1$), enquanto que as amostras centrifugadas apresentaram comportamento Newtoniano ($n = 1$). A equação de Arrhenius descreveu adequadamente o efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente das frutas. O estudo da estabilidade foi realizado por meio dos testes de sedimentação e turbidez. As estabilizações dos purês ocorreram no segundo dia (Uvaia) e terceiro (Pitanga) dia de armazenamento, respectivamente. Os resultados demonstraram que a turbidez aumentou com o aumento da velocidade de homogeneização. As amostras de frutas apresentaram diferenças significativas na concentração de polifenóis. Entre os ácidos fenólicos identificados, o ácido gálico foi um dos que apresentou maior concentração em ambas as frutas analisadas. Comparando-se as mesmas, observou-se que a Uvaia apresentou maior teor de flavonóides (5 vezes) e a Pitanga apresentou maior teor de ácidos fenólicos (8,5 vezes), especialmente o ácido gálico. A Mircetina e a quercetina foram os principais flavonóides presentes na Uvaia.

Palavras-chave: Uvaia, Pitanga, reologia, estabilidade, compostos fenólicos.

ABSTRACT

This study assessed the rheological behaviour, physical stability and the phenolic compounds of Uvaia (*Eugenia uvalha*) and Pitanga (*Eugenia uniflora* L.) fruits. The effect of temperature on the rheological behaviour of the fruits was evaluated (10-60 °C) by means of non-oscillatory rheological analysis. The whole samples (purée) exhibited shear-thinning behaviour ($n < 1$), whereas the centrifuged samples exhibited Newtonian behaviour ($n = 1$). The Arrhenius equation accurately described the effect of temperature on the apparent viscosity of the fruits. The stability study was performed by means of sedimentation and turbidity testing. The stabilisation of purées occurred on the second (Uvaia) and on the third (Pitanga) day of storage, respectively. The results demonstrated that turbidity increased with an increase in homogenization velocity. The fruit samples presented significant differences in the concentration of polyphenols. Among the phenolic acids identified, gallic acid was the one with higher concentration in both fruits assayed. Comparing the fruits, it was observed that Uvaia presented higher content of flavonoids (5-fold) and Pitanga presented higher content of phenolic acids (8.5-fold), especially gallic acid. Myricetin and quercetin were the main flavonoids determined in Uvaia.

Keywords: Uvaia, Pitanga, rheology, stability, phenolic compounds.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVO GERAL.....	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.3 JUSTIFICATIVAS.....	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 MATA ATLÂNTICA.....	5
2.2 UVAIA.....	7
2.3 PITANGA.....	10
2.4 REOLOGIA.....	12
2.4.1 Classificação reológica dos fluidos.....	13
2.4.2 Lei da Potência.....	19
2.4.3 Efeito da temperatura no comportamento reológico.....	20
2.5. COMPOSTOS FENÓLICOS.....	22
2.6 ESTABILIDADE.....	27
2.6.1 Turbidez.....	29
2.6.2 Sedimentação.....	30
2.6.3 Homogeneização.....	32
3 MATERIAS E MÉTODOS.....	33
3.1 MATERIA PRIMA.....	33
3.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS POLPAS.....	34
3.3 ESTUDO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO.....	34
3.3.1 Ajuste do modelo Lei da Potência.....	35
3.3.2 Efeito da temperatura.....	35
3.4 ESTUDO DA ESTABILIDADE DAS POLPAS DE FRUTAS.....	36
3.4.1 Processo de homogeneização.....	36
3.4.2 Teste de turbidez.....	36
3.4.3 Teste de sedimentação.....	37
3.5 ANÁLISE CROMATOGRÁFICA.....	37
3.5.1 Preparo da amostra.....	37
3.5.2 Quantificação dos compostos fenólicos por CLAE com arranjo de diodo.....	37
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS POLPAS.....	39
4.2 COMPORTAMENTO REOLÓGICO.....	40
4.2.1 Polpa de Uvaia e Pitanga integral.....	40
4.2.2 Polpa de Uvaia e Pitanga centrifugada.....	43
4.2.3 Viscosidade aparente.....	48
4.2.3.1 Polpa de Uvaia e Pitanga integral.....	48
4.2.3.2 Polpa de Uvaia e Pitanga centrifugada.....	49
4.2.4 Efeito da temperatura no comportamento reológico.....	50
4.3 ESTUDO DA ESTABILIDADE.....	53
4.3.1 Teste de Sedimentação.....	53
4.3.2 Teste de Turbidez.....	55
4.4 CROMATOGRAFIA DOS COMPOSTOS FENÓLICOS.....	56
5 CONCLUSÃO.....	63
SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
APÊNDICE.....	85

1 INTRODUÇÃO

Mata Atlântica é um conjunto de formações florestais, como os campos naturais, restingas, manguezais e outros tipos de vegetação, que formam paisagens diferentes, belas e biodiversas no Brasil (IBAMA, 2010). Por ser uma das florestas mais ricas e ameaçadas do planeta, a Mata Atlântica é umas das prioridades globais em termos de conservação, pois abriga uma vegetação extremamente rica com espantosa diversidade. Sua flora abriga diversas famílias de árvores frutíferas, sendo uma das mais abundantes a família *Myrteacea*, na qual pertencem as espécies do gênero *Eugenia*, representadas pela Uvaia (*Eugenia uvalha*) e Pitanga (*Eugenia uniflora*) (DISTASI; LIMA 2002) e que farão parte deste estudo. Apesar de do desmatamento se crítico, a Mata Atlântica apresenta uma boa capacidade de regeneração, devendo ser incentivado o plantio de espécies arbóreas frutíferas para seu reflorestamento.

Paralelo às questões ambientais, encontra-se o mercado global cada vez mais competitivo e o consumidor cada vez mais exigente fazendo com que a qualidade dos produtos, como aqueles produzidos a partir de vegetais, tais como frutas e seus derivados, se encontrem em constante inovação. A valorização de uma alimentação saudável e natural como estilo de vida, faz com que estas frutas, os sucos e as polpas ocupem cada vez mais um lugar de destaque neste contexto.

Para ilustrar este cenário, é interessante salientar que o Brasil produziu mais de 46 milhões de toneladas frutas em 2008 (IBGE, 2009), sendo o maior produtor mundial de laranjas com aproximadamente 25% desta produção, estimada em 47.000 mil toneladas, sendo 70% destinada a produção de suco de laranja. Boa parte desta produção é exportada, pois em 2009 o brasileiro consumiu somente 1,1 L de suco de laranja/habitante, bem diferente dos austríacos que consumiram 11,1 L de suco de laranja/habitante (CITRUS, 2010). Entretanto este é um mercado bastante promissor, uma vez que as exportações desta *commodity* cresceram 25% em 2010 (MAPA, 2011). O agronegócio traz consigo geração de empregos diretos e indiretos, arrecadação de impostos e crescimento da economia, mas deve estar aliado às práticas agrícolas que preservem o maio ambiente.

O mercado de sucos tropicais desenvolveu-se no início dos anos 1970, como alternativa ao suco de laranja, em resposta às curtas safras dessa fruta. Facilidades

de produção foram implantadas na América Latina por europeus interessados em investimentos e, gradualmente, o “flavor” das frutas nativas alcançou os mercados industrializados. A abrangência dessas frutas tropicais também foi ampliada, particularmente da manga, da banana, da goiaba e do maracujá (LINDEN, 2004). O maracujá é uma fruta da Mata Atlântica e tem um potencial de produção de polpa bastante expressivo. Este fato é confirmado por estudos realizados pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE), onde em 2005 o Brasil produziu 95.995 toneladas de polpa, sendo 92,2% destinada ao mercado interno (SILVA, 1999).

Da mesma forma, muitas frutas brasileiras nativas da Mata Atlântica, como a Uvaia e a Pitanga, têm grande potencial de mercado, despertando grande interesse nacional e internacional, principalmente por suas características nutricionais, fitoterápicas e seu sabor exótico. O desenvolvimento de tecnologia que agregue valor e que permita sua aplicação em novos produtos também é de grande importância para a economia e o desenvolvimento do país. Segundo projeção, no ano de 2010, a produção mundial de frutas tropicais deverá atingir 62 milhões de toneladas, sendo os países em desenvolvimento responsáveis por 98% desse montante (FAO, 2003).

Avaliando-se aspectos de saúde, existem estudos que têm demonstrado que outros compostos antioxidantes, além dos bem conhecidos β -caroteno, vitamina C e vitamina E, têm contribuído para a total capacidade antioxidante dos vegetais, incluindo as frutas (VELIOGLU *et al.*, 1998). Na pitangueira foram identificados flavonóides, terpenos, tanino e óleos essenciais e as frutas consideradas como fontes de carotenóides e antocianinas. Estudos preliminares mostram que a fruta reduz a proliferação de alguns tipos de câncer, podendo ser utilizada no tratamento de doenças cardiovasculares e também possui ação antiinflamatória, diurética e bactericida. A Uvaia apresenta carotenóides e compostos fenólicos, suas folhas podem ser utilizadas no tratamento da gota, sendo fruta também é rica em antioxidantes (EMBRAPA, 2010).

Ainda para melhorar o desenvolvimento destes produtos, faz-se necessário o estudo tecnológico com ênfase às propriedades reológicas com o objetivo de projetar tubulações e equipamentos, no controle de qualidade da indústria, na avaliação da textura, incluindo mudanças físico-químicas que ocorrem durante seu processamento e o armazenamento e que afetam sua qualidade (ALVARADO;

AGUILETA, 2001). Uma destas alterações é a perda da estabilidade, sendo esta um importante atributo de qualidade. Desta maneira, seu estudo auxilia no seu desenvolvimento científico e tecnológico de produtos cada vez mais saudáveis, aceitos e seguros.

Desta forma, esta dissertação reúne informações na área de Ciência, Tecnologia e Engenharia de Alimentos, servindo como referência aos setores que desejarem investir no desenvolvimento tecnológico do país, prezando pela matéria-prima genuinamente nacional presente em nossa Mata Atlântica, que são as frutas nativas, como a Uvaia e a Pitanga.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal desta dissertação foi estudar o comportamento reológico das polpas integral e centrifugada de Pitanga e Uvaia em função da temperatura, analisar os perfis cromatográficos dos compostos fenólicos por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) e avaliar a estabilidade da polpa integral de Uvaia e Pitanga.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- Definir as características físico-químicas das polpas integrais de Uvaia e Pitanga;
- Avaliar as propriedades reológicas descrevendo o comportamento em termos do modelo de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência) na faixa de temperatura de 10 a 60°C das polpas integrais e centrifugadas de Uvaia e Pitanga;
- Quantificar os valores de energia de ativação das polpas integrais e centrifugadas de Uvaia e Pitanga.
- Avaliar os efeitos de diferentes velocidades de homogeneização na estabilidade física das partículas em suspensão das polpas integrais de Uvaia e Pitanga;
- Comparar o perfil cromatográfico dos compostos fenólicos das polpas integrais de Uvaia e Pitanga.

1.3 JUSTIFICATIVAS

As justificativas para este estudo podem ser divididas em aspectos que são de importância o entendimento do contexto, que são: social, nutricional, econômico e técnico.

Dentro do aspecto social, pode-se dizer que o Brasil é um país que se encontra em evidência dentro do cenário mundial, desta forma seus produtos, incluindo alimentos e bebidas estão em cada vez mais valorizados. Sendo assim, as polpas de frutas merecem destaque pelo seu aumento de consumo e também por atenderem o mercado gourmet que busca alimentos com sabor exóticos e genuinamente nacionais.

Em relação a nutrição, sabe-se que polpas de frutas são considerados alimentos saudáveis, e com tais, ricos em antioxidantes e que fazem bem à saúde humana. O consumidor destes produtos tem se tornado cada vez mais exigente, e busca alimentos além de saudáveis, seguros e de qualidade.

Analisando-se o aspecto econômico, pode-se afirmar que o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de frutas, podendo se tornar um grande exportador destes produtos. Este avanço traz consigo a geração de empregos diretos, arrecadação de impostos e conseqüentemente o crescimento da economia.

E por fim, observando-se o critério técnico, conclui-se que existem poucas pesquisas no Brasil relacionadas às frutas nativas da Mata Atlântica, sendo assim existe escassez de informações das áreas de ciência, tecnologia e engenharia para as indústrias de alimentos, cosméticos e fármacos. Portanto, estas informações são de extrema importância para a pesquisa e o desenvolvimento de novos produtos e também para o aumento e melhora da capacidade produtiva de indústrias existem nestes diversos segmentos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MATA ATLÂNTICA

A Mata Atlântica cobria originalmente aproximadamente 15% do território brasileiro, área equivalente a 1.296.446 km². Sua região de ocorrência original abrangia integralmente ou parcialmente atuais 17 estados brasileiros: Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e Sergipe (IBAMA, 2010).

Segundo o último levantamento divulgado pela Fundação S.O.S Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, existem somente 97.596 km² de remanescentes maiores de 1 km (FIGURA 1). Mesmo reduzida e muito fragmentada, estima-se que a Mata Atlântica possua cerca de 20.000 espécies vegetais (algo entre 33% e 36% das espécies existentes no Brasil). Até se comparada com a Floresta Amazônica, a Mata Atlântica apresenta, proporcionalmente ao seu tamanho, maior diversidade biológica (INPE, 2011). O gênero *Eugenia* é um dos gêneros com maior número de espécies na família *Myrtaceae*, contando com mais de 500 espécies sendo que 400 das quais são encontradas no Brasil (FIUZA *et al.*, 2008). Destas 350 espécies são nativas da Mata Atlântica e incluem a uvaia, pitanga, goiaba, jabuticaba, araçá, guabiroba, cagaita e cambuci (LANDRUM; KAWASAKI, 1997).

A Mata Atlântica é considerada Patrimônio Nacional pela Constituição Federal e abrange cerca de 3.410 municípios. Também abriga grande diversidade cultural, constituída por povos indígenas, como os guaranis, e culturas tradicionais não-indígenas como o caiçara e o quilombola. Apesar do grande patrimônio cultural, o processo de desenvolvimento desenfreado fez com que essas populações ficassem de certa forma marginalizada, e muitas vezes fossem expulsas de seus territórios originais (PROCHNOW, 2009).

Por se tratar de um país biodiverso era de se esperar que o Brasil utilizasse melhor sua biodiversidade, possibilitando, inclusive, ganhos socioeconômicos significativos. No entanto, segundo o IBGE (2009), apenas seis itens representam 90,6% da produção atual de produtos vegetais não madeireiros: amêndoa de babaçu, açai (fruta), carnaúba (cera, pó e fibra), castanha-do-Brasil, piaçava e erva-

mate, sendo os dois últimos nativos da Mata Atlântica. Várias outras espécies vêm sendo pesquisadas visando o ordenamento da cadeia de valor e a sustentabilidade ecológica, social e econômica de sua exploração.

Existem pelo menos 10 espécies de plantas com patentes registradas como fitoterápicos no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI, 2011) e pelo menos 50 produtos fitoterápicos brasileiros estão disponíveis no mercado sem patentes. Diversas companhias produzem e vendem inúmeros produtos com base em plantas, tais como extratos vegetais, óleos e outros produtos, como alimentos ou matéria prima para fitoterápicos e cosméticos, e os investimentos nesse setor estão aumentando. Adicionalmente, diversos produtos alimentícios com base na biodiversidade têm se tornado crescentemente disponíveis nos mercados brasileiros, tais como polpa de frutas, sucos, sorvetes, sobremesas, farinhas, temperos e castanhas (LINO; SIMÕES, 2011).

Segundo a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2011), a oferta mundial de alimentos nos próximos dez anos precisa crescer 20%. O mundo acredita que o Brasil contribua com quase metade desse aumento. Entretanto o consumidor internacional já não aceita pagar por aquilo que é produzido causando prejuízo ao meio ambiente. Desta forma, o Brasil é um dos poucos países que combine uma agricultura altamente moderna, produtiva, com um meio ambiente com alta biodiversidade e que tem condições de conciliar a agricultura com um meio ambiente saudável.

FIGURA 1 - REGIÃO DE DESMATAMENTO DA MATA ATLÂNTICA



FONTE: IBAMA, 2010

2.2 UVAIA

A Uvaia pertencente à família *Mirtaceae* a espécie *Eugenia uvalha*, é nativa do Brasil, encontrada na Mata Atlântica, desde o Sul ao norte do país (ANDERSEN; ANDERSEN, 1988), seus frutos também são chamados de Ubaia, Uvalha, Uvaia-do-mato e Uvalheira (CORBELINI *et al.*, 2009).

É uma planta arbórea podendo atingir de 6 a 13 metros de altura (FIGURA 2), de tronco castanho e ereto, copa arredondada, com folhas pequenas e avermelhadas quando novas e de cor branca. Seu florescimento dá-se entre agosto e setembro com maturação dos frutos de novembro a dezembro. Muito apreciada pela fauna silvestre é utilizada em reflorestamentos, arborização urbana e ornamentação (LORENZI; MATOS 2002; SCALON; SCALON FILHO; RIGONI, 2004a).

FIGURA 2 - UVAIEIRA



FONTE: TERRA DA GENTE, 2011.

A Uvaia, cujo nome vem do tupi e significa “fruta ácida”, é caracterizada como fruta do tipo baga, carnosas, arredondada, piriforme ou oval de 2-4 cm de diâmetro, com coloração variando entre o amarelo e o alaranjado (LORENZI, 1998) (FIGURA 3a). A semente não apresenta endosperma, ou seja, é exalbuminosa (FLORES; RIVERA 1989). (FIGURA, 3b).

FIGURA 3 - UVAIA (a) e UVAIA CORTE LONGITUDINAL (b)



FONTE: TERRA DA GENTE, 2011

Segundo ANDERSEN; ANDERSEN (1988), a Uvaia é uma das frutíferas de grande aplicabilidade, seus frutos apresentam potencialidades de uso industrial para confecção de geléias, sucos, licores, sorvetes e vinho. Entretanto a alta

percebibilidade dos mesmos restringe a sua comercialização *in natura*, mas a conservação pós-colheita dos frutos pode ser ampliada pelo uso de baixas temperaturas e embalagens apropriadas no armazenamento (SCALON *et al.*, 2004b).

Estudos com espécies de *Eugenia* revelaram, sobretudo, a presença de flavonóides, taninos, terpenóides e óleos essenciais; enquanto, sob o ponto de vista farmacológico, estudos realizados com extratos brutos e compostos, comprovaram as atividades antiinflamatória, analgésica, antifúngica, antipirética, hipotensiva, antidiabética e antioxidante (OLIVEIRA *et al.*, 2006). A Uvaia é usada na medicina popular no tratamento de gripe, febre e diarreia (OLIVEIRA *et al.*, 2007). Um estudo demonstrou a atividade inibidora do crescimento de algumas espécies de bactérias (STIEVEN; MOREIRA; SILVA, 2009); outro relatou a ação letal do óleo essencial das folhas de Uvaia em ácaros (SILVESTRE *et al.*, 2008).

Existem alguns trabalhos sobre o desenvolvimento de sistemas de produção para a cultura com a recomendação para cultivo comercial (SAMPAIO, 1989; ANDRADE; FERREIRA, 2000; SCALON; SCALON FILHO; RIGONI, 2004a; SOUZA *et al.*, 2009). Há registro de pomares comerciais da Uvaia na região centro-oeste ou de instituições que disponibilizem sementes e mudas a potenciais produtores. A qualidade dos frutos é atribuída ao seu tamanho e forma e à cor da casca. Esses fatores, associados à composição química da polpa, oferecem aos frutos e aos produtos deles obtidos a qualidade organoléptica e nutricional, responsáveis pela aceitação definitiva desses no mercado (TABELA 1) (SCALON; SCALON FILHO; RIGONI, 2004a).

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA POLPA DE UVAIA

Análises	Polpa de Uvaia
pH	3,08±0,01
Sólidos solúveis totais (°Brix)	5,0±0,2
Acidez (%)	1,08±0,01
Açúcares totais (g/100g)	2,81±0,01
Açúcares redutores (g/100g)	2,81±0,05
Vitamina C (mg/100g)	54,06±0,77

FONTE: MIYAZAWA, 2009

2.3 PITANGA

A pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) também é da família *Mirtaceae* de clima tropical nativa da Mata Atlântica. Os frutos são de sabor exótico, o que lhe confere grandes perspectivas de utilização e crescimento no mercado interno e externo (GLASS, 1997). No Brasil, o maior plantio racional em escala comercial, também o maior da América Latina, está instalado no município de Bonito, no Agreste Pernambucano, pela Bonito Agrícola Ltda. Estima-se que a produção anual de Pitanga em escala comercial do Estado de Pernambuco esteja entre 1.300 e 1.700 toneladas/ano (SILVA, 2006).

Eugenia uniflora L. se apresenta como um arbusto ou árvore semidecídua, de 4 a 10 m de altura, copa estreita, de tronco liso de cor pardo clara (FIGURA 4). As folhas são simples, cartáceas, de 3 a 7 cm de comprimento, com aroma característico. As flores são de cor branca, solitárias ou em grupos de 2-3 nas axilas e nas extremidades dos ramos. Os frutos são do tipo drupa, globosos e sulcados, brilhantes e de cor vermelha, amarela ou preta, com polpa carnosa e agridoce, contendo 1 a 2 sementes (FIGURA 5a e 5b) (LORENZI; MATOS, 2002).

Com a maturação, o epicarpo evolui de verde a vermelho ou quase negro (BEZERRA; SILVA; LEDERMAN, 2000). Esta característica originou seu nome, que significa vermelho-rubro em tupi (LOPES, 2005).

FIGURA 4 – IMAGEM DA PITANGUEIRA



FONTE: LEOPOLD, 2011

As Pitangas, quando maduras, são facilmente vulneráveis à depreciação, sendo de difícil conservação, o que dificulta o seu transporte e comercialização a grandes distâncias. Os frutos são extremamente perecíveis e não duram mais que alguns dias após a colheita. A temperatura de armazenamento exerce forte influência sobre a qualidade destes frutos (MÉLO; LIMA; NASCIMENTO, 2000). Entretanto, seu cultivo vem crescendo a cada ano em razão da utilização dos frutos para o preparo de polpa, bem como para a elaboração de sorvetes, sucos refrescos, geléias, licores e vinhos (LEDERMAN; BEZERRA; CALADO, 1992).

Devido ao seu considerável conteúdo de carotenóides e fenólicos, frutos da pitangueira são uma fonte promissora de compostos antioxidantes naturais (LIMA; MÉLO; LIMA, 2002). O perfil químico da família *Mirtaceae* é bem conhecido e caracteriza-se pela presença de taninos, flavonóides, mono e sesquiterpenos, triterpenos e derivados do floroglucinol (CRUZ; KAPLAN, 2005). Tanto as folhas como os frutos da Pitanga possuem vários constituintes importantes, logo, se o consumo da fruta for estimulado pode proporcionar efeitos benéficos à saúde, assim como a utilização das folhas (OLIVEIRA *et al.*, 2006). Os extratos das folhas foram introduzidos na medicina popular pelos índios Guaranis do século XV (ALONSO, 2002). Tal utilização se deve às propriedades diuréticas, antiinflamatórias e também há evidências de que o extrato etanólico de folhas secas – por ação dos flavonóides – possui atividade inibitória da enzima xantina-oxidase, envolvida na conversão de xantina a ácido úrico (SCHMEDA-HIRSCHMANN *et al.*, 1987; THEODULOZ *et al.*, 1988). Estudos recentes têm demonstrado inibição do trânsito gastrointestinal “in vivo” e ação hipotensora (CONSOLINI; DANUBBIO, 2002).

FIGURA 5 - PITANGA (a) e CORTE LONGITUDINAL (b)



FONTE: LEOPOLD, 2011

Existem alguns trabalhos sobre o desenvolvimento de sistemas de produção para a cultura com a recomendação para cultivo comercial (SCALON, 2001; BEZERRA *et al.*, 2004; SANTOS; FERREIRA; ÁQUILA, 2004; SANTANA, 2007; ALVES; TRESMONDI; LONGUI, 2008). A qualidade dos frutos é atribuída ao seu tamanho e forma e à cor da casca. Esses fatores, associados à composição química da polpa, oferecem aos frutos e aos produtos deles obtidos a qualidade organoléptica e nutricional, responsáveis pela aceitação definitiva desses no mercado (TABELA 2) (SCALON; SCALON FILHO; RIGONI, 2004a).

TABELA 2 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA POLPA DE PITANGA

Análises	Polpa de Pitanga
Umidade (%)	90,47±0,36
pH	3,33±0,02
Cinzas (%)	0,37±0,02
Acidez em ácido cítrico (g/100g)	1,28g ±0,01
Acúcares totais (%)	7,97±0,13
Acúcares redutores (%)	7,80±0,03
Vitamina C (mg/100mL)	13,42±0,29
Proteína (g/100g)	0,68±0,02
Lipídeos totais (g/100g)	0,49±0,09

FONTE: OLIVEIRA *et al.*, 2006; LOPES, 2005; BAGETTI *et al.*, 2009; LOPES, MATTIETTO; MENEZES, 2005; MÉLO, LIMA; NASCIMENTO, 2000.

2.4 REOLOGIA

A reologia é uma ciência que surgiu no início do século XX e tem como objetivo estudar a deformação e o escoamento dos materiais. A origem do nome vem dos radicais gregos *rheos* (fluir) e *logos* (estudo) (MACOSCO, 1994). Reologia é a ciência que estuda a deformação e o escoamento de materiais, ou seja, o modo como os materiais respondem à aplicação de uma tensão ou deformação (STEFFE, 1996). E tem por finalidade prever a força necessária para causar uma deformação ou escoamento em um corpo ou, reciprocamente, prever a deformação ou o escoamento resultante da aplicação de um dado sistema de forças em um corpo. Essas forças podem ser de compressão, tração ou cisalhamento (CASTRO, 2007).

Na reologia de sólidos, a propriedade de maior interesse é a elasticidade, ao passo que, em líquidos, a viscosidade é a propriedade física dos fluídos que caracterizam a sua resistência ao escoamento (PARK; LEITE, 2011). A viscosidade

é a propriedade física de um líquido de resistir ao fluxo induzido pela tensão aplicada (cisalhamento). Ela é dependente da natureza físico-química da substância, da temperatura, da pressão, da taxa de cisalhamento e do tempo e para definir a viscosidade em função de um desses fatores os outros devem ser mantidos constantes e bem definidos (CASTRO, 2007).

O comportamento de um alimento durante o seu processo pode variar significativamente, pois a consistência e a composição do material pode ser alterada devido a etapas de mistura, aquecimento, resfriamento, homogeneização, aeração, fermentação, cristalização, contribuindo, portanto, na modificação da viscosidade (LEWIS, 1993; BHATTACHARYA, 1997).

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 (VENDRÚSCULO, 2005).

2.4.1 Classificação reológica dos fluidos

A medição da viscosidade de fluidos primeiro requer a definição dos parâmetros envolvidos no escoamento. Isaac Newton foi o primeiro a expressar as leis básicas da viscosimetria, descrevendo o comportamento de fluxo de um fluido ideal (FIGURA 6). Ele considerou um modelo constituído por duas lâminas paralelas, de mesma área, A , próximas uma da outra, a uma distância, y , entre as quais existe um fluido. Ao se aplicar uma força tangencial F sobre a lâmina superior, mantendo fixa a inferior, cada partícula do fluido percorre uma trajetória paralela às lâminas e com velocidade constante. No entanto, a velocidade das diversas partículas varia de v , junto à lâmina superior, a zero, junto à lâmina inferior. Newton postulou que a força tangencial F é diretamente proporcional a área A da lâmina e ao gradiente de velocidade ou taxa de cisalhamento dv/dy . A relação F/A é denominada tensão de cisalhamento e a relação tensão de cisalhamento por taxa de cisalhamento é denominada viscosidade absoluta ou dinâmica μ (Equação 1) (SCHARAMM, 2000).

$$\mu = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{dv}{dy}} = \frac{\tau}{\gamma} \quad (1)$$

onde:

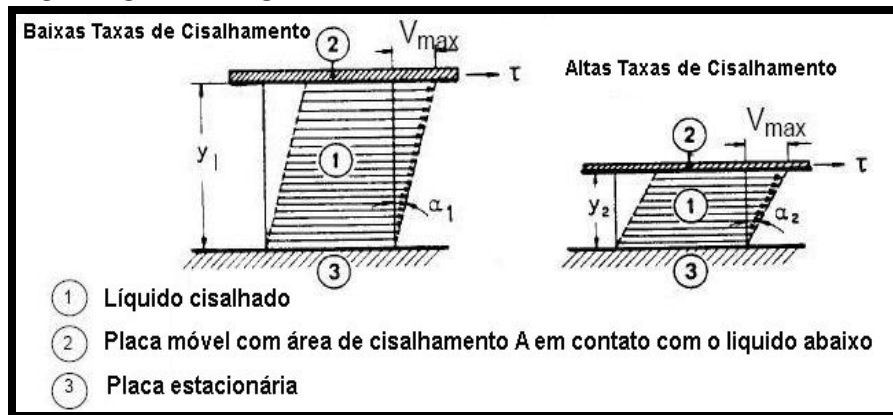
F=Força (N)

A= Área (m²)

τ = Tensão de cisalhamento (Pa)

γ = Taxa de cisalhamento (s⁻¹)

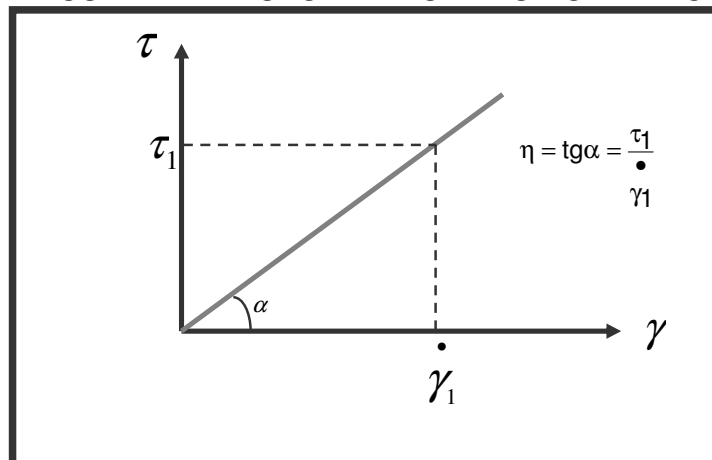
FIGURA 6 - MODELO DE PLACA PARALELA



FONTE: SCHARAMM, 2000

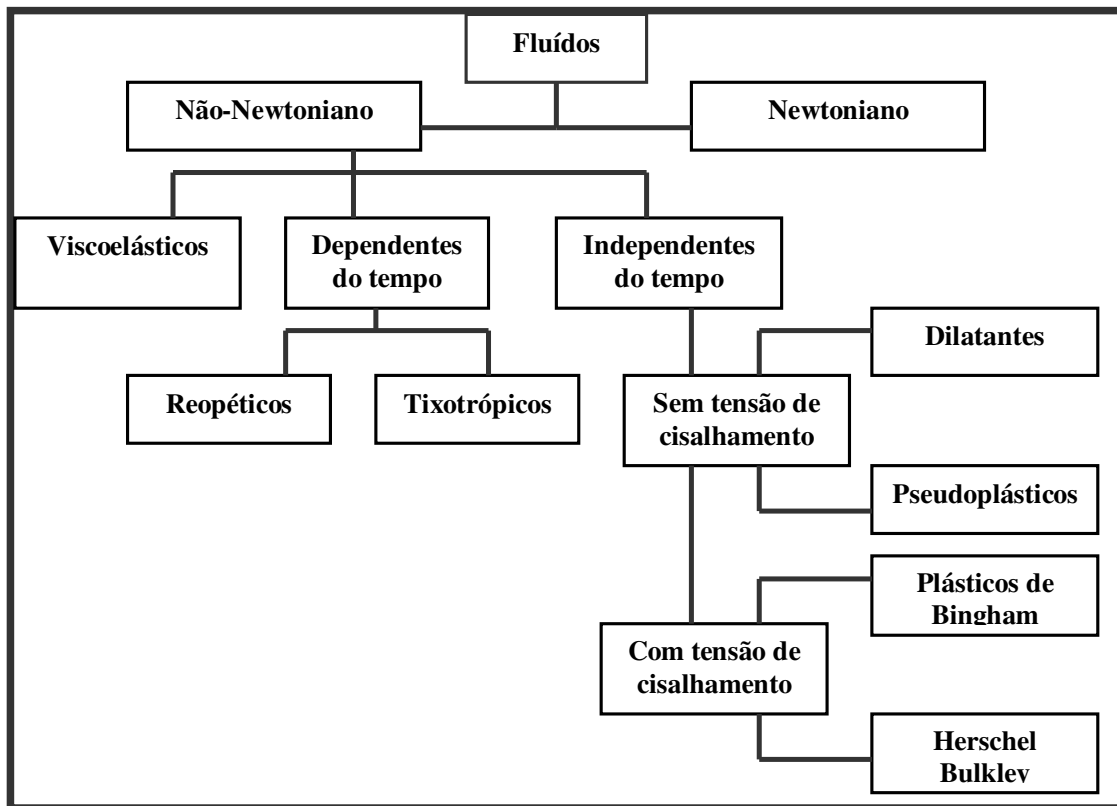
A correlação entre tensão e taxa de cisalhamento define o comportamento de fluxo de um fluido (FIGURA 7). O diagrama é chamado de curva de fluxo.

FIGURA 7 - CURVA DE FLUXO PARA UM FLUÍDO NEWTONIANO



Os fluidos são classificados de acordo com seu comportamento reológico por meio da análise da relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento para condições de temperatura e pressão estabelecidas. Reologicamente os fluidos são divididos em duas categorias: newtonianos e não-newtonianos (FIGURA 8) (STEFFE, 1996).

FIGURA 8 - CLASSIFICAÇÃO DOS FLUÍDOS SEGUNDO MODELOS REOLÓGICOS



FONTE: STEFFE, 1996

O corpo viscoso mais simples é o fluido Newtoniano, para o qual a viscosidade é constante. De acordo com CASTRO; COVAS; DIOGO (2001) os fluidos newtonianos são aqueles que apresentam uma relação linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento, independente da taxa de cisalhamento e da tensão de cisalhamento inicial. A Equação 2 é a representação matemática do comportamento reológico dos fluidos newtonianos. Exemplos de fluidos alimentícios

que exibem comportamento newtoniano são água, soluções de açúcar e óleo vegetal.

$$\tau = \mu(\gamma) \quad (2)$$

onde:

τ =tensão de cisalhamento (Pa)

μ =viscosidade absoluta (Pa.s)

γ =taxa de cisalhamento (s⁻¹)

Os materiais não-newtonianos podem ser classificados em dois grupos, segundo EGAWA (2007), independentes do tempo e dependentes do tempo. Os fluídos newtonianos independentes do tempo são divididos em dilatantes, pseudoplásticos e plásticos de Bingham. O comportamento dilatante é caracterizado pelo aumento da viscosidade aparente com a taxa de cisalhamento provoca ruptura da estrutura e a quantidade de líquido não é mais suficiente para a lubrificação, logo o atrito aumenta. Esse comportamento é explicado supondo-se o fluído constituído de partículas densamente empacotadas, com pequenos espaços intersticiais cheios de líquidos (HOLDSWORTH, 1971). O comportamento dilatante é raramente encontrado, tendo sido reportado em suspensões de goma de amido e mel de abelha.

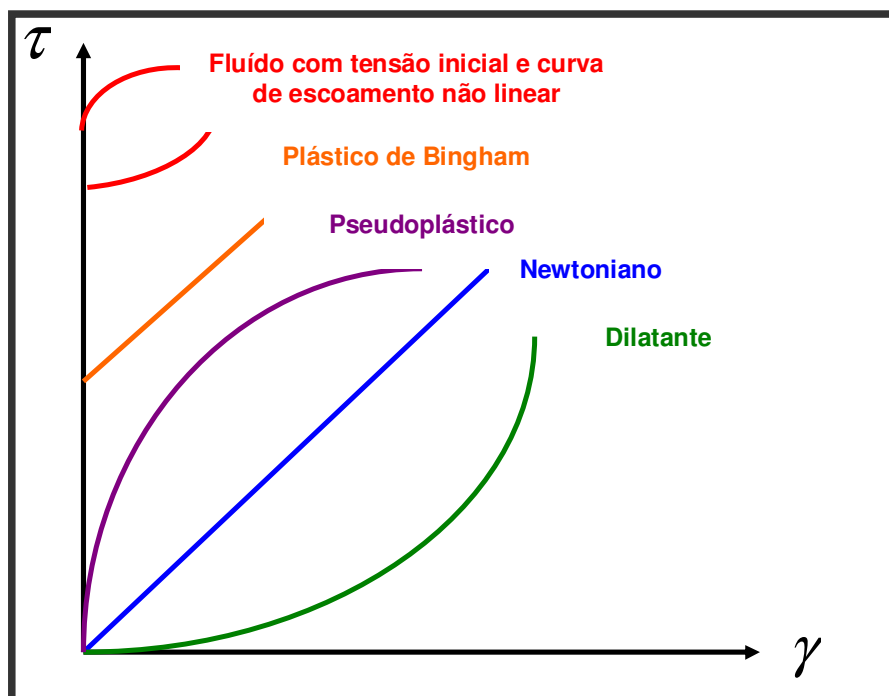
No comportamento pseudoplástico está classificada a grande maioria dos fluídos estudados. Para estes fluídos a viscosidade aparente depende da taxa de cisalhamento, mas não da duração do cisalhamento. É caracterizado pela diminuição da viscosidade aparente com o aumento da taxa de cisalhamento, ou seja, a tangente em cada ponto da curva de escoamento (viscosidade aparente) diminui com o aumento a taxa de cisalhamento (RAO, 1977). Segundo HOLDSWORTH (1971), a explicação para este fenômeno é que o aumento da taxa de cisalhamento modifica a estrutura das moléculas de cadeias longas, alinhando-as paralelamente às linhas de corrente diminuindo a resistência ao escoamento. Isto é coerente pelo fato de que as altas taxas de cisalhamento, o fluído apresenta um comportamento próximo ao Newtoniano. Essa classe é representada por produtos como polpas e sucos concentrados de frutas, caldos de fermentação, melaço de

cana e soluções de pectina (CHARM, 1963; HOLDSWORTH, 1971; VITALI; ROIG; RAO, 1974).

Segundo MCCLEMENTS (2007), o plástico de Bingham se comporta como um sólido sob condições estáticas. Certa quantidade de força deve ser aplicada antes que o fluxo seja induzido (tensão inicial). Alguns exemplos de fluidos alimentícios que representam esse comportamento são: molhos de tomate, maionese, clara de ovo batida e margarina (BOURNE, 1982). A maioria dos alimentos se enquadra nessa classificação.

Os fluidos newtonianos e não-newtonianos independentes do tempo são representados na FIGURA 9.

FIGURA 9 - CURVA DE ESCOAMENTO PARA VÁRIOS TIPOS DE FLUIDOS INDEPENDENTES DO TEMPO.



FONTE: SHARMA *et al.*, 2000

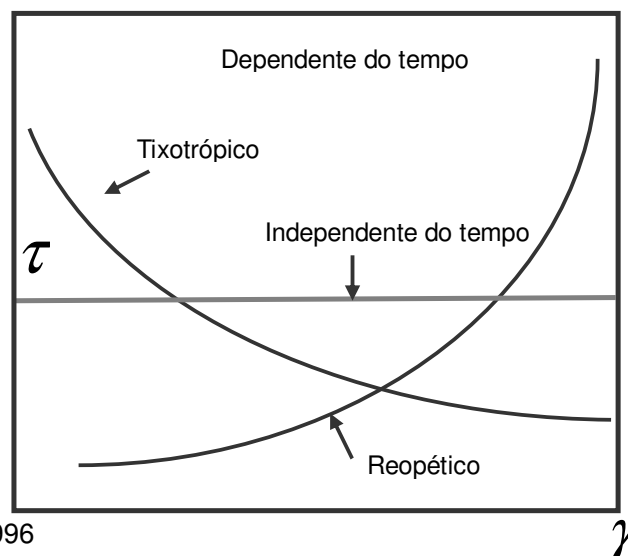
Os fluidos não-Newtonianos dependentes do tempo podem ser do tipo tixotrópicos e reopéticos. Um fluido tixotrópico é aquele no qual a viscosidade aparente diminui com o tempo quando o fluido é submetido a uma taxa de cisalhamento constante. Exemplos desse fluido são géis de alginato, clara de ovo,

leite condensado açucarado, maionese, gelatinas, cremes, manteigas, molhos para saladas, suco de maçã com polpas, sucos concentrados de maracujá e laranja (SARAVACOS, 1970; VITALI; RAIG; RAO, 1974; RAO, 1977; RAO, 1986; SHARMA; MULVANEY; RIZVI, 2000).

Em fluidos reopéticos a viscosidade aparente do fluido aumenta com o tempo quando sujeito a uma taxa constante de cisalhamento. Este tipo de comportamento não é comum em alimentos, mas pode ocorrer em soluções de amido altamente concentradas ou em casos de formação de estruturas como na preparação de “creme de chantilly” e de clara em neve. Fluidos desse grupo representam um comportamento reológico semelhante ao fluido pseudoplástico, no qual a viscosidade aparente diminui com o aumento da taxa de cisalhamento. A diferença desta diminuição não está relacionado somente com a taxa de cisalhamento, mas também com o tempo. A viscosidade aparente e a taxa de cisalhamento diminuem reversivelmente com o tempo de aplicação da taxa de cisalhamento, quando a temperatura, a composição e a taxa de cisalhamento são mantidas constantes (SHARMA; MULVANY; RIZVI, 2000).

A FIGURA 10 apresenta as curvas de escoamento para os fluidos dependentes do tempo.

FIGURA 10 - CURVAS DE ESCOAMENTO PARA FLUIDOS DEPENDENTES DO TEMPO



FONTE: STEFFE, 1996

Os estudos da reologia em bebidas, tais como os sucos de frutas são de extrema importância e tem sido publicado por diversos autores, como GUEDES; RAMOS; DINIZ (2010) que estudaram polpa de melancia, HAMINIUK (2007) avaliou misturas ternárias de frutas vermelhas, GRANGEIRO *et al.*, (2007) que pesquisou a polpa de banana, SILVA; GUIMARÃES, GASPARETTO (2005) que determinou o comportamento suco de acerola e CABRAL; QUEIROZ; FIGUEIREDO (2002) que estudou a polpa de cupuaçu, dentre outros autores.

2.4.2 Lei da Potência

Os modelos reológicos são usados para uma melhor descrição do comportamento dos fluidos, permitindo relacionar as propriedades reológicas com outras grandezas, como concentração, temperatura e índice de maturação. O conhecimento destas grandezas é indispensável no controle em linhas de produção, no projeto e dimensionamento dos processos (BRANCO, 1995).

O modelo reológico mais simples é o newtoniano, no entanto, a maioria dos alimentos fluidos, não apresenta esse tipo de comportamento e requer modelos mais complexos para sua caracterização (TABILO-MUNIZAGA; BARBOSA-CÁNOVAS, 2005). Na literatura existem muitos modelos reológicos propostos. A escolha do modelo a ser utilizado é uma função das características do fluido.

Um dos modelos mais estudados e de fácil aplicação é o modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência). A equação 3 representa esta Lei e define o comportamento do fluido em newtoniano ou não-newtoniano, na qual K é o coeficiente de consistência e n é o índice de comportamento de fluxo. O valor de n é uma medida da “pseudoplasticidade” do fluido (BRETAS; D’ÁVILA, 2005).

$$\tau = K\dot{\gamma}^n \quad (3)$$

onde:

τ = tensão de cisalhamento (Pa)

K = índice de consistência (Pa.s)

n = índice de comportamento do escoamento (adimensional)

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

Os fluidos newtonianos apresentam valor de n igual a 1. Porém, os fluidos não-newtonianos apresentam valor de n diferente de 1; sendo que, para o fluido pseudoplástico, o índice de comportamento do escoamento (n) é menor que 1 e a viscosidade aparente diminui com o aumento da taxa de cisalhamento. O inverso ocorre para fluido dilatante: o índice de comportamento do escoamento (n) é maior que 1 e a viscosidade aparente aumenta com a taxa de cisalhamento (TONELLI; MURR; PARK, 2005).

Este modelo tem sido adotado como ideal para interpretar o comportamento do purê de pêssego (TORRALLES *et al.*, 2006), da polpa de manga (VIDAL; GASPARETTO; GRANDINI, 2000), polpa de goiaba (VASQUES, 2003) e polpa de cupuaçu (CABRAL; QUEIROZ; FIGUEIREDO, 2002).

2.4.3 Efeito da temperatura no comportamento reológico

A temperatura é um dos fatores que mais afeta a viscosidade das polpas de frutas, pois a maioria destas apresenta-se na forma de sólidos dispersos em meios líquidos. Um aumento da temperatura faz com que a viscosidade da fase líquida diminua, aumentando o movimento das partículas em suspensão, causando um decréscimo na viscosidade da polpa (PELEGRINE; VIDAL; GASPARETTO, 2000).

Segundo KROKIDA; MAROULIS; SARAVACOS (2001), a temperatura tem um maior efeito no índice de consistência (K) em fluidos alimentícios não-newtonianos, do que no índice de comportamento (n). O efeito da temperatura na viscosidade aparente de fluidos alimentícios, a uma taxa de cisalhamento constante, pode ser descrita pela equação de Arrhenius (RAO, 1986), na qual a viscosidade aparente diminui em uma função exponencial com o aumento da temperatura. A equação de Arrhenius é apresentada na Equação 4 (STEFFE, 1996).

$$\eta_{ap} = \eta_0 \exp \frac{E_{at}}{RT} \quad (4)$$

onde:

η_{ap} - viscosidade aparente (mPa.s)

η_0 - fator pré-exponencial

T- temperatura absoluta (K)

R- constante universal dos gases (kJ/mol.K)

E_{at} - energia de ativação para viscosidade (kJ/mol)

A Equação 4 indica a tendência geral observada de uma diminuição da viscosidade aparente com o aumento da temperatura. Em geral, uma alta energia de ativação de fluxo implica que pequenas variações de temperatura são necessárias para modificar rapidamente a viscosidade (STEFFE, 1996).

O conhecimento da energia de ativação (E_{at}) e o parâmetro de ajuste (η_0) permite modelar matematicamente o comportamento reológico, bem como verificar os efeitos da temperatura sobre a viscosidade (GRATÃO; BERTO; SILVEIRA JÚNIOR, 2004). A energia de ativação (E_{at}), segundo PEREIRA; QUEIROZ; FIGUEIREDO (2003) indica a sensibilidade da viscosidade devido à mudança de temperatura, onde maiores valores da energia de ativação significam que a viscosidade é relativamente mais sensível à mudança de temperatura.

Uma revisão da literatura realizada por VITALI (1981) sobre a influência da temperatura nos alimentos fluidos, mostrou que, de uma forma geral, os valores de energia de ativação encontram-se na faixa entre 1,5 a 15 kcal/mol (6,28 a 62,8 kJ/mol). Essa variação deve-se à faixa de temperatura considerada, à influência do teor de sólidos solúveis e em suspensão, e à presença de polímeros. HOLDSWORTH (1971) observou maiores valores de energia de ativação para sucos clarificados Newtonianos com altos teores de sólidos solúveis.

Alguns autores têm analisado a influência da temperatura sobre o comportamento reológico de suco e polpa de frutas, entre eles SATO (2005) que avaliou a variação de temperatura para a polpa de jabuticaba, TORALLES *et al.* (2006) comprovou o efeito da temperatura e concentração na viscosidade do purê de pêssego, MAGERRAMOV *et al.* (2007) avaliaram o efeito da temperatura e da concentração na viscosidade de suco de tangerina e limão num intervalo de 15°C a 40° Brix e 17°C a 45° Brix e OSÓRIO *et al.* (2008), estudaram a reologia do purê de morango. Todos estes autores verificaram a dependência de temperatura através lei de Arrhenius e concluíram que a viscosidade aparente diminui com o aumento da temperatura.

2.5. COMPOSTOS FENÓLICOS

Diversas pesquisas vêm sendo realizadas nos diferentes segmentos visando à descoberta de novas fontes nutricionais. A importância funcional desses compostos na saúde humana tem levado inúmeros pesquisadores a realizarem estudos buscando determinar as concentrações destes compostos nos alimentos mais consumidos e em especial nas frutas.

As frutas são fontes significativas de antioxidantes. Neste contexto, o Brasil é destaque, visto que possui uma produção elevada de diferentes variedades de frutíferas nativas, o que é decorrência da extensão do território e sua inserção, em grande parte, nas zonas de clima tropical e temperado (GRANADA; ZAMIAZI; MENDONÇA, 2004). A fruticultura nacional, no entanto, tem ainda grande potencial de expansão, pois há inúmeras frutas nativas muito pouco exploradas economicamente. Estudos para transformá-las em culturas racionais, na sua maioria, estão em andamento, como por exemplo, atemóia, maná, canistel, mirtilo, lichia, físalis (camapu), carambola, entre outras (LAGO; GOMES; SILVA, 2006).

Estudos epidemiológicos têm demonstrado o efeito protetor de dietas ricas em frutas e vegetais contra doenças cardiovasculares e certos tipos de câncer, devido, em parte, aos antioxidantes contidos nestes alimentos (RODRIGUES *et al.*, 2003; LIMA *et al.*, 2004; GRANDIS *et al.*, 2005; MELO *et al.*, 2006). Estas respostas se devem a alguns compostos presentes nesses alimentos, como os compostos fenólicos, vitamina C, flavonóides e carotenóides.

Os compostos fenólicos podem ser definidos como substâncias que possuem um anel aromático com um ou mais grupos hidroxilas e têm sido muito estudados devido a sua influência na qualidade dos alimentos (SOARES, 2002).

A atividade antioxidante dos compostos fenólicos são interessantes desde o ponto de vista tecnológico, até nutricional. Assim, compostos fenólicos intervêm como antioxidantes naturais do alimento, e a obtenção ou preparação de alimentos com um alto conteúdo destes compostos supõem uma redução na utilização de aditivos anti-oxidantes, resultando em alimentos mais saudáveis, que podem ser inclusos dentro da classe dos alimentos funcionais (MARTINEZ-VALVERDE; PERIAGO; ROS, 2000).

O comportamento antioxidante dos compostos fenólicos parece estar relacionado com sua capacidade de quelar metais, inibir a ação da enzima lipoxigenase e captar radicais livres, ainda que em outras ocasiões possam promover reações de oxidação “in vitro”. Entre os compostos fenólicos com uma reconhecida atividade antioxidante destacam-se os flavonóides, os ácidos fenólicos (principalmente hidroxicinâmico, hidroxibenzóico, cafeíco e clorogênico), taninos, calconas e cumarinas (MARTINEZ-VALVERDE; PERIAGO; ROS, 2000), os quais constituem a fração polifenólica de uma grande diversidade de alimentos. A TABELA 3 relaciona a ocorrência de compostos fenólicos em diversas frutas.

TABELA 3 - OCORRÊNCIA DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM FRUTAS

Fruta	Fonte	Compostos Fenólicos	Referência
Goiaba (<i>Psidium guajava</i>)	Polpa	Guavina B, quercetina, canferol e leucocianidina	GUTIÉRREZ; MITCHEL; SOLIS (2008)
Acerola (<i>Malpighia glabra</i> L.)	Polpa	Ácido clorogênico, cafêico, p-cumárico, ferrúlico, quercetina e campferol	VENDRAMINI; TRUGO (2004)
Manga (<i>Mangifera indica</i> L.) Tommy Atkins	Polpa e/ou casca	Mangiferina, isomangiferina, quercetina diglicosídeo	BERARDINI <i>et al.</i> (2005a); RIBEIRO <i>et al.</i> (2008)
Laranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)	Polpa	Ácido cafêico, ácido ferúlico, ácido p-cumárico, narirutina, hesperidina	PELLEGRINI <i>et al.</i> (2007)
Uva (<i>Vitis rotundifolia</i>)	Polpa	Cianidina-3-5-diglucosídeo, malvidina-3-5-diglucosídeo	HUANG <i>et al.</i> (2009)
Camu-camu (<i>Myrciaria dubia</i>)	Polpa	Quercetina, caempferol e cianidina	GONÇALVES (2008)
Amora (<i>Morus nigra</i>)	Polpa	Caempferol, quercetina, cianidina, catequina e epicatequina	SANTOS (2009)
Mirtilo (<i>Vaccinium ashei</i> Reade) Bluebelle	Polpa	Ácido p-cumárico, cafêico, gálico, hidroxibenzóico, ferrúlico, mirecetina, quercetina e campferol	PERTUZATTI (2009)

Muitos são os estudos realizados com o objetivo de se determinar a composição fenólica em frutas e derivados, como sucos e bebidas (MOYER *et al.*, 2002; WEN; WROLSTAD, 2002; KIM; JEONG; LEE, 2003; MÉNDEZ *et al.*, 2003;

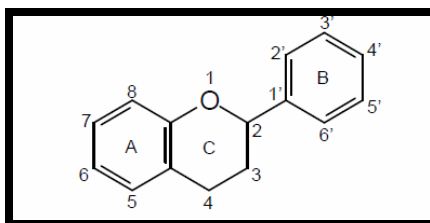
LIMA *et al.*, 2005; HARNLY *et al.*, 2006; FANG *et al.*, 2009), pois estes compostos estão diretamente envolvidos na atividade antioxidante destas frutas.

LIM, LIM e TEE (2007), estudaram a capacidade antioxidante de diversas frutas tropicais, e foi demonstrado que a goiaba e mamão papaia possuem maior conteúdo de antioxidantes primários, comparado com a da laranja. Em outro estudo realizado por JIMÉNEZ-ESCRIG *et al.*, (2001), concluiu-se que a casca e a polpa de goiaba apresentaram altos níveis de fibra dietética e compostos fenólicos e, estes foram responsáveis pela alta capacidade antioxidante da fruta. Este último estudo também está de acordo com os trabalhos de avaliação da atividade antioxidante feitos por MEZADRI *et al.*, (2008) para acerola e RIBEIRO *et al.* (2008) para mangas.

2.5.1 Flavonóides

Os flavonóides possuem uma estrutura básica formada por C₆-C₃-C₆, o difenil propano (FIGURA 11), sendo os compostos mais diversificados do reino vegetal. Consistem de dois anéis aromáticos interligados por três carbonos que geralmente forma uma estrutura heterocíclica oxigenada (BRAVO, 1998).

FIGURA 11 - ESTRUTURA GERAL DE UM FLAVONÓIDE COM OS ANÉIS A, B E C E SISTEMA DE NUMERAÇÃO PARA DIFERENCIAÇÃO DAS POSIÇÕES DOS CARBONOS



FONTE: BRAVO, 1998

No grupo dos flavonóides encontram-se as classes de flavonóis, flavanonas, flavonóis, flavonas, e antocianinas que ocorrem em gêneros alimentícios como os apresentados na TABELA 4.

TABELA 4 - FLAVONÓIDES DE OCORRÊNCIA EM ALIMENTOS

Classes	Nome	Fonte
Flavonóis	Epicatequina	Chás verde e preto, uvas, vinho tinto e feijão bravo (mucunã)
	Catequina	
	Epigallocatequina	
	Epicatequina galato	
	Epigallocatequina galato	
Flavanonas	Naringina	Cascas de frutas cítricas Frutas cítricas
Flavonóis	Caempferol	Brócolis, chá-preto, alho poro, rabanete
	Quercetina	Cebola, alface, casca de maçã, cereja, brócolis, vinho tinto e mel
	Mirecetina	Uvas, vinho
Flavonas	Crisina	Casca de frutas
	Apigenina	Aipo, salsa
Antocianidinas	Malvidina	Uvas roxas, vinho tinto
	Cianidina	Morangos, uvas, cerejas e acaí
	Apigenidina	Frutas e cascas de frutas coloridas

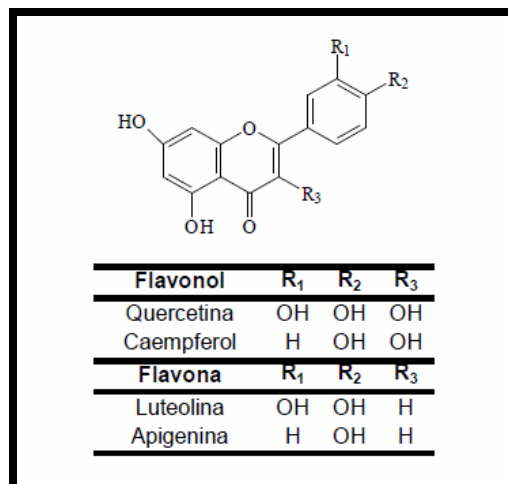
FONTE: RICE-EVANS; MILLER; PAGANDA (1996); DAVID *et al* (2002); PEREIRA (2010); BOBBIO *et al* (2000)

A atividade antioxidante dos flavonóides está ligada a sua habilidade de seqüestrar radicais livres, atuando como doadores de hidrogênio, e quelar metais, reduzindo o potencial de ocorrência de doenças crônico-degenerativas (GONZALO; ALONSO, 2002).

Uma diversidade de estudos *in vitro* tem demonstrado que os flavonóides podem inibir e, às vezes, induzir uma grande variedade de enzimas, envolvidas em importantes processos reguladores como a divisão e proliferação celular, agregação plaquetária, detoxificação, e resposta inflamatória e imune ao organismo humano (SEINFRIED *et al.*, 2007; WILLIAMS; SPENCER; RICE-EVANS, 2004).

Como antioxidantes, os flavonóis são mais potentes do que as respectivas flavonas devido à presença da hidroxila nas posições 5 e 7 do anel. A quercetina, 3,5,7,3', 4'-pentahidroxiflavona, um dos flavonóides mais comumente encontrados em alimentos, é considerado um excelente antioxidante devido a presença de grupamentos hidroxilas no anel B e da dupla ligação no anel C (FIGURA 12) (HOLLMAN; KATAN, 1997).

FIGURA 12 - ESTRUTURA QUÍMICA DE ALGUNS FLAVONÓIDES

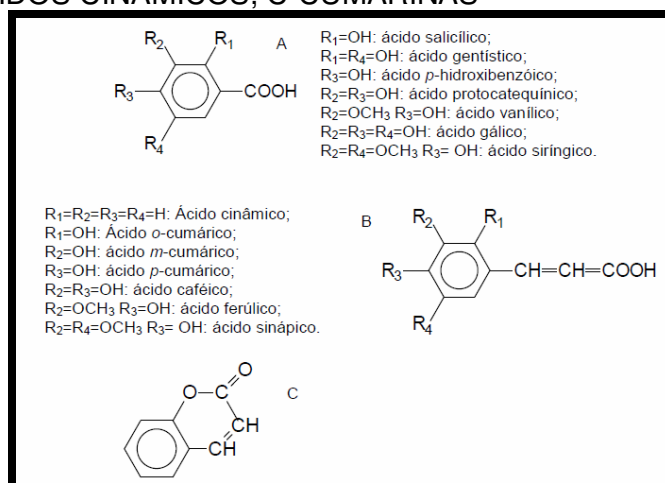


FONTE: HOLLMAN; KATAN, 1997

2.5.2 Ácidos fenólicos

Os ácidos fenólicos podem ser divididos em três grupos (FIGURA 13). O primeiro é composto pelos ácidos benzóicos, que possuem uma estrutura de sete átomos de carbono (C₆-C₁). O segundo grupo é formado pelos ácidos cinâmicos, que possuem nove átomos de carbono (C₆-C₃). As cumarinas compõem o terceiro grupo e são derivadas do ácido cinâmico por ciclização da cadeia lateral do ácido o-cumarínico (SOARES, 2002).

FIGURA 13 - ESTRUTURAS QUÍMICAS DOS ÁCIDOS FENÓLICOS: A-ÁCIDOS BENZÓICOS; B-ÁCIDOS CINÂMICOS; C-CUMARINAS



FONTE: SOARES (2002)

Os derivados hidroxibenzóicos são encontrados em quantidades pequenas nos vegetais e fazem parte de estruturas complexas como os taninos hidrolisáveis (galotaninos, elagiotanonos). Já os derivados hidroxicinâmicos são encontrados em maiores quantidades em relação aos hidroxiácidos nos vegetais (MANACH *et al.*, 2004).

2.6 ESTABILIDADE

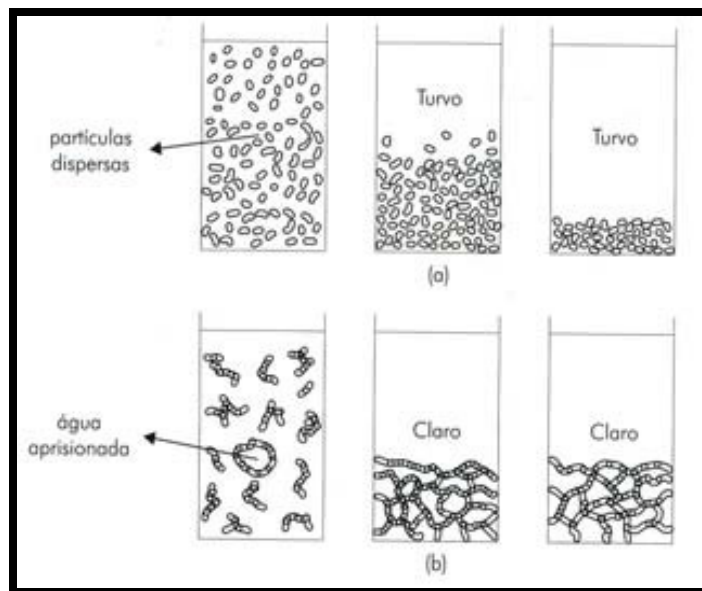
A estabilidade dos sucos de frutas está relacionada com a ocorrência de reações químicas complexas que comprometem suas qualidades sensoriais (aroma, sabor, cor, consistência, turbidez e sedimentação) e que podem acarretar perdas nutricionais (ALVES; GARCIA, 1993).

Polpas e sucos são o resultado da desintegração de vegetais, constituindo-se em uma mistura sólido-líquida, na fase líquida estão presentes compostos solúveis, os quais são representados por vitaminas, sais minerais, carboidratos e água. Por outro lado, a fase sólida é composta de sólidos insolúveis, representados pelas células trituradas ou não, formados principalmente de celulose, hemicelulose, substâncias pécicas e proteínas que constituem a parede celular de frutas e vegetais (FENIMAN, 2004).

A estabilidade das suspensões é diretamente dependente do modo como as partículas interagem durante o momento de colisão. Uma possibilidade é a formação de aglomerados de partículas. Esses aglomerados são estruturas porosas formadas pela união de diversas partículas primárias que, quando presentes na suspensão, podem absorver parte da água ou do líquido originalmente para a separação das partículas (MARTINS, 2001).

Para sistemas não estabilizados de sucos de frutas, a sedimentação dos aglomerados é favorecida, promovendo uma rápida separação entre as fases sólidas e líquidas da suspensão, prejudicando a homogeneidade e estabilidade da suspensão. A FIGURA 14 ilustra o fenômeno de sedimentação de partículas para suspensões (a) dispersas e (b) aglomeradas.

FIGURA 14 - FENÔMENO DE SEDIMENTAÇÃO DE PARTÍCULAS EM SUSPENSÕES DISPERSAS (a) E AGLOMERADAS (b)



FONTE: OLIVEIRA *et al.*, 2000

Verifica-se que a redução da distância entre as partículas finas provocadas pelo aprisionamento de água ou líquido no interior dos aglomerados, eleva o número de colisões entre elas e, com isso, a viscosidade da suspensão. Além disso, os aglomerados podem ser considerados unidades significativamente maiores que as partículas primárias que as originam e, por isso, causam uma maior perturbação das linhas de fluxo do líquido durante o escoamento da suspensão, aumentando sua viscosidade.

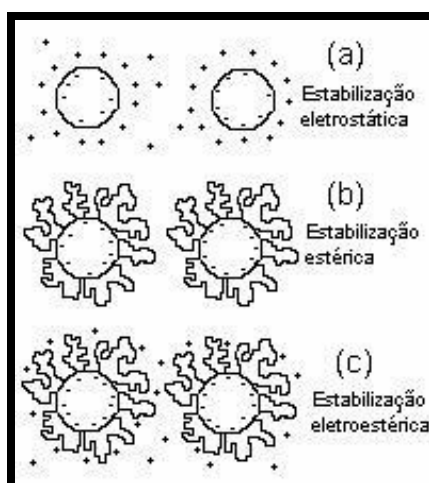
A estabilidade das suspensões pode ser obtida através de mecanismos de estabilização como:

Estabilização eletrostática – é gerada através do desenvolvimento de cargas elétricas na partícula em decorrência da interação da sua superfície com o meio líquido (FIGURA 15a).

Estabilização estérica – atua através da adsorção superficial de moléculas poliméricas que dificultam a aproximação de outras partículas por impedimento mecânico. É conveniente observar que o uso de polímeros de elevado peso molecular ocasiona um efeito oposto, a floculação. Isto acontece devido a um emaranhamento das partículas que passam a se comportar como aglomerados facilitando o processo de decantação (FIGURA 15b).

Estabilização eletroestérica – ocorre devido à adsorção superficial de moléculas com grupos ionizáveis ou polieletrólitos. Forma-se uma nuvem de grupos ionizáveis ao redor de cada partícula, conhecida como dupla camada elétrica. A medida que a partícula se movimenta, a nuvem de íons é arrastada junto com ela, de modo que a repulsão eletroestérica entre estas nuvens soma uma barreira eletrostática ao efeito estérico. Todos estes fenômenos alteram a interface partícula/líquido do sistema, promovendo a dispersão da suspensão (FIGURA 15c) (FRANCO *et al.*, 1988).

FIGURA 15 - MECANISMOS DE ESTABILIZAÇÃO DE SUSPENSÕES: (A) ATRAVÉS DE CARGAS NAS SUPERFÍCIES DAS PARTÍCULAS, (B) DA ADSORÇÃO DE MOLÉCULAS POLIMÉRICAS E (C) DA ADSORÇÃO DE MOLÉCULAS IONIZADAS OU POLIELETRÓLITOS



FONTE: FRANCO *et al.*, 1988

2.6.1 Turbidez

A turbidez é resultado da mistura de partículas em suspensão, lipídios, proteínas, pectina, celulose e hemicelulose, que resultam da ruptura das células das frutas durante a extração. Os fragmentos macroscópicos, contendo também a pectina, são considerados polpa. Essa polpa e a turbidez estão correlacionadas e contribuem para a viscosidade do produto. A estabilização da turbidez requer que a seqüência de eventos que induzem à precipitação seja interrompida (GODOY; ANTUNES; ZONTA, 1998).

A turbidez dos sucos é uma propriedade importante na aceitação do consumidor. As partículas, formadas por estes componentes, tendem a precipitar quando em solução, sendo a estabilidade de sucos e polpas de frutas fortemente afetada pela diferença de densidade entre as fases, pela viscosidade do sistema, pela relação entre os volumes das fases, tensão superficial nas interfaces e existência de cargas elétricas nas partículas (BOBBIO; BOBBIO, 2001). Além disso, a precipitação pode ocorrer não somente devido à presença de uma quantidade significativa de material solúvel em suspensão, mas também a uma possível atuação da enzima pectinesterase, naturalmente presente na fruta (POLYDERA *et al.*, 2005). Em meio ácido e presença dos cátions (Ca^{+2} , Fe^{+2} e P^{+3}) naturais da fruta, há formação de complexos insolúveis com outras substâncias pécnicas, precipitando e levando consigo matérias coloidais suspensas responsáveis pela turbidez (TOCCHINI *et al.*, 1995).

2.6.2 Sedimentação

Vários são os fatores que causam a separação de fases em bebidas de frutas, podendo estes agirem de forma isolada ou em interação. Dependendo do objetivo, o efeito pode ser benéfico, como nos produtos clarificados, ou prejudiciais quando se quer manter o sistema turvo (GODOY, 1997). São fatores responsáveis pela separação de fases: ação enzimática, associações ou complexos químicos, decantação e viscosidade.

Na ação enzimática, as enzimas dos grupos pectinases, amilases e outras podem degradar polissacarídeos, causando a ruptura da rede de sustentação. Este fenômeno, de acordo com CASTALDO *et al.* (1991) pode ocasionar a separação de fases. Exemplo típico é o que ocorre durante o processamento de polpas de tomate pela ação das enzimas pectinolíticas (GODOY, 1997). Em sucos cítricos, a ação da enzima pectinesterase desmetila a pectina solúvel e libera grupos carboxílicos no meio, os quais reagem com íons cálcio, originando pectato de cálcio. Este composto, por ser insolúvel, desestabiliza a turbidez natural do suco (CASTALDO *et al.*, 1991).

Nas associações ou complexos químicos, dependendo do tipo de suco, pode haver interação entre os componentes, formando compostos de diferentes pesos moleculares e graus de solubilidade, que tendem a sedimentar ou flocular. Sucos de uva, com alto teor de polifenóis, podem apresentar precipitação da porção protéica

com os grupos fenólicos. Em outras situações, cátions polivalentes podem originar complexos estáveis com fenóis ou se combinarem com proteínas (HEATHERBELL, 1984).

A definição mais comum para o termo decantação é a remoção de partículas sólidas suspensas em um líquido por deposição gravitacional (PERRY; CHILTON, 1986). O princípio básico do processo é dado pela lei de Stokes, segundo a qual movimento das partículas sólidas através de um fluido ocorre em função de forças de origem gravitacional, centrifugação ou outra, conforme a Equação 5:

$$v = \frac{2}{9} r^2 \frac{(\rho_1 - \rho_2)}{\eta} g \quad (5)$$

onde:

v= velocidade de sedimentação da partícula dispersa (cm/s)

ρ_1 = densidade específica da fase dispersa (g/cm³)

ρ_2 = densidade específica da fase dispersante (g/cm³)

r= raio da partícula dispersa (cm)

η =viscosidade do meio dispersante

g=constante da gravidade (980 cm/s² ao nível do mar)

Quanto menor a diferença de densidade entre as fases, menor será a velocidade de sedimentação. O tamanho das partículas é, sem dúvida, o fator mais importante que influencia a velocidade de sedimentação. É representado na Equação de Stokes como r^2 , onde r é o raio médio das partículas dispersas. A velocidade de sedimentação é diretamente proporcional ao quadrado do raio da partícula. Isto indica que pequenas variações no raio das partículas causam grandes variações na velocidade de sedimentação. A velocidade de sedimentação é inversamente proporcional à viscosidade do meio dispersante. Quanto mais viscosa a fase aquosa, mais lentamente as partículas sedimentarão (LIMA; LUZ, 2001).

Para um mesmo tamanho de partícula, a resistência ou a força contrária à força de deslocamento das partículas no meio é proporcional à sua viscosidade. Ao contrabalancear a força externa, a viscosidade age como força de sustentação das partículas no meio, evitando que estas possam se mover através do fluido (SOLER; SANTANA; DE MARTIN, 1986).

2.6.3 Homogeneização

O processo de homogeneização está sendo, desde algum tempo, utilizado na indústria dos sucos e néctares de frutas com a finalidade de melhorar a aparência, turbidez e textura do produto, além de evitar a sedimentação dos sólidos em suspensão. Trabalhos neste campo foram aplicados em sucos e néctares e tem mostrado que a viscosidade aparente aumenta e o tamanho da partícula diminui após a homogeneização (ASKAR; TREPTON, 1992).

As fibras exercem uma grande influência sobre o comportamento reológico do suco. Os principais componentes das fibras alimentares são as celuloses, β -glucana, pectina, hemicelulose, lignina, gomas e mucilagens (VIDAL, 1997). Uma grande redução no tamanho dessas fibras causadas por alguns equipamentos mecânicos de processamento, pode destruir a estrutura das fibras, reduzindo desta forma a viscosidade dos produtos e aumentando a separação do soro. As faixas de pressões utilizadas para o tratamento dos sucos com homogeneizadores a pressão de 2.500-3.000 psi, podendo chegar a 5.000 psi, se a fruta apresentar grande quantidade de fibra (BRADDOK; MARCY, 1985).

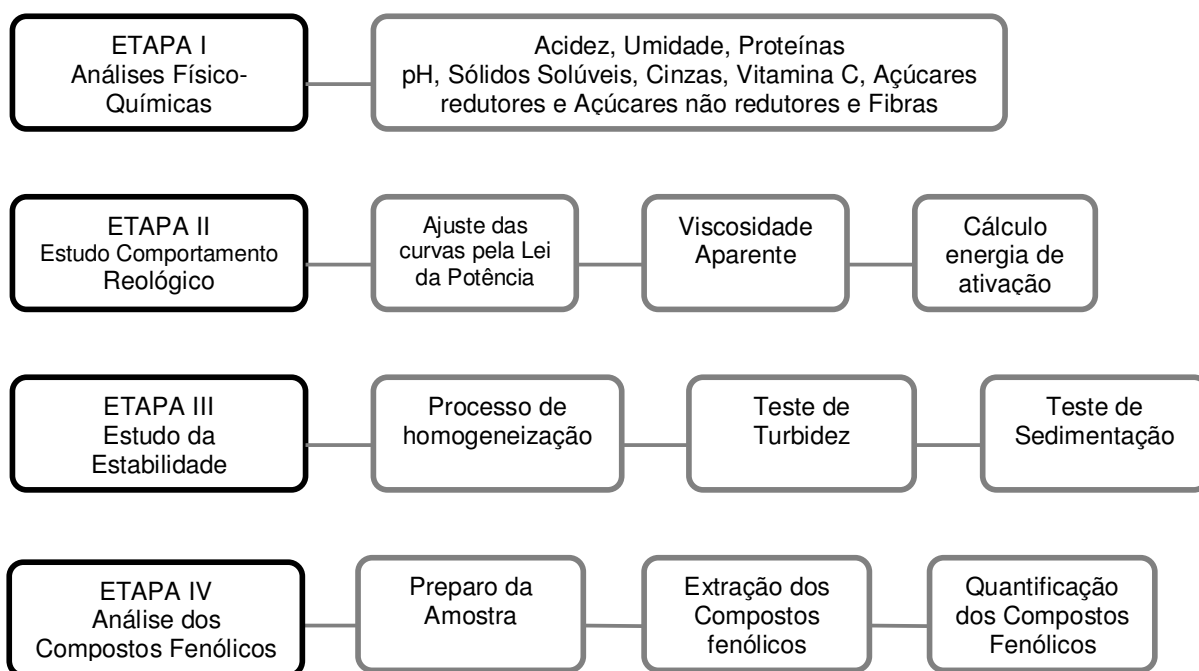
Os sucos de Uvaia e Pitanga ainda são pouco consumidos no Brasil, mesmo sendo as frutas nativas deste país. Na literatura existem poucas referências sobre os dados de composição físico-química, comportamento reológico, compostos fenólicos e estabilidade física do suco destas frutas, em especial a Uvaia.

Desta forma este estudo pretende reunir informações que ainda não foram pesquisadas para a polpa de Uvaia, sendo estes dados de grande importância para o desenvolvimento de processos, equipamentos e no controle de qualidade nas indústrias de alimentos. Além disto, aliado a estas tecnologias, existe um mercado de consumidores exigentes, preocupados com a saúde e com o meio ambiente e que, de certa forma, auxiliam no crescimento do agronegócio brasileiro e consequentemente destacando o Brasil dentro do cenário mundial em termos econômicos, tecnológicos e sustentáveis.

3 MATERIAS E MÉTODOS

Nesta secção são descritas as quatro etapas das metodologias utilizadas nos ensaios. A etapa I representa as análises físico-químicas com resultados de acidez, umidade, proteínas, pH, sólidos solúveis, cinzas, vitamina C, açúcares redutores e açúcares não redutores e fibras. A etapa II e III englobam o estudo do comportamento reológico das polpas e sua estabilidade, respectivamente. E por fim, na etapa IV realizou-se a extração e quantificação os compostos fenólicos presentes nas polpas integrais (FIGURA 16).

FIGURA 16 - FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DE ANÁLISE



3.1 MATERIA PRIMA

As polpas de Uvaia e Pitanga utilizadas neste trabalho são provenientes do sitio do Belo, propriedade situada no município de Paraibuna no estado de São Paulo. As amostras foram recebidas congeladas, em pacotes plásticos de polietileno de 100 g e armazenadas em freezer vertical a -18 °C. Para a realização das análises

as polpas foram descongeladas a temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$). O objetivo de se utilizar as polpas comerciais foi obter uma matéria-prima padronizada e diminuir possíveis interferentes relacionados ao tamanho das partículas das polpas produzidas em escala-piloto.

3.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS POLPAS

Nas polpas integrais de Uvaia e Pitanga foram determinados: a acidez, umidade e proteína de acordo com a metodologia da A.O.A.C (2005). As análises de o pH, teor de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$), cinza, vitamina C, açúcares redutores em glicose e não redutores em sacarose e fibras totais foram realizadas de acordo com metodologias do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2005). Os ensaios foram feitos em triplicata.

3.3 ESTUDO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO

Neste trabalho, foi estudado o comportamento reológico das polpas de Uvaia e Pitanga nas temperaturas de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ na sua forma integral e centrifugada (6000 rpm por 15 minutos).

As medidas reológicas foram realizadas em um reômetro Brookfield modelo DVIII ultra, utilizando rotor (spindle) SC4-34 para polpa integral e rotor SC4-18 para polpa centrifugada, ambos com adaptador para pequena quantidade de amostra (Brookfield Engineering Laboratories, Massachusetts, EUA).

Um banho termostático Tecnal Termoestatizado T-184 (Tecnal, Piracicaba, São Paulo, Brasil) foi utilizado para ajustar a temperatura das amostras da polpa de Uvaia e Pitanga na faixa de temperatura de 10 a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Os dados de viscosidade aparente (η_{ap}), tensão de cisalhamento (τ) e taxa de cisalhamento ($\dot{\gamma}$), foram obtidos utilizando o software Rheocalc (versão V3.1-1, Brookfield Engineering Laboratories, EUA).

Para a realização das análises reológicas, foi utilizado para cada medida 10 mL de amostra (de acordo com orientação do fabricante) sendo esta mantida por 15 minutos antes da análise para estabilização da temperatura. A amostra não foi reutilizada após o aquecimento, devido às mudanças nas propriedades reológicas

(CHAKRABANDHU; SINGH, 2005). Para cada corrida experimental a curva ascendente teve uma duração de 2 minutos com a taxa de cisalhamento variando de 0 a 85 s⁻¹ para polpa integral e 0 a 330 s⁻¹ para polpa centrifugada. Para ambas as curvas (ascendente e descendente), obtiveram-se 25 pontos de tensão de cisalhamento versus taxa de cisalhamento, resultando em 50 pontos, dos quais foi calculado o valor médio da tensão de cisalhamento para cada taxa de cisalhamento. Duas corridas experimentais foram feitas para cada tipo de polpa, e a tensão de cisalhamento resultante foi à média de dois valores experimentais.

3.3.1 Ajuste do modelo Lei da Potência

O modelo de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência) tem como parâmetros reológicos o índice de consistência, K , e o índice de comportamento, n . O índice de comportamento define o comportamento dos fluídos e o índice de consistência, K , indica o grau de resistência do fluido durante o escoamento (MACHADO, 2002). Esse modelo descreve bem o comportamento de fluidos pseudoplásticos, como é o caso das polpas de frutas analisadas neste trabalho. Os parâmetros estatísticos analisados foram: coeficiente de determinação (R^2), qui-quadrado (χ^2) e soma dos quadrados dos resíduos (SQR). O melhor ajuste é analisado com base nos parâmetros R^2 (mede a proporção da variação total da média explicada pela regressão), definido como razão entre a soma quadrática total e pelo qui-quadrado (χ^2) que expressa a diferença entre valores obtidos experimentalmente. Quanto maior for o valor de (χ^2) maior será a discrepância entre as frequências observadas e esperadas. Quanto menor o valor de (R^2) maior a distância dos pontos experimentais ao modelo ajustado. Portanto, o modelo que melhor se ajusta é aquele com altos valores de (R^2 máximo=1) e baixos valores de χ^2 (mínimo=0) (MONTGOMERY; RUNGER, 2003).

3.3.2 Efeito da temperatura

A equação de Arrhenius (Equação 4) envolve a temperatura absoluta (T), a constante universal dos gases (R), o fator pré-exponencial (η_0) e a energia de ativação para viscosidade (E_{at}), (STEFFE, 1996). Uma análise de regressão linear foi usada nesta equação, a fim de determinar os parâmetros da relação

(viscosidade/temperatura). Foram escolhidas as taxas de cisalhamento de 50 s^{-1} e 56 s^{-1} para fazer as correlações das polpas de Uvaia e Pitanga centrifugadas e integrais, respectivamente, considerando que estas são as velocidades usadas em bombeamento e processos de agitação, de acordo com BRANCO (1995).

Neste estudo os valores da η_{ap} foram utilizados para obter a o logaritmo neperiano da viscosidade aparente pelo o inverso da temperatura absoluta ($\ln \eta_{ap} \times 1/T$) para o cálculo da energia de ativação.

3.4 ESTUDO DA ESTABILIDADE DAS POLPAS DE FRUTAS

3.4.1 Processo de homogeneização

Este processo tem por finalidade reduzir e desintegrar as partículas, principalmente fibras, presentes na polpa para ser processada e obtida uma suspensão estável, evitando que partículas menores separem do restante dos componentes e subam para a superfície. As polpas de Uvaia e Pitanga foram homogeneizadas a 25°C em homogeneizador Ultra Turrtec TE-102 (Tecnal), usando rotações de 7.000, 12.000, 16.000 e 20.000 rpm durante 2 minutos. Após este processo realizaram-se os testes de sedimentação e o teste de turbidez, conforme descrição abaixo.

3.4.2 Teste de turbidez

As polpas de Uvaia e Pitanga foram homogeneizadas utilizando rotações que variaram de 7.000 a 20.000 rpm. Adicionou-se 25 mL de polpa em 75 mL de água, a mistura foi centrifugada a 320 g por 10 minutos (SILVA *et al.*, 2010). O sobrenadante foi coletado e diluído em água destilada na proporção 1:10. A densidade óptica (absorbância) do sobrenadante (fase soro) foi determinada à 660 nm utilizando-se um espectrofotômetro com água destilada como referência. A turbidez é determinada pela quantidade de luz absorvida pelas partículas suspensas, assim, maiores leituras de absorbância correspondem a uma maior turbidez (OKOTH; KAAHWA; IMUNGI, 2000).

3.4.3 Teste de sedimentação

As polpas de Uvaia e Pitanga foram diluídas em solução 0,1% de sorbato de potássio para evitar o crescimento de fungos (SILVA *et al.*, 2010) na proporção 2:1. Em seguida, as amostras foram homogeneizadas utilizando rotações que variaram de 7.000 a 20.000 rpm durante 2 minutos. Posteriormente, as polpas foram transferidas para uma proveta de 100 mL, armazenadas a 25°C e observadas por 10 dias. O volume do sedimento foi medido (volume total menos fase soro) e o índice de sedimentação foi calculado (Equação 5).

$$IS = \frac{V_{inf}}{V_{total}} \quad (5)$$

onde:

IS = Índice de sedimentação (%)

V_{inf} = Volume do sedimento (mL)

V_{total} = Volume total (mL)

3.5 ANÁLISE CROMATOGRÁFICA

3.5.1 Preparo da amostra

Aproximadamente 5,0 g de polpa de Uvaia e Pitanga foram colocadas em agitação com 20 mL de etanol 40% por aproximadamente 1 hora (HAMINIUK *et. al.*, 2011). Após a extração, as amostras foram centrifugada a 6.000 rpm por 10 minutos e o sobrenadante filtrado em membrana Millipore 0,25 µm (Millipore, Bedford, MA).

3.5.2 Quantificação dos compostos fenólicos por CLAE com arranjo de diodo

A análise de cromatografia líquida de alta eficiência foi utilizada para quantificar a presença de compostos fenólicos individuais. Foi utilizado um sistema Dionex Ultimate 3000 HPLC (Dionex, Idstein, Alemanha) equipado com uma bomba Ultimate 3000, coluna do compartimento de amostra Ultimate 3000, detector de fotodiodo Ultimate 3000 e software Chromeleon para qualificação e quantificação dos compostos fenólicos. Utilizou-se uma coluna de fase reversa Acclaim ® 120,

C18 5 μm 120 A (4,6 mm x 250 mm) para a separação dos compostos fenólicos. A coluna foi mantida a 40°C durante toda a análise e a detecção foi realizada em três comprimentos de onda (280, 300 e 320 nm). O volume de injeção das amostras foi de 10 μL . A fase móvel (A) foi composta de água acidificada com ácido fosfórico 1% e metanol fase (B). A eluição dos compostos fenólicos foi realizada através de gradiente entre as duas fases móveis, onde no tempo de 45 minutos a coluna foi mantida com 100% de fase móvel B por 5 minutos. Após este período, a fase (B) reduziu-se gradualmente até as condições iniciais de injeção para o condicionamento da coluna (95% A e 5% B). Utilizou-se uma vazão de 1,0 mL/min. Os padrões HPLC são Sigma, foram solubilizados em solução etanólica e incluem o ácido gálico, ácido clorogênico, ácido cafêico, ácido p-cumárico, ácido ferrúlico, rutina, miricetina, quercetina, caempferol foram utilizados para a obtenção da curva padrão de compostos fenólicos.

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos nas curvas de fluxo foram ajustados ao modelo reológico Ostwald-De-Waele (Lei da Potência) para a polpa integral e ao modelo de Newton para a polpa centrifugada. Utilizou-se o software ORIGIN 7.0 (OriginLab Corporation, Massachussets, USA) com a finalidade de obter-se os parâmetros reológicos (n , k , e η_{ap}) e os parâmetros estatísticos R^2 e χ^2 . Os valores de R^2 e χ^2 foram utilizados para avaliar a qualidade do ajuste dos dados experimentais obtidos através do modelo reológico Ostwald-De-Waele (Lei da Potência). Para o modelo de Newton, utilizou-se o programa STATISTICA 10 para obtenção do parâmetro reológico k e dos parâmetros estatísticos R^2 e χ^2 .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS POLPAS

Os resultados de umidade, resíduo mineral fixo, proteínas, fibras alimentares, sólidos solúveis (°B), pH, ácido ascórbico, acidez titulável, açúcares redutores em glicose e açúcares não redutores em sacarose determinados para a polpa de Uvaia e Pitanga integral estão apresentados na TABELA 5.

TABELA 5- COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA DE UVAIA E PITANGA.

Parâmetros	Uvaia	Pitanga
Umidade (g /100g)	94,42±0,26	90,31±0,19
Resíduo mineral fixo (g/100g)	0,19±0,01	0,43±0,01
Proteínas (N x 6,25)	1,01±0,03	0,80±0,04
Fibras alimentares (g/100g)	0,98±0,02	2,20±0,02
Sólidos solúveis (°Brix a 20°C)	4,00±0,0	8,00±0,01
pH (25 °C)	2,95±0,0	3,45±0,0
Ácido ascórbico (mg/100)	8,45±0,0	4,93±0,0
Acidez titulável (mL/100g*)	1,37±0,05	0,99±0,06
Açúcares redutores em glicose (g/100g)	1,88±0,01	5,47±0,07
Açúcares não redutores em sacarose (g/100g)	1,71±0,0	5,05±0,0

* expressa em ácido cítrico

Para a polpa de Uvaia, o teor de sólidos solúveis (°Brix), pH, acidez titulável e açúcares redutores em glicose estão na faixa de valores encontrados por MIYAZAWA (2009), entretanto o valor de ácido ascórbico está abaixo daquele encontrado pelo mesmo autor.

Para a polpa de Pitanga, o teor de umidade está próximo ao encontrado por OLIVEIRA *et al.* (2006). O resíduo mineral fixo, proteínas, pH estão na mesma faixa de valores encontrados por LOPES (2005) e OLIVEIRA *et al.* (2006), entretanto a acidez titulável e os açúcares redutores em glicose estão próximos aos encontrados somente por LOPES (2005). O teor de sólidos solúveis e o ácido ascórbico estão abaixo daqueles valores encontrados por OLIVEIRA *et al.* (2006).

4.2 COMPORTAMENTO REOLÓGICO

Com os dados experimentais de tensão de cisalhamento e taxa de cisalhamento obtidos no reômetro, foram ajustados ao modelo reológico da Lei da Potência para a obtenção dos parâmetros com a finalidade de descrever o comportamento reológico das polpas de Uvaia e Pitanga integral e centrifugada.

4.2.1 Polpa de Uvaia e Pitanga integral

O modelo da Lei da Potência ajustou apropriadamente o reograma da polpa de Uvaia com alto coeficiente de determinação (R^2). De acordo com a TABELA 6 (a), na maioria das temperaturas estudadas, os valores de R^2 foram maiores que 0,90 e os valores do qui-quadrado (χ^2) foram menores que 1,25, com exceção da temperatura de 60 °C, onde o valor de R^2 foi de 0,808 e o do χ^2 foi de 1,47.

Ainda de acordo com a TABELA 6 (b), a polpa de Pitanga integral também exibiu um comportamento pseudoplástico para todas as temperaturas. Em boa parte das temperaturas estudadas, os valores de R^2 foram maiores que 0,95 e os valores do qui-quadrado (χ^2) foram menores que 3,46, com exceção da temperatura de 50 °C onde o valor do χ^2 foi de 5,54 e na temperatura de 60 °C, onde o valor de R^2 foi de 0,891. Ambas as polpas integrais exibiram um comportamento pseudoplástico, devido os valores do índice de comportamento do fluido (n) serem menores que 1 ($n < 1$) para todas as temperaturas.

TABELA 6 - PARÂMETROS REOLÓGICOS* DO MODELO DA LEI DA POTÊNCIA PARA A POLPA DE UVAIA E PITANGA INTEGRAL.

T	Polpa de Uvaia integral (a)					Polpa de Pitanga integral (b)				
	K	n	χ^2	SSR	R^2	K	n	χ^2	SSR	R^2
10	15,17±0,45	0,30±0,01	1,25	28,86	0,99	31,95±0,41	0,27±0,02	0,92	21,20	0,99
20	15,96±0,31	0,26±0,02	0,50	11,60	0,99	28,69±0,44	0,26±0,01	1,06	24,41	0,99
30	13,42±0,15	0,224±0,01	0,10	2,45	0,99	26,27±0,44	0,24±0,02	0,95	22,01	0,99
40	13,89±0,31	0,195±0,01	0,39	8,99	0,98	27,56±0,90	0,19±0,01	3,06	70,53	0,98
50	13,18±0,48	0,121±0,03	0,62	14,30	0,90	20,27±1,16	0,21±0,01	5,54	127,4	0,96
60	9,43±0,66	0,156±0,01	1,47	33,96	0,80	19,86±1,01	0,16±0,01	3,46	79,78	0,89

T – Temperatura em graus Celsius

K - Índice de Consistência (Pa.sⁿ)

n - Índice de comportamento do fluido (adimensional)

SSR – Soma dos quadrados dos resíduos.

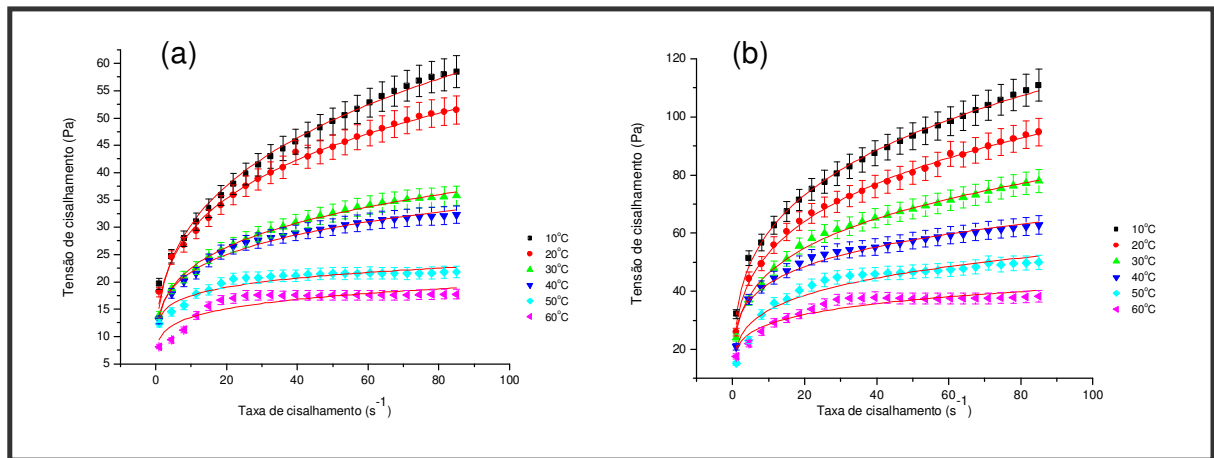
O mesmo comportamento (pseudoplasticidade de polpa de frutas) foi encontrado em estudos anteriores realizados com a polpa de cenoura pasteurizada (VANDRESEN *et al.*, 2009), polpa de pêssego (COSTA, 2007; TORRALES *et al.*, 2006), polpa de pitanga (LOPES, 2005), polpa de jabuticaba (SATO, 2005), polpa de acerola (SILVA; GUIMARÃES; GASPARETO, 2005; GOMES *et al.*, 2001), polpa de graviola e maracujá (GRATÃO; BERTO; SILVEIRA JÚNIOR, 2004), polpa integral de manga (VIDAL; GASPARETTO; GRANDINI, 2000; SUGAI, 2002; MANISH DAK; VERMA; SHARMA, 2005), polpa de goiaba (FERREIRA; QUEIROZ; CONCEIÇÃO, 2002; VASQUES, 2003; CLARETO, 2007) e polpa de abacaxi (PELEGRINE; VIDAL; GASPARETTO, 2000).

Em outro levantamento com purês de frutas também observou-se este tipo de comportamento de acordo com os estudos realizados por DUTTA *et al.* (2005) em purê de abóbora e MACIEIRAS; ÁLVAREZ; CANCELA (2007) em purês de framboesa, morango, ameixa e pêssego.

Neste estudo, foi encontrada uma tendência de diminuição dos parâmetros reológicos índice de consistência (K) e índice de comportamento do fluido (n) com o aumento da temperatura, isto é existe, uma sensibilidade definida destes parâmetros com a variação da temperatura.

Na FIGURA 17 (a e b) é mostrado o comportamento reológico (curvas de fluxo) da polpa de Uvaia e Pitanga integral. Os pontos marcados representam o valor médio dos dados experimentais dos reogramas, enquanto as linhas contínuas são os resultados dos ajustes ao modelo da Lei da Potência. Para a polpa de Uvaia (FIGURA 17 a), três grupos de curvas podem ser observados, sendo que o primeiro grupo está situado entre as temperaturas de 10 °C à 20 °C e o segundo grupo está situado entre as temperaturas de 30 °C e 40 °C, e o terceiro grupo está situado entre as temperaturas de 50 e 60 °C.

FIGURA 17 - MODELO DA LEI DA POTÊNCIA AJUSTADO AO REOGRAMA OBTIDO NO REÔMETRO DV-III ULTRA E ROTOR SC4-34. UVAIA (a) e PITANGA (b) NA FORMA INTEGRAL



Para uma determinada taxa de cisalhamento são obtidos diferentes valores de tensão de cisalhamento, esta não proporcionalidade entre dados é típica de um comportamento não newtoniano (IBARZ; BARBOSA; CÁNOVAS, 1996), conforme pode ser observado através das curvas de fluxo (FIGURA 20 a e b). Ainda podemos afirmar que a tensão de cisalhamento diminui com o aumento da taxa de cisalhamento e da temperatura para ambas as polpas. Este fenômeno pode ser explicado pelo colapso da polpa devido a forças hidrodinâmicas gerada e o aumento do alinhamento das moléculas constituintes (ALPARSLAN; HAYATA, 2002).

Além disso, verifica-se para ambas as polpas, que as inclinações das curvas de escoamento diminuem com o aumento da taxa de deformação, evidenciando o decréscimo da viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação, confirmando o comportamento pseudoplástico. Esse comportamento é comum para polpas e sucos de frutas, uma vez que a maioria destes produtos apresentam-se na forma de sólidos dispersos em meio líquido e um aumento da temperatura causa uma diminuição da viscosidade da fase fluida, aumentando a mobilidade das partículas em suspensão, diminuindo a viscosidade destes produtos (PELEGRINE, 1999).

O comportamento reológico de alimentos vem sendo estudado por MAGERRAMOV *et al.*, (2007) que avaliaram o efeito da temperatura na viscosidade de suco de tangerina e limão e verificaram um decréscimo da tensão de cisalhamento e viscosidade com o aumento da temperatura. O mesmo resultado foi

obtido por HAMINIUK *et al.* (2006) com polpa de araçá integral na faixa de temperatura entre 10 e 60 °C, por SILVA; GUIMARÃES, GASPARETTO (2005) no estudo com suco industrializado de acerola no intervalo de temperatura de 5 °C a 85 °C e por HAMINIUK *et al* (2005), em polpa amora-preta na faixa de 10 °C a 60 °C.

Como podemos observar, os fluidos com caráter pseudoplástico, apresentam uma diminuição da tensão de cisalhamento com o aumento da taxa de cisalhamento, que depende principalmente da orientação/alinhamento das moléculas ou partículas na direção do fluxo (VRIESMANN, 2008).

4.2.2 Polpa de Uvaia e Pitanga centrifugada

O modelo da Lei da Potência ajustou apropriadamente o reograma da polpa de Uvaia com alto coeficiente de determinação (R^2), entretanto com valores do qui-quadrado (χ^2) estão baixos.

De acordo com a TABELA 7 (a), em todas as temperaturas estudadas, os valores de R^2 foram maiores que 0,98 e os valores do qui-quadrado (χ^2) foram menores que 0,018. Ainda de acordo com a TABELA 7 (b), a polpa de Uvaia centrifugada também apresentou um comportamento similar ao da polpa de Pitanga para as temperaturas estudadas. Os valores de R^2 foram maiores que 0,98 e os valores do qui-quadrado (χ^2) foram menores que 0,017. Desta forma, as polpas de Uvaia e Pitanga centrifugadas exibiram um comportamento muito próximo a de um fluido newtoniano para todas as temperaturas, devido os valores do índice de comportamento do fluido (n) serem próximos a um (1) para todas as temperaturas.

TABELA 7 - PARÂMETROS REOLÓGICOS* DO MODELO DA LEI DA POTÊNCIA PARA A POLPA DE UVAIA E PITANGA CENTRIFUGADA

Polpa de Uvaia centrifugada (a)						Polpa de Pitanga centrifugada (b)				
T	K	n	χ^2	SSR	R^2	K	n	χ^2	SSR	R^2
10	0,023±0,01	0,95±0,01	0,009	0,22	0,99	0,036±0,01	0,97±0,01	0,012	0,29	0,99
20	0,024±0,01	0,90±0,01	0,001	0,02	0,99	0,029±0,01	0,94±0,01	0,010	0,24	0,99
30	0,010±0,01	1,01±0,03	0,016	0,37	0,98	0,024±0,01	0,93±0,01	0,003	0,00	0,99
40	0,006±0,01	1,02±0,03	0,013	0,01	0,98	0,022±0,01	0,91±0,01	0,008	0,20	0,99
50	0,006±0,01	0,99±0,04	0,018	0,42	0,98	0,017±0,01	0,94±0,02	0,016	0,37	0,98
60	0,003±0,01	1,01±0,04	0,011	0,27	0,98	0,005±0,01	1,01±0,03	0,017	0,39	0,98

T – Temperatura em graus Celsius

K - Índice de Consistência (Pa.sⁿ)

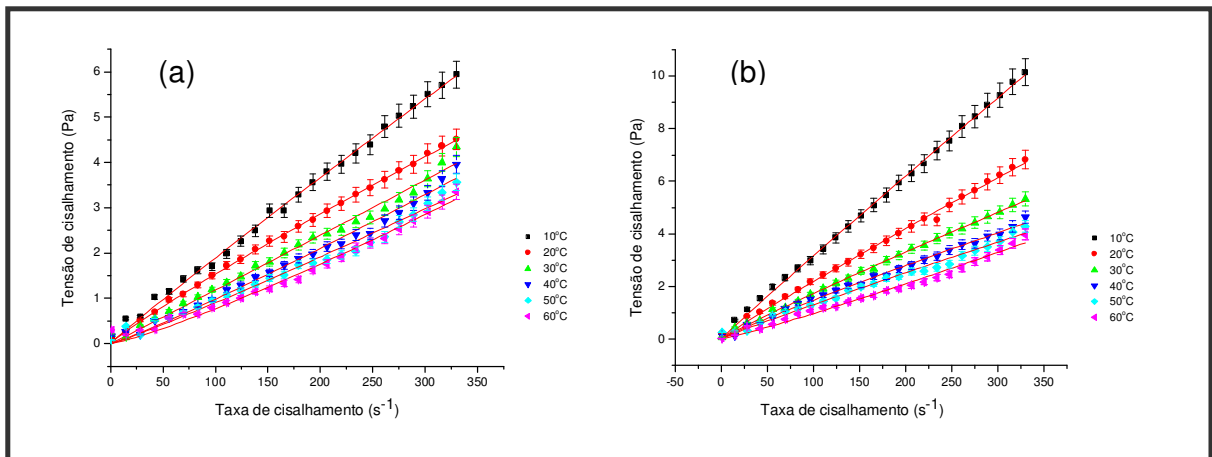
n - Índice de comportamento do fluido (adimensional)

SSR – Soma dos quadrados dos resíduos.

Para ambas as polpas, foi encontrada uma tendência de diminuição do parâmetro reológico índice de consistência (K), entretanto não observou-se a mesma tendência para o índice de comportamento do fluido (n) com o aumento da temperatura, neste caso não existe uma sensibilidade definida este parâmetro com a variação da temperatura, ao contrário do índice de consistência (K).

Na FIGURA 18 é mostrado o comportamento reológico (curvas de fluxo) da polpa de Uvaia e Pitanga centrifugada pelo modelo Lei da Potência, observa-se que para ambas as polpas que a tensão de cisalhamento aumenta linearmente com a taxa de deformação em todas as temperaturas estudadas. Desta forma pode-se afirmar que a viscosidade é independente da taxa de cisalhamento.

FIGURA 18 - MODELO DA LEI DA POTÊNCIA AJUSTADO AO REOGRAMA OBTIDO NO REÔMETRO DV-III ULTRA E ROTOR SC4-18. UVAIA (a) e PITANGA (b) NA FORMA CENTRIFUGADA



Como no ajuste pela Lei da Potência ambas as polpas apresentaram comportamento próximo ao Newtoniano, ajustou-se os dados experimentais ao modelo de Newton, pois graficamente percebe-se a linearidade dos valores de taxa e tensão de cisalhamento. Além disso, observa-se que para temperaturas acima de 30 °C, o intervalo de confiança do parâmetro n fica entre 0,95 e 1,02, podendo ser igual a 1, assim sendo, o modelo Newtoniano pode ser também utilizado. Desta maneira, a TABELA 8 apresenta os valores de K , χ^2 , SSR e R^2 obtidos para este ajuste. Este modelo também apresenta bom ajuste para a polpa de Uvaia e Pitanga com altos valores de R^2 e com discreto aumento dos valores de χ^2 .

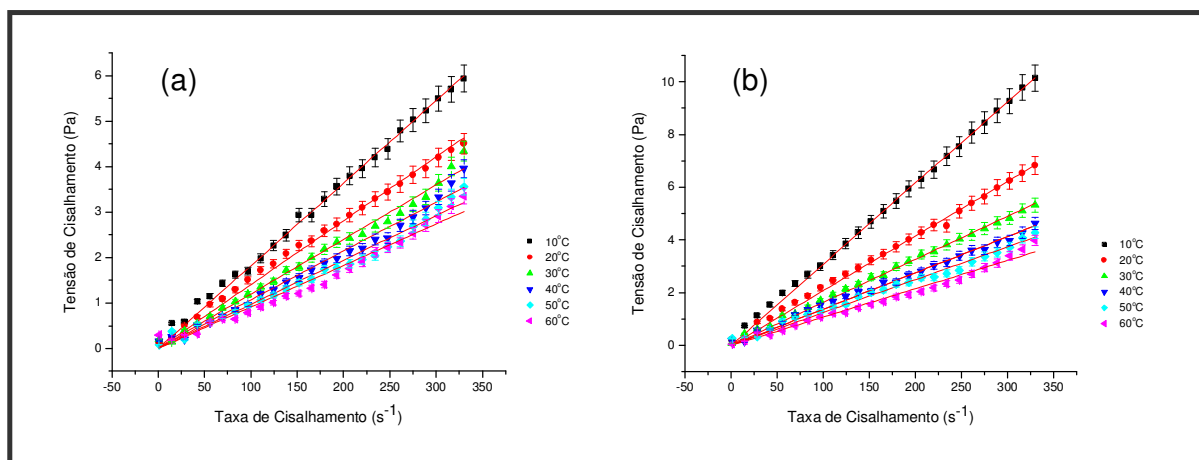
TABELA 8 - PARÂMETROS REOLÓGICOS* DO MODELO DE NEWTON PARA A POLPA DE UVAIA E PITANGA CENTRIFUGADA

Polpa de Uvaia centrifugada (a)					Polpa de Pitanga centrifugada (b)			
T	K	χ^2	SSR	R ²	K	χ^2	SSR	R ²
10	0,018±0,01	0,016	0,295	0,99	0,031±0,01	0,016	0,381	0,99
20	0,014±0,01	0,010	0,240	0,99	0,020±0,01	0,017	0,427	0,99
30	0,012±0,01	0,015	0,374	0,98	0,016±0,01	0,009	0,223	0,99
40	0,010±0,01	0,017	0,429	0,98	0,013±0,01	0,014	0,357	0,99
50	0,009±0,01	0,020	0,487	0,97	0,012±0,01	0,018	0,428	0,98
60	0,009±0,01	0,021	0,527	0,97	0,010±0,01	0,021	0,514	0,98

T – Temperatura em graus Celsius
 K - Índice de Consistência (Pa.sⁿ)
 SSR – Soma dos quadrados dos resíduos.

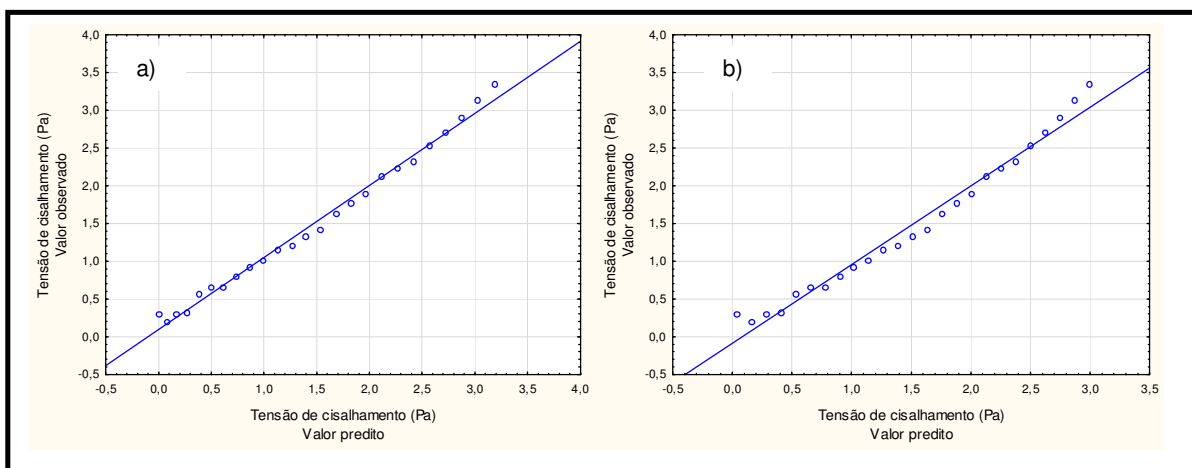
Na FIGURA 19 são apresentadas as curvas de fluxo da polpa de Uvaia e Pitanga centrifugada pelo ajuste de Newton, observa-se que para ambas as polpas que existe uma relação linear entre a taxa e a tensão de cisalhamento, isto indica que a viscosidade é constante.

FIGURA 19 - MODELO DE NEWTON AJUSTADO AO REOGRAMA OBTIDO NO REÔMETRO DV-III ULTRA E ROTOR SC4-18. UVAIA (a) e PITANGA (b) NA FORMA CENTRIFUGADA



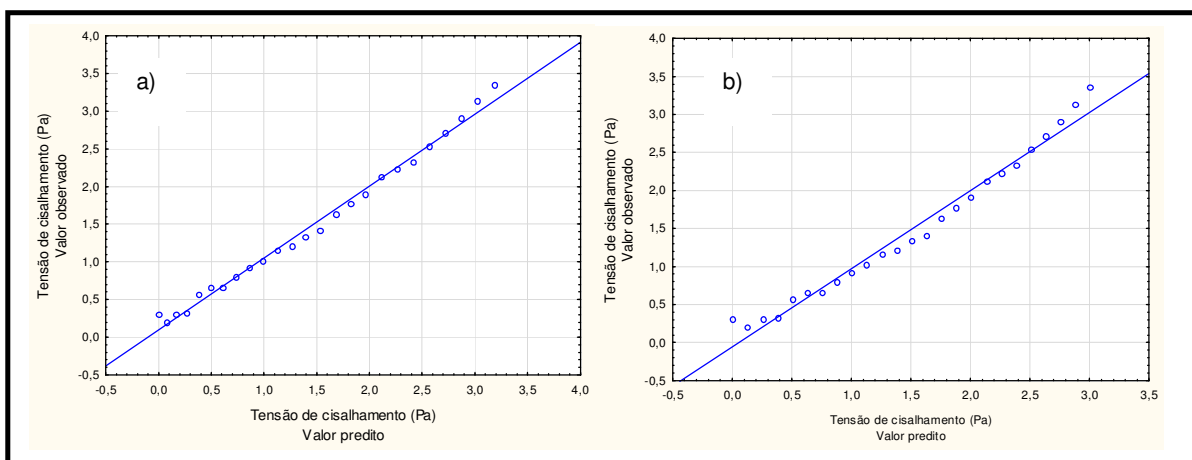
Para comparação dos dois modelos, são apresentados gráficos do valor predito versus o valor observado da tensão de cisalhamento das polpas de Uvaia centrifugadas para o modelo Lei da Potência (FIGURA 20a) e para o modelo de Newton (FIGURA 20b).

FIGURA 20 - COMPARAÇÃO DOS AJUSTES DA POLPA DE UVAIA CENTRIFUGADA A 60 °C PELO MODELO LEI DA POTÊNCIA (a) e NEWTON (b)



Posteriormente, analisam-se os gráficos do valor predito versus o valor observado da tensão de cisalhamento das polpas de Pitanga centrifugadas para o modelo Lei da Potência (FIGURA 21a) e para o modelo de Newton (FIGURA 21b).

FIGURA 21 - COMPARAÇÃO DOS AJUSTES DA POLPA DE PITANGA CENTRIFUGADA A 60 °C PELO MODELO LEI DA POTÊNCIA (a) e NEWTON (b)



Comparando-se o modelo Lei da Potência e o modelo de Newton para a polpa de Uvaia e Pitanga centrifugada a 60 °C através do gráfico da tensão de cisalhamento do valor observado versus o valor predito, observa-se que a predição de ambos os modelos é similar.

Este comportamento newtoniano foi observado em estudos com suco de pêsego (IBARZ *et al.*, 1992), em trabalhos com polpas de laranja clarificadas e despectinizadas (IBARZ, 1994), em polpa clarificada de cereja (GINER *et al.*, 1996), polpa de yacon (LAGO *et al.*, 2011), polpa de caju clarificada (CIANCI *et al.*, 2005), mel (COSTA, 2007), polpa de cenoura integral (VANDRESSEN *et al.*, 2009), misturas ternárias de morango, amora-preta e framboesa centrifugadas (HAMINIUK, 2007) e polpa de pitanga clarificada (ONGARATTO; VIOTTO, 2009).

Quando se compara o comportamento das polpas integrais com as centrifugadas, percebe-se uma mudança de comportamento de pseudoplástico para Newtoniano, respectivamente. Esta alteração ocorre em virtude das polpas centrifugadas não conterem sólidos em suspensão, pois de acordo com TANGLERTPAIBUL; RAO (1987) o comportamento reológico de sucos e polpas de frutas está relacionado aos teores de sólidos solúveis em suspensão em função da forma, tamanho, concentrações das partículas suspensas e da estrutura do sistema.

Segundo SCHARAMM (2000) as propriedades reológicas de fluidos newtonianos são independentes da taxa de cisalhamento e do histórico anterior do cisalhamento e dependente somente da composição e da temperatura. A independência dos valores de tensão de cisalhamento (τ) em relação à taxa de cisalhamento (γ) demonstra a característica newtoniana da polpa centrifugada.

Resultado similar foi observado por PELEGRINE; VIDAL; GASPARETTO (2000) que estudaram a viscosidade de polpas de abacaxi (variedade Pérola) e de manga, integrais e centrifugadas, concluindo que àquelas integrais possuíam comportamento pseudoplástico, porém nas centrifugadas a pseudoplasticidade era mais reduzida, tendendo a Newtoniano.

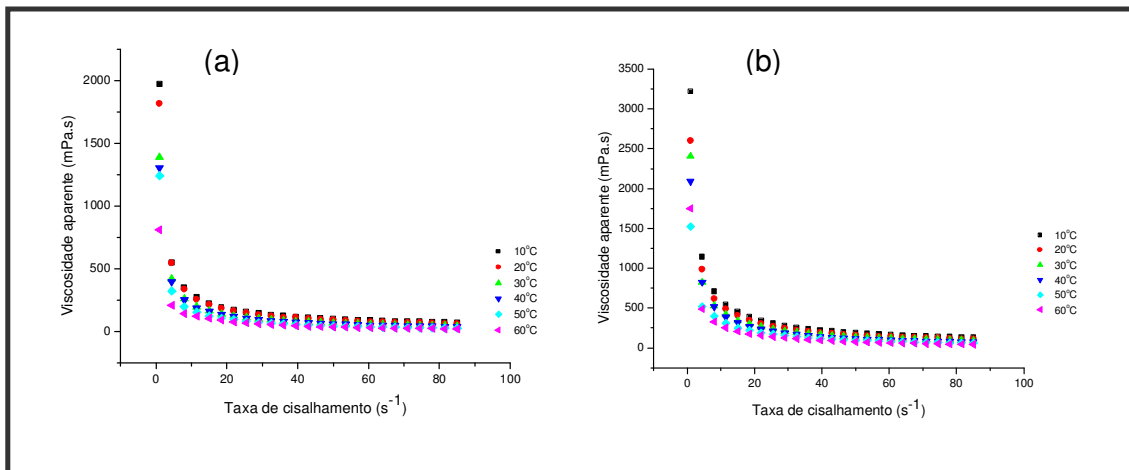
Este mesmo comportamento pode ser observado para polpa de frutas despectinizadas de acordo com IBARZ *et al.* (1992) que trabalharam com suco de pêsego despectinizado e clarificado nas concentrações de (40 a 69) °Brix e temperaturas de (5 a 45) °C e 60 °C, nas quais observaram comportamento Newtoniano das amostras em todos os casos devido, no seu entender, a ausência de pectinas e polpa suspensa.

4.2.3 Viscosidade aparente

4.2.3.1 Polpa de Uvaia e Pitanga integral

A FIGURA 22(a) e (b) representa o gráfico da viscosidade aparente das polpas de Uvaia e Pitanga integral.

FIGURA 22 - CURVAS DA VISCOSIDADE APARENTE DA POLPA DE UVAIA (a) E PITANGA (b) NA FORMA INTEGRAL



Conforme pode ser observado na FIGURA 22 (a) e (b) a viscosidade aparente (η_{ap}) e a taxa de cisalhamento (γ) estão em tendências opostas, ou seja, a viscosidade aparente diminui com o aumento da taxa de cisalhamento, bem como com o aumento da temperatura. Este decréscimo na viscosidade aparente significa que a resistência das amostras ao escoamento e a energia requerida para mantê-los a uma alta taxa de deformação é reduzida.

Reduções de viscosidade com o aquecimento também são reportadas em VIDAL *et al.*, (2000) em trabalhos com polpa de manga e por FERREIRA; QUEIROZ; CONCEIÇÃO (2002) em estudo reológico de polpas de caju e goiaba.

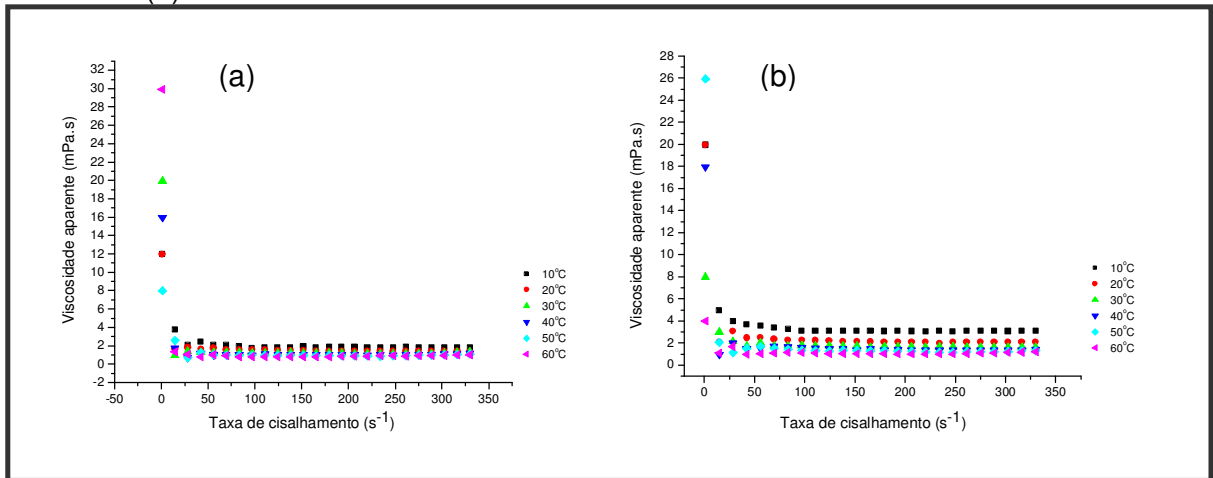
Estes mesmos resultados também foram obtidos por TORRES; QUEIROZ; FIGUEIRÊDO (2004) que observaram redução da viscosidade com o aumento da temperatura ao estudarem a viscosidade aparente de polpas de umbu-cajá (*Spondias spp.*), nas temperaturas de 10 a 60 °C. BRANCO; GASPARETTO (2005) também estudaram as misturas ternárias de manga, laranja e cenoura, verificaram que na taxa de deformação de 50 s⁻¹, entre as temperaturas de 10 e 60 °C ocorreu

diferença de 32,43% na viscosidade aparente, quantificando neste patamar a influência da temperatura sobre a viscosidade. E ASSIS; TADINI; LANNES, (2005) estudaram amostras de suco de cajá nas temperaturas de 0 a 60 °C e concentrações de 7,8 a 30 °Brix, e também verificaram as reduções na viscosidade aparente com o aumento da concentração e com o aumento da taxa de cisalhamento. Pode-se observa ainda que a viscosidade aparente a partir da taxa de cisalhamento de 20 s⁻¹ tende a ficar constante para as temperaturas de 10 a 60 °C.

4.2.3.2 Polpa de Uvaia e Pitanga centrifugada

A FIGURA 23 (a) e (b) representam os gráficos da viscosidade aparente das polpas de Uvaia e Pitanga centrifugadas.

FIGURA 23 - CURVAS DA VISCOSIDADE APARENTE DA POLPA DE UVAIA (a) E PITANGA (b) NA FORMA CENTRIFUGADA



Pela análise da FIGURA 23 (a) e (b) percebe-se que um aumento na temperatura faz com que a viscosidade na fase líquida diminua, este fenômeno influencia a mobilidade das partículas em suspensão, e conseqüentemente diminui a viscosidade da polpa. Com a centrifugação, ocorre uma redução acentuada da viscosidade aparente, quando comparada com as mesmas polpas na sua forma integral. A diminuição da viscosidade facilita o escoamento do suco e a troca de calor em operação de processamento. Também sabe-se que quanto menor a viscosidade do fluido, menor é a perda de carga durante o escoamento, diminuindo

os custos de potência com bombeamento e conseqüentemente os custos energéticos (HAMINIUK *et al.*, 2006). Ainda pela análise da FIGURA 18 pode-se observar que a viscosidade aparente a partir da taxa de cisalhamento de 25 s^{-1} tende a ficar constante para as temperaturas de 10 a 60 °C.

Alguns autores obtiveram os mesmos resultados deste estudo como TORRALES *et al.*, 2006 observaram que reduções de 35% na viscosidade aparente do purê de pêssego homogeneizado e de 16,9% no centrifugado indicam que a operação de centrifugação seguida de homogeneização foi eficaz para diminuir a viscosidade aparente. CRANDALL *et al.* (1988) reduziu em 13% a viscosidade pela homogeneização durante a concentração, utilizando como testemunha um suco de laranja concentrado a 65°Brix obtido de suco centrifugado com 12% de polpa.

HERNANDEZ *et al.* (1995) ao estudaram as mudanças na viscosidade aparente de suco de laranja ultra-filtrado e evaporado em altas concentrações, em uma taxa de deformação de 100 s^{-1} , constataram diminuição da viscosidade aparente com a diminuição da concentração e o aumento da temperatura, porém, para as menores concentrações a influência da temperatura foi pouco ou nada significativa.

De maneira geral, a viscosidade aparente de polpas de frutas integrais diminuem moderadamente com o aumento da temperatura, enquanto que a de sucos centrifugados apresenta um declínio mais intenso. Esta diferença é atribuída no fato das polpas integrais terem mais solutos dissolvidos na solução, e a viscosidade aumenta devido ao aumento da ligação do hidrogênio com grupos hidroxilas e a distorção no perfil de velocidade do líquido pelas moléculas hidratadas do soluto e ainda pelo aumento das distâncias intermoleculares, que ocorrem devido à expansão térmica pelo aumento da temperatura (CONSTENLA; LOZANO; CAPRISTE, 1989).

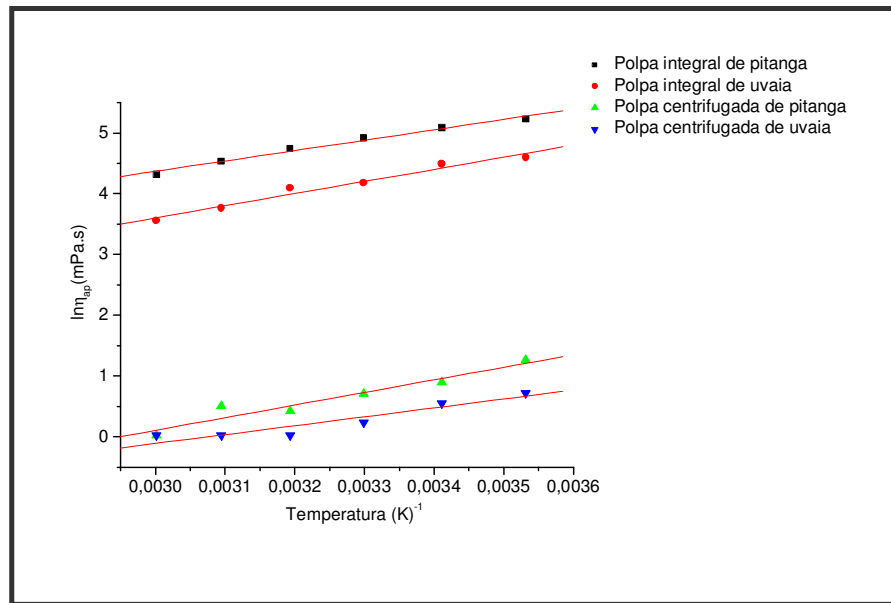
4.2.4 Efeito da temperatura no comportamento reológico

Durante o processamento, os alimentos são submetidos a diversas temperaturas nos diversos equipamentos usados para obtenção de sucos e purês. Com a concentração dos sucos e purês, ocorre o aumento dos sólidos solúveis e totais variando a composição dos mesmos em cada etapa do processamento.

Evidentemente as propriedades reológicas são afetadas por mudanças tanto na temperatura como na composição e têm sido objeto de estudo por vários pesquisadores (VANDRESTEN *et al.*, 2009; OSÓRIO *et al.*, 2008; VRIESMANN, 2008; GRANGEIRO *et al.*, 2007; HAMINIUK *et al.*, 2006; SILVA; GUIMARÃES; GASPARETTO, 2005; LOPES, 2005; ASSIS; TADINI; LANNES, 2005; BRANCO; GASPARETTO, 2003; FERREIRA; QUEIROZ; CONCEIÇÃO, 2002).

A equação de Arrhenius apresentou um bom ajuste do efeito da temperatura na viscosidade aparente das polpas a uma taxa de cisalhamento constante de 50 s^{-1} para a polpa Uvaia e Pitanga integral e 56 s^{-1} para polpa de Uvaia e Pitanga centrifugada, como pode ser visto na FIGURA 24.

FIGURA 24 - EFEITO DA TEMPERATURA SOBRE A VISCOSIDADE APARENTE DAS POLPAS (CENTRIFUGADA E INTEGRAL) AJUSTADO PELA EQUAÇÃO DE ARRHENIUS



O valor da energia de ativação (E_{at}) calculado para a polpa de Uvaia e Pitanga integral foi de $16,59$ e $14,22 \text{ kJmol}^{-1}$, respectivamente e com coeficiente de determinação (R^2) de $0,984$ para polpa de Uvaia integral e $0,992$ para polpa de Pitanga integral. O valor da E_{at} calculado para a polpa de Uvaia e Pitanga centrifugada foi de $20,05$ e $17,23 \text{ kJmol}^{-1}$, respectivamente e com coeficiente de determinação (R^2) de $0,941$ para polpa de Uvaia centrifugada e $0,963$ para polpa de Pitanga centrifugada (TABELA 9). Desta forma, podemos afirmar que as polpas

integrais com alto teor de sólidos em suspensão possuem valores de energia de ativação inferiores a polpas centrifugadas ou com menor quantidade de sólidos de maior tamanho.

TABELA 9 - ENERGIA DE ATIVAÇÃO DAS POLPAS (CENTRIFUGADA E INTEGRAL) AJUSTADO PELA EQUAÇÃO DE ARRHENIUS

Polpas	Energia de ativação (KJ.mol ⁻¹)	R ²
Polpa de Pitanga integral (PWP)	14,22±0,04	0,992
Polpa de Uvaia integral (UWP)	16,59±0,07	0,984
Polpa de Pitanga centrifugada (PCP)	17,23±0,128	0,963
Polpa de Uvaia centrifugada (UCP)	20,05±0,116	0,941

R² - Coeficiente de determinação

O valor de energia de ativação é consistente com os valores disponíveis na literatura para fluidos alimentícios (VITALI; RAO, 1982; AHMED, 2004; RHAMAKRISHNA *et al.*, 2004; TORALLES *et al.*, 2006). De acordo com STEFFE (1996), em um sistema, altos valores de E_{at} indicam uma mudança mais rápida na viscosidade com a temperatura. A energia de ativação é necessária para movimentar as moléculas, como uma função do aumento da temperatura o fluido escoava mais facilmente devido à alta energia de ativação em altas temperaturas (GURSES; BAYRAKÇEKEN, 1996).

Em outros trabalhos os valores da E_{at} foram menores dos encontrados neste estudo, como por exemplo, ALEXANDRE (2002), ao analisar o comportamento reológico da polpa de açaí integral, encontrou o valor igual a 6,28 kJmol⁻¹, FERREIRA *et al.* (2002), que estudou o comportamento reológico da polpa de goiaba integral (E_{at} =6,11 kJmol⁻¹), PEREIRA *et al.* (2008) que analisou a polpa de umbu (E_{at} =6,15 kJmol⁻¹) e por GUERRERO; ALZAMORA (1997) (E_{at} =7,99 kJmol⁻¹), ao estudar o comportamento do purê de banana. Estas faixas de valores para energia de ativação é característica dos sistemas com altos teores de sólidos em suspensão.

GUEDES; RAMOS; DINIZ (2010) pesquisaram a polpa de melancia em concentrações de 8, 17, 26 e 35 °B e concluíram que a E_{at} diminuiu com o aumento da concentração, pois os valores encontrados foram de 16,35 kJmol⁻¹, 13,05 kJmol⁻¹, 13,04 kJmol⁻¹ e 12,92 kJmol⁻¹, respectivamente. Estes valores estão próximos daqueles encontrados para a polpa de Uvaia e Pitanga integral.

SILVA (2008) estudou a polpa de jenipapo e a mesma apresentou valores de energia de ativação (E_{at}) bem próximos para as concentrações de 6,0 e 7,5% (18,91 kJmol^{-1} e 18,84 kJmol^{-1} , respectivamente), estes valores estão próximos daqueles encontrados para a polpa de Uvaia e Pitanga centrifugada.

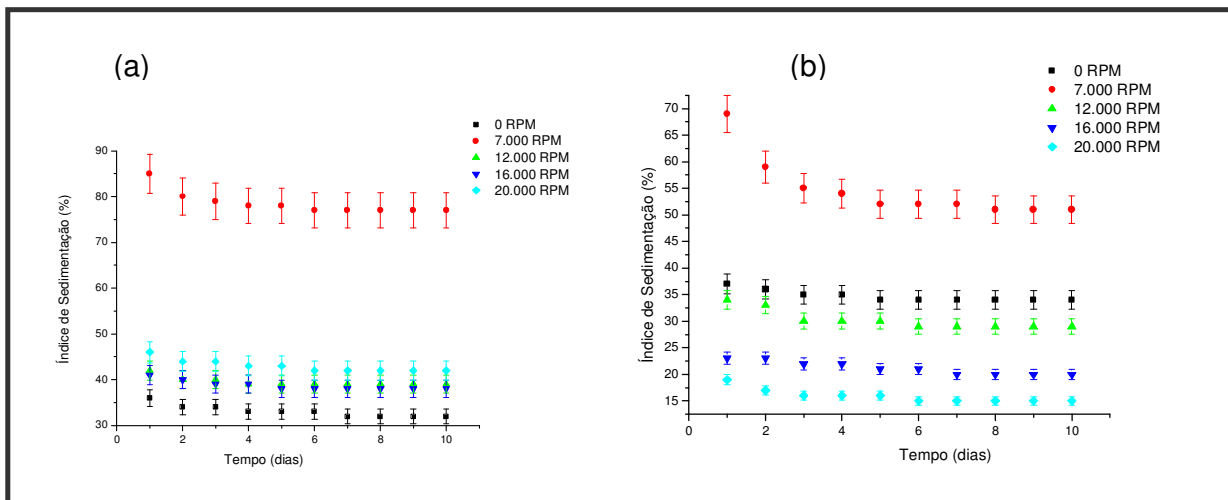
No nosso estudo, foi observado que existe uma relação íntima entre o teor de fibras e os parâmetros reológicos. Se compararmos as polpas integrais e centrifugadas observa-se que os valores de tensão de cisalhamento e viscosidade aparente são maiores nas polpas integrais do que nas polpas centrifugadas, ou seja, quanto maior os teores de fibras, maiores serão os valores de tensão de cisalhamento e viscosidade aparente. Desta forma, para a obtenção das curvas de fluxo, é necessária a aplicação de uma força maior e esta força é refletida nestes parâmetros. No entanto, no caso da energia de ativação, quanto menor o teor de fibras, maior será o valor da energia de ativação da polpa, conforme observado neste estudo.

4.3 ESTUDO DA ESTABILIDADE

4.3.1 Teste de Sedimentação

A FIGURA 25 (a) e (b) apresentam os Índices de Sedimentação das polpas de Uvaia e Pitanga em função do tempo de armazenamento em diferentes velocidades de homogeneizações.

FIGURA 25 - CURVAS DE SEDIMENTAÇÃO DA POLPA DE UVAIA (a) E PITANGA (b)



Os dados demonstram que as polpas de Uvaia e Pitanga estabilizaram nos primeiros dias de armazenamento. Pode-se observar que a polpa de Uvaia estabilizou no segundo dia de armazenamento e para a polpa de Pitanga a estabilização ocorreu a partir do terceiro dia de armazenamento. VENDRÚSCULO (2005) estudou a estabilidade do suco de carambola *in natura* e concluiu que o mesmo se estabiliza com 6 dias de armazenamento, sendo a sedimentação muito rápida no início do processo, primeiras 24 horas, seguida de um aumento lento do precipitado até que seja atingida a estabilidade.

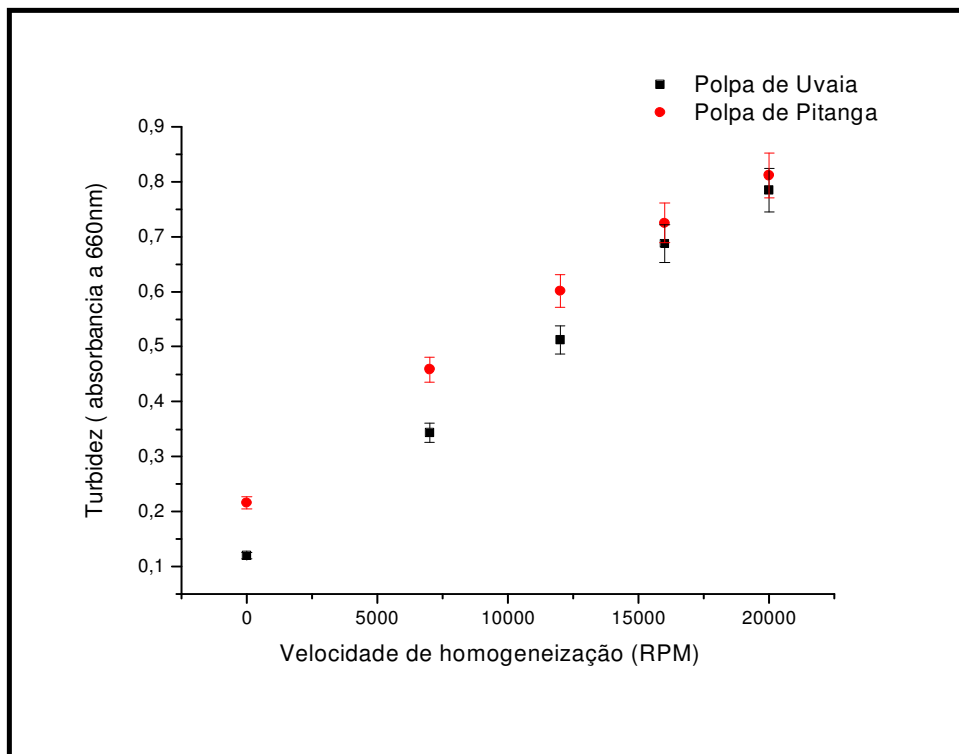
Analisando-se ambas as polpas, observa-se que houve separação de fase em todas as amostras nas primeiras 24 horas. Além disso, era de se esperar que, quanto maior a velocidade de homogeneização, quanto menor o tamanho das partículas, resultando em menor índice de sedimentação. No entanto, este comportamento não foi claramente observado nas amostras.

Os resultados obtidos neste estudo sugerem que a diferença de sedimentação das amostras foi causada pelas diferentes velocidades de homogeneização, aceleração da gravidade, viscosidade e a diferença de densidade entre as fases sólidas e líquidas do sistema (CORREDIG *et al.*, 2001; BEVERIDGE *et al.*, 2002; REITER *et al.*, 2003; QUIN *et al.*, 2005).

4.3.2 Teste de Turbidez

A FIGURA 26 apresenta a turbidez das polpas de Uvaia e Pitanga em função das diferentes velocidades de homogeneizações.

FIGURA 26 - CURVAS DE TURBIDEZ DA POLPA DE UVAIA (a) E PITANGA (b)



Analisando-se ambas as curvas, pode-se perceber que existe um aumento da turbidez com o aumento da velocidade de homogeneização. Resultado similar foi obtido com polpa integral de goiaba, onde o valor de turbidez medido em 660nm foi de 0,114 (BRASIL; MAIA; FIGUEIREDO, 1995). Em outro estudo foi obtida a turbidez de 0,190 em suco de cenoura integral (TEIXEIRA; RAMOS; MARTÍN-BELLOSO, 2008). Já em suco clarificado de cajá a turbidez é menor, pois de acordo com SILVA *et al.* (1998), os valores variaram de 0,011 à 0,014 de 0 à 120 dias armazenagem, respectivamente.

A homogeneização macera o tecido vegetal, enfraquecendo as pontes de hidrogênio existentes entre os polissacarídeos ainda presentes nas partículas. Deste modo o gel péctico da matriz da parede celular é parcialmente destruído, com uma

conseqüente perda da adesividade intercelular na lamela média. Este efeito é acompanhado por um aumento da solubilidade de polissacarídeos pécticos, provavelmente em conseqüência da degradação dos mesmos e de alterações na distribuição de íons na superfície das partículas (BINNER *et al.*, 2000; NG; WALDRON, 2002). Como resultado tem-se uma perda da integridade estrutural da parede celular e da lamela média (STOLLE-SMITS *et al.*, 1997), o que resulta em ligações fracas entre os resíduos celulares ainda existentes. Deste modo, a desintegração mecânica das partículas por aplicação de agitação a alta velocidade faz com que aumente a turbidez da polpa.

AMSTALDEN (1992) estudou a estabilidade do suco concentrado de laranja demonstraram que os valores de turbidez variaram de 1,6 a 1,8 (% absorvância) em 48 horas de armazenamento, demonstrando uma tendência a estabilização com o tempo, conforme resultados obtidos neste estudo.

Em outro estudo conduzido por OKOTH; KAAHWA; IMUNGI (2000) com polpa de maracujá demonstrou que um aumento da pressão de homogeneização de 69 a 275,9 bar diminuiu a turbidez de $0,85 \pm 0,09$ para $0,29 \pm 0,009$ nas polpas não pasteurizadas.

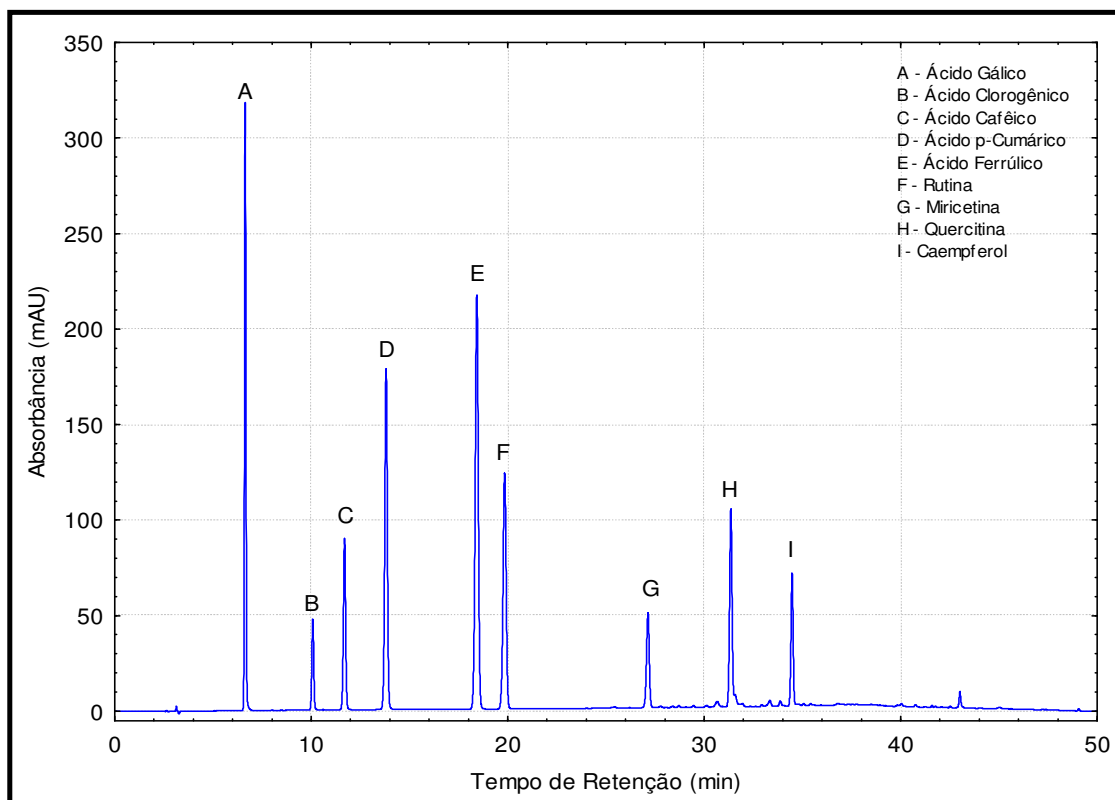
Existem outras tecnologias que estão sendo utilizadas para diminuir a turbidez em polpas de frutas, como por exemplo, a alta pressão (BARON; DENES; DURIER, 2006), utilização de estabilizantes (HAMZAH, 2008) e de enzimas pectinolíticas (TÉLESPHORE; HE, 2009).

4.4 CROMATOGRAFIA DOS COMPOSTOS FENÓLICOS

Muitos dos compostos fenólicos presentes em frutas e hortaliças são substâncias bioativas, cujas principais classes são representadas pelos flavonóides, ácidos fenólicos e pelos polifenóis (GARCIA-ALONSO *et al.*, 2004). A quantificação de compostos fenólicos totais está relacionada à sua capacidade antioxidante.

A Figura 27 apresenta a curva padrão dos compostos fenólicos utilizados na identificação e quantificação dos compostos bioativos presentes nas polpas de Uvaia e Pitanga.

FIGURA 27 - CURVAS PADRÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS OBTIDA A 280 nm



Os teores de compostos fenólicos determinados por CLAE são apresentados na TABELA 10 para polpa de Uvaia e na TABELA 11 para polpa de pitanga.

TABELA 10 - COMPOSIÇÃO FENÓLICA DA POLPA DE UVAIA

Compostos fenólicos	Max (nm)	Tempo de retenção (min)	Concentração (mg.kg ⁻¹)
Ácido gálico	280	6,70	125,28
Ácido p-cumárico	280	13,87	17,28
Ácido ferrúlico	300	18,39	2,47
Ácidos fenólicos totais			145,03
Miricetina	320	27,03	2,45
Quercetina	280	30,95	90,48
Flavonóides totais			92,93
Compostos fenólicos totais			237,96

TABELA 11 - COMPOSIÇÃO FENÓLICA DA POLPA DE PITANGA

Compostos fenólicos	Max (nm)	Tempo de retenção (min)	Concentração (mg.kg ⁻¹)
Ácido gálico	320	6,70	1.056,16
Ácido clorogênico	280	10,25	33,88
Ácido cafêico	320	11,79	11,00
Ácido p-cumárico	280	13,87	8,44
Ácido ferrúlico	320	18,39	4,52
	Ácidos fenólicos totais		1.114
Rutina	280	19,84	3,28
Miricetina	280	27,03	11,36
Quercetina	300	30,95	3,84
	Flavonóides totais		18,48
	Compostos fenólicos totais		1.132,48

Os teores de compostos fenólicos determinados por CLAE variaram entre 2,45 e 125,28 mg.kg⁻¹ para a polpa de Uvaia e entre 3,28 e 1.056,16 mg.kg⁻¹ para a polpa de Pitanga. A polpa de Uvaia apresentou maiores teores de flavonóides totais (92,93 mg.kg⁻¹), enquanto que a polpa de Pitanga apresentou maiores valores de ácidos fenólicos totais (1.114 mg.kg⁻¹). Em ambas as polpas, o ácido fenólico presente em maiores concentrações foi o ácido gálico, enquanto que o ácido p-ferrúlico apresentou menores valores. Já para os flavonóides, a quercetina obteve maior teor na polpa de Uvaia (90,48 mg.kg⁻¹), enquanto que a miricetina apresentou maior concentração na polpa de Pitanga (11,36 mg.kg⁻¹).

Pela CLAE foram analisados os compostos fenólicos totais em morango e o mesmo apresentou 221,7 mg.kg⁻¹ (FAN *et al.*, 2012), valor próximo ao encontrado para a polpa de Uvaia, mas inferior ao encontrado para polpa de Pitanga. Nesta mesma metodologia de análise, estudou-se a casca e a polpa do figo seco (VALLEJO; MARÍN; TOMÁS-BARBERÁN, 2012) e os valores dos compostos fenólicos totais estavam abaixo dos encontrados neste estudo para ambas as polpas.

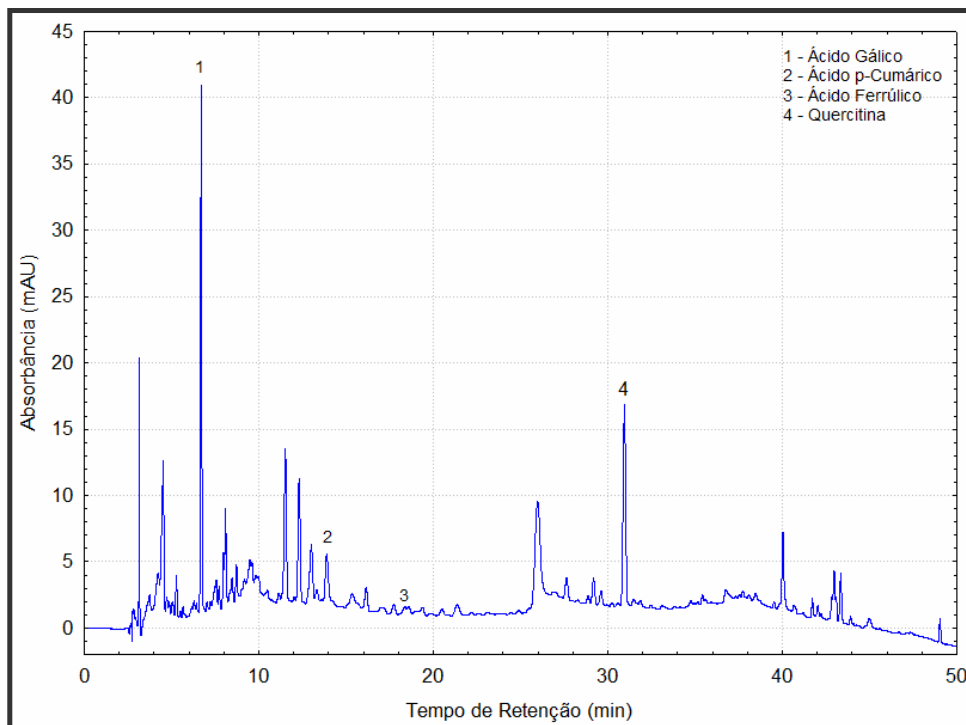
Em uvaia liofilizada, RAMIREZ (2009), obteve 1.610,2±0.02 mg.kg⁻¹ flavonóides totais, resultado acima do analisado para a sua polpa. GENOVESE *et al.* (2008) analisou a quantidade de compostos fenólicos totais de polpas de frutas nativas brasileiras da família *Myrtaceae* e concluiu que a polpa de cambuci apresenta 1.760±4 mg.kg⁻¹ e a polpa de cagaita possui 1.500±11 mg.kg⁻¹, estes valores são maiores dos encontrados nestes estudo tanto para a polpa de Uvaia como para a polpa de Pitanga. Já para a polpa de araçá, este mesmo autor,

encontrou o conteúdo de fenólicos totais de $640 \pm 3 \text{ mg.kg}^{-1}$, valor abaixo dos encontrados nas análises. A diferença nos valores encontrados deve-se ao método de análise. Os autores acima citados avaliaram a quantificação dos compostos fenólicos totais pelo método do Folin-Ciocalteu, enquanto neste estudo a quantificação foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência.

O método de Folin-Ciocalteu não é um método específico, pois determina todos os fenólicos presentes, além de substâncias redutoras adicionadas aos alimentos ou naturalmente presentes que podem interferir nos resultados, tais como ácido ascórbico e açúcares redutores, superestimando os valores. Um aspecto importante a ser considerado neste método é a escolha do padrão. O reagente é mais sensível à redução pelos fenóis e diminui a tendência à precipitação. O número de grupos hidroxilas ou de grupos potencialmente oxidáveis controla a quantidade de cor formada (PIETTA, 2000). Estas interferências não são observadas na cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), pois esta técnica é utilizada tanto na separação quanto na quantificação de combinações fenólicas. Várias fases móveis estão disponíveis para a análise de antocianinas, procianidinas, flavononas e flavonóis, flavonas e ácidos fenólicos. A introdução de colunas de fase reversa na CLAE tem consideravelmente realçado a separação de diferentes classes de combinações fenólicas (TARNAWSKI, 2006). Em uvas, vinhos e sucos a análise dos compostos fenólicos individuais é comumente realizada por CLAE (MARTÍNEZ-ORTEGA, 2004).

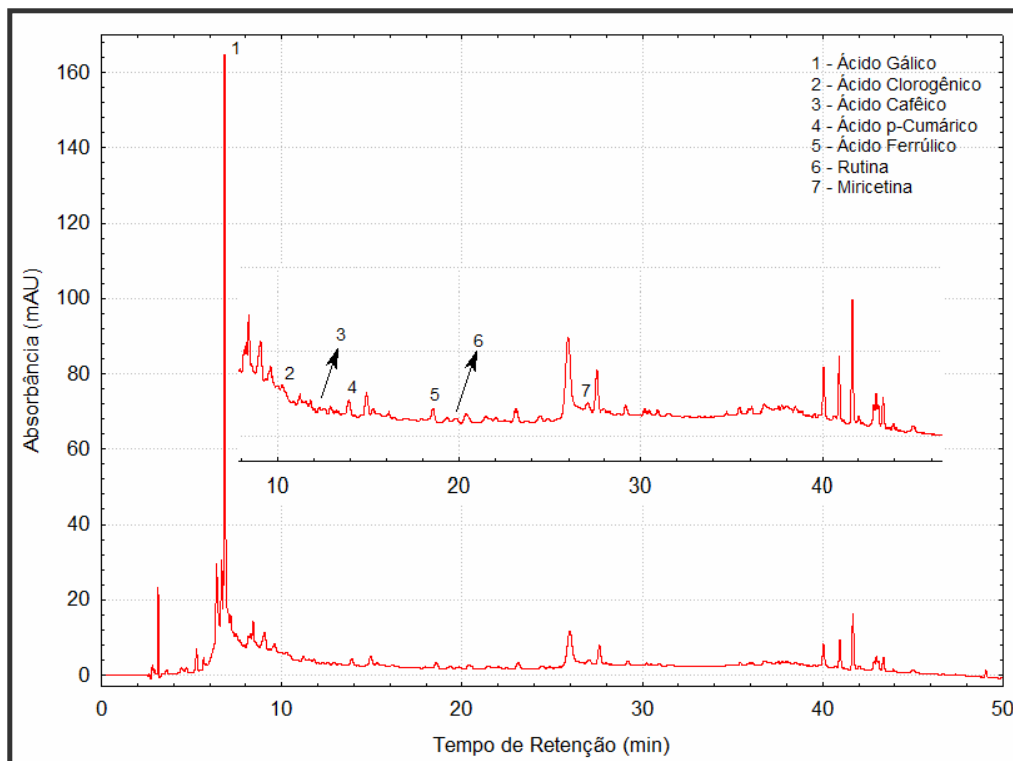
O cromatograma da polpa de Uvaia é apresentado na FIGURA 28. O ácido gálico foi o ácido fenólico predominante, dentre os compostos fenólicos analisados, seguido da quercetina, ácido p-cumárico, ácido ferrúlico e miricetina.

FIGURA 28 - CROMATOGRAMA DA POLPA DE UVAIA OBTIDO A 280 nm



O cromatograma da polpa de Pitanga é apresentado na FIGURA 29. Assim como na Uvaia, o ácido gálico foi o ácido fenólico predominante, dentre os compostos fenólicos analisados, seguido do ácido clorogênico, miricetina, ácido caféico, ácido p-cumárico, ácido ferrúlico, quercetina e rutina.

FIGURA 29 - CROMATOGRAMA DA POLPA DE PITANGA OBTIDA A 280 nm



A quantificação do ácido gálico está de acordo com resultados reportados por SINGLETON; ROSSI, (1996), CHIM (2007) e JACQUES (2010), que também descrevem o ácido gálico como sendo o ácido fenólico predominante na polpa de amora preta. E em estudo com morango, este ácido fenólico apresentou valor de $1,473 \text{ mg.kg}^{-1}$, sendo abaixo dos encontrados neste estudo para ambas as polpas. (FANG; BHANDARI, 2011)

Analisando-se a polpa de Uvaia, pode-se comparar com estudo conduzido por ROSA *et al.*, (2010), que encontrou-se $1,56 \text{ mg.kg}^{-1}$ de ácido ferrúlico na polpa de jabuticaba, valor próximo ao obtido neste estudo. GONÇALVES (2008) quantificou a quercetina em polpa de Panã, e obteve $41 \pm 0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$, este valor é menor que a metade do resultado alcançado neste estudo.

Para a polpa de Pitanga, os resultados podem ser comparados com outras polpas de frutas. Uma delas é a polpa de manga, pois de acordo com os resultados obtidos por RIBEIRO *et al.* (2008) para quercetina, conclui-se que $8,8 \pm 0,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ estão acima dos obtidos neste estudo. Também podemos comparar o ácido clorogênico do morango congelado (OSZMIANSKI *et al.*, 2009) e a rutina da polpa

de acerola (MEZADRI *et al.*, 2008), e verificou-se que estes resultados estão de acordo com os alcançados neste estudo. Entretanto a rutina não foi detectada para frutos cítricos de acordo com RAMFUL *et al.* (2011).

Já para o ácido caféico, ROSA *et al.* (2010), analisou a polpa de jabuticaba e GRUZ *et al.* (2011) estudou a nêspera, sendo que os resultados obtidos indicaram valor acima ($28,32 \text{ mg.kg}^{-1}$) e igual ($2,64 \text{ mg.kg}^{-1}$) em comparação com a polpa de Pitanga. Já para o ácido ferrúlico, ROSA *et al.* (2010) obteve o valor de $1,56 \text{ mg.kg}^{-1}$ na polpa de Pitanga, sendo este resultado, menor do que o encontrado neste estudo para a mesma polpa.

Estas discrepâncias dos valores encontrados para os diferentes compostos fenólicos podem ser decorrentes da espécie, das características ambientais do cultivo, variedade da cultivar e maturidade dos frutos, além da peculiaridade metodológica relacionada ao solvente extrator e ao polifenol usado como padrão para a quantificação dos compostos fenólicos. Considerando a importância dos polifenóis, como seqüestradores de radicais, na prevenção de diversas doenças, as polpas analisadas podem ser consideradas excelentes alternativas de alimentos a serem introduzidos na dieta uma vez que apresentam teores significativos de compostos fenólicos.

5 CONCLUSÃO

Dentre as conclusões mais relevantes deste estudo tem-se:

Polpa de Uvaia e Pitanga Integral

- Apresentou um caráter não-newtoniano, com o comportamento pseudoplástico independente do tempo, devido ao índice de comportamento das polpas terem sido menores do que 1;
- O modelo da lei da potência descreveu apropriadamente o comportamento pseudoplástico das polpas na faixa de temperatura de 10 – 60 °C;
- Foi encontrada uma tendência definida para os parâmetros reológicos índice de consistência (K) e índice de comportamento do fluido (n) com o aumento da temperatura para as polpas;
- A viscosidade aparente obtida pelo modelo da lei da potência diminuiu com o aumento da taxa de cisalhamento e temperatura, conforme esperado para líquidos, sendo que a partir da taxa de cisalhamento de 20 s⁻¹;
- A equação de Arrhenius representou bem o efeito da temperatura na viscosidade aparente, sendo que o valor da energia de ativação a uma taxa de cisalhamento constante de 50 s⁻¹ foi de 16,59 kJ.mol⁻¹ para a polpa de Uvaia e de 14,22 kJ.mol⁻¹ para a polpa de Pitanga;
- A estabilização das polpas ocorreu no segundo (Uvaia) e terceiro (Pitanga) dia de armazenamento;
- A homogeneização propiciou a formação de um suco de aparência homogênea, estável e a turbidez aumentou de acordo com o aumento da velocidade de homogeneização.
- A polpa de Uvaia congelada apresentou menor quantidade de compostos fenólicos totais quanto comparada à polpa de Pitanga.
- A polpa de Uvaia apresentou maiores teores de flavonóides totais, enquanto que a polpa de Pitanga apresentou maiores valores de ácidos fenólicos totais.
- Em ambas as polpas, o ácido fenólico presente em maiores concentrações foi o ácido gálico;

- As polpas de Uvaia e Pitanga podem ser consideradas uma boa fonte de compostos bioativos, principalmente os compostos fenólicos, sendo este estudo considerado uma fonte de informação sobre sua composição.

Polpa de Uvaia e Pitanga Centrifugada

- Apresentou um caráter newtoniano, devido ao índice de comportamento da polpa ter sido próximo a 1;
- O modelo da lei da potência descreveu apropriadamente o comportamento newtoniano das polpas na faixa de temperatura de 10 – 60 °C;
- Foi encontrada uma tendência definida para os parâmetros reológicos índice de consistência (K) com o aumento da temperatura.
- A viscosidade aparente obtida pelo modelo da lei da potência diminuiu com o aumento da taxa de cisalhamento e temperatura, conforme esperado para líquidos, sendo que a partir da taxa de cisalhamento de 25 s⁻¹ a viscosidade aparente tende a ficar constante.
- A equação de Arrhenius representou bem o efeito da temperatura na viscosidade aparente, sendo que o valor da energia de ativação a uma taxa de cisalhamento constante de 56 s⁻¹ foi de 20,05 kJ.mol⁻¹ para polpa de Uvaia e 17,23 kJ.mol⁻¹ para polpa de Pitanga.

SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

- Estudo da influência do tamanho das partículas nas propriedades reológicas e na estabilidade das polpas integrais;
- Pesquisa sobre o efeito da concentração e da temperatura no comportamento reológico das polpas integrais e centrifugadas;
- Avaliação do comportamento reológico com adição de aditivos (espessantes) das polpas integrais;
- Avaliação da estabilidade das polpas integrais com análises físico-químicas e sensorial durante o armazenamento;
- Estudo da influência do tratamento térmico e inativação enzimática na estabilidade das polpas integrais;
- Extração dos compostos fenólicos das polpas integrais utilizando diferentes solventes e condições de extração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, J. Rheological behavior and color changes of ginger paste during storage. **International Journal of Food Science and Technology**, v.39 n.3, p.325-330, 2004.

ALPARSLAN, M.; HAYTA, M. Rheological and sensory properties of pekmez (grape molasses)/tahin (sesame paste) blends. **Journal of Food Engineering**, v. 54 n.1, p.89-93, 2002.

ALEXANDRE, D. **Conservação da polpa de açaí através da tecnologia de obstáculos e caracterização reológica**. 149f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, 2002.

ALONSO, A.M. Determination of antioxidant activity of wine byproducts and its correlation with polyphenolic content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p.5832-5836, 2002.

ALVARADO, J.D.; AGUILERA, J.M. **Métodos para medir propiedades físicas em indústrias de alimentos**. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, p.410, 2001.

ALVES, E.S.; TRESMONDI, F.; LONGUI, E.L. Análise estrutural de folhas de *Eugenia uniflora* L. (*Myrtaceae*) coletadas em ambientes rural e urbano, SP, Brasil. **Acta Bot. Bras.**, São Paulo, v. 22, n. 1, mar. 2008 .

ALVES, R. M. V.; GARCIA, E. E. C. Embalagem para Sucos de Frutas. In: **Colet. ITAL**, Campinas, SP, v. 23, n. 2, p. 105-122, 1993.

AMSTALDEN, L.C. **Estudo sobre a ação da pectinesterase em suco de laranja**. 200f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, 1992.

ANDERSEN, O.; ANDERSEN, V.U. **As frutas silvestres brasileiras: uvaia**. Rio de Janeiro: Globo, p. 198-200, 1988.

ANDRADE, R.N.B. de; FERREIRA, A.G. Germinação e armazenamento de sementes de uvaia (*Eugenia pyriformis* Camb.) – *Myrtaceae*. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 2, p. 118-125, 2000.

A.O.A.C. **Official Methods of Analysis**. 4th ed. Gaithersburg, Maryland, USA, AOAC International, 2005.

APV-GAULIN. Pharmaceutical Products," R&D Department, **Gaulin Processing Report**, SIC 2834, Manton, Gaulin Manufacturing Co, Sep. 1982.

ASKAR, A.; TREPTOM, H. Cloud stable premium nectars made from tropical fruits. **Confructa Studien**, v.36, n.5, p.24-25, 1992.

ASSIS, M.M.M.; TADINI, C.C.; LANNES S.C.S. Influence of temperature and concentration on rheological properties of Caja Juice (*Spondia mombin*, L). In: EURO THERM 77 **Heat and Mass Transfer in Food Proceedings**. Parma, v.1, p.65-68, 2005.

BAGETTI, M.; FACCO, E. M. P.; RODRIGUES, D. B.; VIZZOTTO, M.; EMANUELLI, T. Capacidade antioxidante e composição de sementes de pitanga. **Cienc. Rural** vol.39 n.8 Santa Maria Nov. 2009.

BARON, A.; DENES, J.M.; DURIER, C. High-pressure treatment of cloudy apple juice. **Food Science and Technology**, v. 39, n. 9, p.1005-1013, Nov. 2006.

BERARDINI, N.; FEZER, R.; CONRAD, J.; BEIFUSS, U.; CARLE, R.; SCHIEBER, A. Screening of mango (*Mangifera indica* L.) cultivars for their contents of flavonol O- and xanthone C-glycosides, anthocyanins, and pectin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.53, p.1563-1570, 2005a.

BERARDINI, N.; KNÖDLER, M.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Utilization of mango peels as a source of pectin and polyphenolics. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.6, p.442-452, 2005b.

BEVERIDGE, T. Opalescent and cloudy fruit juices: formation and particle stability. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.42, p.317-337, 2002.

BEZERRA, J.E.F.; SILVA, J.F.; LEDERMAN, I.E. **Pitanga (*Eugenia uniflora* L.)**. Jaboticabal: Funep (Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia), 30p, 2000.

BEZERRA, J.E.F.; LEDERMAN, I.E.; SILVA JUNIOR da, J.F.; ASSUNÇÃO, M. Comportamento da pitangueira (*Eugenia uniflora* L) sob irrigação na região do vale do Rio Moxotó, Pernambuco. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, abr. 2004.

BHATTACHARYA, S.N. **Rheology: fundamentals and measurements**. Australia: Royal Melbourne Institute of Technology, 1997.

BINNER, S.; JARDINE, W.G.; RENARD, C.M.C.G.; JARVIS, M.C. Cell wall modifications during cooking of potatoes and sweet potatoes. **Journal of Science of Food in Agriculture**, v.80, n.2, p.216-218, 2000.

BRASIL, I.M.; MAIA, G.A.; FIGUEIREDO, R.W. Mudanças físico-químicas durante a extração e clarificação de suco de goiaba (*Psidium guajava* L var *pomifera*). **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.30, n.8, p.1097-1106, ago.1995.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. 3 ed. São Paulo: Varela Editora e Livraria Ltda, p.143, 2001.

BOBBIO, F.O.; DRUZIAN, I.J.; ABRÃO, P.A.; BOBBIO, P.A.; FADELLI, S. Identificação e quantificação das antocianinas do fruto do açazeiro (*Euterpe oleracea*) Mart. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 20, n. 3, Dez. 2000.

BRADDOK, R.J.; MARCY, J.E. Freeze concentration of pineapple juice. **Journal of Food Science**, v.50, p.1636-1639, 1985.

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**. Campinas, v. 8, n. 2, p. 183-189, 2005.

BRANCO, I.G. **Suco de laranja concentrado – comportamento reológico a baixas temperaturas**. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, 1995.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. **Nutritional Reviews**, New York, v.56, n.11, p.317-333, 1998.

BRETAS, R. E. S.; D'ÁVILA, M. A. **Reologia de polímeros fundidos**. 2. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2005.

BOURNE, M.C. Food texture and viscosity: concept and measurement. New York: **Academic Press**, p.325, 1982.

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**, Campina Grande, v.4, n.1, p.37-40, 2002.

CANTERI-SCHEMIN, M.H.; FERTONANIN, H.C.R.; WASZCZYNSKYJ, N.; WOSIACKI, G. Extraction of pectin from apple pomace. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, n. 2, p. 259-266, 2005.

CASTALDO, D.; LOVOI, A.; QUAGLIUOLO, L.; SERVILLO, L.; BALESTRIERI, C.; GIOVANE, A. Orange juice and concentrates stabilization by a proteic inhibitor of pectin methylesterase. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, n.6, p.1632-1634, 1991.

CASTRO, A.G, COVAS, J.A.; DIOGO, A.C. Reologia e suas aplicações industriais. **Coleção Ciência e Técnica**, Instituto Piaget, Lisboa, 2001.

CASTRO, A. L., **Aplicação de conceitos reológicos na tecnologia dos concretos de alto desempenho**. 334f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais) - Área de Interinidades em Ciência e Engenharia dos Materiais, Universidade de São Paulo (USP), 2007.

CHAKRABANDHU, K.; SINGH, R.K. Rheological properties of coarse food suspensions in tube flow at high temperatures. **Journal of Food Engineering**, v.66, p.117–128, 2005.

CHARM, S.E. The direct determination of shear stress-shear rate behavior of foods in the presence of yield stress. **Journal of Food Science**, Massachusetts, v.28, n.1, p.107-117, 1963.

CHIM, J.F. **Caracterização de compostos bioativos em amora-preta (*Rubus sp.*) e sua estabilidade no processo e armazenamento de geléias convencional e *light***. 86f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) -Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

CIANCI, F.C.; SILVA, L. F.M.; CABRAL, L.M.C.; MATTA, V.M. Clarificação e concentração de suco de caju por processos com membranas. **Ciênc. Tecnol. Aliment**, vol.25, n.3, p. 579-583, 2005.

CITRUS. Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos. Disponível em:< <http://www.citrusbr.com/citrusbr/assuntos/consumo.asp>>. Acesso em 26/05/2010.

CLARETO, S. S. **Estudo da concentração de licopeno da polpa de goiaba utilizando o processo de microfiltração**. 173f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade de Campinas, Campinas-SP, 2007.

CONSOLINI, A. E.; SARUBBIO, M.G. Pharmacological effects of *Eugenia uniflora* (Myrtaceae) aqueous crude extract on rat's heart. **Journal of Ethnopharmacology**, v.81, p.57-63, 2002.

CONSTENLA, D.T.; LOZANO, J.E.; CAPRISTE, G.H. Thermophysical properties clarified apple juice as a function of concentration and temperature. **Journal of Food Science**, v.54, n.3, p.663-668, 1989.

CORBELINI, D.; VIZZOTTO, M.; FETTER, M. R.; GONZALEZ, T. N. Compostos bioativos e atividade antioxidante da uvaia (*Eugenia pyriformis* cambess) em diferentes estádios de maturação. XVIII Congresso de Iniciação Científica. XI Encontro de Pós-Graduação. I Mostra Científica. Universidade Federal de Pelotas, 2009. Disponível em: <http://www.ufpel.tche.br/cic/2009/cd/pdf/CA/CA_00876.pdf> Acesso em: 23/03/2011.

CORREDIG, M.; KERR, W.; WICKER, L. Particle size distribution of orange juice cloud after addition of sensitized pectin. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.49, p.2523-2526, 2001.

COSTA, F. Q. **Viabilidade de uso de um misturador para a análise de propriedades reológicas de produtos alimentícios**. 115f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP, 2007.

CRANDALL, P. G.; DAVIS, K. N. C.; CARTER, R. D. SALDLES, G. D. Viscosity reduction by homogenization of orange juice concentrate in pilot plant taste evaporator. **Journal of Food Science**, v. 53, n. 5, p. 1477-1481, 1988.

CRUZ, A.V.; KAPLAN, M.A.C. A importância das famílias *Myrtaceae* e *Melastomataceae* na etnomedicina. **Brasileira. Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v.10, n.5, 2005.

DAVID, J.P.; SANTOS, E.O.; MIRANDA, M.S.; BARREIROS, A.L.B.S.; SANTOS, I.D.; DAVID, J.M. Atividade antioxidante da epicatequina-(2 β 7,4 β 8)-epicatequina isolada de *Dioclea lasiophylla*. **Rev. Bras. Farmacogn.**, v. 12, supl., p. 05-06, 2002.

DISTASI, L. C.; LIMA, H. **Plantas medicinais na Amazônia e na Mata**, Clélia Akiko. - 2. ed. rev. e ampl. - São Paulo: Editora UNESP, 2002.

DUTTA, D; DUTTA, A; RAYCHAUDHURI, U; CHAKRABORTY, R. Rheological characteristics and thermal degradation kinetics of beta-carotene in pumpkin puree **Journal of Food Engineering**, v.76, n.4, p.538-546, out. 2006.

EGAWA, E, Y., **Caracterização térmica e reológica de blends de glicerol: colágeno tipo I de diferentes tecidos**. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciência – Química Analítica), Instituto de Química de São Paulo, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<http://www.cpact.embrapa.br/quintais/o-projeto/dados-tecnicos/propriedadesmedicinais>> Acesso em: 25/04/2010.

FAN, L. ; DUBÉ, C. ; FANG, C. ; ROUSSEL, D. ; CHARLES, M.T. ; DESJARDINS, Y. ; KHANIZADEH, S. Effect of production systems on phenolic composition and oxygen radical absorbance capacity of 'Orléans' strawberry. **LWT - Food Science and Technology**, v.45, n. 2, p.241-245, 2012.

FANG, Z.; BHANDARI, B. Effect of spray drying and storage on the stability of bayberry polyphenols. **Food Chemistry**, v.129, n.3, p.1139-1147, 2011.

FANG, Z.; ZHANG, Y.; LÚ, Y.; MA, G.; CHEN, J.; LIU, D.; YE, X. Phenolic compounds and antioxidant capacities of bayberry juices. **Food Chemistry**, Barking, v.113, p.884-888, 2009.

FAO-FOOD AND AGRICULTURA ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Groupe Intergouvernemental sur la Banane et sur les Fruits Tropicaux. Projections à Moyen Terme de l'Offre et de la Demande de Fruits Tropicaux à l'Horizon 2010. Troisième session. Espanha, Puerto de la Cruz, 11/15 dez. ,2003.

FENIMAN, C.M. **Caracterização de raízes de mandioca (*Maniõth esculenta* Crantz) do cultivar IAC 576-70 quanto à cocção, composição química e propriedades do amido em duas épocas de colheita**. 99f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo. 2004.

FERREIRA, G.M.; QUEIROZ, A.J.M.; CONCEIÇÃO, R.S.; GASPARETTO, C.A. Efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas de caju e goiaba. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 4, p.175-184, 2002.

FIUZA, T. S. *et al.* Caracterização farmacognóstica das folhas de *Eugenia uniflora* L.(Myrtaceae). **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 5, n. 2, p. 21-31, 2008.

FLORES, E.M.; RIVERA, D.I. **Criptocotilia em algumas dicotiledoneas tropicales**. Brenesia, v.32, p.19-26, 1989.

FRANCO, Z.A.; TAVARES, A.F.C.; GONZÁLES, G.; DIBAI, A.J.V.; PORTO, J.H.S. Emulsões e borras (Parte 1): Teoria da Formação e Quebra das Emulsões, **Boletim Técnico Petrobras**, v.31 n.2, p.95-103, 1988.

GARCÍA-ALONSO, M.; PASCUAL-TERESA, S.; SANTOS-BUELGA, C.; RIVASGONZALO, J.C. Evaluation of the antioxidant properties of fruits. **Food Chemistry**, v.84, n.1, p.13-18, 2004.

GENOVESE, M.I.; PINTO, M.S.; GONÇALVES, A. E. S.S.; LAJOLO, F.M. Bioactive compounds and antioxidant capacity of exotic fruits and commercial frozen pulps from Brazil. **Food Sci Tech Int**, v. 14, n.3, p.207-214 Los Angeles, London, New Delhi and Singapore ISSN: 1082-0132 DOI: 10.1177/1082013208092151, 2008.

GINER, J.; IBARZ, A.; XHIAN-QUAN, S. Rheology of clarified cherry juices. **Journal of Food Engineering**, v. 30, p. 147-154. 1996.

GITIÉRREZ, R.M.P.; MITCHELL, S.; SOLIS, R.V. *Psidium guajava*: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v.117, p.1-27, 2008.

GLASS, V. Pitangueira. **Globo Rural**, v.12, n.143, p.63-65, 1997.

GODOY, R. B. **Gomas na estabilidade do Néctar e do Suco de Goiaba (*Psidium guajava* L.)**. 52f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1997.

GODOY, R.C.B.; ANTUNES, P.L.; ZONTA, E.P. Estabilização de néctar de goiaba (*Psidium guajava* L.) com gomas xantana, carragena e amido ceroso. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.2, n.2, p.105-110, 1998.

GOMES, J. E.; PERECIN, D.; MARTINS, A. B. G.; FONTES, S. R. Comportamento de propriedades físicas, químicas e reológicas do suco de acerola armazenado a baixa temperatura. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, v..5, n.2, 2001.

GONÇALVES, A.E.S.S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e de polpas nativas e determinação dos teores de flavonóides e vitamina C**. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Programa de pós-graduação em Ciências dos Alimentos, área de Bromatologia, Universidade de São Paulo, 2008.

GONZALO, J.C.R.; ALONSO, M.G. Flavonoides en alimentos vegetales: estructura y actividad antioxidante. **Alimentación, Nutrición y Salud**, v.9, n.2, p.31-38, 2002.

GRANADA, G.G.; ZAMBIAZI, R.C.; MENDONÇA, C.R.B. Abacaxi: produção, mercado e subprodutos. **B. CEPPA**, v. 22, n. 2, p. 405-422, 2004.

GRANDIS, A.; CONDIEV, S.; NEPOMUCENO, M. F. D.; ALEIXO, A.M.; RUGGIERO, A. C. Estudo da capacidade antioxidante do extrato hidroalcoólico de oliva contra a peroxidação lipídica. In: 6º SLACA - Simpósio latino americano de ciências de alimentos, 2005, Campinas. **Anais...Campinas**, 2005. CD-ROM.

GRANGEIRO, A.A.; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; RANGEL, M.E.; MOREIRA, C.M. Viscosidades de polpas concentradas de figo-da-índia, **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 219-224, abr-jun, 2007.

GRATÃO, A.C.A.; BERTO, M.I.; SILVEIRA JÚNIOR, V. Reologia do açúcar líquido invertido: influência da temperatura na viscosidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n.4, v.24, p. 652-656, 2004.

GRUZ, J.; AYAZ, F.A.; TORUN, H.; STRNAD, M. Phenolic acid content and radical scavenging activity of extracts from medlar (*Mespilus germanica* L.) fruit at different stages of ripening. **Food Chemistry**. v. 124, n. 1, p. 271-277, 2011.

GUEDES, D.B.; RAMOS, A.M.; DINIZ, M.D.N.S. Efeito da temperatura e da concentração nas propriedades físicas da polpa de melancia, **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 13, n. 4, p. 279-285, out.dez. 2010.

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.239-245, 1997.

GURSES, A.; BAYRAKC-EKEN, S. Rheological, physical and chemical characteristics of mulberry pekmez. **Food Control**, v.16, p.73–76, 1996.

HAMINIUK, C. W. I. **Estudo do comportamento reológico e colorimétrico de misturas ternárias e sistemas pécticos de polpas de morango, amora-preta e framboesa**. 124f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Programa de pós-graduação em tecnologia de alimentos, setor de tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

HAMINIUK, C.H.I. **Comportamento Reológico e Fracionamento Péctico das Polpas Integrais de Araçá (*Psidium cattleianum sabine*) e Amora-Preta (*Rubus spp*)**. Tese (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Programa de pós-graduação em tecnologia de alimentos, setor de tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

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*). **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 39, n. 4, p. 426-430, 2006.

HAMINIUK, C.W.I.; PLARA-OVIEDO, M.S.V.; GUEDES, A.R.; STAFUSSA, A.P.; BONAL, E.; CARPES, S.T. Chemical, antioxidant and antibacterial study of Brazilian fruits. **International Journal of Food Science and Technology**, doi:10.1111/j.1365-2621.2011.02653.x, v. 46, n.7, p.1529-1537, 2011.

HAMZAH, H. **Effect of different combination of stabilisers on the physical properties of pink guava juice**. 124f. Dissertação (Mestrado) - Universiti Teknologi Mara, Malaysia, 2008.

HARNLY, J.M.; DOHERTY, R.F.; BEECHER, G.R.; HOLDEN, J.M.; HAYTOWITZ, D.B.; BHAGWAT, S.; GEBHARDT, S. Flavonoid content of U.S. fruits, vegetables and nuts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.54, p. 9966-9977, 2006.

HEATHERBELL, D.A. Fruit juice clarification and fining. **Confructa**, Frankfurt, v.3, p.192-197, 1984.

HERNANDEZ, E.; CHEN, C. S.; JOHNSON, J.; CARTER, R. D. Viscosity changes in orange juice after ultrafiltration and evaporation. **Journal of Food Engineering**, New York, v. 25, n. 3, p. 387-396, 1995.

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.

HOLLMAN, P.C.H.; KATAN, M.B. Absorption, metabolism and health effects of dietary flavonoids in man. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, v.15, p.305-310, 1997.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R.L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.53, p.1841-1856, 2009.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Mata Atlântica: manual de adequação ambiental** / Maura Campanili e Wigold Bertoldo Schaffer. – Brasília: MMA/SBF, 96p. (Série Biodiversidade, 35), 2010.

IBARZ, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos. **Technomic. Publishing companing**, Inc. Pennsylvania – USA : 85 – 204, 1996.

IBARZ, A.; GONZALEZ, C.; ESPLUGAS, S. Rheology of clarified fruit juices. III: Orange Juices
Journal of Food Engineering, v. 21, n. 4, p.485-494, 1994.

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.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística –Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, v. 24 Brasil, ISSN 0103-8435, **Prod. Extr. veg. e Silvíc.**, Rio de Janeiro, v. 24, p.1-45, 2009.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica 2000 a 2005. Disponível em <<http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/remanescentesMT2010.pdf>>. Acesso em: 26/04/2011.

INPI. Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Disponível em, <<http://pesquisa.inpi.gov.br/MarcaPatente/servlet/PatenteServletController?Action=nExtPage&Page=1>> Acesso em: 26/04/2011.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 1018p, 2005.

JACQUES, A.C.; PERTUZATTI, P.B.; BARCIA, M.T.; ZAMBIAZI, R.C.; CHIM, J.F. Estabilidade de compostos bioativos em polpa congelada de amora-preta (*Rubus fruticosus*) cv. Tupy. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 33, n. 8, p.1520-1525, 2010.

JIMÉNEZ-ESCRIG, A.; RINCÓN, M.; PLIDO, R.; SAURA-CALIXTO, F. Guava fruit (*Psidium guajava*) as a new source of antioxidant dietary fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.49, p. 5489-5493, 2001.

KIM, D.O.; JEONG, S.E.; LEE, C.Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plum. **Food Chemistry**, Barking, v.81, p.321-326, 2003.

KROKIDA, M. K.; MAROULIS, Z. B.; SARAVACOS, G. D. Rheological properties of fluid fruit and vegetable puree products: compilation of literature data. **International Journal of Food Properties**, v.4, n.2, p.179-200, 2001.

LAGO, C.C.; BERNSTEIN, A.; BRANDELLI, A.; NOREÑA, C.Z. Estudo do comportamento reológico, da atividade de água e do ponto de início de congelamento do suco de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) a diferentes concentrações. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 1-9, jan./mar. 2011.

LAGO, E. S.; GOMES, E.; SILVA, R. Produção de geléia de jambolão (*Syzygium cumini* Lamarck): processamento, parâmetros físico – químicos e avaliação sensorial. **Ciênc. Tecnol. Alim.**, v. 26, n. 4, p. 847-852, 2006.

LANDRUM, L. R.; KAWASAKI, M. L. The genera of Myrtaceae in Brazil: na illustrated synoptic treatment and identification keys. **Brittonia**, v.49, n. 4, p.508-536, 1997.

LEDERMAN, I.E.; BEZERRA, J.E.F;CALADO, G. **A pitangueira em Pernambuco**. Recife:IPA, 20p. (IPA. Documentos, 19), 1992.

LEOPOLD, J. Natural Tropical Botanical Garden. Disponível em: <http://ntbg.org/plants/plant_details.php?plantid=5067>. Acesso em: 26/03/2011.

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

LIM, Y.Y.; LIM, T.T; TEE, J.J. Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. **Food Chemistry**, Barking, v. 103, p. 1003-1008, 2007.

LIMA, V.L.A.G.; MÉLO, E.A.; MACIEL, M.I.S.; PRAZERES, F.G.; MUSSER, R.S.; LIMA, D.E.S. Total Phenolic carotenoid contents in acerola genotypes harvested at three ripening stages. **Food Chemistry**, Barking, v. 90, p.565-568, 2005.

LIMA, V.L.A.G.; MÉLO, E.A.; MACIEL, M.I.S.; SILVA, G.S. B.; LIMA, D.E.S. Fenólicos totais e atividade antioxidante do extrato aquoso de broto de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.). **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 53-57, 2004.

LIMA, V.L.A.G.; MÉLO, E.A.; LIMA, D.E.S. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 3, p. 447-450, 2002.

LIMA, R. M. F.; LUZ, J.A. M. Análise granulométrica por técnicas que se baseiam na sedimentação gravitacional: Lei de Stokes. **Rem: Rev. Esc. Minas**, Ouro Preto, v. 54, n. 2, Jun. 2001.

LINDEN, U.M. von der. The market for tropical juices in Europe. **Fruit Processing**. Schonborn, v.14, jul/ago., p.279-284, 2004.

LINO, C. F.; SIMÕES, L.L. **Avaliação do cumprimento das metas globais e nacionais de biodiversidade 2010 para a Mata Atlântica**. Editora RBMA, 147p., 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 352 p. 1998.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. Plantas medicinais no Brasil nativas e exóticas. Nova Odessa, SP: **Instituto Plantarum de Estudos da Flora** - Tabela Composição química da pitanga, 2002.

LOPES, A. S.; **Pitanga e acerola: estudo de processamento, estabilidade e formulação de néctar misto**. 193f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos, 2005.

LOPES, A. S.; MATTIETTO, R. A.; MENEZES, H. C.; Estabilidade da polpa de pitanga sob congelamento, **Cienc. Tecnol. Alim**. Campinas, v.25, n.3, p. 553-559, jul/set, 2005.

MACEIRAS, R.; LVAREZ, E.A.; CANCELA, M.A. Rheological properties of fruit purees: Effect of cooking. **Journal of Food Engineering**, v.80, p.763–769, 2007.

MACHADO, J.C.V. **Reologia e Escoamento de Fluidos – Ênfase na Indústria de Petróleo**. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

MACOSCO, C.W. **Rheology: principles, measurements and applications**. VCH Publishers, 1994.

MAGERRAMOV, M.A., ABDULAGATOV, A.I., AZIZOV, N.D., & ABDULAGATOV, I.M. Effect of temperature, concentration and pressure on the viscosity of pomegranate and pear juice concentrates. *Journal of Food Engineering*, v.80, n.2, p. 476-489, 2007.

MANACH, C.; SCALBERT, E.; MORAND, C.; RÉMESY, C.; JIMÉNEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **Am. J. Clin. Nutr.** v.79, p.727-747, 2004.

MANISH DAK, R.C. VERMA, G.P. SHARMA. Flow characteristics of juice of 'Totapuri' mangoes. **Journal of Food Engineering**, v. 76, n. 4, p. 557-561, out. 2006.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/exportacao>> Acesso em: 25/04/2011.

MARTÍNEZ-ORTEGA, M.V.; GARCÍA-PARRILLA, M.C.; TRONCOSO, A.M. Comparison of different sample preparation treatments for the analysis of wine phenolic compounds in human plasma by reversed phase high-performance liquid chromatography. **Anal Chem Acta**, v.502, n.1, p. 49-55, 2004.

MARTÍNEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M.J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v.51 n.1, p.5-18, 2000.

MARTINS, G.J.M. **Influência da dureza da água em suspensões de esmalte cerâmico**. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Faculdade de Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

MCCLEMENTS, J. Impact of electrostatic interactions on formation and stability of emulsions containing oil droplets coated by β -lactoglobulin-pectin complexes. **Agric. Food Chem.**, v.55, p.475-485, 2007.

MÉLO, E. A.; LIMA, V. L.; NASCIMENTO, P. P.; Temperatura no armazenamento de pitanga, **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 4, p. 629-634, out/dez, 2000.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; LEAL, F. L. L.; CAETANO, A.C. S.; NASCIMENTO, R.J. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 639-644, 2006.

MÉNDEZ, C.M.V.; FORSTER, M.P.; RODRIGUÉZ-DELGADO, M.A.; RODRIGUÉS, E.M.; ROMERO, C.D. Contenido d free phenolic compounds in bananas from Tenerife (Canary Island) na Ecuador. **European Food Research ans Techonoly**, Heidelberg, v.217, p. 287-290, 2003.

MEZADRI, T.; VILLAÑO, D.; FERNÁNDEZ-PACHÓN, M.S.; GARCIA-PARRILLA, M.C.; TRONCOSO, A.M. Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* CD.) fruits and derivatives. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v.21, n. 4, p.282-290, 2008.

MIYAZAWA, M.T. **Compostos voláteis da uvaia (*Eugenia pyriformis cambess*)**. 109f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista "JULIO DE MESQUITA FILHO", Araraquara, São Paulo, 2009.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. CALADO, V. (Trad.), 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 461p., 2003.

MOYER, R.A.; HUMMER, K.E.; FINN, C.E.; FREI, B.; WROLSTAD, R.E. Anthocyanins phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: vaccinium, rubus and ribes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.50, p.519-525, 2002.

NG, A.; WALDRON, K.W. Effect of steaming on cell wall chemistry of potatoes (*Solanum tuberosum*) in relation to firmness. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, n.9, p.3411-3418, 2002.

OCDE, 2011. Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, Disponível em http://www.oecd.org/document/0,3746,en_2649_201185_46462759_1_1_1_1,00.htm > Acesso em: 26/04/2011.

OKOTH, M.W., KAAHWA, A.R.; IMUNGI, J.K. The effect of homogenization, stabilizer and amylase on cloudiness of passion fruit juice. **Food Control**, v.11, p. 305-311, 2000.

OLIVEIRA, I.R.; STUDART, A.R.; PILEGGI, R.G.; PANDOLFELLI, V.C. **Dispersão e empacotamento de partículas, princípios e aplicações em processamento cerâmico**. São Paulo: Fazenda Arte Editorial, p.224, ISBN 85-86425-15-X. 2000.

OLIVEIRA, A. M.; HUMBERTO, M.M.S.; SILVA, J. M.; ROCHA, R. F. A.; SANT'ANA, A.E.G. Estudo fitoquímico e avaliação das atividades moluscicida e larvicida dos extratos da casca do caule e folha de *Eugenia malaccensis* L. (*Myrtaceae*). **Rev. bras. farmacogn.** v.16 supl.0, p. 618-624, Dez., 2006.

OLIVEIRA, J. C. S.; NEVES, I. A.; SOUSA, E. V.; SILVA, L. L. D.; SCHWARTZ, M. O. E.; CAMARA, C. A. G. **Composição química do óleo essencial de Eugenia uvalha Cambess (Myrtaceae)**. 30^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Águas de Lindóia, 2007. Disponível em: <http://sec.sbgq.org.br/cdrom/30ra/resumos/T0238-1.pdf> >. Acesso em: 23/03/2011.

ONGARATTO, R. S.; VIOTTO, L. A. Clarificação do suco de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) e concentração de carotenoides por microfiltração e ultrafiltração. **Braz. J. Food Technol.**, Preprint Series, n. 12, jun. 2009.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **OECD Economic Surveys: Brazil 2011**. OECD Publishing ,152p, 2011.

OSORIO, O; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N; MORAGA, G.; CARBONELL, J.V. Effect of thermal treatment on enzymatic activity and rheological and sensory properties of strawberry purees. **Food Sci Tech Int.**, v.14 (Supl. 5), p.103-108, 2008.

OSZMIAŃSKI, J.; WOJDYŁO, A.; KOLNIAK, J. Effect of l-ascorbic acid, sugar, pectin and freeze-thaw treatment on polyphenol content of frozen strawberries. **LWT - Food Science and Technology**, v.42, n. 2, p.581-586, mar.2009.

PARK, K.J.; LEITE, J.T.C. Disponível em: <<ftp://agr.unicamp.br/pub/disciplinas/fa20/.Reologia>> UNICAMP. Acesso em: 14/04/2011.

PELEGRINE, D.H. **Comportamento reológico das polpas de manga e abacaxi**. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – FEA, UNICAMP, Campinas, 1999.

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.

PELLEGRINI, N.; COLOMBI, B.; SALVATORE, S.; BRENNAN, O.V.; GALAVERNA, G.; DEL RIO, D.; BIANCHI, M.; BENNETT, R.N.; BRIGHENTI, F. Evaluation of some fruit and vegetable foods: efficiency of extraction of a sequence of solvents. **Journal of Science of Food and Agriculture**, London, v. 87, p.103-111, 2007.

PEREIRA, M.A. **Perfil cromatográfico das substâncias fenólicas presentes em extratos de mel de assa peixe e avaliação de seu poder antioxidante**. 77f. Trabalho de conclusão de curso (licenciatura), 2010. Graduação em Química. Universidade Rural do Rio de Janeiro, 2010.

PEREIRA, E.A.; BRANDÃO, E.M.; BORGES, S.V.; MAIA, M.C.A. Influence of concentration on the steady and oscillatory shear behavior of umbu pulp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.1, p.87–90, 2008.

PEREIRA, E.A.; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUEIREDO, R.M.F. Comportamento reológico de mel da abelha urucu (*Melípona scutellaris*, L.). **Revista Ciências Exatas e Naturais**, n.2, v.5, 2003.

PERRY, R. H.; CHILTON, C. H. **Manual de Engenharia Química**, Rio de Janeiro: Guanabara Dois, p. 3-53, 1986.

PERTUZATTI, R.H. **Compostos bioativos em diferentes variedades de mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade)**. 86f, Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Programa de pós-graduação em Ciência de Tecnologia de Alimentos, área Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, 2009.

PIETTA, P.G. Flavonoids as antioxidants. **J Nat Prod**, v. 63 n7, p. 1035-1042, 2000.

POLYDERA, A.C.; STOFOROS, N.G.; TAOUKIS, P.S. Quality degradation kinetics of pasteurised and high pressure processed fresh Navel orange juice: Nutritional parameters and shelf life. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.6, n.1, p.1-9, 2005.

PROCHNOW, M. **Parque Nacional das Araucárias e a Estação Ecológica da Mata Preta: Unidades de Conservação da Mata Atlântica** Rio do Sul: APREMAVI, 72p.: il.; 27cm ISBN: 978-85-88733-06-0, 2009.

QIN, L.; XU, S.; ZHANG, W. Effect of enzymatic hydrolysis on the yield of cloudy carrot juice and the effects of hydrocolloids on color and cloud stability during ambient storage. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v. 85, p.505-512, 2005.

RAMIREZ, R.M.; HENRIQUES, A.T.; RASEIRA, M.C.B.; ZUANAZZI, J.A. Estudo fitoquímico das frutas de *Psidium cattleianum* Sabine e *Eugenia pyriformis* Cambess. In: 32^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2011, Fortaleza. Disponível em:<sec.sbq.org.br/cdrom/32ra/resumos/T0113-1.pdf>. Acesso em: 12/09/2011.

RAMFUL, D.; TARNUS, E.; ARUOMA, O.I.; BOURDON, E.; BAHORUN, T. Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps. **Food Research International**, v.44, n. 7, p. 2088-2099, 2011.

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

RAO, M.A. Rheology of liquid foods – a review. **Journal of Texture Studies**, New York, v.8, n.2, p.135-168, 1977.

REITER, M.; NEIDHART, S.; CARLE, R. Sedimentation behavior and turbidity of carrot juices in relation to the characteristics of their cloud particles. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v. 83, p.745-751, 2003.

RESS, D.A. Structure conformation, and mechanism in the formation of polysaccharide gels networks. **Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry**, v. 24, p. 267-332, 1969.

RHAMAKRISHNA, C.; SRIPATHI, K.; SUNKI, R.Y. R. Rheological behavior of syrups containing sugar substitutes. **European Food Research and Technology**, v.218, n.4, p.345-348, 2004.

RIBEIRO, S.R.R.; BASBOSA, L.C.A.; QUEIROZ, J.H.; KNODLER, M. SCHIEBER, A. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. **Food Chemistry**, Barking, v.110, n.3, p.620-626, 2008.

RICE-EVANS, C, A.; MILLHER, N.J.; PAGANGA, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free radical Biology and Medicine**, New York, v.20, n.7, p.933-956, 1996.

RODRIGUES, H. G.; DINIZ, Y. S. A.; FAINE, L. A.; ALMEIDA, J. A.; FERNANDES, A.A.H.; NOVELLI, E.L.B. Suplementação nutricional com antioxidantes naturais: efeito da rutina na concentração de colesterol-HDL. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 3, p. 315-320, 2003.

ROSA, C.G.; JACQUES, A. C.; BUENO, F.M.; PESTANA-BAUER, V.R. Compostos fenólicos individuais de jabuticaba (*Myrciaria jabuticaba*) por clae. In: XIX Congresso de Iniciação Científica, 2010, Pelotas. Disponível em: <http://www.ufpel.edu.br/cic/2010/cd/pdf/CA/CA_00265.pdf>. Acesso em: 14/09/2011.

SAMPAIO, V.R. Poda em uvaieira (*Eugenia uvalha* CAMB.). **An. Esc. Super. Agric. Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 46, n. 1, 1989.

SANTANA, P.J.A. **Maturação, secagem e armazenamento de sementes de espécies de *Eugenia* (Myrtaeae)**. 81f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, 2007.

SANTOS, N.C. **Tabela de composição de alimentos: dados de flavonóides**. 178f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Programa de Nutrição Aplicada, São Paulo, 2009.

SANTOS, C. M. R.; FERREIRA, A. G.; ÁQUILA, M. E. A. Características de frutos e germinação de sementes de seis espécies de Myrtaceae nativas do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 13-20, jul./dez.2004.

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

SATO, A.C.K. **Influência do tamanho de partículas no comportamento reológico da polpa de jaboticaba**. 86p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) UNICAMP, Campinas, 2005.

SCALON, S.P.Q.; SCALON FILHO, H.; RIGONI, M.R. Armazenamento e germinação de sementes de uvaia *Eugenia uvalha* Cambess. Lavras: **Ciênc. Agrotec.**, v.28, n.6, p.1228-1234, 2004a.

SCALON, S.P.Q.; DELL'OLIO, P.; FORNASIERI, J.L. Temperatura e embalagens na conservação pós-colheita de uvaia *Eugenia uvalha* Cambess.- *Mirtaceae*. Santa Maria: **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1965-1968, 2004b.

SCALON, S.P.Q.; SCALON FILHO, H.; RIGONI, M.R.; VERALDO, F. Germinação e crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de sombreamento. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, dez. 2001 .

SCHARAMM, G.A. **A practical approach to rheology and rheometry**. 2nd edition, Karlsruhe, Germany, 2000.

SCHMEDA-HIRSCHMANN, G.; THEODULOZ, C.; FRANCO, L.; FERRO, E.; ARIAS, A.R. Preliminary pharmacological studies on *Eugenia uniflora* leaves: xanthine oxidase inhibitory activity. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 21, n. 2, p. 83-186, 1987.

SEIFRIED, H. E.; ANDERSON, D.E.; FISHER, E. I.; MILNER, J.A. A review of the interaction among dietary antioxidants and reactive oxygen species. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 18, p.567-579, 2007.

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

SILVA, V. M.; SATO, A. C. K.; BARBOSA, G.; DACANAL, G.; VELÁSQUEZ, H. J. C.; CUNHA, R. L. The effect of homogenization on the stability of Pineapple Pulp, **International Journal of Food Science & Technology**, v.45, n.10, p.2127–2133, 2010.

SILVA, N. M. C. **Propriedades termofísicas e comportamento reológico da polpa de jenipapo (*Genipa americana* L.)** 56p. Mestrado (Dissertação em Engenharia de Alimentos)– Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, Itapetinga-Ba, 2008.

SILVA, S. M. Pitanga. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, Apr. 2006 .

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

SILVA, E.M.F.S. **Estudos sobre o mercado de frutas**. FIPE, p.373, 1999.

SILVA, A. de P. V. da.; MAIA, G.A.; OLIVEIRA, G.S.F. de; FIGUEIREDO, R.W. de; BRASIL, I.M. Estabilidade do suco clarificado de cajá (*Spondias lutea* L.) mediante emprego de enzimas pectinolíticas e agentes "fining". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n.11, 1998.

SILVESTRE, R. G.; NEVES, I. A.; MORAES, M. M.; GOMES, C. A.; NASCIMENTO, R. M.; JÚNIOR, C.P.A.; CÂMARA, C. A. G. **Atividade fumigante do óleo essencial de *Eugenia uvalha* Cambess. E *Melaleuca leucadendron* L. (*Myrtaceae*) contra o ácaro rajado**. 31ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Águas de Lindóia, 2008. Disponível em: <<http://sec.sbg.org.br/cdrom/31ra/resumos/T0224-2.pdf>> Acesso em: 23/03/2011.

SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. **Am. J. Enol. Vitic.**,v.16, p.144-158, 1996.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n.1, p.71-81, 2002.

SOLER, M. P.; SANTANA, L. R.; DE MARTIN, Z. J. Estudo da estabilidade física do leite de coco do tipo comercial. **Boletim do ITAL**, Campinas, v.23, n.4, p.391-407, 1986.

SOUZA, H.; GURGEL, R.; TEIXEIRA, G.; CAVALLARI, L.; RODRIGUES, H.; MENDONÇA, V. Adubação nitrogenada e fosfatada no desenvolvimento de mudas de uvaia (*Eugenia uvalha*). **Bioscience Journal**, América do Norte, v. 25, fev. 2009. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6827/4517>> Acesso em: 26/04/2011.

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

STIEVEN, A. C.; MOREIRA, J. J. S.; SILVA, C. F. Óleos essenciais de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess): avaliação das atividades microbiana e antioxidante. **Ecl. Quím.**, São Paulo, v.34, n.3, p.7-13, 2009.

STOLLE-SMITS, T.; BEEKHUIZEN, J.G.; RECOURT, K.; VORAGEN, A.G.J.; DIJK, C. van. Changes in pectic and hemicellulosic polymers of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during industrial processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, n.12, p.4790-4799, 1997.

SUGAI, A. Y. **Processamento descontínuo de purê de manga (*Magifera indica* Linn), variedade Haden: estudo da viabilidade do produto para pronto consumo**. 82f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2002.

TABILO-MUNIZAGA, G.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Rheology for the food industry. **Journal of Food Engineering**, v. 67, p. 147-156, 2005.

TANGLERTPAIBUL, T.; RAO, M.A. Rheological properties of tomato concentrates as affected by particle size and methods of concentration. **Journal of Food Science**, Chicago, v.52, n.1, p.141-145, 1987.

TARNAWSKI, M.; DEPTA, K.; GREJCIUN, D.; SZELEPIN, B. HPLC determination of phenolic acids and antioxidant activity in concentrated peat extract – a natural immunomodulator. **J Pharm Biomed Anal**, v.41, n.1, p.182-1888, 2006.

TEIXEIRA, L.J.Q.; RAMOS, A. M.; MARTÍN-BELLOSO, O. Avaliação durante a estocagem do suco de cenoura processado por campos elétricos pulsados de alta intensidade (cepai) e por tratamento térmico. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.10, n.2, p.149-162, 2008.

TÉLESPHORE, M.; HE, Q. Optimization of processing parameters for cloudy passion fruit juice processing using pectolytic and amylolytic enzymes. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 8, n.11, p.1806-1813, 2009.

TERRA DA GENTE, 2001. **Revista Terra da Gente**. Disponível em: <<http://eptv.globo.com/terradagente/0,0,4,65%3B7,uvaia.aspx>> Acesso em: 26/03/2011.

THEODULOZ, C.; FRANCO, L.; FERRO, E.; HIRSCHMANN, G.S. Xanthine oxidase inhibitory activity of Paraguayan Myrtaceae. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 24, n. 2-3, p. 179-183, 1988.

TOCCHINI, R.P.; NISIDA, A.L.A.C.; MARTIN, Z.J. **Industrialização de polpas, sucos e néctares de frutas**. Campinas: ITAL, 85p. 1995.

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

TORRALLES, R.P.; MALGARIM, M.B.; VENDRUSCOLO, J.L.; CANTILLANO, R.F.F.; TREPTOW, R.O. Um estudo para compreender a preferência e aceitação de consumidores de purês de pêssegos brasileiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 397-401, 2006.

TORRES, L.B.V.; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUEIRÊDO, R.M.F. **Viscosidades aparentes de polpas de umbu-cajá**. In: Congresso brasileiro de engenharia agrícola, v.33, São Pedro. Anais... Jaboticabal: SBEA, 2004. CDROM.

VALLEJO, F.; MARÍN, J.G.; TOMÁS-BARBERÁN, A.F. Phenolic compound content of fresh and dried figs (*Ficus carica* L.). **Food Chemistry**, v. 130, n.3, 1 p.485-492, 2012.

VANDRESEN, S.; MARA, G.N. Q.; JOSE, A.R.S.; DACHAMIR, H. Temperature effect on the rheological behavior of carrot juices, **Journal of Food Engineering**, v. 92, n. 3, p.269-274, Jun. 2009.

VASQUES, C.T. **Reologia do suco de goiaba: efeito da diluição e do tamanho de partícula**. 74f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Área de desenvolvimento de processos da indústria de alimentos - Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

VELIOGLU, Y.S.; MAZZA, G.; GAO, L.; OOMAH, B.D. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.46, p.4113-4117, 1998.

VENDRAMINI, A.L.A.; TRUGO, L.C. Phenolic compounds in acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.) **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 15, n.5, p.664-668, 2004.

VENDRÚSCULO, A.T. **Comportamento reológico e estabilidade física de polpa de carambola (*Averrhoa carambola* L.)**. 90f Dissertação Mestrado em Engenharia de Alimentos), Área de desenvolvimento de processos da indústria de alimentos - Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

VIDAL, R.M. **Estudo reológico do suco de manga: efeito dos sólidos solúveis**. 81p. Diissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). UNICAMP, Campinas, 1997.

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.

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

VITALI, A.A. **Comportamento reológico de purê de goiaba (*Psidium guajava* L.) em função da concentração e temperatura**. 151f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1981.

VRIESMANN, L. C. **Extração, caracterização e aspectos reológicos de polissacarídeos da polpa dos frutos de Theobroma grandiflorum (Cupuaçu)**. 118f Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

WEN, L.; WROLSTAD, R.E. Phenolic composition of authentic pineapple juice. **Food Chemistry and Toxicology**, Corvallis, v.67, n.1, p.155-161, 2002.

WILLIAMS, R.J.; SPENCER, J.P.E.; RICE-EVANS, C. Flavonoids antioxidants or signaling molecules? **Free Radical Biology & Medicine**, v. 36, n.7, p. 838-849, 2004.

ZHENG, Y.; WANG, S. Y.; WANG, Y.C.; ZHENG, W. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. **LWT - Food Science and Technology**, v. 40, n. 1, p.49-57. Jan. 2007.

APÊNDICE

Resultados Experimentais

TABELA A. 1 - DADOS EXPERIMENTAIS DE TENSÃO DE CISALHAMENTO E TAXA DE CISALHAMENTO PARA POLPA DE UVAIA INTEGRAL (REÔMETRO DV III ULTRA E ROTOR SC4-34)*

Taxa de cisalhamento (s^{-1})	Temperatura ($^{\circ}C$)					
	10	20	30	40	50	60
	Tensão de cisalhamento (Pa)					
1,00	19,68	18,15	13,87	13,05	12,39	8,11
4,50	24,68	24,47	18,81	17,85	14,53	9,33
8,00	27,94	26,77	20,91	20,09	15,70	11,22
11,50	31,00	29,37	22,54	21,57	17,85	13,87
15,00	33,50	31,66	24,63	23,91	18,51	15,55
18,50	35,79	34,06	25,85	25,44	19,78	16,62
22,00	37,94	35,90	26,82	26,46	20,60	16,97
25,50	39,77	37,48	27,79	27,18	20,75	17,49
29,00	41,40	38,75	28,71	27,59	20,75	17,54
32,50	42,93	39,92	29,47	28,10	20,96	17,54
36,01	44,41	40,94	30,08	28,50	21,16	17,44
39,51	45,64	43,70	30,85	28,96	21,16	17,59
43,01	46,91	42,88	31,51	29,37	21,36	17,49
46,51	48,18	43,80	32,07	29,68	21,47	17,49
50,01	49,36	44,67	32,58	30,03	21,57	17,54
53,52	50,43	45,58	33,14	30,44	21,52	17,54
56,98	51,60	46,50	33,65	30,75	21,57	17,54
60,49	52,77	47,27	34,06	31,05	21,62	17,54
63,99	53,95	48,03	34,47	31,36	21,57	17,59
67,49	54,92	48,90	34,77	31,51	21,57	17,54
70,99	55,88	49,61	35,08	31,72	21,52	17,59
74,49	56,75	50,28	35,28	31,92	21,57	17,64
78,00	57,46	50,79	35,44	32,02	21,62	17,69
81,50	57,92	51,14	35,59	32,12	21,77	17,74
85,00	58,43	51,45	35,74	32,28	21,82	17,74

* Dados experimentais média de dois ensaios

TABELA A. 2 - DADOS EXPERIMENTAIS DE TENSÃO DE CISALHAMENTO E TAXA DE CISALHAMENTO PARA POLPA DE PITANGA INTEGRAL (REÔMETRO DV III ULTRA E ROTOR SC4-34)*

Taxa de cisalhamento (s^{-1})	Temperatura ($^{\circ}C$)					
	10	20	30	40	50	60
	Tensão de cisalhamento (Pa)					
1,00	32,17	26,00	24,07	20,91	15,19	17,49
4,50	51,35	44,36	36,97	37,22	23,20	21,98
8,00	56,75	49,46	42,58	41,40	31,97	26,11
11,50	62,72	55,88	47,93	44,62	35,95	29,17
15,00	67,46	60,47	51,09	47,06	37,27	30,75
18,50	71,44	64,14	55,63	49,77	40,33	32,12
22,00	75,11	66,85	58,18	51,80	42,12	33,96
25,50	77,71	69,04	59,86	52,82	43,90	35,59
29,00	80,41	70,82	61,19	53,69	44,82	37,17
32,50	83,01	72,71	62,46	54,30	45,38	37,58
36,01	85,25	74,44	63,89	54,81	45,69	37,63
39,51	87,50	76,13	65,16	55,27	45,99	37,83
43,01	89,59	77,71	66,23	55,99	46,25	37,73
46,51	91,68	79,08	67,36	56,65	46,45	37,58
50,01	93,41	80,77	68,33	57,46	46,71	37,53
53,52	95,25	82,25	69,35	58,08	46,96	37,48
56,98	96,93	83,67	70,31	58,64	47,11	37,53
60,49	98,51	87,29	71,38	59,30	47,52	37,63
63,99	100,40	87,04	72,40	59,71	47,88	37,63
67,49	102,30	88,47	73,27	60,42	48,44	37,63
70,99	104,07	89,94	74,44	60,93	49,75	37,63
74,49	105,85	91,37	75,46	61,39	49,15	37,73
78,00	107,49	92,55	76,38	61,80	49,56	37,83
81,50	109,17	93,87	77,25	62,26	49,77	38,09
85,00	110,95	94,84	77,96	62,82	50,02	38,29

* Dados experimentais média de dois ensaios

TABELA A. 3 - DADOS EXPERIMENTAIS DE TENSÃO DE CISALHAMENTO E TAXA DE CISALHAMENTO PARA POLPA DE UVAIA CENTRIFUGADA (REÔMETRO DV III ULTRA E ROTOR SC4-18)*

Taxa de cisalhamento (s^{-1})	Temperatura (°C)					
	10	20	30	40	50	60
	Tensão de cisalhamento (Pa)					
1,00	0,12	0,12	0,20	0,16	0,08	0,30
14,70	0,55	0,24	0,14	0,26	0,38	0,20
28,42	0,59	0,51	0,40	0,20	0,20	0,30
42,12	1,03	0,69	0,55	0,51	0,53	0,32
55,84	1,15	0,97	0,71	0,57	0,57	0,57
69,54	1,43	1,09	0,89	0,71	0,69	0,65
83,25	1,62	1,29	1,03	0,85	0,81	0,65
96,95	1,70	1,50	1,19	0,97	0,95	0,79
110,67	1,98	1,72	1,35	1,19	1,07	0,91
124,37	2,26	1,86	1,48	1,29	1,17	1,01
138,07	2,49	2,08	1,72	1,46	1,31	1,15
151,80	2,93	2,26	1,80	1,56	1,45	1,21
165,53	2,93	2,36	2,00	1,73	1,52	1,33
179,26	3,29	2,59	2,18	1,88	1,74	1,41
192,85	3,56	2,73	2,34	1,98	1,78	1,62
206,58	3,80	2,93	2,42	2,14	1,86	1,76
220,31	3,96	3,09	2,51	2,20	1,96	1,90
234,04	4,20	3,29	2,69	2,40	2,04	2,12
247,76	4,39	3,44	2,79	2,43	2,24	2,22
261,49	4,79	3,62	2,97	2,71	2,36	2,32
275,22	5,03	3,82	3,17	2,89	2,69	2,53
288,82	5,23	3,96	3,33	3,09	2,85	2,71
302,54	5,50	4,20	3,64	3,33	3,09	2,91
316,27	5,70	4,36	4,00	3,64	3,33	3,13
330,00	5,94	4,51	4,34	3,96	3,56	3,35

* Dados experimentais média de dois ensaios

TABELA A. 4 - DADOS EXPERIMENTAIS DE TENSÃO DE CISALHAMENTO E TAXA DE CISALHAMENTO PARA POLPA DE PITANGA CENTRIFUGADA (REÔMETRO DV III ULTRA E ROTOR SC4-18)*

Taxa de cisalhamento (s^{-1})	Temperatura (°C)					
	10	20	30	40	50	60
	Tensão de cisalhamento (Pa)					
1,00	0,20	0,20	0,08	0,18	0,26	0,04
14,70	0,73	0,30	0,44	0,14	0,30	0,16
28,42	1,13	0,87	0,61	0,57	0,32	0,48
42,12	1,54	1,03	0,71	0,61	0,63	0,40
55,84	1,98	1,37	1,13	0,85	0,93	0,57
69,54	2,34	1,62	1,19	1,17	1,05	0,75
83,25	2,69	1,88	1,45	1,35	1,17	0,95
96,95	2,99	2,18	1,70	1,52	1,29	1,07
110,67	3,42	2,45	1,92	1,68	1,45	1,21
124,37	3,86	2,69	2,14	1,86	1,56	1,25
138,07	4,28	2,93	2,32	2,04	1,86	1,43
151,80	4,69	3,23	2,59	2,06	2,00	1,56
165,53	5,09	3,46	2,67	2,40	2,10	1,66
179,26	5,48	3,74	2,99	2,40	2,32	1,84
192,85	5,94	4,02	3,19	2,67	2,38	1,92
206,58	6,30	4,28	3,44	2,81	2,57	2,04
220,31	6,67	4,57	3,56	3,03	2,59	2,18
234,04	7,17	4,53	3,82	3,15	2,73	2,34
247,76	7,54	5,09	4,04	3,39	2,85	2,47
261,49	8,08	5,40	4,20	3,60	3,17	2,71
275,22	8,45	5,64	4,43	3,64	3,37	2,95
288,82	8,89	5,98	4,65	3,92	3,52	3,13
302,54	9,26	6,24	4,83	3,98	3,72	3,40
316,27	9,78	6,53	5,11	4,28	4,08	3,64
330,00	10,14	6,83	5,33	4,63	4,28	3,98

* Dados experimentais média de dois ensaios