



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**LÍCIA MARA MARINHO DA SILVA**

**COMPORTAMENTO REOLÓGICO E CARACTERIZAÇÃO  
FÍSICO-QUÍMICA DE POLPA E GELEIA DE UMBU  
(*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**

**Florianópolis/SC  
2013**



**LÍCIA MARA MARINHO DA SILVA**

**COMPORTAMENTO REOLÓGICO E CARACTERIZAÇÃO  
FÍSICO-QUÍMICA DE POLPA E GELEIA DE UMBU**  
*(Spondias tuberosa Arruda Câmara)*

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Alimentos.

**Orientador:** Prof. Dr. José Antônio Ribeiro

**Coorientador:** Prof<sup>a</sup>. M.Sc. Ana Rita Leandro dos Santos

Florianópolis/SC  
2013

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Silva, Lícia Mara Marinho da

S586c      Comportamento reológico e caracterização físico-química de polpa e geleia de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) / Lícia Mara Marinho da Silva ; orientador, José Antônio Ribeiro; co-orientadora, Ana Rita Leandro dos Santos. - Florianópolis, SC, 2013.  
107 p.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos.

Inclui referências

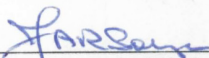
1. Engenharia de Alimentos. 2. geleias de umbu. 3. polpa de umbu. 4. reologia. 5. viscosidade. I. Ribeiro, José Antônio. II. dos Santos, Ana Rita Leandro. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. IV. Título.

**“Comportamento reológico e caracterização físico-química de polpa e geleia de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)”**

Por

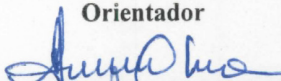
**Licia Mara Marinho da Silva**

Dissertação julgada para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Alimentos**, área de Concentração de **Desenvolvimento de Processos da Indústria de Alimentos**, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina.



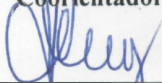
Prof. Dr. José Antonio Ribeiro de Souza

**Orientador**



Profa. Msc. Ana Rita Leandro dos Santos

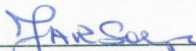
**Coorientadora**



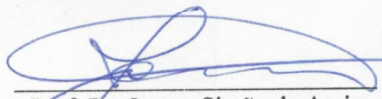
Prof. Dr. João Borges Laurindo

**Coordenador**

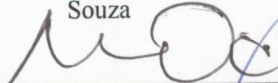
**Banca Examinadora:**



Prof. Dr. José Antonio Ribeiro de Souza



Prof. Dr. Joston Simão de Assis



Prof. Dr. Ayres Ferreira Morgado



Profa. Dra. Alcilene Rodrigues Monteiro Fritz

**Florianópolis, 18 de abril de 2013.**



*Este trabalho é dedicado aos  
meus colegas de classe e  
meus queridos pais.*





## AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo o que tem me concedido na vida.

Aos meus pais e toda a minha família, pela força, carinho e amor.

Ao meu Orientador Prof. Dr. José Antonio Ribeiro de Souza pela valiosa orientação e paciência.

Aos meus Colegas do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos/ MINTER e DINTER: Alcidênio, Aniely, Ana Paula, Beatriz, Bernadete, Cleciene, Fabiana, Henrique, Izabel Cristina, Luiz Carlos, Marcelo Hiran, Marcelo Olinda, Marcos, Páulia Maria, Raquel e Salete.

À Coordenadora do Curso Prof<sup>ª</sup> Luciana Cavalcanti Azevedo e toda equipe do IF Sertão Pernambucano, Campus Petrolina-PE e Zona Rural, especialmente à minha Coorientadora Prof<sup>ª</sup> Ana Rita Leandro dos Santos.

Aos meus colegas de trabalho da Embrapa Semiárido, especialmente os do meu setor: Alonso, Andréa, Dora, Elias, Enyomara, Killiane e Mizael, pelo apoio e incentivo.

Aos mestrandos e doutorandos em Engenharia de Alimentos da UFSC, especialmente os que atuam no PROFI e na Central de Análises.

À Verônica Moreno Arguello, doutoranda em Engenharia de Materiais, pela colaboração e toda a equipe do CERMAT, da UFSC.

Aos Professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos da UFSC.

À Raquel, Secretária do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos e a todos que fazem a UFSC.



SILVA, Lícia Mara Marinho da. **Comportamento reológico e caracterização físico-química de polpa e geleia de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**. 2013. 107f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar a reologia e a caracterização físico-química da polpa e da geleia de umbu produzidas pela Cooperativa Agropecuária Familiar de Canudos, Uauá e Curaçá - COOPERCUC e pela ACOPRI – Associação Comunitária dos Produtores Rurais do Icozeiro, Projeto Pontal, Petrolina-PE visando contribuir para o aperfeiçoamento tecnológico dos seus derivados: geleia e doce. Foram realizadas análises reológicas, utilizando-se os modelos de Ostwald-de Waelle, Herschel- Bulkley, Casson e Bingham, para avaliar o comportamento do fluido nas faixas de temperatura de 10 a 80 °C. Tanto a polpa quanto as geleias apresentaram comportamento não newtoniano e pseudoplástico, e o modelo de Herschel-Bulkley foi o que apresentou melhor resultado para descrever as constantes reológicas nas condições aplicadas neste estudo. A temperatura influenciou diretamente na viscosidade aparente, à medida em que se elevou a temperatura obtiveram-se viscosidades mais baixas. Determinou-se a textura no doce e nas geléias por meio de testes de TPA (Texture Profile Analysis), cujos resultados obtidos indicaram que o doce de umbu apresentou maior dureza e adesividade em relação às geleias analisadas. Os valores de pH determinados para a polpa de umbu oscilaram entre 2,32 e 2,47, muito próximos aos valores encontrados na literatura para esses produtos, bem como os teores de sólidos solúveis. Os resultados das análises de cor nos produtos estudados mostraram-se compatíveis com os apresentados na literatura. No entanto os parâmetros indicadores de cromaticidade variaram significativamente entre ambas as geleias. Os valores determinados para aw (atividade de água) foram elevados na polpa e na compota de umbu, quando comparados aos das geleias.

**Palavras-chave:** Polpa de Umbu. Reologia. Geleias de Umbu. Viscosidade.



## ABSTRACT

The objective of this work was to study the rheology and the physicochemical characterization of pulp and jelly umbu produced by Agricultural Cooperative of Family Canudos, Uauá and Curaçá – COOPERCUC and the Community Association of Rural Producers of Icozeiro – ACOPRI, Pontal Project, Petrolina- PE to contribute for the technological improvement of its derivatives: jam and sweet. Rheological analyzes were performed, using the models of Ostwald-de Waele, Herschel-Bulkley, Casson and Bingham, to evaluate the behavior of the fluid in the temperature range 10 – 80 °C. Both the pulp and jellies presented pseudoplastic behavior and the Herschel-Bulkley model showed the best result to describe the rheological constants in the conditions applied in this study. The temperature influenced directly on the apparent viscosities are obtained lower. It was determined in the texture and sweet jellies through TPA (Texture Profile Assessment), whose results indicated that the sweet umbu showed higher hardness and adhesiveness with respect to jellies analyzed. The pH values determined for umbu ranged between 2.32 and 2.47, very close to those found in the literature for these products as well as soluble solids. Results for analyzes of color in the products showed are compatible with those presented in the literature. However indicators chromaticity parameters varied significantly between both jams. The values determined for aw ( water activity) were elevated in the pulp and jam umbu when compared to the jams.

**Keywords:** Umbu Pulps. Rheology. Umbu Jellies. Viscosity.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Classificação dos fluidos dependentes do tempo. ....	45
<b>Figura 2</b> - Coordenadas do sistema CIELAB, 2004. ....	49
<b>Figura 3</b> - Polpa de umbu centrifugada, fase 1 e 2. ....	61
<b>Figura 4</b> - Geleias de umbu, 1 e 2. ....	62
<b>Figura 5</b> - Gráfico de TPA em doce em massa de umbu produzido pela COOPERCUC. ....	73
<b>Figura 6</b> - Reograma da viscosidade da polpa de umbu na fase 1 nas temperaturas de 10 a 80 °C. ....	78
<b>Figura 7</b> - Reograma da polpa de umbu na fase 2 nas temperaturas de 10 a 80 °C. ....	79
<b>Figura 8</b> - Reograma da polpa integral nas temperaturas de 10 a 80 °C. ....	79
<b>Figura 9</b> - Reograma da geleia de umbu tipo 1 a 20° C. ....	80





## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Concentração de nutrientes (PPM) nas diferentes partes do umbuzeiro ( <i>Spondias tuberosa</i> Arr.Câmara).....	28
<b>Tabela 2</b> - Composição físico-química da polpa de umbu. ....	30
<b>Tabela 3</b> - Composição em 100 g do fruto do umbu cru. ....	31
<b>Tabela 4</b> - Composição centesimal do umbu segundo a literatura. ....	31
<b>Tabela 5</b> - Concentrações de Cálcio, Ferro e Fósforo (mg/100 g) em polpa de umbu segundo determinação dos autores. ....	32
<b>Tabela 6</b> - Informações nutricionais em 100 g de pickles (xilopódio) cru de umbu. ....	32
<b>Tabela 7</b> - Composição de polpa ou purê de Cajá. ....	34
<b>Tabela 8</b> - Mercado institucional do Estado de Pernambuco (hospitais públicos, secretarias, fundações, autarquias e outros órgãos públicos). Principais tipos de polpas de frutas e quantidades comercializadas em 2010. ....	36
<b>Tabela 9</b> - Cotações de preço do kg de umbu (fruto) pagos aos extrativistas no Estado da Bahia (R\$/kg), safras de 2008, 2009 e 2010. ....	37
<b>Tabela 10</b> - Preço recebido pelos produtores – R\$/kg de umbu (mensal). ....	38
<b>Tabela 11</b> - Taxas de cisalhamento típicas para processos industriais..	40
<b>Tabela 12</b> - Modelos reológicos usados nos ajustes das curvas de escoamento dos fluidos alimentícios .....	42
<b>Tabela 13</b> - Resultados das análises físico-químicas de produtos derivados de umbu. ....	70
<b>Tabela 14</b> - Resultados das análises de cor em derivados de umbu. ....	71
<b>Tabela 15</b> - Médias das análises de perfil de textura para as amostras de doce em massa e geleias de umbu.....	72

<b>Tabela 16</b> - Parâmetros e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) dos modelos reológicos ajustados aos reogramas da polpa de umbu centrifugada na fase 1 (purê). .....	75
<b>Tabela 17</b> - Parâmetros e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) dos modelos reológicos ajustados aos reogramas da polpa de umbu centrifugada na fase 2 (suco). .....	76
<b>Tabela 18</b> - Parâmetros e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) dos modelos reológicos ajustados aos reogramas da polpa de umbu integral. ....	77
<b>Tabela 19</b> - Parâmetros e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) dos modelos reológicos ajustados aos reogramas das geleias de umbu a 20° C. ....	78

## LISTA DE ABREVIATURAS E UNIDADES

$a^*$	- Parâmetro indicador de cromaticidade do verde (-) ao vermelho (+)
AD	- Adesividade (g.s)
$b^*$	- Parâmetro indicador de cromaticidade do azul (-) ao amarelo (+)
$C^*$	- Croma
Dp	- Desvio padrão
FA	- Força de adesão (g)
GL	- Graus de liberdade
H	- Tonalidade cromática
$K$	- Índice de consistência (Pa.s <sup>n</sup> )
KC	- Viscosidade plástica de Casson (Pa.s)
$K_{OHB}$	- Viscosidade plástica de Hershel-Bulkley (Pa.s)
KM	- Índice de consistência (Pa1/2sn)
$K_{OC}$	- Tensão inicial (Pa)
$K_{OM}$	- Raiz quadrada da tensão inicial de cisalhamento (Pa1/2)
$L^*$	- Luminosidade
LC	- Limite de confiança
MQ	- Média quadrática
$n$	- Índice de comportamento do escoamento (adimensional)
$R^2$	- Coeficiente de determinação
SQ	- Soma quadrática dos resíduos
SQtotal	- Soma quadrática total dos fatores
$X^2$	- Chi-quadrado
$\Delta E^*$	- Variação total da cor
$\mu$	- Viscosidade (Pa.s)
$\gamma$	- Taxa de deformação (s <sup>-1</sup> )
$\eta_{ap}$	- Viscosidade aparente (Pa.s)
$\tau$	- Tensão de cisalhamento (Pa)
$\tau_0$	- Tensão inicial de cisalhamento (Pa)



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
1.1 OBJETIVOS .....	22
1.1.1 Objetivos Gerais.....	22
1.1.2 Objetivos específicos.....	22
1.2 JUSTIFICATIVAS.....	22
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>25</b>
2.1 Umbu .....	25
2.1.1 Aspectos botânicos, agrônômicos e fisiológicos.....	25
2.1.2 Doces em massa e geleias de umbu.....	28
2.1.3 Composição química e nutricional do umbu .....	30
2.1.3.1 Vitamina C .....	32
2.1.4 Polpa de Frutas .....	33
2.1.4.1 Características gerais das polpas de frutas.....	33
2.2 Importância Econômica e Potencial de Uso .....	34
2.3 Reologia .....	38
2.3.1 Modelos reológicos .....	41
2.3.1.1 Classificação dos fluidos alimentícios quanto ao seu comportamento reológico .....	42
2.3.1.2 Viscosimetria.....	45
2.4 Propriedades Físicas .....	47
2.4.1 Cor .....	47
2.4.2 Textura .....	51
2.4.3 Propriedades físico-químicas.....	53
2.4.3.1 pH e acidez titulável (AT).....	53
2.4.3.2 Brix e Sólidos Solúveis.....	54
2.4.3.3 Açúcares solúveis totais e açúcares redutores .....	55
2.5 Atividade de água.....	56
2.6 Análise microbiológica.....	57
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>61</b>
3.1 Matéria-prima.....	61
3.2 Análises físico-químicas e físicas.....	62
3.2.1 Ph .....	62
3.2.2 Acidez titulável e sólidos solúveis.....	62

3.2.3 Atividade de água ( $a_w$ ) .....	62
3.2.4 Cor .....	63
3.2.5 Análise Instrumental de Textura – TPA ( <i>Texture Profile Analysis</i> ).....	63
3.3 Medidas de parâmetros reológicos da polpa e da geleia de umbu ( <i>Spondias Tuberosa</i> Arruda Câmara).....	64
3.4 Análise Estatística .....	64
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>69</b>
4.1 Caracterização Físico-Química: Acidez titulável, sólidos solúveis, pH e atividade de água ( $a_w$ ) .....	69
4.2 Análise de Cor.....	71
4.3 Análise Instrumental de Textura – TPA ( <i>Texture Profile Analysis</i> ).....	72
4.4 Análise dos dados reológicos .....	74
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>83</b>
<b>6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>85</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>87</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>101</b>
APÊNDICE A – Reograma da polpa de umbu – fase 1, 10° C, 20°C, 30°C e 80°C .....	103
APÊNDICE B – Tabela dos Resultados Experimentais de tensão de cisalhamento e taxa de cisalhamento para a polpa de umbu fase 1 (Purê)*.....	105
APÊNDICE C – Tabela dos Resultados Experimentais de tensão de cisalhamento e taxa de cisalhamento para a polpa integral de umbu* .....	106
APÊNDICE D – Tabela dos Resultados Experimentais de tensão de cisalhamento e taxa de cisalhamento para a polpa de umbu fase 2 (Suco)* .....	107

# 1 INTRODUÇÃO

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) é uma planta xerófila, nativa da região semiárida, pertencente à família Anacardiaceae, de grande importância para as populações rurais. O extrativismo do seu fruto é uma das principais fontes de renda dos agricultores principalmente no período de sua safra, que ocorre entre os meses de dezembro a maio (CAVALCANTI *et al.*, 2004). Fruto típico do bioma caatinga, de ocorrência em todo o semiárido, apresenta maior potencial produtivo nos estados da Bahia, Pernambuco e Paraíba (LIMA, 2010). O Estado da Bahia é o maior produtor brasileiro com produção nas mesorregiões Centro-Sul, Centro-Norte, Nordeste e Vale do São Francisco. E nos Estados da Paraíba e Pernambuco, a produção abrange as regiões do agreste ao sertão.

Segundo Mattiello (2007), as tendências do setor alimentício são ditadas pelo mercado consumidor, que cada vez mais vem buscando adquirir produtos saudáveis e de alta qualidade sensorial. Neste sentido, o umbu está sendo bastante comercializado no Norte e Nordeste do Brasil, devido à preferência dos consumidores pelo seu sabor exótico e elevado teor de vitamina C. Além disso, o umbu contém substâncias biologicamente ativas como clorofila, carotenóides, flavonóides e outros compostos fenólicos, sendo considerado um fruto com potencial antioxidante natural com atividade de proteção ou de inibição de oxidação de 87, 74 % a 91,59%, bem próximo ao apresentado pelo Trolox, um antioxidante sintético, que é de 92,65%, conforme pesquisas realizadas na Embrapa Semiárido (DANTAS JUNIOR, 2008). Assim, o desenvolvimento de produtos à base deste fruto mostra-se como uma opção bastante interessante, pelo sabor característico e valor nutricional (RESENDE *et al.*, 2000), podendo ser uma forma de agregação de valor ao produto e conseqüentemente geração de renda para os agricultores do semiárido que sobrevivem desta atividade.

Apesar do grande potencial de produção do umbuzeiro no Nordeste brasileiro, na literatura dispõe-se ainda de poucos estudos que abordem as propriedades reológicas, que proporcione ajustes adequados às projeções de tubulações e equipamentos, no controle de qualidade da indústria, e a análise de variáveis que podem influenciar nas características dos produtos obtidos.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivos Gerais

O objetivo principal deste trabalho foi estudar a reologia da polpa e da geléia de umbu produzidas pela COOPERCUC e pela ACOOPRI, visando contribuir para o aperfeiçoamento tecnológico dos seus derivados: geléia e doce.

Para a realização deste estudo faz-se necessário:

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar características físico-químicas da polpa de umbu que se relacionem com o comportamento reológico;
- Aplicar os modelos de Ostwald-de Walle, Herschel-Bulkley, Casson e Bingham para descrever o comportamento reológico da polpa e da geléia de umbu;
- Avaliar as propriedades reológicas, descrevendo o comportamento da polpa nas faixas de temperatura de 10 a 80° C e das geleias de umbu à temperatura de 20° C;
- Analisar os parâmetros de textura das geleias e do doce em massa de umbu;
- Comparar os parâmetros de cor em polpa, geleias, compota e doce de umbu.

## 1.2 JUSTIFICATIVAS

Para a obtenção de produtos (sucos, polpas, geleias e picolés) com qualidade satisfatória às exigências de mercado, a indústria brasileira tem procurado preservar as características naturais e exclusivas inerentes a cada fruta. A inexistência de parâmetros reológicos sobre frutas tropicais, tanto nativas quanto exóticas, na literatura vem atribuindo à indústria nacional às mesmas condições aplicadas na industrialização do suco de laranja. Entretanto, por apresentarem propriedades diferentes, os resultados interferem diretamente na qualidade dos produtos (FERREIRA *et al.*, 2002). Dessa maneira, a necessidade do conhecimento sobre os parâmetros reológicos



para os diversos fluidos manipuláveis na indústria de alimentos está atrelada à importância econômica que estes fluidos e equipamentos representam no contexto atual.

No Brasil, a produção de doces é um dos segmentos mais importantes para a agroindústria de alimentos, dentre os vários produtos comercializados, abrangendo a produção de balas, doces de corte e doces cremosos (ALMEIDA, 1999; GODOY, 2005). Um dos principais problemas tem sido a ausência de padronização, resultando numa grande variação de produtos ofertados no mercado. Estudos realizados com doces e geleias de umbu, detectaram que muitos destes produtos têm apresentado sabor alterado, gosto residual de queimado, excesso de açúcar na sua composição e consistência variável ou muito rígida, possibilitando encontrar doces de corte com diferentes tipos de textura (GODOY, 2005).

O doce de umbu, por ser um produto típico, para atender o mercado interno, tem sido elaborado, na maioria das vezes de forma artesanal em quase toda a região semiárida brasileira, sem adequada padronização. Por isso optou-se neste trabalho analisar os produtos derivados de umbu produzidos pelas associações e cooperativas (COOPERCUC e ACOPRI) que atuam no extrativismo do fruto, devido à grande demanda das mesmas por pesquisas na área de Engenharia de Alimentos.

Visando o aperfeiçoamento dos produtos derivados do umbu, faz-se necessário estudo tecnológico sobre as propriedades reológicas, que proporcione ajustes adequados aos projetos de tubulações e equipamentos, no controle de qualidade da indústria, na avaliação da textura, incluindo mudanças físico-químicas que notadamente ocorrem durante seu processamento e armazenamento afetando ou comprometendo a sua qualidade (ALVARADO, AGUILETA, 2001; KARWOWISKI, 2011). Dessa maneira propõe-se nesse trabalho realizar estudo reológico da polpa de umbu, para a obtenção de dados sobre os aspectos de produção da mesma, que possam contribuir para a elaboração de produtos de forma padronizada.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 UMBU

#### 2.1.1 Aspectos botânicos, agronômicos e fisiológicos

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) é uma planta xerófila pertencente à família *Anacardiáceae* que é formada por cerca de 80 gêneros e 600 espécies nativas da caatinga, de ocorrência na região semiárida brasileira, com predominância no Nordeste.

Possui crescimento lento, é excessivamente esgalhada, formando copa baixa, densa, com ramos tortuosos e cobertos por bastante folhagem, podendo atingir 12 metros de diâmetro de copa, e porte arbóreo de até 8 metros de altura. (DUQUE, 1980).

As folhas são do tipo compostas, alternadas, pinadas, medindo de 10 cm a 15 cm de comprimento e possuem de 5 a 9 folíolos oblongos-ovalados, serrilhados ou não, com 2,5 cm a 3 cm de comprimento. (MENDES, 1990; LIMA, 2010).

Apresenta fruto tipo drupa, medindo de 10 cm a 14 cm de comprimento, glabra ou levemente pilosa, de coloração amarelo- esverdeado e quando maduro, podendo pesar entre 5 g e 80 g, com epicarpo (casca) muito pouco espesso, mesocarpo (polpa) variando de fina a grossa, de sabor ácido endocarpo constitui o caroço, de tamanho variável, sendo bastante duro e resistente, é constituído de uma camada mais externa que se apresenta densa e fibrosa, e de outra camada intermediária, de constituição frouxo-fibrosa, cuja função aparentemente, é a de absorção de água, enquanto que a mais interna que fica em contato com a semente, apresenta consistência igual à mais externa (MENDES, 1990; LIMA, 2010).

E sua semente apresenta tegumento constituído por testa e tegumen, de natureza membranácea, quase que se confundindo;

cotilédones bastante desenvolvidos, com ausência de albúmen (SILVA; SILVA, 1974; DUQUE, 1980).

Seu sistema radicular é constituído de xilopódios, que armazenam água e amido, denominados também de túberas aquíferas ou cunangas (LORENZI, 2000). No final do inverno, as plantas perdem as folhas, as quais, devido a esse fato são conhecidas como decíduas e permanecem de 30 a 45 dias totalmente desfolhadas, no denominado período ou dormência vegetativa (CAVALCANTI *et al.*, 2000).

Giacometti (1993) relatou que o centro de alta diversidade e domesticação do umbuzeiro é o Centro Nordeste/Caatinga (Centro 6), devido à constatação por diversos autores da ocorrência natural de um elevado número de plantas dessa espécie nesse referido centro. O centro 6 compreende a Caatinga dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Alagoas e Bahia e como coordenadas, os paralelos 2° S e 14° S e os meridianos 37° W a 42° W.

Segundo Lorenzi (2000), essa *Anacardiácea* floresce um pouco antes das primeiras chuvas quando ainda está sem folhas, ou no início das chuvas quando já enfolhadas. Devido às irregularidades das chuvas na Caatinga, a floração e a produção de frutos varia de local para local. Entretanto, de modo geral a predominância de floração ocorre nos meses de setembro a dezembro e o amadurecimento dos frutos nos meses de janeiro a fevereiro. De acordo ainda com esse autor, “o umbuzeiro vegeta em diversos tipos de solos, preferindo regiões com precipitações entre 400 e 800 milímetros anuais”.

No século XVIII, o umbuzeiro foi estudado e classificado pelo botânico Manoel de Arruda Câmara, recebendo o nome científico de *Spondias tuberosa* (LORENZI, 2000). O nome “umbu” de origem tupi-guarani Y'm'bu, significa “árvore que dá de beber”, devido à água contida nas túberas, as quais eram consumidas pelos índios que viviam na Caatinga. E também é conhecido como ombu, imbu, ambu, giqui e no idioma inglês é denominado de brazilian-plum. (CORRÊA, 1978).

Apresenta floração periférica, em panícula com 10 a 15 cm de comprimento, cujas flores são compostas de cálice (4 a 5 sépalas), e corola (4 a 5 pétalas), androceu (8 a 10 estames) e gineceu (3 a 5 estilos)

epígnos, apresentando óvulo anátropo, de coloração branca, aromáticas e melíferas, sendo formadas por 50% de flores hermafroditas e 50% masculinas, o que a caracteriza como uma planta andromonóica. (DUQUE, 1980).

Os autores Neves e Carvalho (2005) classificam o umbu como um fruto climatérico, do ponto de vista fisiológico. Para o qual é recomendável a colheita, quando os frutos estiverem bem formados esse apresentarem no “estádio de vez” ou próximo deste, ou seja, quando a coloração da casca começar a mudar de verde-escuro para verde-clara brilhante a ligeiramente amarelada. Nesse estágio, a textura da casca estará mais lisa em relação ao fruto imaturo.

Conhecida por seus frutos saborosos denominados de umbu, que são bastante apreciados pelos consumidores, devido ao seu sabor ácido e refrescante (FRANCO, 2003). O gênero *Spondias* possui 18 espécies, das quais seis dessas ocorrem no Nordeste com exploração comercial, destacando-se o umbu-cajá ou cajarana (*Spondias sp.*), umbu (*Spondias tuberosa* Arruda), siriguela (*Spondias purpúrea* L.) e cajá (*Spondias mombin* L.), as quais têm despertado interesse agroindustrial, devido às boas características para a industrialização e para o consumo “*in natua*” (FERNANDES *et al.*, 2008).

O seu sistema radicular é formado por túberas denominadas de xilopódios, os quais apresentam composição química descrita na Tabela 1 sobre a concentração de nutrientes nas diferentes partes da planta de umbuzeiro. O aproveitamento agroindustrial do umbuzeiro compreende desde a utilização dos seus frutos no processamento da polpa e elaboração de doces e geleias ao xilopódio (raízes), para produção de pickles.

Após a colheita, os frutos apresentam vida útil de 2 a 3 dias no máximo, limitando o seu consumo. Além da sazonalidade, que delimita o consumo em aproximadamente quatro meses. Dessa forma, os conhecimentos sobre a fisiologia e de técnicas de conservação pós-colheita são fundamentais para ampliar o aproveitamento dos frutos e a oferta desses, bem como a redução das perdas no período da safra. Um estudo realizado pela Embrapa Semiárido sobre a vida útil do fruto do umbu armazenado sob refrigeração, a 14° C, seguido de temperatura ambiente, num período de 19 dias em ambiente refrigerado, permite

concluir que o consumo é possível até o terceiro dia de acondicionamento a temperaturas próximas de 25° C, sem perdas de qualidade, fisiológica e nutricional. E que os fatores que limitam a vida útil desse produto armazenado são a perda de massa, o que repercute diretamente na aparência e na acidez titulável, conforme dados mencionados na literatura sobre determinações de sólidos solúveis.

**Tabela 1** - Concentração de nutrientes (PPM) nas diferentes partes do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr.Câmara).

Elemento (ppm)	Casca	Túbera	Semente	Raiz	Casca, polpa e fruto	Folhas
Ferro	415	65	38	325	81	110
Cobre	5	5	5	5	5	6
Manganês	82	12	5	166	9	32
Zinco	41	17	12	35	15	18
Boro	30	36	5	21	15	68
Sódio	548	508	162	360	106	1300
Alumínio	1424	114	40	1255	77	79

Fonte: Silva e Silva (1974), com adaptações Duque (1980).

### 2.1.2 Doces em massa e geleias de umbu

De acordo com Jackix (1988) a respeito da caracterização da geleia de fruta, o mesmo a considera como o produto obtido da cocção das frutas inteiras ou em pedaços, em forma de polpa ou suco, com água e açúcar, concentrado até adquirir consistência gelatinosa. Este admite a possibilidade de se adicionar glicose ou açúcar invertido, sendo que não é permitido a coloração e nem aromatização artificial, tolerando-se apenas a adição de acidulantes e de pectina, com a finalidade de suprir qualquer deficiência no conteúdo natural de pectina ou de acidez da fruta. Esta deverá ainda apresentar consistência tal, que ao ser retirada de seu recipiente, seja capaz de manter-se em estado semissólido, e com elasticidade ao toque, retornando a sua forma original após ligeira pressão.

Jackix (1988) classifica tecnologicamente as geléias em: geleia, gelejada e doce em massa.

Geleia: é o alimento obtido a partir de sucos clarificados de frutas, que apresentam aspecto claro, brilhante e transparente. Além de conservar o sabor e o aroma tradicionais da fruta, deverá ser macia ao cortar, porém firme e permanecer com os ângulos definidos, e após ser retirada do recipiente deve tremer sem escorrer. (JACKIK, 1988).

Geleizada: é considerada uma geleia contendo pedaços de frutas em suspensão.

Doce em massa: é o doce em pasta de corte. O doce em pasta é um produto resultante do processamento adequado das partes comestíveis desintegradas de vegetais, elaborados com açúcares, com ou sem adição de água, pectina, ajustador de pH e outros ingredientes e aditivos permitidos nesses padrões até adquirir uma consistência apropriada, sendo finalmente acondicionado de forma a garantir a sua perfeita conservação. Quanto à consistência, poderá ser cremosa (pasta homogênea de consistência mole) ou em massa que possibilite o corte. (JACKIK, 1988).

Estudos realizados sobre a embalagem dos doces revelam que durante a estocagem, a estabilidade da cor é dependente da temperatura, do material da embalagem (permeabilidade à luz, vapor de água e oxigênio), pH, dentre outros fatores. (CARDOSO *et al.*, 1997; FENNEMA, 1992; GARCIA-VIGUERA *et al.*, 1996; WICKLUND *et al.*, 2005).

Na literatura, os parâmetros adotados para o processamento de doces em massa de umbu são baseados nos mesmos adotados para a elaboração dos doces em massa de goiaba (COELHO *et al.*, 2009).

O processo de geleificação ocorre devido à presença de água e açúcar, ácido e pectina, em condições especiais na elaboração das geleias, geleizadas e doces em massa (JACKIX, 1988).

Segundo Cavalcanti (2007), o doce em massa de umbu é produzido de forma artesanal e em larga escala com polpa em diferentes estágios de maturação (CAVALCANTI *et al.*, 2000; POLICARPO *et al.*, 2002; XAVIER, 1999), visando a redução das perdas dos frutos de umbu na pós-colheita. A cor dos doces em massa é função dos pigmentos presentes nos frutos e de seus produtos de degradação.

Em meio ácido, a pectina apresenta-se com carga negativa. Portanto, a adição de açúcar afetará o equilíbrio pectina/água, desestabilizando conglomerados de pectina e formando uma rede de fibras que compõem o gel, cuja estrutura é capaz de suportar líquidos. A densidade e a continuidade dessa rede será afetada pela alteração do teor de pectina. Dessa forma a rigidez da estrutura será afetada pela concentração do açúcar e acidez. Contudo, quanto maior for a concentração de açúcar, menor será a quantidade de água que a estrutura suportará. Esse autor verificou que o gel se forma apenas ao redor do pH3, e que a concentração ótima de açúcar está ao redor de 67,5%, sendo possível elaborar geléia com alto teor de pectina e ácido com menos de 60% de açúcar. Além da quantidade de pectina para formar o gel depender da sua própria qualidade, que geralmente 1% de pectina será suficiente para produzir uma geléia com propriedades físicas ideais. (JACKIX, 1988).

### 2.1.3 Composição química e nutricional do umbu

O fruto do umbuzeiro apresenta na sua composição química, 14,5 mg de ácido ascórbico por 100 mL de suco, além de minerais, como potássio, cálcio, magnésio e fibras solúveis e insolúveis (LIMA, 1996).

A composição físico-química da polpa e do fruto de umbu “*in natura*” foi estudada por diversos autores, nos estádios de maturação verde e maduro, conforme Tabelas 2 e 3.

**Tabela 2** - Composição físico-química da polpa de umbu.

Parâmetros	A*	B**	B***	C*	D***	E***
pH	2,45	2,90	3,30	2,40	2,21	2,59
Acidez titulável (%)	1,23	1,35	0,95	-	1,45	1,30
Pectina (% polpa)	0,82	-	-	0,85	-	-
Glicídios redutores (%)	1,88	2,79	5,34	2,60	3,61	2,67
Glicídios não redutores (%)	6,07	0,58	1,29	0,02	2,50	0,42
Sólidos solúveis ( Brix)	10,0	9,30	10,20	7,0	10,03	-
Ácidoascórbico(mg/100g)	9,61	18,4	13,20	-	13,31	-

**Fontes:** Bispo (1989); Naraian *et al.*, (1992); Xavier (1999); Ferreira *et al.*, (2000); E-Jorge (2003)

\*Estádio de maturação não caracterizado; \*\*Estádio de maturação verde e \*\*\*Estádio de maturação maduro.



**Tabela 3** - Composição em 100 g do fruto do umbu cru.

<b>Componentes</b>	<b>Teores</b>
Umidade	83%
Energia	37 kcal
Proteínas	0,8 g
Carboidratos	9,4 g
Fibra	2,0 g
Cálcio	12 mg

**Fonte:** NEPA/UNICAMP, (2006).

Com relação ao teor de minerais, o umbu é considerado um fruto muito rico em fósforo, chegando a atingir 32,7 mg/100g deste mineral nos frutos verdes (NARAIN *et al.*, 1992; OLIVEIRA, 2006). Sendo que, outros pesquisadores estudaram o conteúdo mineral deste fruto, ou seja, composição centesimal conforme se apresenta nas Tabelas 4 e 5 (OLIVEIRA, 2006).

**Tabela 4** - Composição centesimal do umbu segundo a literatura.

<b>Autores</b>	<b>Umidade g (%)</b>	<b>Proteína g (%)</b>	<b>Extrato etéreo g (%)</b>	<b>Glicídios totais g (%)</b>	<b>Fibras g (%)</b>	<b>Cinzas g (%)</b>
Guimarães & Pechinik (1965)	86,00	0,30	0,40	12,70	0,40	0,50
Souza & Catão (1970)	87,80	0,46	0,75	8,34	0,95	0,29
Chaves (1971)	87,50	0,96	0,82	9,29	0,19	0,47
Guedes & Oriá (1978)	92,56	0,54	0,05	4,95	1,62	0,28
Franco (1982)	-	0,60	0,40	10,60	-	-
Granja (1985)	87,20	0,92	0,67	8,92	-	0,42

**Fonte:** Bispo (1989).

A raiz tuberosa do umbuzeiro, conhecida como xilopódio, contém proteína, fibra bruta, extrato etéreo, tanino, amido, enxofre, fósforo, cálcio e magnésio, conforme teores apresentados na Tabela 6 (NARAIN, *et al.*, 1992; OLIVEIRA, 2006).

**Tabela 5** - Concentrações de Cálcio, Ferro e Fósforo (mg/100 g) em polpa de umbu segundo determinação dos autores.

<b>Autores/Ano</b>	<b>Cálcio(Ca)</b>	<b>Ferro(Fe)</b>	<b>Fósforo(P)</b>
Guimarães & Pechnik (1965)	17,00	0,70	7,00
Chaves <i>et al.</i> , (1971)	22,77	1,02	50,29
Guedes & Oriá (1982)	10,70	0,64	9,56
Franco (1982)	20,00	2,00	14,00
Granja (1985)	22,00	1,33	47,60

Fonte: Bispo (1989).

**Tabela 6** - Informações nutricionais em 100 g de pickles (xilopódio) cru de umbu.

<b>Componentes</b>	<b>Quantidades</b>
Calorias(kcal/100 g)	15,12
Proteínas(%)	4,13
Cálcio(mg/100 g)	1,28
Fósforo(mg/100 g)	1,22
Fibra bruta (mg/100 g)	14,44
Ferro (mg/100 g)	1,71
Magnésio (mg/100 g)	1,08
Amido (mg/100 g)	16,75

Fonte: NEPA/UNICAMP, (2006); Alimentaria, (2003).

### 2.1.3.1 Vitamina C

A vitamina C presente em frutos e hortaliças é denominada ácido ascórbico (forma reduzida), sendo o ácido L- ascórbico, a sua forma principal e biologicamente ativa (BRAVERMAN, 1967).

Segundo Aldridge *et al.*, (2002), o ácido ascórbico ou vitamina C tem função muito importante devido à sua ação fortemente redutora. Por isso é amplamente empregada como agente oxidante para estabilizar a cor e o aroma do alimento. Além do uso como conservante, também é utilizada no enriquecimento de alimentos ou restauração, a níveis normais do seu valor nutricional perdido durante o processamento.

Almeida e Valdeschi (1996) relataram um teor de 33,3 mg de ácido ascórbico/100g de polpa de umbu, em seu Guia da Composição de Frutas.

## 2.1.4 Polpa de Frutas

De acordo com a legislação brasileira, a Instrução Normativa nº 01 de 07 de janeiro de 2000, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que trata da aprovação do regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para a polpa de fruta, com base na resolução normativa da nº 15 da ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a polpa de frutas é definida como sendo:

O produto resultante do esmagamento das partes comestíveis de frutas carnosas, não fermentado, não diluído, obtida através de processo tecnológico adequado, com um teor mínimo de sólidos totais, provenientes de parte comestível do fruto (BRASIL, 2012). O produto é designado por “polpa” seguido pelo nome da fruta. Ex: polpa de umbu.

### 2.1.4.1 Características gerais das polpas de frutas

O produto deve ser preparado com frutas sadias, limpas e livres de parasitos e de detritos animais ou vegetais. Não deverão conter fragmentos de partes não comestíveis da fruta, nem substâncias estranhas à sua composição normal, exceto àquelas previstas na legislação. “Poderão ser aceitas adição de sacarose em proporções declaradas no rótulo da embalagem, além da adição ou não de pectinas (BRASIL, 2012).

São considerados ainda os seguintes aspectos gerais da polpa:

- consistência: pasta mole, maleável e gelatinosa.
- cor: característica da própria fruta, podendo sofrer alteração.
- cheiro: característico da própria fruta.
- sabor: característica da própria fruta.

A polpa do Cajá (*Spondias lutea*, L), fruto também pertencente à família e gênero do umbu, foi definida segundo a mesma instrução normativa, mencionada no item anterior, obedecendo à composição da Tabela 7, com as seguintes características:

- cor: amarelo;
- sabor: ácido;
- “aroma: próprio” (OLIVEIRA, 2006)

**Tabela 7** - Composição de polpa ou purê de Cajá.

<b>Parâmetros físico-químicos</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
pH	2,2	-
Sólidos solúveis em oBrix, a 20o C	9,0	-
Acidez total expressa em ácido cítrico(g/100g)	0,90	-
Açúcares totais, naturais do Cajá (g/100g)	-	12,00
Sólidos totais (g/100g)	9,50	-

Fonte: Oliveira, (2006).

Entre as matérias-primas para a agroindústria de polpa, o umbu se apresenta entre as dez frutas tropicais de maior relevância. Na obtenção de uma polpa de qualidade devem ser observados os cuidados desde a colheita até o processamento do fruto (MORORÓ, 1998).

## 2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E POTENCIAL DE USO

O extrativismo dos frutos do umbuzeiro constitui-se numa importante fonte de renda e de emprego de mão-de-obra familiar da região semiárida brasileira. Esta atividade é bastante rentável pela comercialização dos frutos in natura, bem como de produção e beneficiamento de seus derivados, como doces em massa, geleias, polpas, sucos, etc; especialmente àqueles produtores que agregam valor aos frutos do umbuzeiro por meio das cooperativas agroindústrias, a exemplo da COOPERCUC – Cooperativa Agropecuária Familiar de Canudos, Uauá e Curaçá, na Bahia que trabalha com o aproveitamento agroindustrial do umbu. Atividade esta que vem se expandindo nos últimos anos, principalmente nos Estados da Bahia e de Pernambuco.

Em muitas regiões do semiárido brasileiro, no período da colheita, o extrativismo do umbuzeiro tem se tornado a principal atividade econômica, chegando a produzir entre 28 e 32 mil frutos por planta, atingindo uma média de 350 kg safra/planta/ano. (CAVALCANTI, 2000).

De acordo com dados do último censo do IBGE (2010), em 2009 foram extraídas 9804 toneladas de umbu no Brasil, gerando uma renda de R\$7.499,00. O extrativismo ocorre nos Estados da Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Piauí, Paraíba, Minas Gerais,

Alagoas, Ceará e Amazonas, nesta ordem de importância. No entanto, a produção brasileira de umbu vem diminuindo desde 1990, quando neste ano a produção de frutos de umbu atingiu 19.861 toneladas.

Segundo (NEVES e CARVALHO, 2005), a maior importância econômica do umbu consiste da industrialização sob a forma de polpa. O seu suco também apresenta boa aceitação, propiciando o aparecimento de indústrias para o processamento e a conservação, tornando necessário o incentivo para o cultivo do umbuzeiro em escala comercial.

Uma pesquisa de mercado intitulada “Agroindústria de polpa de frutas”, realizada no período de 2010 a 2011, e apresentada ao PRORURAL de acordo com os Termos de Referências da doação do SPANISH FUND FOR LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN – SFLAC para o Projeto Pernambuco Rural Sustentável, com a finalidade de obter o perfil da demanda de polpa de frutas e derivados, identificando e definindo oportunidades e ameaças do mercado, destacou e quantificou 12 (doze) tipos de polpas de frutas mais comercializadas no estado de Pernambuco, conforme apresentado na Tabela 8.

Dados do Censo Frutícola da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF (2001) apontam área plantada com umbuzeiros na ordem de 509,4 hectares, sendo que desses 0,5 hectares ocupados com plantas em formação, 23,0 hectares em produção crescente, 332,8 hectares em produção plena e 153,1 hectares em declínio de produção. Isto tem demonstrado preocupação às instituições de pesquisa e desenvolvimento que trabalham com fruteiras nativas, principalmente no combate à extinção de plantas.

De acordo com Policarpo *et al.*, (2007), os frutos do umbuzeiro são consumidos geralmente no Nordeste brasileiro, in natura ou preparados em forma de refrescos, sucos, sorvetes, picolés, doces, geleias e umbuzada, esta última é elaborada com leite, polpa cozida e açúcar.

Esse fruto pode ser consumido in natura, tanto nos estádios maduro quanto de vez, ou em todas as formas descritas anteriormente.

**Tabela 8** - Mercado institucional do Estado de Pernambuco (hospitais públicos, secretarias, fundações, autarquias e outros órgãos públicos). Principais tipos de polpas de frutas e quantidades comercializadas em 2010.

Posição	Tipo de polpa de fruta mais Utilizado	Quantidade vendida(kg/t)
1ª	Polpa de caju	78.902
2ª	Polpa de umbu	70.510
3ª	Polpa de manga	35.115
4ª	Polpa de goiaba	31.668
5ª	Polpa de mamão	20.650
6ª	Polpa de acerola	17.802
7ª	Polpa de graviola	17.074
8ª	Polpa de abacaxi	6.825
9ª	Polpa de cajá	4.484
10ª	Polpa de maracujá	3.899
11ª	Polpa de seriguela	349
12ª	Polpa de laranja	85
<b>Total</b>		<b>287.393 toneladas</b>

Fonte: Dados da CONAB, (2010).

Lederman *et al.*, (2008) apontam fatores como sazonalidade, inexistência de variedades recomendadas, poucas pesquisas científicas e a ausência de subsídios e linhas de crédito, como os principais entraves na produção, beneficiamento e comercialização do umbu.

Segundo informações do Jornal Correio da Bahia (SEAGRI, 2010), na região do semiárido baiano existem programas governamentais que estimulam o modelo de substituição do extrativismo pela implantação de pequenas agroindústrias para o beneficiamento do umbu, onde os agricultores podem transformar esta matéria-prima gerando uma renda de R\$246,00, em vez de comercializar o saco de 45 kg por R\$15,00 ou R\$20,00. Em 2010 foram comercializadas 68 toneladas pela CONAB. As mercadorias entregues ao longo do ano, destinaram-se aos mercados de Salvador, Feira de Santana, Petrolina e Juazeiro, dentre outros municípios envolvidos no projeto. Os municípios de Manoel Vitorino e Uauá, no sudoeste e sertão da Bahia, respectivamente, realizam anualmente o festival do umbu, em parceria com a Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional (CAR) e do governo da Bahia, além de ações integrantes do Projeto Gente de

Valor. No Brasil, principalmente no Nordeste, no sertão da Bahia no norte do Estado, o fruto umbu tem considerável importância social e econômica. A COOPERCUC – Cooperativa Agropecuária Familiar de Canudos, Uauá e Curaçá na Bahia está beneficiando e comercializando os produtos que podem ser encontrados em vários estabelecimentos, comerciais (supermercados, lanchonetes, hotéis, lojas de conveniência, delicatesses), bem como fornecendo na merenda escolar de vários municípios da região, contemplando 300 cooperados, na sua maioria formada por mulheres, as quais atuam em 16 comunidades, totalizando uma produção de 200 toneladas de produtos anualmente. Na extração vegetal em 2008 foram coletadas no país, 9.268 toneladas de umbu, sendo a participação da produção baiana de 89%, no total nacional (IBGE, 2008). Na época da safra, que geralmente ocorre de dezembro a março, o preço médio do kg, varia entre R\$ 0,26 e R\$1,09, conforme Tabela 9.

Com a finalidade de garantir aos agricultores extrativistas condições de manter a oferta, mesmo nas oscilações de mercado, foi autorizado pelo conselho monetário através do voto nº 56/10 o preço mínimo para o kg de umbu (fruto) para R\$ 0,38, tendo sido praticado a partir de 1º de julho de 2010, como apresentado na Tabela 10.

**Tabela 9** - Cotações de preço do kg de umbu (fruto) pagos aos extrativistas no Estado da Bahia (R\$/kg), safras de 2008, 2009 e 2010.

Ano	Meses de safra	Cotação (R\$/kg)
2008	Janeiro	0,17
	Fevereiro	0,17
	Março	0,22
2009	Janeiro	0,22
	Fevereiro	0,22
	Março	0,17
2010	Janeiro	0,26
	Fevereiro	0,31
	Março	0,35

**Fonte:** IBGE, elaboração CONAB, (2010).

Entre as demandas de pesquisas com umbu, destacam-se a adequação de tecnologias convencionais e de novas tecnologias para

processamento dessa fruta, de modo a proporcionar um aproveitamento mais rentável, por meio da agregação de valor aos seus produtos, combinada às ações de pesquisas com melhoramento genético desta fruteira.

**Tabela 10** - Preço recebido pelos produtores – R\$/kg de umbu (mensal).

Período	Estados Brasileiros	
	BA	MG
08/2010	-	0,50
09/2010	-	0,67
10/2010	-	0,67
11/2010	-	0,67
12/2010	0,44	0,67
01/2011	0,27	0,70
02/2011	0,26	0,71
03/2011	0,30	0,94
04/2011	0,27	1,09
05/2011	0,27	1,09
06/2011	0,27	1,09
07/2011	0,27	1,09
08/2011	0,27	1,09
09/2011	0,27	1,09
10/2011	-	1,09
11/2011	-	1,09
12/2011	-	1,09
01/2012	0,50	1,09
02/2012	0,25	0,79
03/2012	-	0,60
04/2012	-	0,60
05/2012	-	0,60
06/2012	-	0,60

Fonte: IBGE/CONAB, (2012).

### 2.3 REOLOGIA

A Reologia é a ciência que estuda as propriedades mecânicas dos materiais que determinam seu escoamento quando solicitadas por forças externas. O campo da reologia estende-se desde a mecânica dos fluidos newtonianos até a elasticidade de Hooke (RAO, 1999).

De acordo com (BONE, 1973), a reologia é importante em



diferentes áreas da ciência dos alimentos. Muitas das propriedades texturais que os humanos percebem quando consomem alimentos são basicamente reológicas na natureza, isto é, cremosidade, suculência, maciez, suavidade e dureza.

Uma grande variedade de alimentos, tais como, manteiga, margarina, polpas de frutas, pastas de amendoim e pudins são considerados pseudoplásticos por natureza. Estes são obrigados a se espalharem e fluírem facilmente sob uma tensão de cisalhamento pequena, para manterem a sua estrutura normal quando não submetidos a qualquer força externa que não seja a da gravidade. Todas essas propriedades: textura, elasticidade, viscosidade, e sensações sensoriais são objetos de estudo da reologia dos alimentos (BOURNE, 1982).

A tensão de cisalhamento, definida como uma força  $F$  aplicada tangencialmente a uma área  $A$ , sendo a interface entre uma placa superior e o líquido abaixo submetido, resultando no escoamento da camada líquida, pode ser representada pela equação 1. A velocidade de escoamento mantida por uma força aplicada é controlada pela resistência interna do fluido, isto é, por sua viscosidade (SHARAMM, 2000; HAMINIUK, 2007).

$$\tau = F/A = N/m^2 = Pa \quad (1)$$

As taxas de cisalhamento típicas de aplicações em processos industriais de diversas naturezas podem ser vistas na Tabela 11. A sedimentação de partículas pode sofrer baixas taxas de cisalhamento, secagem por pulverizações, envolvendo altas taxas de cisalhamento, enquanto que escoamento em tubulação de fluidos alimentícios ocorrerão sob moderadas taxas de cisalhamento. Por isso, ultrapassar os dados experimentais sob ampla faixa de taxa de cisalhamento, não é recomendável, podendo provocar erro significativo nas avaliações de comportamento reológico (STEFFE, 1996).

O comportamento reológico de um alimento durante o seu processamento pode variar consideravelmente, tendo em vista que sua consistência e sua composição podem ser alteradas nas etapas de mistura, aquecimento, resfriamento, homogeneização, aeração, fermentação, cristalização, contribuindo assim na modificação da viscosidade. (BHATTACHARYA, 1997).

**Tabela 11** - Taxas de cisalhamento típicas para processos industriais.

Situação	$\gamma(s^{-1})$	Aplicação
Sedimentação de partículas em suspensão em um líquido	$10^{-6} - 10^{-3}$	Medicamentos, tintas, molhos p/ salada apimentado
Nivelamento, devido à tensão superficial	$10^{-2} - 10^{-1}$	Tintas, tintas de impressão
Drenagem sob gravidade	$10^{-1} - 10^1$	Barril, contêiner pequeno para alimentos, pinturas e revestimentos
Extrusão	$10^0 - 10^3$	Ração animal, pasta de dente, cereais, macarrão e proteínas
Calandragem	$10^1 - 10^2$	Massa de pão (cilindragem)
Mastigar e engolir	$10^1 - 10^2$	Alimentos
Revestimentos em profundidade	$10^1 - 10^2$	Tintas, confeitos
Mistura e agitação	$10^1 - 10^3$	Processamento de alimentos
Escoamento em tubulação	$10^0 - 10^3$	Processamento de alimentos e fluxo sanguíneo
Polimento	$10^2 - 10^4$	Aplicação tópica de cremes e loções
Escovamento	$10^3 - 10^4$	Batom, polimento de unha
Pulverização	$10^3 - 10^5$	Pulverização de tintas, atomização de combustível
Revestimento de alta velocidade	$10^4 - 10^6$	Papel
Lubrificação	$10^3 - 10^7$	Motores a gasoline

Fonte: STEFFE, (1996).

Em muitos processos agroindustriais de alimentos, a medida da viscosidade de um fluido tem sido importante para controle de qualidade das matérias-primas e para avaliação do efeito das variações, tanto nas condições de processamento, como no produto final. Esse conhecimento pode contribuir para a otimização dos processos, redução dos custos nos ingredientes e melhoria da consistência do produto (RAO e ANANTHESWARAM, 1982).

Para a fabricação de produtos derivados de frutas, o conhecimento das propriedades físicas e químicas das polpas é fundamental nos processos de industrialização (IBRAZ *et al.*, 1996; QUEIROZ *et al.*, 2008). Dentre essas propriedades, o comportamento reológico ocupa posição de destaque, como a utilização em projetos, avaliação e

operação dos equipamentos da linha de processos dos alimentos, sendo o escoamento fator determinante na concepção e no desenvolvimento de equipamentos, tais como: bombas, sistemas de agitação e tubulações. (IBRAZ *et al.*, 1996; QUEIROZ *et al.*, 2008).

Segundo Costell & Duran (1982), os principais fatores responsáveis pelo comportamento reológico dos produtos derivados de frutas são; o tipo de fruta, temperatura e teor de sólidos (açúcares, pectinas e fibras). Sendo os sucos, polpas e néctares de frutas, sistemas bifásicos constituídos por partículas sólidas dispersas em meio aquoso, o seu comportamento reológico também será influenciado pela concentração, composição química, tamanho, forma e distribuição das partículas que compõem a fase dispersa.

### 2.3.1 Modelos reológicos

A principal função de um modelo reológico é representar matematicamente a relação existente entre os valores experimentais da tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, para um determinado fluido e assim permitir o tratamento analítico do escoamento desses materiais. Além de ser útil para relacionar propriedades reológicas de um fluido com grandezas práticas, como: concentração, temperature. (RAO, 1999).

Os modelos são usados com o objetivo de descrever o comportamento dos alimentos fluidos, relacionando as propriedades reológicas com outras grandezas, como concentração, temperatura e índice de maturação, possibilitando, a partir desses conhecimentos, adequar o controle das linhas de produção, o projeto e o dimensionamento dos processos. (BRANCO, 2001).

A literatura relata a existência de vários modelos reológicos, cuja escolha é estabelecida em função das características do fluido (RAO e ANANTHESWARAM, 1982). E comumente, os mais utilizados são os de: Ostwald-de Waele, Bingham, Herschel-Bulkley, Casson e Mizrahi e Berk, apresentados na Tabela 12.

**Tabela 12** - Modelos reológicos usados nos ajustes das curvas de escoamento dos fluidos alimentícios

Modelos	Equação	Parâmetros
Ostwald-de-Waele	$\tau = K(\dot{\gamma})^n$	$K_{1p}, n$
Herschel-Bulkley	$\tau = \sigma_0 + K_H (\dot{\gamma})^n$	$K_{hb}, n, \sigma_0(\text{Pa.s})$
Casson	$\tau^{0,5} = K_{oc} + K_c (\dot{\gamma})^{0,5}$	$K_{oc}, K_c$
Mizrahi – Berk	$\tau^{0,5} = K_{oH} + K_M (\dot{\gamma})^n$	$K_{oH}, n, K_M$
Plástico de Bingham	$\tau = \sigma_0 + \mu_p \dot{\gamma}$	$\mu_p, \sigma_0$

**Fonte:** Rao e Anantheswaram, (1982).

\*onde  $\tau$  é a tensão de cisalhamento;  $\dot{\gamma}$  é a taxa de deformação;  $K_{1p}, K_{hb}, K_{mb}$  e  $K_c$  são os índices de consistência;  $k_{o,HB}, k_{o,MB}$  e  $k_{o,C}$  são constantes dos modelos e  $n_{LP}, n_{HB}$  e  $n_{MB}$  são os índices de comportamento reológico.

O modelo mais utilizado para descrever o comportamento reológico de alimentos tem sido o de Ostwald-de Waele, devido a sua simplicidade e ampla aplicabilidade. (STEFFE,1996), considera o parâmetro reológico desse modelo, o índice do comportamento do fluido (n) como uma grandeza adimensional que indica fisicamente o afastamento do fluido considerado do modelo newtoniano, e o índice de consistência (K) para indicar o grau de resistência do fluido diante do escoamento, ou seja, quanto maior o valor de K, mais consistente será o fluido.

### 2.3.1.1 Classificação dos fluidos alimentícios quanto ao seu comportamento reológico

Os fluidos alimentícios são classificados quanto ao seu comportamento reológico em newtonianos e não-newtonianos. A maioria dos fluidos alimentícios são mencionados na literatura como independentes do tempo, ou seja, suas propriedades reológicas não são função do tempo.

Segundo Navarro (1997), aplicando-se o modelo reológico de Ostwald-de Waele, obtém-se a equação reduzida ao modelo de Newton quando o índice do comportamento do fluido, representado pela letra n, for igual a 1. Como o índice de consistência (K) não varia com a tensão de cisalhamento, nem com a taxa de deformação, o índice n fará a distinção entre os componentes dos fluidos, e desta maneira, quanto mais distante do valor unitário (1) o n estiver, mais distante também o fluido estará do comportamento newtoniano. Sendo assim, fica

estabelecida a seguinte relação:

- Para  $n > 1$ , o fluido será dilatante;
- Para  $n = 1$ , o fluido será newtoniano;
- Para  $n < 1$ , o fluido será pseudoplástico.

Macosco (1994) explicou a divisão dos fluidos newtonianos e não-newtonianos, caracterizando os newtonianos por uma reação linear entre tensão de cisalhamento e a taxa de deformação aplicada, a depender da temperatura e da composição do fluido. Para os fluidos não-newtonianos, inelásticos, dependentes ou independentes do tempo, de modo que, os independentes não são afetados pelo cisalhamento, foram então classificados como pseudoplásticos.

Para Macosco (1994), é importante o conhecimento do comportamento reológico dos produtos derivados de frutas, para utilização nos parâmetros de qualidade, avaliação e operação dos equipamentos processadores de alimentos.

Trifiró *et al.*, (1987) abordaram os sucos e purês de frutas como fluidos pseudoplásticos, sendo o afastamento do comportamento newtoniano determinado pela concentração de polpa, de modo que os sucos despulpados se comportam como newtonianos. Com isto, o comportamento reológico será afetado pelo teor de sólidos da polpa, por ação enzimática ou mecânica, desde que modifiquem a estrutura da polpa.

Fluido newtoniano: é um fluido em que cada componente da tensão de cisalhamento é proporcional ao gradiente de velocidade na direção normal a esse componente. A constante de proporcionalidade é a viscosidade dinâmica. Os fluidos newtonianos compreendem todos os gases e líquidos não poliméricos e homogêneos. Sua viscosidade é constante e segue à Lei de Newton. Nos fluidos newtonianos a tensão é diretamente proporcional à taxa de deformação.

Muitos alimentos, como a água, o leite, soluções de sacarose, suco de laranja, vinho, cerveja, óleos vegetais e outros fluidos com comportamentos “normais” apresentam comportamento newtoniano. (SHARMA *et al.*, 2000).

O modelo que descreve o comportamento desses fluidos é dado pela equação 2:

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma} \text{ (Modelo de Newton) (2)}$$

onde:  $\tau$  é a tensão de cisalhamento (Pa)  
 $\eta$  é a viscosidade (Pa.s)  
 $\dot{\gamma}$  é a taxa de deformação  $s^{-1}$

Fluido não-newtoniano: é um fluido cuja viscosidade varia proporcionalmente à energia cinética que se imprime a esse mesmo fluido, respondendo de forma quase instantânea. A relação entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento não é constante. Por exemplo, na mistura de amido de milho com água que, dependendo da energia cinética que recebe, pode ser um sólido ou um líquido, apresentando característica viscosa. Se o movimento que se lhe imprime for rápido, esta mistura torna-se um sólido e assim que se cessa o movimento, esta transforma-se novamente em líquido.

Os fluidos não-newtonianos, que não apresentam viscosidade constante, são classificados em independentes ou dependentes do tempo. Dentre os independentes do tempo, estão os plásticos de Bingham, os fluidos pseudoplásticos ou *shear thinning* (sucos de frutas concentrados, purês de frutas e vegetais) e os fluidos dilatantes ou *shear thickening* (suspensões de amido, mel). Já os fluidos dependentes do tempo, cuja viscosidade depende não somente da taxa de cisalhamento, como também do tempo de escoamento, estão subdivididos em tixotrópicos e reopéticos. (HOLDSWORTH, 1993; OLIVEIRA, 2006).

Esses fluidos podem ser classificados em: viscoelásticos, dependentes do tempo: reopéticos e tixotrópicos, conforme Figura 1, e independentes do tempo: sem tensão de cisalhamento inicial e com tensão de cisalhamento inicial. (SHARMA *et al.*, 2000).

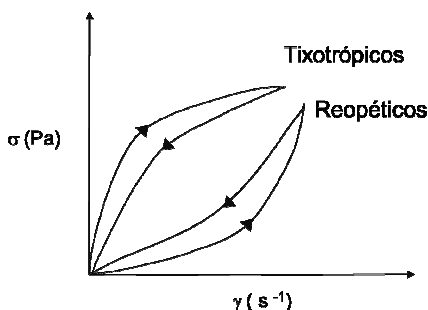
Segundo (SHARMA *et al.*, 2000), o fluido de Bingham apresenta comportamento semelhante ao de um sólido no estado estacionário. Uma força é necessária para induzir o fluxo, ou seja, deve ser aplicada uma tensão inicial.

Alguns exemplos de fluidos alimentícios apresentam este tipo de comportamento, tais como molhos de tomate, maionese, clara de ovo batida e margarina.

(BOURNE, 1982).

Os fluidos dependentes do tempo podem ser tixotrópicos e reopéticos. Tixotrópico é o fluido em que a viscosidade aparente diminui com o tempo, quando submetido a uma taxa de cisalhamento constante. Isto ocorre, por exemplo, nas gelatinas, cremes, manteigas, molhos para saladas, entre outros (SHARMA *et al.*, 2000). Nos fluidos reopéticos, a viscosidade aparente aumenta com o tempo quando submetidos a uma taxa de cisalhamento constante. Não é comum este tipo de comportamento em alimentos, mas pode ocorrer em soluções de amido altamente concentradas.

**Figura 1** - Classificação dos fluidos dependentes do tempo.



Fonte: Scharma, (2000).

### 2.3.1.2 Viscosimetria

A viscosidade é considerada a principal propriedade reológica de um fluido, pois desta dependerá o tipo de escoamento, bem como sua projeção.

A Viscosimetria, especialmente dos fluidos não-newtonianos, é um componente importante da qualidade da maioria dos alimentos líquidos ou semilíquidos.

À Engenharia de Alimentos interessa o conhecimento da medida da viscosidade, a fim de identificar as necessidades de projeção para bombear e misturar os alimentos líquidos e semilíquidos. (BOURNE, 1982).

Na literatura são encontrados muitos trabalhos sobre estudos do comportamento reológico dos fluidos alimentares. Estudos sobre as viscosidades aparentes de polpa de umbu-cajá, realizados por Torres *et al.*, (2004) com objetivo de avaliar o efeito da concentração das polpas de umbu-cajá na composição e na viscosidade aparente a 10 °C, relataram que os valores das viscosidades aparentes das polpas aumentaram por influência dos conteúdos de sólidos solúveis totais e pectinas, classificando o fluido como viscoelástico.

Segundo Krokida *et al.*, (2001), a temperatura tem maior efeito no índice de consistência (K), do que no índice de comportamento (n) para fluidos alimentícios não-newtonianos.

Nos fluidos alimentícios, a viscosidade aparente diminui em uma função exponencial com o aumento da temperatura, a uma taxa de cisalhamento constante e pode ser descrita pela equação de Arrhenius. (RAO, 1977).

A equação de Arrhenius é apresentada na equação 3 (STEFFE,1996). Nesta equação é possível calcular a energia de ativação para a viscosidade.

$$\eta_{ap} = \eta_o \exp (E_{at}/RT) \quad (3)$$

onde: T = temperatura absoluta (°C)

R= constante universal dos gases

E<sub>at</sub>= energia de ativação para a viscosidade

η<sub>o</sub> = fator pré-exponencial

Geralmente, um valor alto de energia de ativação de fluxo implica que pequenas oscilações de temperatura serão necessárias para modificar rapidamente a viscosidade. (STEFFE, 1996).

Oliveira, (2006) estudou os efeitos da pasteurização térmica sobre as características químicas, físico-químicas, sensoriais e reológicas da polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara). E quanto ao estudo do comportamento reológico desta polpa, o mesmo revelou o caráter não newtoniano, de natureza pseudoplástica. As avaliações sensoriais mostraram que a polpa processada a 88 °C por 10 segundos, foi a que mais se aproximou da polpa tomada como referência, a polpa branqueada, entre a maioria dos atributos analisados e que o sabor



amargo sofreu uma leve tendência a aumentar com a elevação das temperaturas utilizadas.

Pereira, *et al.*, (2008) analisaram a influência da concentração no comportamento reológico dos estados estacionário e oscilatório da polpa de umbu e determinaram que a mesma se comporta como um fluido não-newtoniano, com características pseudoplásticas, apresentando tensão inicial e propriedades tixotrópicas. Os reogramas foram ajustados pelo modelo de Herschel-Bulkley, cujos testes em estado dinâmico apresentaram valores do módulo de armazenamento ( $G'$ ) maior que os do módulo de perda ( $G''$ ), revelando comportamento de gel fraco e que os módulos de armazenamento e perda aumentam com a concentração.

## 2.4 PROPRIEDADES FÍSICAS

Na literatura são relatados vários estudos sobre as propriedades físicas dos alimentos. Com relação às propriedades físicas do umbu, Souza *et al.*, (2010) estudaram o efeito do teor de umidade, entre 65 e 95% e da temperatura entre 5 °C e 85 °C nas propriedades massa específica, calor específico, difusividade térmica e condutividade térmica da polpa de umbu. Neste estudo os autores verificaram que houve redução da massa específica da polpa com o aumento dos teores de umidade e da temperatura, e um aumento da difusividade térmica e da condutividade com a redução do teor de umidade e o aumento da temperatura, a partir de 25°C. De modo contrário, o calor específico aumentou com a elevação dos teores de umidade.

### 2.4.1 Cor

A cor é considerada um dos atributos mais importantes na aparência dos alimentos, contribuindo para a preferência dos consumidores. Esta é resultante de pigmentos naturais ou da adição de corantes sintéticos, podendo ser influenciada pela absorção da luz. (HUNTERLAB, 2004).

A maioria dos alimentos apresenta coloração própria. E, quando a aparência dos alimentos processados não atende aos padrões desejados, estes são descartados pelos consumidores.

A oxidação de compostos fenólicos presentes dos vegetais e frutos, pelas polifenol oxidases (PPOs)

provoca o escurecimento e sua atividade enzimática pode ser diferenciada em função da variedade da fruta, estágio de maturação e das condições de cultivo, colheita e pós- colheita (ARAUJO,1995).

O escurecimento em frutas e vegetais constitui-se num dos principais problemas para a indústria de alimentos, devido à ação da enzima polifenol oxidase que resulta na formação de pigmentos escuros ocasionando alterações indesejáveis na aparência e nas propriedades físicas e sensoriais dos produtos, reduzindo a vida útil dos mesmos e causando prejuízos econômicos (SILVA *et al.*, 2000). Devido à falta de equipamentos adequados e ao elevado custo produtivo, a cor dos alimentos tem sido pouco estudada. (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

A quantificação da cor é a distribuição de energia de uma luz refletida ou transmitida por um objeto (ALVARADO & AGUILETA, 2001).

A cor é simplesmente o efeito das ondas de luz refletidas ou absorvidas pelos objetos, sendo influenciadas nos diversos aspectos:

- pelas características da fonte de luz a qual o objeto é observado;
- pela incidência de luz sobre o objeto;
- pelo acabamento do objeto. (CIELAB, 2004).

Um dos sistemas que vem sendo utilizado para a interpretação da cor, baseia-se na CIE (Comission Internationale d'Eclairage), que emprega os símbolos X, Y e Z para representarem as frações das 3 cores: X(vermelho), Y(verde) e Z(azul), definidas como componentes cromáticos ou valores tristímulos, que caracterizam uma cor quanto à sua percepção visual.

O sistema CIELAB, apresentado na Figura 2, é baseado na teoria da percepção de cores opostas e estabelece que uma cor não pode ser verde e vermelha ou amarela e azul ao mesmo tempo (CIELAB, 2004). Este sistema é descrito por um diagrama tridimensional, onde o espaço é definido pelas coordenadas retangulares, atribuindo-se à luminosidade ( $L^*$ ), componente vermelho-verde ( $a^*$ ) e componente amarelo-azul ( $b^*$ ), e pelas coordenadas cilíndricas do mesmo espaço, croma ( $c^*$ ), e tonalidade cromática ( $H^*$ ).

Assim o sistema tridimensional, constituído pelas 3 coordenadas, capazes de descrever a uniformidade da cor:

- $L^*$  (média da luminosidade de um objeto a qual varia de 0 (preto) até 100 (branco));
- $a^*$  é uma medida do vermelho ( $a^*$  positivo) ou do verde ( $a^*$  negativo);
- $b^*$  é uma medida do amarelo ( $b^*$  positivo) ou do azul ( $b^*$  negativo).

As coordenadas ( $a^*$  e  $b^*$ ) aproximam-se de zero para cores neutras (branco, cinzento e preto) e formam um plano horizontal deste sólido (CIELAB, 2004).

Sendo  $\Delta E^*$  um número que determina a diferença total de cor entre o padrão e a amostra, calculado por:

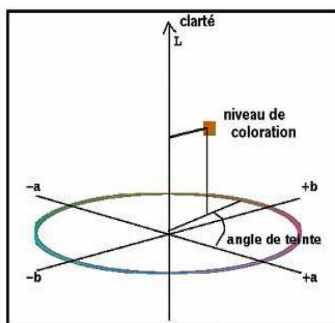
$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L + \Delta a + \Delta b}$$

$\Delta L$  = diferença total de cor entre o padrão e a amostra, que representa a variação da média do parâmetro luminosidade;

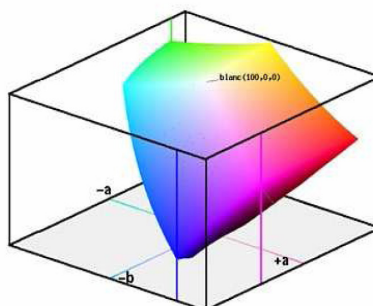
$\Delta a$  = diferença total de cor entre o padrão e a amostra, que representa a variação do parâmetro  $a^*$ , que é uma medida do vermelho ( $a^*$  positivo) ou do verde ( $a^*$  negativo);

$\Delta b$  = diferença total de cor entre o padrão e a amostra, que representa a variação do parâmetro  $b^*$  é uma medida do amarelo ( $b^*$  positivo) ou do azul ( $b^*$  negativo).

**Figura 2** - Coordenadas do sistema CIELAB, 2004.



Coordonnées et attributs des couleurs dans l'espace CIELAB



Solide des couleurs affichables dans l'espace CIELAB 1976 défini sur un moniteur BARCO CCID121 avec un illuminant D50

A partir da determinação deste parâmetro, é possível melhorar a qualidade do produto através de métodos de quantificação de cores nos alimentos. A cor da polpa constitui-se na primeira impressão a auxiliar o consumidor na sua decisão de compra.

As indústrias de sucos consideram a estabilidade da polpa e o comportamento reológico importantes, pois estes influenciam diretamente no aparecimento de incrustações nos equipamentos, o que pode alterar a cor do alimento processado. (CHITARRA, 2005).

No umbu, os principais pigmentos presentes são a clorofila e os carotenóides que lhes confere a cor verde-amarelada (estágio maduro), ou verde no estágio imaturo, além de pequenas concentrações de compostos fenólicos, os quais sofrem degradação originando os pigmentos escuros. Este escurecimento aumenta, na medida em que se elevam as temperaturas durante o armazenamento destes produtos processados (XAVIER, 1999).

A clorofila degrada-se por ácidos ou via enzimática em pigmentos verde-marrom, conhecidos como feofitina ou feoforbida. (FENNEMA, 1992).

Os carotenóides, responsáveis pela coloração dos frutos quando processados, tornam-se mais susceptíveis às alterações provocadas pelo calor, luz, concentração de oxigênio durante o armazenamento, sofrendo auto-oxidação, originando o escurecimento. (FENNEMA, 1992; LIN CHEN, 2005).

Estudo realizado por Cavalcanti *et al.*, (2007) com objetivo de verificar a influência da formulação, embalagem e tempo de armazenamento sobre a cor do doce em massa de umbu, a fim de selecionar as melhores condições de processamento e embalagem concluiu que do ponto de vista da conservação da cor amarelo esverdeada do doce, sugere-se a adição de pectina e xarope de glicose devido à obtenção de produtos de cor mais clara, e embalagem de polipropileno, pois verificou-se menos alterações nos parâmetros de cor ( $a^*$  e  $b^*$ ) nestas embalagens em relação ao celofane, em temperaturas mais amenas.

## 2.4.2 Textura

Em alimentos, a textura tem influência substancial na percepção da qualidade pelos consumidores.

Segundo Franco (2003), durante a mastigação, informações sobre as modificações da textura do alimento são transmitidas ao cérebro pelos sensores na boca, pela audição e pela memória a fim de construir uma imagem das propriedades texturais do alimento. Isso pode ocorrer seguindo as fases abaixo:

- avaliação inicial da dureza, da capacidade de quebrar e da consistência durante a primeira mordida;
- percepção da mastigabilidade, da aderência e da gomosidade, durante a mastigação e da umidade e oleosidade do alimento, além de uma análise do tamanho e da geometria dos pedaços individuais do alimento;
- percepção da taxa na qual o alimento se quebra durante a mastigação, dos tipos de pedaços formados, de liberação ou absorção de umidade ou de qualquer outro tipo de cobertura na boca e na língua pelo alimento.

As propriedades texturais dos alimentos apresentam efeito substancial na percepção do sabor, especialmente ao efeito da viscosidade. Muitos estudos sobre a importância de diferentes modalidades sensoriais visando a aceitabilidade do consumidor apontam o sabor como o mais importante, seguidos pela textura e aparência.

A textura ou consistência é considerada um dos quatro fatores principais na avaliação da qualidade dos alimentos, sendo os demais, sabor, aparência e valor nutritivo (MESSENS *et al.*, 2000). Apesar desses estudos não considerarem o esforço da indústria alimentícia em desenvolver características texturais favoráveis e mantê-las durante a vida útil dos produtos. (ROSENTHAL, 1999).

Sob o ponto de vista da reologia, a textura pode ser considerada um indicativo das propriedades reológicas de um alimento, tendo vários motivos para a determinação destas propriedades, dentre eles:

- 1) efetuar o controle de qualidade de matérias-primas, de processos de fabricação e de produtos

finais; 2) estudar a influência de componentes de formulação, relacionando a estrutura dos produtos com as suas características reológicas, nas aplicações de engenharias; e 3) correlacionar os dados reológicos com as avaliações organolépticas. (CAMPOS, 1995).

Diferentes métodos têm sido utilizados para avaliar a textura dos alimentos, tais como perfil textural por métodos sensoriais, utilizando painéis de testadores. (BOURNE, 1982).

A determinação de textura por métodos instrumentais começou a ser estudada desde 1861, cujos equipamentos baseavam-se nos três princípios: os fundamentais viscosidade e resistência; os empíricos, perfuração, corte, penetração e cisalhamento; e imitativos, os denominados simuladores de mastigação, perfil de textura com células próprias. Os elementos básicos de um texturômetro, equipamento utilizado na determinação da textura consistem em células de medição, denominadas sonda ou probe, sistema mecânico para maior movimentação e sistema de registro, além da aplicação de softwares para facilitar na análise e obtenção dos dados.

A (*Texture Profile Analysis*) TPA, desenvolvida há mais de 30 anos é considerado o melhor método para medir parâmetros de textura com apenas um teste, conhecido também como Análise Instrumental de Textura (PONS *et al.*, 1996; SANCHES, 2010). “Os testes instrumentais de textura, na sua maioria, baseiam-se em força de compressão, com a função simuladora da mastigação entre os molares” (FOX *et al.*, 2000).

Como exemplo, cita-se o teste de dupla compressão, no qual a amostra é submetida a duas corridas, ou seja, duas mordidas, simulando a mastigação. Quando o pistão deforma a amostra, o movimento do suporte é detectado, traçando uma curva força-compressão.

A partir desta curva, obtém-se os parâmetros primários, firmeza, coesividade, adesividade e elasticidade, e os secundários, fraturabilidade, mastigabilidade e gomosidade, os quais compõem as características do produto (FOX *et al.*, 2000).

As propriedades secundárias são definidas a seguir:

[...] fraturabilidade é a força na qual o material fratura um produto com alto grau de dureza e baixa coesividade; a mastigabilidade é a energia requerida

para mastigar um alimento até a deglutição e a gomosidade é a energia requerida para desintegrar um alimento semissólido até este ficar pronto para a deglutição. (FOX *et al.*, 2000; OLIVEIRA, 2006).

A firmeza ou dureza é caracterizada como a força necessária para produzir uma certa deformação no produto, a coesividade é considerada como a extensão a que um produto pode ser deformado antes ruptura, a adesividade é a energia necessária para superar as forças atrativas entre a superfície do alimento e a de outros materiais com os quais o alimento está em contato, enquanto que a elasticidade é um indicativo da velocidade na qual um material volta à condição não de formada, após remoção da força de deformação. Tipos de processamento, como o envase, os tempos e temperaturas de cocção diferenciados também podem afetar a textura (LEME,2007).

Visando superar as limitações das avaliações sensoriais relativas às dificuldades de interpretação e variação dos resultados, a TPA deve ser utilizada, com base na deformação da amostra através de uma força de compressão, a qual é convertida num gráfico de tensão, determinando-se os parâmetros que representam as propriedades físicas da amostra (KULMYRZAEV *et al.*, 2005; SANCHES, 2010).

## **2.4.3 Propriedades físico-químicas**

### **2.4.3.1 pH e acidez titulável (AT)**

Segundo Chaves (1993), a determinação do pH de um alimento é importante por vários motivos,tais como: influência na palatabilidade, desenvolvimento de microorganismos, escolha de temperatura de esterilização, escolha do tipo de material de limpeza e desinfecção, escolha do equipamento com o qual de pretende trabalhar na indústria, os aditivos a serem empregados, entre outros.

Acidez em frutas e vegetais é atribuída, principalmente aos ácidos orgânicos que estão dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na forma livre, como combinada com sais de ésteres e glicosídeos. Os ácidos mais abundantes nas frutas são o cítrico e o málico, havendo predominância desses ou de outros, de acordo com a espécie. (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Costa *et al.*, (2004) estudando a variação da acidez titulável de frutos de umbuzeiro em diferentes estádios de maturação, determinaram teores de ácido cítrico entre 1,01 e 2,72% e pH variando entre 2,08 a 2,27. Neves e Carvalho (2005) determinaram pH médio de 2,02 para frutos in natura, 2,44 para polpa industrializada e 2,71 para o doce em massa. Bueno *et al.*, (2002) observaram para a polpa do umbu, 1,7% de ácido cítrico com pH de 2,6, na avaliação da qualidade de polpas de frutas congeladas. E Ferreira *et al.*, (2000) encontraram 1,45% de ácido cítrico na avaliação da acidez titulável.

#### 2.4.3.2 Brix e Sólidos Solúveis

O Brix é uma escala numérica que mede a quantidade de compostos solúveis numa solução de sacarose geralmente usada para suco de fruta. A escala Brix é empregada na indústria de alimentos para medir a quantidade aproximada de açúcares presentes em sucos de frutas, vinhos e na própria industrialização do açúcar. Criada por Adolf F. Brix (1798- 1870), derivada originalmente da escala de Balling, recalculando a temperatura de referência de 15,5 0C. O refratômetro é o instrumento utilizado para medir a concentração de soluções aquosas. (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

Os sólidos solúveis (SS) têm sido utilizados como indicadores de maturidade para frutos de modo geral, por meio da quantificação dos teores de sólidos que se apresentam dissolvidos no suco. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o teor de açúcares normalmente constitui de 65 a 85% do teor de sólidos solúveis. Para a agroindústria, teores elevados de SS têm se mostrado uma característica desejável, tendo em vista que quanto maior o seu valor, menor será a quantidade de frutos necessários para atingir a concentração de um produto (NASCIMENTO *et al.*, 2005).

O teor de sólidos solúveis é um parâmetro usado como medida indireta do conteúdo de açúcares, uma vez que se constatou que seu valor aumenta, à medida em que estes se acumulam no fruto.

Entretanto, a sua determinação não representa o teor exato de açúcares, pois outras substâncias também apresentam-se dissolvidas no conteúdo celular, como as vitaminas, fenólicos, pectinas e ácidos orgânicos,



apesar de os açúcares serem os mais representativos, presentes em frações de até 85% – 90% destes. (CHITARRA; ALVES, 2001).

Silva *et al.*, (1987) pesquisando umbuzeiros no Campo Experimental da Caatinga na Embrapa em Petrolina-PE, determinaram valores de sólidos solúveis entre 10,4 a 13,2 %. SILVA *et al.*, (1987) encontraram variações de 10,43° a 13,22° Brix em polpa de umbu, citado por Oliveira (2006). Folegatti *et al.*, (2003) encontraram valores de 10% para os sólidos solúveis e Dias *et al.*, (2007) observaram 8,2%. Enquanto Costa *et al.*, (2004) constataram que a medida em que se avança o estágio de maturação do umbu, o conteúdo de sólidos solúveis aumenta, através dos valores de sólidos solúveis de 7,0; 8,5; 9,5 e 10,0%, respectivamente para os estádios de maturação: verde, “de vez”, maduro e com maturação avançada. Bispo (1989) elaborou uma geléia de umbu com 67,6 Brix, 59% de suco filtrado, sem adição de pectina, em tacho aberto, obtendo um produto com elevada aceitação sensorial de sabor, cor e acidez titulável.

### 2.4.3.3 Açúcares solúveis totais e açúcares redutores

Chitarra e Alves (2001) relatam que durante a maturação, uma das principais características é o acúmulo de açúcares que ocorre, na maioria dos frutos, simultaneamente à redução da acidez.

O teor de açúcares é um atributo importante para a qualidade dos frutos, que tem participação fundamental no sabor e aroma, sendo útil também como indicador do estágio de maturação mais adequado para a colheita. (ARRIOLA *et al.*, 1980).

Para o umbu, vários autores tem abordado em torno de 40% a 50% de sacarose no conteúdo dos açúcares solúveis totais” (ALMEIDA, 1999; FERREIRA *et al.*, 2000; DIAS *et al.*, .; 2007). Esse açúcar é predominante na maturação fisiológica da maioria dos frutos (WHITTING, 1970) e isto torna o umbu, um fruto perecível. Souza e Catão (1970) determinaram conteúdo de açúcares solúveis totais em umbu de 8,34% e Bispo (1989), de 7,95%.

A glicose e a frutose constituem os principais açúcares redutores com predominância do primeiro na maioria dos frutos.

Segundo Whitting (1970), seus teores aumentam durante a

maturação na planta, tanto em frutos climatéricos quanto em frutos não-climatéricos.

Ferreira *et al.*, (2000) encontraram na polpa *in natura* de umbu maduro, o valor médio do teor de açúcares redutores de 3,60% de glicose de 2,52% de açúcares não-redutores. Bueno *et al.*, (2002) verificaram que os açúcares redutores representavam aproximadamente 54% dos sólidos solúveis, quando estudaram a qualidade de polpas de frutas congeladas.

## 2.5 ATIVIDADE DE ÁGUA

Alguns autores definem a atividade de água ( $a_w$ ) como a relação entre a pressão de vapor da água em equilíbrio sobre o alimento ( $p_w$ ) e a pressão de vapor de água pura ( $p_{w0}$ ), a uma mesma temperature. (KAPLOW, 1970; BONE, 1973; ROSS, 1975; LABUZA, 1980; ROCKLAND; NISHI, 1980; TROLLER, 1980).

A atividade de água é uma medida indireta da água que está disponível em um alimento para ser utilizado em diferentes reações deteriorativas e no crescimento microbiano.

Pode ser calculada através da equação:  $a_w = p_w / p_{w0}$

Para Leung (1986) a atividade de água é um fator chave no desenvolvimento microbiano, produção de toxinas e de reações enzimáticas e não enzimáticas.

A atividade de água estabelece o grau de ligação da água contida no alimento, agindo como solvente e participando das transformações químicas, bioquímicas e microbiológicas. (LABUZA, 1980).

Segundo Welti & Vergara (1997), o conteúdo de umidade de um alimento poderá ser um fator indicativo da sua tendência à deterioração. Entretanto, existem alimentos, que podem conter o mesmo teor de umidade, mas apresentarem diferenças quanto à sua estabilidade, considerando com isto que o conteúdo de umidade não é suficiente para indicar o grau de perecibilidade de um alimento, sem levar em conta às interações da água com outros componentes do alimento. Para uma solução ideal, a atividade de água ( $a_w$ ) pode ser descrita pela Lei de

Raoult, ou seja, quando um soluto é dissolvido em água, por causa da competição pelas moléculas deste solvente, a pressão relativa de vapor de água é obtida pela reação entre o número de moles de água e a soma dos moles de água e soluto.

A atividade de água é um dos parâmetros mais importantes para a indústria de alimentos. Existem muitos métodos para a medida da atividade de água e cada um tem suas limitações. Foram analisados os diversos métodos existentes para a determinação da atividade de água, considerando-se seu princípio de funcionamento, o manuseio do equipamento, o tempo para realização da medida, a faixa de medida, a calibração do equipamento, a repetibilidade e reprodutibilidade e o custo do equipamento. Foram comparados dados de atividade de água de soluções saturadas e insaturadas de sais e de solução de ácido sulfúrico de várias referências. O objetivo era uniformizar os padrões adotados nos diversos métodos de medida da atividade de água. Não apenas foram apresentados os modelos matemáticos de Brunauer, Emmet e Teller e o de Guggenheim, Anderson e De Boer, para aproximar isotermas de sorção, mas também, analisadas as aplicações das medidas da atividade e isotermas de sorção de água em alimentos. Os melhores métodos existentes atualmente são o higrômetro eletrônico e higrômetro de ponto de orvalho. A principal desvantagem desses métodos é o custo elevado, o que os torna inacessíveis a uma grande parcela da indústria de alimentos brasileira. (DITCHFIELD, 2004).

O comportamento de microorganismos frente à  $a_w$  é variável, dependendo da espécie, cepa microbiana, substrato, entre outros. No entanto, pode-se afirmar, segundo parâmetros do Instituto Adolfo Lutz (ITAL, 2012) que as bactérias são usualmente mais exigentes quanto à disponibilidade de água livre, seguida dos bolores e leveduras. Os alimentos de baixa  $a_w$  ( $< 0,60$ ) são microbiologicamente estáveis.

## 2.6 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

A perda da qualidade ou redução do período de vida útil dos produtos alimentícios pode ser consequência de alterações das propriedades de ordens fisiológicas,

nutricionais e sensoriais, e estas podem estar relacionadas à atividade microbiológica, tais como bactérias, leveduras, infestações por parasitas, reações enzimáticas, reações químicas não-enzimáticas, além de alterações físicas. (MOURA, 2005; GERMER, 2011).

A umidade disponível no alimento é um dos critérios para o crescimento de um microorganismo. Sendo assim, uma grande variedade de microorganismos cresce sobre frutos.

Os fungos são os mais resistentes à diminuição da atividade de água e podem crescer em alimentos com menos de 2% de umidade. Bactérias e leveduras requerem níveis maiores de umidade, normalmente acima de 30%. (EMBRAPA, 1982; BEUCHAT, 1983).

Bueno *et al.*, (2002) afirmaram que um alimento para ser considerado seguro, deve ser analisado quanto à presença de alguns microorganismos importantes, tais como coliformes totais e fecais, cuja presença nos alimentos processados é um indício de contaminação pós-sanitização ou pós-processamento. Esses autores ao estudarem a qualidade higiênico-sanitária de frutas desidratadas para utilização em formulações de chocolate caseiro, identificaram e constataram que o processo de desidratação não foi suficiente para eliminar os coliformes fecais presentes nas amostras das frutas, nem o crescimento de bolores e de leveduras, cujos valores encontrados estavam acima do valor estabelecido pelo Ministério da Saúde.

A RDC - Resolução da Diretoria Colegiada da ANVISA-Agência Nacional de Vigilância Sanitária de nº 12, de 02/01/2001 (BRASIL, 2001) estabelece os padrões microbiológicos para polpas de frutas concentradas ou não, com ou sem tratamento térmico, refrigeradas ou congeladas, respectivamente, os valores para *Salmonella* em 25 g, coliformes fecais máximo de  $10^2$ /g NMP( número mais provável).

Dentre os fatores que interferem no desenvolvimento microbiano, destacam-se o potencial de oxidação, composição química, fatores antimicrobianos naturais presentes no alimento, acidez e potencial hidrogeniônico (pH). (OLIVEIRA, 2006).

Torrezan (1996) indicou o pH limite para crescimento de microorganismos variando numa faixa de 1 a 11. Muitos microorganismos

têm o seu pH ótimo próximo da neutralidade e crescem entre pH 5,4 a 6,3. Geralmente as leveduras e bolores apresentam pH mínimo de crescimento mais baixo do que as bactérias, enquanto que o pH máximo é similar para bactérias, bolores e leveduras.

Bueno *et al.*, (2002) ao avaliarem a qualidade de polpas de frutas congeladas de marcas comerciais das frutas cupuaçu, acerola, goiaba, cacau, manga, cajá, uva, caju, mamão, melão, abacaxi, siriguela, umbu, morango e açaí, constataram que do ponto de vista microbiológico, todas as amostras analisadas atendiam à legislação em vigor, embora não atendesse aos padrões físico-químicos fixados pela legislação.

Trindade *et al.*, (2002) realizaram um estudo para verificação de leveduras associadas com polpas de frutas frescas e congeladas de frutos brasileiros. Neste estudo detectaram um pequeno número de espécies de leveduras associadas à polpa de umbu congelada e frutos maduros. A contagem de leveduras de frutos maduros de pitanga apresentaram uma maior frequência, seguidas pelas contagens de colônias em frutos maduros de acerola e polpa congelada de mangaba. As polpas de umbu congeladas apresentaram a maior frequência de espécies proteolíticas, sendo que as leveduras pectinolíticas foram encontradas em todos os substratos, exceto na polpa de umbu congelada.



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 MATÉRIA-PRIMA

Os experimentos foram realizados nos laboratórios: PROFI – Propriedades Físicas, CERMAT (Engenharia de Materiais) e Central de Análises, pertencentes à UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina, em Florianópolis – SC e no Departamento de Tecnologias de Alimentos – Campus do IF Sertão Pernambucano (Instituto Federal de Educação Tecnológica), Unidade Industrial de Petrolina-PE.

A matéria-prima utilizada no experimento foi a seguinte: polpa de umbu integral e polpa de umbu congelada a 5 °C e centrifugada nas fases 1 e 2, sem aditivos, conservantes e corantes, conforme apresentado na Figura 3, dois tipos de geleias identificadas como geleia 1, produzida pela ACOPRI e geleia 2, produzida pela COOPERCUC, de acordo com a Figura 4 e doce em massa e compota.

**Figura 3** - Polpa de umbu centrifugada, fase 1 e 2.



**Figura 4** - Geleias de umbu, 1 e 2.



A polpa de umbu e as geleias utilizadas neste estudo não continha conservantes, corantes ou aditivos químicos.

## 3.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E FÍSICAS

### 3.2.1 pH

Determinou-se o pH diretamente nas amostras de polpa, geléias, doce e compota de umbu, utilizando-se um potenciômetro (pHmetro modelo QUIMIS), segundo metodologia de Adolfo Lutz (1985).

### 3.2.2 Acidez titulável e sólidos solúveis

As amostras da polpa foram tituladas com NaOH 0,1 N e o resultado expresso em termos de ácido cítrico(% g de ácido cítrico/100ml), segundo o Instituto Adolfo Lutz (1985). Para as amostras de doce, geleias e compota, utilizou-se o refratômetro digital da marca (LEICA) com resultados expressos em °Brix.

### 3.2.3 Atividade de água ( $a_w$ )

As medidas de atividade de água ( $a_w$ ) foram realizadas em



amostras de polpa, geleias, doce e compota de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara), utilizando-se um medidor AQUALAB, modelo CX-2, à temperatura de 24 °C.

### 3.2.4 Cor

A cor da polpa, da compota, das geleias e do doce em massa de umbu foi analisada utilizando-se um colorímetro portátil HunterLab MiniScanXE Plus (Hunter Associates Laboratory Inc., Reston, USA) em temperatura ambiente. As análises foram feitas em duplicatas, tendo os parâmetros L\*, a\*, b\*, C e H como respostas, onde L\* indica a luminosidade do branco ao preto, a\* indica o eixo da cromaticidade do verde (-) ao vermelho (+), o b\* o eixo da cromaticidade do azul (-) ao amarelo (+), o C\* o croma e H\* a tonalidade cromática. O instrumento foi calibrado utilizando-se uma placa preta e uma cerâmica branca padrão branca (X=78,9, Y=83,9 e Z=88,9).

### 3.2.5 Análise Instrumental de Textura – TPA (*Texture Profile Analysis*)

As medidas de textura no doce em massa de umbu foram determinadas por meio de um texturômetro: TAXT2 *Texture Analyzer* da Stable Micro Systems (Goldaming, England), utilizando-se uma probe Cylinder (SMS P/25mm), nas seguintes condições: velocidade do pré-teste de 5,0 mm/s, velocidade do teste de 2,0 mm/s, velocidade de pós-teste de 10 mm/s com distância de compressão de 3 mm. Os parâmetros analisados foram: firmeza, adesividade, gomosidade e mastigabilidade. O teste foi realizado em duplicata, com uma leitura a cada repetição. As amostras foram analisadas no Laboratório de Análises Físicas de Alimentos - PROFI da UFSC.

As análises de TPA em geleias foram realizadas no laboratório da Central de Análises, utilizando-se um analisador de textura T.A.T x 2i *Stable Micro Systems* com penetração de sonda cilíndrica de acrílico com 6 mm de diâmetro, para 50 mL de geléia em cada amostra, com velocidades de 2 e 4 mm/s, numa distância de penetração de 8,0 mm.

### 3.3 MEDIDAS DE PARÂMETROS REOLÓGICOS DA POLPA E DA GELEIA DE UMBU (*Spondias Tuberosa* ARRUDA CÂMARA)

A polpa de umbu utilizada nas análises reológicas foi descongelada e centrifugada a 3000 rpm, durante 10 minutos à temperatura de 20°C. Este procedimento teve por objetivo a separação da polpa em duas fases, uma mais líquida e transparente, em forma de suco e outra fase em forma de purê, tendo em vista que as geleias de umbu são produzidas com a primeira fase da polpa, ou seja, do suco transparente. Além de eliminar os sólidos insolúveis melhorando a homogeneização em cada uma das fases. Utilizou-se também a polpa integral descongelada a fim de se obter um estudo completo do seu comportamento reológico.

A reologia da polpa foi descrita por meio de um reômetro ou viscosímetro rotacional de cilindros concêntricos Thermo Haake DC 10, (modelo VT 550). Colocou-se 9 mL de polpa de cada fase obtida. A fase mais líquida foi identificada como fase 2, e a fase de purê como fase 1. As medidas foram realizadas nas faixas de temperatura de 10 a 80°C, sendo ajustadas por meio de banho termostático acoplado ao equipamento. O aparelho registrou os dados de tensão de cisalhamento, taxa de deformação e viscosidade.

Para as análises dos dois tipos de geleia estudadas, aplicou-se a temperatura de 20°C. As análises reológicas foram determinadas com variação da taxa de deformação ou cisalhamento de 0 a 1000 s<sup>-1</sup> (curva ascendente) e de 1000 a 0 s<sup>-1</sup> (curva descendente) para todas as medidas, com duração de aproximadamente 3 minutos para as duas curvas. Realizou-se leitura em duplicata, utilizando-se uma nova amostra em cada medida, resultando em 100 pontos de subida e 100 pontos de descida para cada ensaio realizado.

Em seguida aplicou-se os modelos de Ostwald-de Waele, Herschel-Bulkley, Casson e Bingham.

### 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados das análises físico-químicas foram tratados utilizando-se o software SPSS versão 6.0 (NORUSIS, 1993). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos, que consistiram nos produtos: geleia 1 e 2, compota, doce e polpa de umbu, com duas repetições. Nos produtos compota e polpa

não foram aplicados os testes de TPA, porque estes foram acondicionados *in natura*.

Os produtos utilizados , continham as seguintes informações nos rótulos:

- a) Compota de umbu – ingredientes: frutas de umbu orgânico e açúcar cristal orgânico; embalagem tipo à vácuo; características: 59 % de frutas de umbu, rico em vitamina C; frutas inteiras, eco-extrativismo, textura macia, azedinho perfeito; peso líquido: 590 g/validade: 18 meses e data de fabricação: 13/02/2012;
- b) Geléia: ingredientes: suco de umbu orgânico e 74 % de suco, escuro, brilhante e azedinho; peso: 240 g;
- c) Doce: 85 % de polpa e açúcar orgânico, peso: 300g.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA: ACIDEZ TITULÁVEL, SÓLIDOS SOLÚVEIS, PH E ATIVIDADE DE ÁGUA ( $a_w$ )

Os resultados obtidos das análises físico-químicas dos produtos elaborados com umbu estão apresentados na Tabela 13. De acordo com Silva (2008), o teor de sólidos solúveis pode ser considerado um dos principais fatores que influencia no comportamento reológico das polpas de frutas.

Observa-se nesse estudo que os teores de sólidos solúveis encontrados na polpa, na compota e nas geleias de umbu, apresentam-se próximos aos abordados na literatura. Silva *et al.*, (1987) determinaram valores de sólidos solúveis entre 10,43 °Brix em polpa de umbu, Folegatti *et al.*, (2003) encontraram valores de 10 ° Brix e Dias *et al.*, (2007) determinaram 8,2 °Brix. Segundo Costa *et al.*, (2004), o conteúdo de sólidos solúveis aumenta de 7,0; 8,5; 9,5 e 10 ° Brix, respectivamente para os estádios de maturação: verde, “de vez”, maduro e com maturação avançada. Os valores de sólidos solúveis determinados na geleia 1 ficaram abaixo dos encontrados por Bispo (1989) e por Folegatti *et al.*, (2003), na faixa de 67,6 e 68 °Brix respectivamente. No doce de umbu, os teores de sólidos solúveis encontrados ficaram abaixo dos determinados por Cavalcanti *et al.*, (2007) que determinaram os valores de 72,33, 72,5 a 75,33 °Brix para os doces em massa de umbu nos estádios de maturação verde, “de vez” e maduro, respectivamente.

Os valores médios de pH determinados na polpa integral de umbu, aproximam-se dos valores encontrados por Oliveira (2006), na faixa de 2,95, divergindo ligeiramente dos valores encontrados por Neves e Carvalho (2005), 2,02 para frutos in natura, 2,44 para a polpa industrializada e 2,71 para o doce em massa de umbu.

A acidez titulável média encontrada foi de 1,73%, bem próximo dos valores mencionados na literatura, tais como: Costa *et al.*, (2004) ao estudarem a variação da acidez titulável de frutos de umbuzeiro em diferentes estádios de maturação, determinaram teores de ácido cítrico entre 1,01 e 2,72% e pH entre 2,08 a 2,27.

Bueno *et al.*, (2002) observaram para a polpa do umbu, 1,7%

de ácido cítrico com pH de 2,6, na avaliação da qualidade de polpas de frutas congeladas. E Ferreira *et al.*, (2000) encontraram 1,45% de ácido cítrico na avaliação da acidez titulável.

**Tabela 13** - Resultados das análises físico-químicas de produtos derivados de umbu.

Produtos	pH	AT(%)	SS (° Brix)	aw
Compota de umbu	2,6633 a	0,57000 c	64,3334 b	0,94000 b
Doce em massa de umbu	2,31333 c	0,66000 b	71,33334 a	0,61750 d
Geleia de umbu 1	2,4533 b	0,4500 d	29,00000 c	0,61700 d
Geleia de umbu 2	2,32667 b	0,57000 c	68,00000 a	0,643000 a
Polpa integral de umbu	2,68667 a	1,73000 a	10,80000 d	0,99150 a

Os dois tipos de geleias analisados apresentaram pH entre 2,32 e 2,47. Não havendo diferença significativa entre ambas, conforme Tabela 9. Quanto aos teores de acidez titulável, estes variaram estatisticamente entre 0,56% a 0,84%. Ambas se aproximaram dos valores encontrados por Bispo (1989), cujo valor foi de 0,55% e por Folegatti *et al.*, (2003) que encontraram valores de AT entre 0,62% e 0,88%.

A acidez se constitui num importante parâmetro avaliativo do estado de conservação dos alimentos. No processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, sempre ocorre alteração na concentração de íons de hidrogênio e conseqüentemente na sua acidez (MATIETTO, 2005).

Os valores de atividade de água determinados para o doce de umbu foram inferiores aos encontrados por Cavalcanti et al (2007), cujos valores oscilaram entre 0,75 a 0,83 para doces em massa de umbu nos estádios de maturação verde e maduro, respectivamente. E por Policarpo *et al.*, (2003), que encontraram valores de atividade  $a_w$  menores em doces com maior conteúdo de sólidos solúveis, ao avaliarem os efeitos da adição de pectina e xarope de glicose sobre parâmetros físico-químicos de doces de polpa de umbu verde. Na polpa de umbu, os valores de atividade de água encontrados foram superiores aos determinados por Mattietto *et al.*, (2007), para o néctar misto de cajá e umbu.

## 4.2 ANÁLISE DE COR

Os resultados para análise de cor da polpa, das geleias, compota e doce em massa de umbu são apresentados na Tabela 14. Os valores encontrados para os parâmetros L\*, a\*, b\*, C e H\* para a polpa de umbu integral são compatíveis aos observados por POLICARPO *et al.*, (2003) para polpa de umbu verde após branqueamento. O parâmetro L\*, variou enormemente entre as geleias 1 e 2, possivelmente devido ao tempo de armazenamento verificado para a geleia 2 ser superior a 90 dias. A polpa de umbu apresentou os maiores valores no parâmetro L\* com relação aos demais produtos, bem como aos demais parâmetros (a\*, b\*, C\* e H\*). O parâmetro a\* manteve-se constante, sendo observado o maior valor para a geleia 1, entre os produtos analisados. Isso pode ser atribuído provavelmente ao tipo de processamento deste produto. Quanto ao parâmetro b\*, este variou de forma significativa, principalmente entre as geleias e entre os produtos analisados, tendo sido determinados maiores valores para a compota de umbu. Este resultado pode ser atribuído ao estágio de maturação dos frutos utilizados no processamento ou à atividade de água, ou aos teores de sólidos solúveis presentes na mesma. Conforme dados reportados na literatura (ALVES *et al.*, 2007; JACKIX, 1988; POLICARPO *et al.*, 2007), o efeito dos aditivos em geleias e doces, utilizados para aumentar o brilho destes produtos poderá provocar aumento na luminosidade, ou seja, nos valores do parâmetro L\*.

**Tabela 14** - Resultados das análises de cor em derivados de umbu.

Tipo	L	a*	b*	C	H
Geleia 1	26,63 ±	45,65 ±	45,9 ±	64,74 ±	45,15 ±
	0,1078	0,1882	0,1858	0,2638	0,0057
Geleia 2	4,24 ±	23,82 ±	7,306 ±	24,92 ±	17,04 ±
	0,2264	0,8633	0,3927	0,9394	0,2805
Doce	4,103 ±	1,94 ±	5,95 ±	6,266 ±	41,86 ±
	0,5468	0,2007	0,4497	0,3636	3,013
Compota	27,26 ±	11,67 ±	40,53 ±	42,17 ±	73,93 ±
	0,4623	0,3212	0,8663	0,9135	0,9644
Polpa	51,53 ±	4,563 ±	40,076 ±	40,34 ±	83,5 ±
	0,0346	0,0351	0,165	0,1705	0,0321

Cavalcanti *et al.*, (2007) ao estudarem a cor de doces em massa de polpa de umbu no estágio de maturação verde, verificaram a

diminuição dos valores dos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , para os doces armazenados à temperatura de 43 °C, que o tipo de embalagem não influenciou sobre o parâmetro  $L^*$  e recomendaram o uso de pectina e xarope de glicose, aliados à estocagem sob temperaturas mais baixas como condições adequadas para melhorar a qualidade dos doces em massa de umbu.

#### 4.3 ANÁLISE INSTRUMENTAL DE TEXTURA – TPA (TEXTURE PROFILE ANALYSIS)

A Tabela 15 apresenta as médias das análises de perfil de textura para as amostras de doce em massa de umbu. O doce analisado é produzido pela COOPERCUC e foi gentilmente cedido para utilização neste experimento, com o objetivo de avaliação tecnológica dos atributos cor, textura, pH, sólidos solúveis e atividade de água, com finalidade de melhoria da qualidade. Os parâmetros analisados foram: firmeza, adesividade, gomosidade e mastigabilidade. A análise o perfil de textura apresenta-se como parte da caracterização dos atributos físicos do doce em massa.

**Tabela 15** - Médias das análises de perfil de textura para as amostras de doce em massa e geleias de umbu.

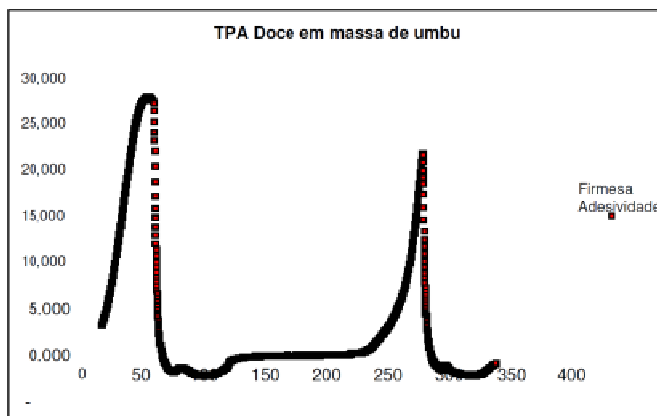
<b>Produtos</b>	<b>Parâmetros</b>	<b>Médias</b>	<b>Desvio padrão</b>
Doce em massa	Firmeza	25,708 N	2,777515
	Elasticidade	0,840407	0,058477
	Adesividade	-6,3435	0,846407
	Coesividade	(N.s)	0,052977
	Gomosidade	0,375555	2,40505
	Mastigabilidade	9,728332 8,246083	2,590103
Geleia 1	Força do gel	0,316	5,106
	Força de ruptura	22,643	2,5195
	Fragilidade ou firmeza	53,669	2,176
	Adesividade	-44,855	1,518226
Geleia 2	Força do gel	2,874	3,564
	Força de ruptura	11,267	1,943
	Fragilidade ou firmeza	46,91	2,4466
	Adesividade	-45,14	1,615089



Nesta análise utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, por meio de análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade em software ASSISTAT.

No gráfico apresentado na Figura 5, o parâmetro firmeza variou entre 20 e 25 N, sendo muito próximo dos valores encontrados na literatura para doces em massa de umbu verde e maduro e em doces em massa de goiaba. Esses dados não diferiram estatisticamente, a 5% de significância. O açúcar é um dos componentes responsáveis pela textura ideal de doces de frutas. Se este ingrediente for diminuído ou mesmo excluído da formulação do produto, a textura tenderá a ser frágil (LICODIEDOFF, 2008).

**Figura 5** - Gráfico de TPA em doce em massa de umbu produzido pela COOPERCUC.



Não houve diferença significativa em relação à fracturabilidade, conforme observado na Tabela 15. De acordo com Tang *et al.*, (1995), um gel que se fratura muito facilmente no ciclo de compressão é mais quebradiço que o que se rompe depois. Dessa forma, quanto maior a dureza do doce, maior a fratura ocasionada. A gomosidade representa a força necessária para mastigar um alimento semissólido (POLICARPO, 2007).

O doce em massa de umbu apresentou resultados de parâmetros de textura acima dos encontrados por Policarpo *et al.*, (2007) e estão de acordo com os recomendados por Jackix (1988).

#### 4.4 ANÁLISE DOS DADOS REOLÓGICOS

Foram adotados como critérios para a determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o desvio percentual médio (P), calculado pela equação:

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(X_{\text{exp}} - X_{\text{teor}})}{X_{\text{exp}}}$$

onde:

P = desvio percentual médio (%)

$X_{\text{exp}}$  = valor experimental

$X_{\text{teor}}$  = valor predito pela equação

n = n° de dados experimentais

Nas Tabelas 16, 17 e 18 são apresentados os parâmetros dos modelos reológicos de Ostwald-de Waele (Lei da Potência), Herschel-Bulkley, Casson e Bingham para a caracterização reológica da polpa de umbu centrifugada, nas fases 1 e 2 e integral em cada temperatura estudada, com os respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ). Verifica-se que para todos os modelos, os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) foram superiores a 0,90 e os desvios percentuais médios inferiores a 5%. Dentre os modelos aplicados, o modelo de Herschel-Bulkley foi o que apresentou os melhores ajustes, com os maiores coeficientes de determinação ( $R^2$ ), todos superiores a 0,9 e os menores desvios percentuais todos inferiores a 3%.

Nas tabelas 16, 17, 18 e 19 observa-se que no modelo de Casson, os valores de (n) são constante.

Nas Tabelas 16, 17, 18 e 19 observa-se que o índice de comportamento de fluxo (n) para todas as análises reológicas apresentaram valores inferiores a 1, indicando que a polpa e as geleias de umbu, apresentam-se como fluido não-newtoniano com comportamento pseudoplástico. Evangelista *et al.*, (2003) também identificaram comportamento semelhante para polpas de umbu, e Torres *et al.*, (2004) para polpa de umbu-cajá.

A caracterização reológica das geleias está apresentada na Tabela 20, contendo os parâmetros dos modelos reológicos aplicados. Dentre os modelos aplicados, o de Herschel-Bulkley apresentou os melhores ajustes.

**Tabela 16** - Parâmetros e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) dos modelos reológicos ajustados aos reogramas da polpa de umbu centrifugada na fase 1(purê).

Modelo	Temperatura °C		Parâmetros	
		K	n	( $R^2$ )
Ostwald-de-Waele	10	14,28	0,3974	0,997
	20	14,04	0,3705	0,9879
	30	10,11	0,37	0,998
	40	10,73	0,3736	0,9979
	50	11,16	0,354	0,9956
	60	8,457	0,3956	0,9982
	70	10,04	0,3837	0,9973
	80	7,724	0,461	0,9977
Herschel-Bulkley	10	28,41	0,3106	0,9987
	20	19,25	0,32	0,9986
	30	18,71	0,3216	0,9985
	40	15,56	0,3191	0,9984
	50	20,56	0,2796	0,9987
	60	10,24	0,3708	0,9983
	70	7,655	0,4194	0,9967
	80	3,595	0,5679	0,9952
Casson	10	3,738	0,5	0,9798
	20	3,433	0,5	0,9716
	30	3,041	0,5	0,9821
	40	2,684	0,5	0,9819
	50	2,681	0,5	0,9759
	60	2,214	0,5	0,986
	70	2,576	0,5	0,9891
	80	2,315	0,5	0,9969
Bingham	10	60,69	0,2392	0,9505
	20	53,69	0,1939	0,9408
	30	47,91	0,1724	0,9526
	40	42,11	0,1495	0,9523
	50	40,98	0,1332	0,9423
	60	35,79	0,1397	0,9606
	70	40,88	0,1512	0,9664
	80	41,11	0,2069	0,9844

**Tabela 17** - Parâmetros e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) dos modelos reológicos ajustados aos reogramas da polpa de umbu centrifugada na fase 2 (suco).

Modelo	Temperatura °C		Parâmetros	
		K	n	( $R^2$ )
Ostwald-de-Waele	10	0,6304	0,598	0,9987
	20	0,67	0,3739	0,9981
	30	0,7136	0,2268	0,998
	40	0,7679	0,1281	0,998
	50	0,8143	0,07565	0,9987
	60	0,8385	0,05039	0,9982
	70	0,8786	0,02798	0,9966
	80	0,9993	0,0133	0,9951
Herschel-Bulkley	10	1,183	0,5421	0,9987
	20	0,615	0,6046	0,9986
	30	0,3894	0,6421	0,9985
	40	0,2033	0,7061	0,9984
	50	0,09551	0,7823	0,9987
	60	0,06156	0,8114	0,9983
	70	0,03586	0,8448	0,9967
	80	0,01095	0,966	0,9952
Casson	10	3,165	0,5	0,9929
	20	2,033	0,5	0,9931
	30	1,212	0,5	0,9955
	40	2,684	0,5	0,9962
	50	2,681	0,5	0,9972
	60	2,214	0,5	0,9963
	70	2,576	0,5	0,9964
	80	2,315,	0,5	0,9964
Bingham	10	7,739	0,0414	0,9819
	20	5,472	0,03473	0,9837
	30	1,212	0,02912	0,9889
	40	2,297	0,02446	0,9921
	50	1,455	0,02008	0,9942
	60	0,9781	0,01598	0,9944
	70	0,5007	0,01185	0,9952
	80	0,2111	0,008603	0,9963

**Tabela 18** - Parâmetros e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) dos modelos reológicos ajustados aos reogramas da polpa de umbu integral.

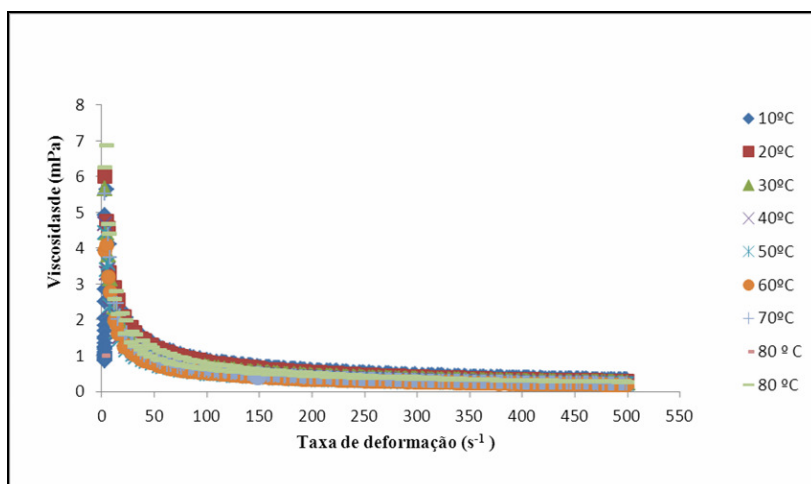
Modelo	Temperatura °C		Parâmetros	
		K	n	( $R^2$ )
Ostwald-de-Waele	10	28,67	28,67	28,67
	20	17,78	17,78	17,78
	30	13,97	13,97	13,97
	40	8,0	8,0	8,0
	50	8,053	8,053	8,053
	60	7,957	7,957	7,957
	70	9,639	9,639	9,639
	80	9,769	9,769	9,769
Herschel-Bulkley	10	41,81	41,81	41,81
	20	24,13	24,13	24,13
	30	17,98	17,98	17,98
	40	20,00	20,00	20,00
	50	8,495	8,495	8,495
	60	7,555	7,555	7,555
	70	9,837	9,837	9,837
	80	5,868	5,868	5,868
Casson	10	4,666	4,666	4,666
	20	4,151	4,151	4,151
	30	3,324	3,324	3,324
	40	2,186	2,186	2,186
	50	2,117	2,117	2,117
	60	2,019	2,019	2,019
	70	2,175	2,175	2,175
	80	2,192	2,192	2,192
Bingham	10	83,83	83,83	83,83
	20	62,28	62,28	62,28
	30	50,54	50,54	50,54
	40	36,72	36,72	36,72
	50	34,29	34,29	34,29
	60	31,85	31,85	31,85
	70	31,9	31,9	31,9
	80	32,12	32,12	32,12

**Tabela 19** - Parâmetros e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) dos modelos reológicos ajustados aos reogramas das geleias de umbu a 20° C

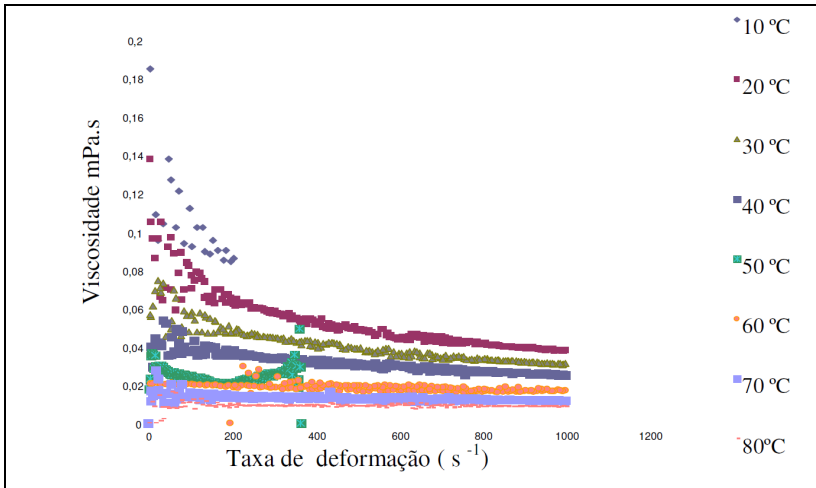
Modelo	Geléia	Parâmetros		
		K	n	( $R^2$ )
Ostwald-de-Waele	1	24,68	0,649	0,9973
	2	8,316	0,8424	0,9995
Herschel-Bulkley	1	8,491	0,8078	0,9997
	2	5,635	0,901	0,9976
Casson	1	81,49	0,5	0,997
	2	92,77	0,5	0,998
Bingham	1	6,67	0,67	0,994
	2	3,034	0,98	0,992

Nas figuras 6, 7, 8, 9 e 10 são observados o comportamento reológico da polpa de umbu e das geleias de umbu, respectivamente, cujos valores de viscosidade estão enumerados em função da taxa de deformação.

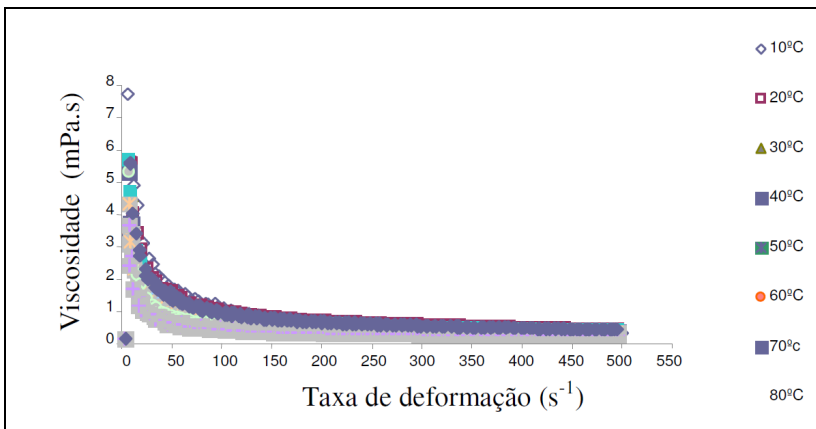
**Figura 6** - Reograma da viscosidade da polpa de umbu na fase 1 nas temperaturas de 10 a 80 °C.



**Figura 7** - Reograma da polpa de umbu na fase 2 nas temperaturas de 10 a 80 °C.



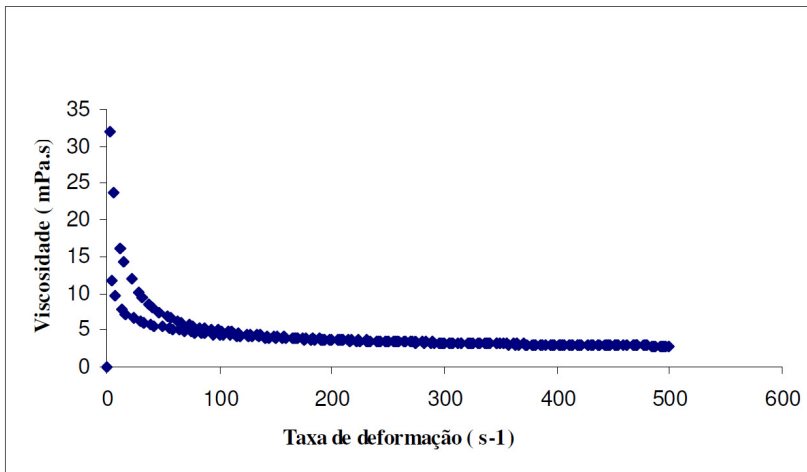
**Figura 8** - Reograma da polpa integral nas temperaturas de 10 a 80 °C.



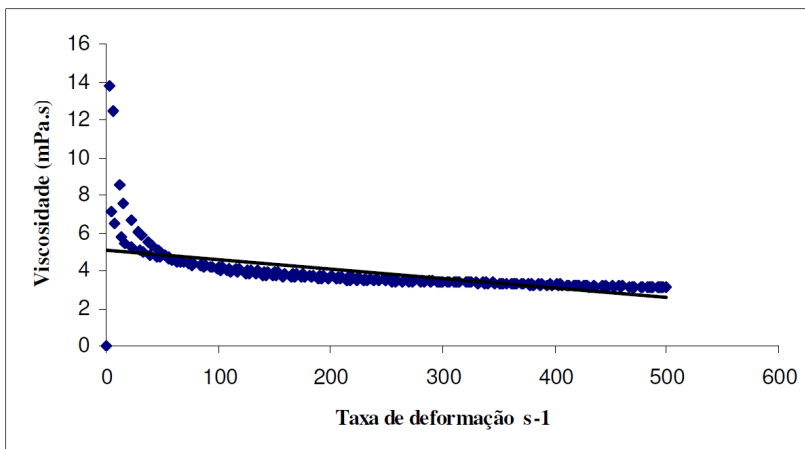
Os gráficos da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação, obtidos para a polpa de umbu centrifugada nas fases 1 e 2 e para a polpa integral de umbu nas temperaturas de 10 °C, 20 °C, 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C e 80 °C, são apresentados nas figuras 6, 7 e 8 respectivamente. Em todos os gráficos, as curvas obtidas indicaram que a temperatura tem um efeito maior para a polpa na fase 1, apresentando algumas distorções nos valores das tensões de cisalhamento. Observam-se ainda diminuição na tensão de cisalhamento de 72,96 para 19,97 P.a nas temperaturas nas faixas de 60 a 80 °C e aumento da viscosidade aparente.

Nas figuras 9 e 10 estão apresentados os valores das viscosidades determinadas para os dois tipos de geléias, onde se pode constatar que a geleia 1 apresentou maiores valores de viscosidade e que possivelmente está relacionado ao índice de consistência descrito pelos modelos reológicos aplicados. Observa-se que ambas apresentaram caráter não newtoniano e comportamento pseudoplástico, com tensão de cisalhamento inicial oscilando em torno de 60 % entre os tipos 1 e 2 conforme demonstrado nas figuras 8 e 9.

**Figura 9** - Reograma da geleia de umbu tipo 1 a 20° C.





**Figura 10** - Reograma da geleia de umbu tipo 2 a 20° C.

Os valores dos índices de comportamento do fluido ( $n$ ) em todas as faixas de temperatura ajustados em todos os modelos reológicos aplicados, ficaram abaixo de 1, ou seja,  $n < 1$ .

Vidal *et al.*, (2000), ao estudarem o comportamento reológico da polpa de manga nas temperaturas de 10 a 60 °C, observaram os melhores ajustes com o modelo de Mizrahi-Berk, com coeficientes de determinação ( $R^2$ ) iguais a 0,99. Queiroz *et al.*, (2008) ao estudarem o comportamento reológico da polpa de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina nas temperaturas de 10 a 50 °C, obtiveram os melhores ajustes com o modelo de Mizrahi-Berk, com coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,91 e desvios percentuais médios inferiores a 3%.



## 5 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que o modelo de Herschel-Bulkley foi o que apresentou os melhores ajustes dentre os modelos aplicados, resultando nos maiores coeficientes de determinação ( $R^2$ ), todos superiores a 0,9 e nos menores desvios percentuais todos inferiores a 3%.

A viscosidade apresentou menores valores para a polpa na fase 2 e nas temperaturas de 50 a 80 °C, e diminuiu, tornando-se constante com o aumento da temperatura até 80 °C. Verificou-se um índice de comportamento ( $n$ ) < 1 para a polpa de umbu nas fases 1 e 2 e na forma integral em todas as temperaturas estudadas, sendo classificado como pseudoplástico. Com o aumento da temperatura, observou-se a diminuição no índice de comportamento e no parâmetro índice de consistência ( $K$ ), indicando que a polpa perde pseudoplasticidade e fica menos viscosa, à medida em que aumenta a temperatura, facilitando o escoamento e a troca de calor durante o processamento.

Quando a taxa de deformação atingiu 300 s<sup>-1</sup>, a viscosidade tendeu a ficar constante para as temperaturas de 10 a 80 °C.

Constatou-se que o aumento da temperatura na faixa de 60 a 80 °C promoveu a diminuição do ( $n$ ) dentro da faixa de 0,8 a 0,5 e que houve diminuição da tensão de cisalhamento inicial de 72,96 para 19,97 P.a.

Conclui-se que a viscosidade aparente diminuiu com o aumento da temperatura da polpa de umbu nas fases 1 e 2 e integral, o que é comum às polpas de frutas, pois a maioria delas se apresenta na forma de sólidos dispersos em meios líquidos.

Dentre as geleias estudadas, a que apresentou maiores valores de viscosidade foi a geleia 1, sendo que ambas apresentaram caráter não newtoniano e comportamento pseudoplástico, e a tensão de cisalhamento oscilou em torno de 60 % entre os tipos 1 e 2 conforme demonstrado nos reogramas.



## **6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

- Estudo sobre o efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas integrais e centrifugadas de umbu;
- Estudo sobre a influência do tamanho das partículas nas propriedades reológicas e na estabilidade da polpa de umbu e outras Spondias, considerando a concentração de pectinas;
- Estudo para identificar as diferenças entre as pectinas extraídas das polpas de umbu e outras Spondias;
- Avaliação do comportamento reológico sob adição de espessantes nas polpas de umbu ou outras Spondias;
- Influência do tratamento térmico e inativação enzimática na estabilidade das polpas integrais de umbu e outras Spondias;
- Extração de compostos fenólicos das polpas integrais utilizando diferentes solventes e métodos de extração;
- Avaliação de métodos de padronização de produtos derivados de umbu.



## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. P. Fatores que influenciam no processamento de geléias e geleadas de frutas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, p. 1-8, 1997.
- ALDRIGUE, M. L.; MADRUGA, M. S.; FIOREZE, R.; LIMA, A. W. O.; SOUSA, C. P. **Aspecto da ciência e tecnologia de alimentos**. João Pessoa: Ed. UFPB. 2002. v. 1.
- ALMEIDA, J. R.; VALDESCHI, O. **Guia de composição de frutas**. Piracicaba: Instituto Zimotécnico, ESALQ/USP, 1996. (Boletim 21).
- ALMEIDA, M. M. **Armazenagem refrigerada de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**: alterações das características físicas e químicas de diferentes estádios de maturação. 1999. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1999.
- ALVARADO, J. D.; AGUILERA, J. M. **Métodos para medir propriedades físicas em indústrias de alimentos**. Zaragoza: Acribia, 2001.
- ALVARADO, J. D.; ROMERO, C. H. Physical properties of fruits – I – II: density and viscosity of juices as functions of soluble solids and content and temperature. **Latin American Applied Research**, v. 19, p. 15-21, 1989.
- ALVES, R. E. Características físicas de frutos de umbu- cajazeiras provenientes do Brejo Paraibano. Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita de Frutos Tropicais. **Anais...** João Pessoa: Embrapa/UFPB/UFS/SBF, v. 1, p.1-4, 2005.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA BAHIA, Salvador-BA, 2009, 285p.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa: UFV, 1995.
- ARRIOLA, M. C.; CALZADA, J. F.; ROLZ, C.; GARCIA, R. Papaya. In: tropical and subtropical fruits. Westport, Connecticut: The AVI Publishing CO.INC., p.316-340, 1980.

BEUCHAT, L. R. Influence of Water Activity on Growth Metabolic Activity and Survival of Yeasts and Moulds. *Journal Food Protection*, p. 135- 141, 1983

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

BISPO, E. S. Estudos de produtos industrializáveis de Umbu ( *Spondias tuberosa*, Arr. Câmara). 1989.119 p. Dissertação ( Mestre em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Federal do Ceará.

BONE, D. P. Water activity in intermediate moisture foods: developing shelf-stable formulations compatible with flavor, texture, and other aspects of food is a challenge to the food technologist. *Food Technnology*, Chicago, v.27, n.4, p.71-76,1973

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

BRANCO, I. G.; GASPARETTO, C. A. Comportamento reológico de misturas de polpa de manga e sucos de laranja e cenoura utilizando-se modelo de Casson. . *Brazilian Journal of Food Technology*. Campinas, v. 8. n. 2, p – 183 – 189, 2005.

BRANCO, I. G. **Estudo do comportamento reológico de misturas ternárias com sucos de manga e cenoura**. Tese de Doutorado, 163 p. 2001 Unicamp, Campinas, SP. Tese de Doutorado, 163 p. 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **DOU**, Brasília (DF). Disponível em: [www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br). Acesso em: 25/06/2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 1, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento Técnico geral par afixação dos padrões de Identidade e qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial [da] República do Brasil**, Brasília (DF). Disponível em: [www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br). Acesso em: 25/06/2012.

BRAVERMAN, J. B. S. Vitaminas. In: BRAVERMAN, J. B. S. **Introduction a la bioquímica de los alimentos**. Barcelona: Omega, 1967. Cap. 14, p. 206-239.

BUENO, S.M.; *et al.*, Avaliação da qualidade de polpas congeladas.



**Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 62, nº 02, p.121-6, 2002.

CAMPOS, A. M.; CÂNDIDO, L. M. Formulação e avaliação físico-química e reológica de geléias de baixo teor de sólidos solúveis com diferentes adoçantes e edulcorantes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 15, p. 268-78, 1995.

CAR (Companhia de Ação Regional da Bahia). Disponível em: [www.car.ba.gov.br](http://www.car.ba.gov.br). Acesso em: 20/06/2012.

CARDOSO, E. A.; NORONHA, M. A. S.; SIQUEIRA, A. A. C. Umbucajá, uma nova perspectiva para a fruticultura nordestina. **Informativo SBF**, Brasília, v. 17, n. 3, p. 1-2, set. 1997.

CARVALHO, P. C. L. **Variabilidade morfológica, avaliação agrônômica, filogenia e citogenética em spondias (Anacardiaceae) no Nordeste do Brasil**. 2006. 155p. Tese (Doutorado em Botânica)- Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2006.

CAVALCANTI, N. B. Estabilidade da cor de doces em massa de polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) no estágio de maturação verde. **Ciência Agrotécnica**. Lavras, v. 31, n. 4, p.1102-7, 2007.

CAVALCANTI, N. B.; ANJOS, J. B.; ARAÚJO, F. P. **Doce de xilopódio do umbuzeiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido. INT, 2004.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. Processamento do fruto do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24. p. 252-59, 2000.

CHAVES, J. B. P. **Noções de microbiologia e conservação de alimentos**. Viçosa: Ed. UFV, 1993.113 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CHITARRA, A. B.; ALVES, R. E. **Tecnologia de pós-colheita para frutas tropicais**. Fortaleza: FRUTAL – SINDIFRUTA, 2001.

CIELAB (Commission Internationale de l'Éclairage). 1994, 2004.

CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba). Disponível em: <http://www.codevasf.gov.br>. Acesso em: 20/01/2012.

COELHO, M. I. S.; *et al.*, Elaboração e caracterização sensorial de doces em massa de umbus verdes e maduros. In: IV CONNEPI

Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, 2009, **Anais...** Belém: CONNEPI, 2009.

CORRÊA, M. P. 1926/1969. **Dicionário das plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: IBDF, 1978. 6v

COSTA, N. P.; LUZ, T. L. B.; GONÇALVES, E. P.; BRUNO, R. L. A. Caracterização físico-química de frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) colhidos em quatro estádios de maturação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 65-71, 2004.

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

DANTAS JUNIOR, O. R. **Qualidade e capacidade antioxidante total de frutos de genótipos de umbuzeiro oriundos do semi-árido nordestino**. 2008. 284 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Areia (PB), 2008.

DERUISI, P.; LAMB, J.; ZABETAKIS, I. High pressure processing in jam manufacture: effects on textural and colour properties. **Food Chemistry**, v. 73, p. 85-91, 2001.

DIAS, S. L.; *et al.*, Avaliação das características físicas e físico-químicas do fruto do umbuzeiro. I CONGRESSO NORTE- NORDESTE DE QUÍMICA. **Resumos...** Associação Norte-Nordeste de Química. Natal: UFRN, 2007.

DITCHFIELD, C. Estudo do processamento contínuo do purê de banana. 2004. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

DUQUE, J. G. O imbuzeiro. In: \_\_\_\_\_. **O nordeste e as lavouras xerófilas**. 3. ed. Mossoró: ESAM/Fundação Guimarães Duque, 1980. p. 283-386. (ESAM. Coleção Mossoroense, 143).

EMBRAPA. Disponível em <http://www.cpatsa.embrapa.br/Artigos/frut-brasil.html>. Acessado em: 06/06/2012.

EVANGELISTA, I. J.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. Viscosidades aparentes de popa de umbu-cajá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32, 2003. Goiânia. **Anais...**Goiânia: Soc. Brasileira de Eng<sup>a</sup> Agrícola, 2003. CD.

- FERNANDES, T. K. S.; et. al. Estudo do comportamento reológico de emulsões de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina. **Rev. Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande (PB), v. 10, n. 2, p. 171-80, 2008.
- FERREIRA, G. M.; QUEIROZ, A. J. M.; GASPARETTO, R. S. C. C. A. Efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas de caju e goiaba. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 4, n. 2, Jul/Dez 2002.
- FERREIRA, J. C.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; BRAGA, M. E. D. Análise sensorial da polpa de umbu submetida a congelamento inicial em temperaturas criogênicas e armazenadas em câmaras frigoríficas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 7-17, 2000.
- FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acríbia, 1992. 1095 p.
- FIGUEIREDO, E. A. T.; SILVA, I. L.; VASCONCELOS, N. M.; FIGUEIREDO, R. W. Avaliação física e microbiológica de amêndoas de castanha de caju em linha de processamento industrial. In: XXI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos/ XV Seminário Latino Americano e do Caribe de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2008. Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBCTA, 2008.
- FOLEGATTI, M. I. S.; *et al.*, Aproveitamento industrial do umbu: processamento de geléia e compota industrial. **Ciência e Agrotecnologia.**, v. 27, p.1308-14, 2003.
- FOX, P. F.; GUINEE, T. P.; COGAN, T. M.; McSWEENEY, P. L. H. **Fundamentals of cheese science**. Gaithersburg: Aspen, 2000.587 p.
- FRANCO, M. R. B. **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. São Paulo: Livraria Varela, 2003.
- GARCIA-VIGUERA, C.; ZAFRILLA, P.; ROMERO, F.; ABELLÁN, P.; ARTÉS, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Color stability of streberry jam as affected by cultivar and storage temperature. **Jornal of Food Science**, Chicago, v. 64, n. 2, p. 243-7, 1999.
- GERMER, S. P. M.; QUEIROZ, M. R.; AGUIRRE, J. M.; BERBARI, S. A. G.; ANJOS, V. D. Desidratação osmótica de pêssegos em função da temperatura e concentração do xarope de sacarose. **Revista**

**Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 161-9, 2011.

GIACOMETTI, D. C. Recursos genéticos de fruteiras nativas do Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS, 1992, Cruz das Almas, BA. **Anais...**Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1993. p.13-27.

GODOY, R. C. B.; *et al.*, Estudo de compotas e doces cristalizados elaborados com diferentes albedos cítricos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**. v. 23, n. 1, p. 95-108, 2005.

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

HOLDSWORTH, S. D. Rheological models used for the prediction of the flow properties of food products: a literature review. **Trans. I. Chem. E.**, v. 71, Part C, p. 139-79, Sept. 1993.

HUNTERLAB (Hunter Associates Laboratory), 2008. Disponível em: [www.hunterlab.com/products](http://www.hunterlab.com/products). Acesso em: 17/06/2012.

IBRAZ, A.; GONÇALES, C.; EXPULGAS, L. M. Rheology, of clarifield passion fruit juices. **Fruit Processing**, v. 6, n. 8, p. 330-3, 1996.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. Rio de Janeiro. v. 24, p. 1- 45, 2009.

INCROPERA, F. P.; DeWITT, D. P. Fundamentos de transferência de calor e massa. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 3. ed. São Paulo: IAL, 1985.

JACKIX, M. H. Doces, geléias e frutas em calda: teórico e prático. Campinas: UNICAMP; S. Paulo: Ícone, 1988.

JAWAHEER, B.; GOBURDHUN, D.; RUGGOO, A. Effect of processing and storage of guava in to jam and juice on the ascorbic acid

content. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 58, p. 1-12, 2003.

JORGE, E. C. **Preservação de polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara) verde e maduro por métodos combinados**. 2003, 72 p. Dissertação (Mestrado em ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2003.

KAPLOW, M. Commercial development of intermediate moisture foods. **Food Technology**, Chicago, v. 24, n. 8, p.53-7, 1970.

KARWOWSKI, M. S. M. **Estudo do comportamento reológico e dos compostos fenólicos de frutas da mata atlântica**. 2011, 99f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Curitiba-PR, 2011.

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, 179-200, 2001.

KULMYRZAEV, A.; DUGOIR, É.; NOE, Y.; HANAFI, M.; KAROUI, R.; QANNARI, E. M.; MAZEROLLES, G. Investigation at the molecular level of soft cheese quality and ripening by infrared and fluorescence spectroscopies and chemometrics: relationships with rheology properties. **International Dairy Journal**, v. 15, p. 669-78, 2005.

LABUZA, T. P. The effect of water activity on reaction kinetics of food deterioration. **Food Technology**, Chicago, v. 34, n. 4, p. 36-41, 1980.

LEDERMAN, I. E.; SILVA JÚNIOR, J. F.; BEZERRA, J. E. F.; LIRA JÚNIOR, J. S. Potencialidades de espécies de *Spondias* no desenvolvimento da fruticultura brasileira. In: LEDERMAN, I. E.; LIRA JÚNIOR, J. S.; SILVA JÚNIOR, J. F. (Ed.). **Spondias no Brasil: umbu, cajá e espécies afins**, Recife: IPA, 2008.

LEME, A. C. **Avaliação e armazenamento de híbridos de milho verde visando a produção de pamonha**. 2007. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba/SP, 2007.

LEUNG, H. K. Water activity and other colligative properties of food.

In: OKOS, M. R. **Physical and chemical properties of food**. Michigan: American Society of Agricultural Engineers, p. 138-85, 1986.

LEWIS, M. J. **Propriedades físicas dos alimentos y de los sistemas de processado**. Acribia: Zaragoza, 1993.

LICODIEDOFF, S. **Influência do teor de pectinas comerciais nas características físico-químicas e sensoriais da geléia de abacaxi (Ananas comosus (L. Merrill))**. 119 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

LIMA, F. S. **Caracterização Físico-Química e Bromatológica da Polpa de Spondias sp (Cajarana do Sertão)**. 2010. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Patos (PB), 2010.

LIMA, J. L. S. **Plantas forrageiras das caatingas: usos e potencialidades**. Petrolina: EMBRAPA – CPATSA/PNE/RBG – KEW, 1996. 40p.

LIN, C. H.; CHEN, B. H. Stability of carotenoids in tomato juice during storage. **Food Chemistry**, London, v. 90, p. 837-46, 2005.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3. ed. Nova Odessa (SP): Instituto Plantarum, 2000.

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**. Minneapolis: VCH publishers, inc., 1994.

MATTIETTO, R. A. **Estudo Tecnológico de um Néctar Misto de Cajá (Spondias Lútea L.) e Umbu (Spondias Tuberosa Arruda Câmara)**. 2004. 299 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005).

MCCLEMENTS, J. Food Biopolymers and Colloids Research Laboratory. University of Massachusetts Amherst. Disponível em: <<http://www.unix.oit.umass.edu/mcclemen/581Rheology.html>>. Acesso em 04/06/2012.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3. ed. Boca Raton: CRC. Press, 1999.

- MENDES, B. V. **Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**: importante fruteira do semi-árido. Mossoró: ESAM, 1990. (ESAM. Coleção Mossoroense, série c, v. 564).
- MESSENS, W.; VAN de WALLE, D.; AREVALO, J.; DEWETTINICK, K.; HUYGHE BAERT, A. Rheological properties of high-pressure-treated gouda cheese. **International Dairy Journal**, **Amsterdam**, v. 10, p. 359-67, 2000.
- MORORÓ, R. C. **Como montar uma pequena fábrica de polpa de fruta**. Viçosa (MG): UFV, 1998.
- MOURA, F. T.; SILVA, S. M.; COSTA, J. P.; MENDONÇA, R. M. N.; ALVES, R. E. Características físicas de frutos de umbu- cajazeiras provenientes do Brejo Paraibano. **Anais do Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita de Frutos Tropicais**. João Pessoa: Embrapa/UFPB/UFS/SBF. V. 1. p. 1-4, 2005.
- NASCIMENTO, S. S. Fomento à Pesquisa da Mangaba e outras Fruteiras Potenciais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA MANGABA, I, 2005, Aracaju. **Anais...** Aracajú: EMBRAPA.CD.
- NARAIN, W. Variation in physical and chemical composition during maturation of umbu (*Spondias tuberosa*) fruits. **Food Chemistry**, v. 44, p. 255-9, 1992.
- NAVARRO, R. F. **Fundamentos de reologia de polímeros**. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 1997.
- NEPA / UNICAMP. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Versão II, 2. ed. Campinas (SP): NEPA/UNICAMP, 2004.
- NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G. Tecnologia da produção do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara). Universidade Federal de Lavras, Pró-Reitoria de Extensão, n. 127, 2005.
- NEVES, F. L. C.; SILVEIRA, J. V.; CORTE, L. A. B. Aspectos na cadeia do frio para frutas. **Revista Frutas & Legumes**, São Paulo, v. 2, n. 11, p. 12-18, 2001.
- NORUSIS M. J, **SPSS for Windows**, Release 6.0. Chicago: SPSS. Inc, 1993.
- OLIVEIRA, E. A. **Efeitos da pasteurização térmica sobre as características químicas, físico-químicas, sensoriais e reológicas**

- da polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara).** 2006. 55p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2002.
- 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, L. B. **Caracterização de suspensões e géis de amido de amaranto:** efeito da adição de sacarose e NaCl nas propriedades reológicas e térmicas. 2004. 167 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. UNICAMP, Campinas (SP), 2004.
- POLICARPO, V. M. N.; BORGES, S. V.; ENDO, E.; CASTRO, F. T.; DAMICO, A. A.; CAVALCANTI, N. B. Estabilidade da cor de doces em massa de polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) no estágio de maturação verde. **Ciência Agrotécnica**. Lavras, v. 31, n. 4, p. 1102-7, 2007.
- POLICARPO, V. M. N. **Estudo da conservação de doce em massa de polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) no estágio de maturação verde.** 2002. 105p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2002.
- PONS, M.; FISZMAN, S. M. Instrumental texture profile analyses with particular reference to gelled systems. **Journal of Texture Studies**, v. 27, p. 597-624, 1996.
- PRORURAL, Programa Estadual de Apoio ao Pequeno Produtor Rural. Disponível em: [www.prorural.gov.br](http://www.prorural.gov.br). Acesso em 12/01/2012.
- QUEIROZ, A. J.; FIGUÊIREDO, M. F. R.; FERNANDES, S. K. T. Estudo do comportamento reológico da polpa de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 171-80, 2008.
- 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**, v. 4, n. 2, Jul/Dez 2002.
- RAO, M. A. **Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications.** New York: Cornell University Geneva, 1999.



- RAO, M. A.; ANANTHESWARAN, R. C. Rheology of fluids in food processing. **Food Technology**. v. 36, p. 116-26, 1982.
- RAO, M. A. Rheology of liquid foods. **Journal of Texture Studies**. v. 8, n. 2, p. 135-68, 1977.
- RAO, M. A.; BOURNE, M. C.; COOLEY, H. J. Flow properties of tomato concentrates. **Journal of Texture Studies**, v. 12, n. 4, p. 521-38, 1981.
- RESENDE, J. M. *et al.*, Extração do suco de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) por saturação de vapor: caracterização química do suco e do resíduo. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, v. 3. 2000. **Livro de Resumos**. Fortaleza: 2000. p. 95
- ROCKLAND, L.B.; NISHI, S.K. Influence of water activity on food product quality. **Food Technology**, Chicago, v.34, n. 4, p. 42-59, 1980.
- ROSENTHAL, A.; DELIZA, R.; COSTA, M. C.; HEDDERLEY, D.; FREWER, L. Non conventional technologies and the impact on consumer behaviour. **Trends in Food Science & Technology**, Londres, v. 11, n.4-5, p. 188-93, 1999.
- ROSS, K. D. Estimation of water activity in intermediate moisture foods. **Food Technology**, Chicago, v. 29, n. 3, p. 26-34, 1975.
- SANCHES, J.; CIA, P.; ANTONIALI, S.; BETTIOL NETO, J. E. Efeito do dano mecânico por impacto na qualidade pós- colheita de ameixas Centenária. In: XXI Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2010, Natal. **Anais...** Natal: XXI Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2010.
- SEAGRI (Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária da Bahia). Beneficiamento de umbu fixa sertanejo no campo. Disponível em: [www.seagri.ba.gov.br/noticias](http://www.seagri.ba.gov.br/noticias). Acesso em 05/01/2012.
- SHARAMM, G. A. **A practical approach to rheology and rheometry**. 2. ed. Germany: Karlsruhe, 2000.
- SHARMA, S. K.; MULVANEY, S. J.; RIZVI, S. S. H. **Food processing engineering: theory and laboratory experiments**. United States of America: Wiley – Interscience, 2000.
- SILVA, N. M. C. **Propriedades termofísicas e comportamento reológico da polpa de jenipapo (genipa americana I)**. 2008, 56 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de

Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Itapetinga-BA, 2008.

SILVA, C. M. M. S.; PIRES, I. E.; SILVA, H. D. **Caracterização dos frutos do umbuzeiro**. Petrolina: EMBRAPA – CPATSA, 1987. 17 p. (EMBRAPA , Boletim de Pesquisa, 34).

SILVA, A. Q.; SILVA, M. A. G. Observações morfológicas e fisiológicas sobre Spondias tuberosa Arr. Câm. In.: XXV CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, Mossoró, RN. **Resumos**. 1974. p. 5-15.

SOUZA, A. H.; CATÃO, D. D. Umbu e seu suco. **Revista Brasileira de Farmácia**, Rio de Janeiro, v. 51, p. 335-53, 1970.

SOUZA, M. A.; BONOMO, R. C. F.; FONTAN, F. C. R. Thermophysical properties of umbu pulp. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas-SP, v. 13, n. 3, p. 219-225, 2010.

STEFFE, J.F. **Rheological methods in food process engineering**. Michigan State (USA): Press, East Lansing, 1996.

TANG, Q.; MACCARTHY, O. J.; MUNRO, P. A. Effects of pH on whey protein concentrate gel properties: comparisons between small deformation (dynamic) and large deformation (failure) testing. **Journal of Texture Study**, Trumbull, v. 26, n. 3, p. 255-72, 1995.

TOLEDO, R. T. **Fundamentals of food process engineering**. 2. ed., Galthersburg, Maryland: An Aspen Publications Inc., 1999.

TORALLES, R. P.; VENDRUSCOLO, J. L.; VENDRUSCOLO, C. T. Reologia de purê homogêneo de pêssego: efeito da temperatura e concentração. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, p. 1-8, 2006.

TORRES, L. B. V.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. Viscosidades aparentes de polpa de umbu-cajá. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 33, 2004. S. Pedro. **Anais**. Goiânia: Soc. Brasileira de Eng. Agrícola, 2004. CD.

TORREZAN, R. **Preservação da polpa de goiaba por métodos combinados**. 1996. 210 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, São Paulo, 1996.

TRIFRIRÓ, A.; SACCANI, G.; GHERARDI, S.; BIGLIARDI, D. Effect of content and sizes of suspended particles on the rheological behaviour of apricot purees. **Industria Conserve**. v. 62, n. 1, p. 97-

104, 1987.

TRINDADE, R. C.; RESENDE, M. A.; SILVA, C. M.; ROSA, C. A. Yeasts Associated with Fresh and Frozen Pulp of Brazilian Tropical Fruits. **Systematic and applied Microbiology**, v. 25, n. 2, p. 294-300, 2002.

TROLLER, J. A. Influence of water activity on microorganisms in foods. **Food Technology**, Chicago, v. 34, n. 5, p. 76-82, 1980.

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

XAVIER, A. D. **Caracterização química e vida de prateleira do doce em massa de umbu (Spondias tuberosa Arr. Câm.)**. 1999, 82p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999.

WELTI-CHANES, S.; VERGARA-BALDERAS, F. Actividad del água: conceps y aplicacion em alimentos com alto contenido de humedad. In: AGUILERA, J. M. **Temas em tecnologia de alimentos**. México (DF): Onstituto Politécnico Nacional, 1997. p. 11-44.

WESCHE-EBELING, P.; ARGAIZ-JAMET, A.; HERNANDEZ-PORRAS, L. G.; LÓPEZ-MALO, A. Preservation factors and processing effects on anthocyanin pigments in plums. **Food Chemistry**, London, v.57, n.3, p.399-403,1996.

WICKLUND, T.; ROSENFELD, H. J.; MARTINSEN, B. K.; SUNDFOR, M. W.; LEA, P.; BRUUN, T.; BLOMHOFF, R.; HAFFWER, K. Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. **Lebensmittel Wissenschaft und Technology**, London, v.38,p.387-391,2005.

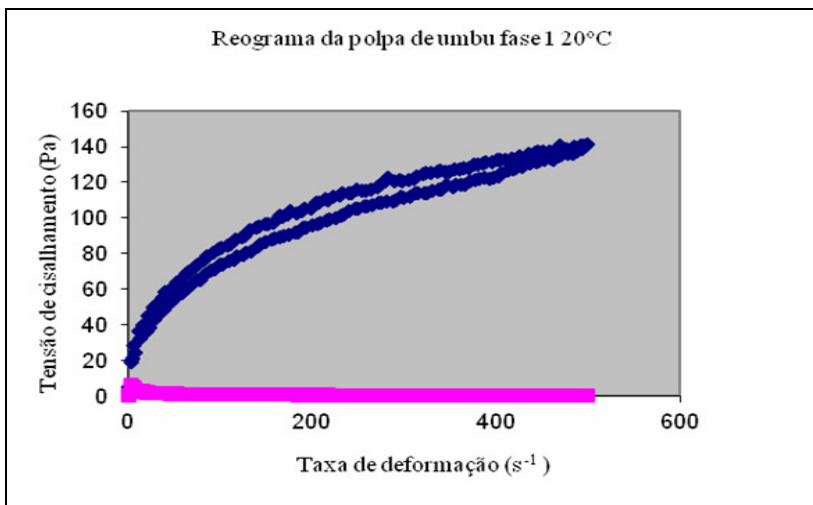
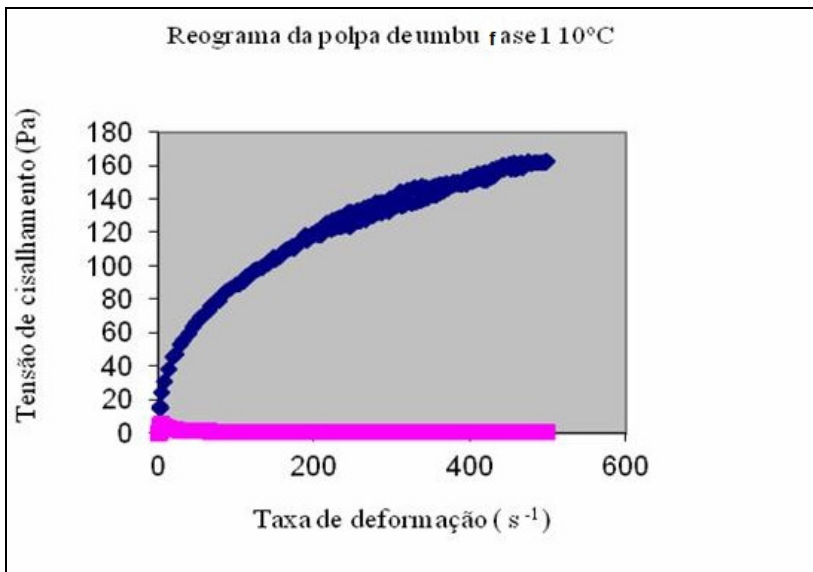
WHITTING, G.C. Sugars. In: HULME, A. C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1970. v.1, p.1-31.

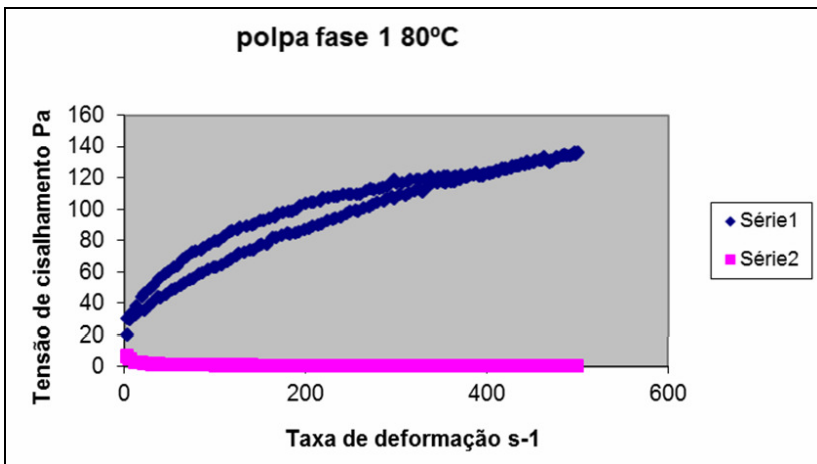
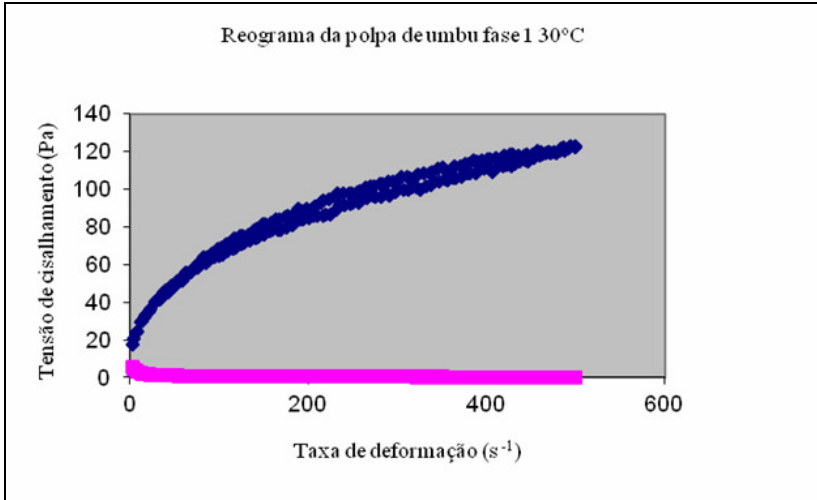


## **APÊNDICES**



**APÊNDICE A – Reograma da polpa de umbu – fase 1, 10° C, 20°C, 30°C e 80°C**







**APÊNDICE B – Tabela dos Resultados Experimentais de tensão de cisalhamento e taxa de cisalhamento para a polpa de umbu fase 1 (Purê)\***

	Taxa de cisalhamento (s <sup>-1</sup> )		Temperatura (° C)					
	10	20	30	40	50	60	70	80
	Tensão de cisalhamento (Pa)							
3,121	15,36	19,2	17,66	14,59	13,82	12,29	17,66	19,97
6,241	24,58	28,42	23,81	21,5	22,27	19,97	27,65	29,18
12,48	35,33	36,1	29,18	27,65	26,11	24,58	30,72	32,26
15,6	39,17	39,94	32,26	28,42	26,88	25,34	31,49	33,79
21,76	44,54	45,31	35,33	31,49	29,95	26,88	33,79	35,33
28,15	51,46	49,92	39,94	35,33	33,79	30,72	36,86	38,4
31,27	52,99	51,46	41,47	36,86	34,56	32,26	37,63	39,94
37,59	56,83	55,3	45,31	39,94	37,63	33,79	39,94	43,78
40,55	59,9	58,37	46,08	39,94	39,17	34,56	40,7	43,01
46,88	62,98	60,67	49,15	42,24	43,01	37,63	43,01	45,31
53,11	66,82	63,74	51,46	45,31	43,78	39,17	44,54	48,38
56,28	68,35	64,51	52,22	49,15	44,54	39,94	45,31	49,15
63,02	72,96	68,35	56,06	49,15	44,54	40,7	45,31	51,46
66,22	72,96	69,89	56,06	51,46	46,85	42,24	48,38	52,22
72,85	76,03	72,19	59,14	52,22	48,38	43,78	49,92	54,53
76,51	77,57	73,73	60,67	55,3	49,92	44,54	49,92	55,3
83,38	82,18	76,8	63,74	56,06	52,22	46,85	52,99	58,37
86,81	82,94	78,34	63,74	56,83	52,99	47,62	53,76	59,14
93,05	84,48	80,64	66,05	59,14	54,53	49,15	54,53	61,44
98,51	87,55	82,18	68,35	59,9	56,06	51,46	56,83	62,98

\* Dados experimentais média de dois ensaios

**APÊNDICE C – Tabela dos Resultados Experimentais de tensão de cisalhamento e taxa de cisalhamento para a polpa integral de umbu\***

	Taxa de cisalhamento (s <sup>-1</sup> )		Temperatura (° C)					
	10	20	30	40	50	60	70	80
	Tensão de cisalhamento (Pa)							
3,121	31,49	26,11	17,66	10,75	9,216	13,06	15,36	16,13
6,241	48,38	33,79	27,65	22,27	20,74	19,2	20,74	22,27
12,48	61,44	40,7	33,79	27,65	24,58	23,04	23,81	24,58
15,6	66,82	43,01	36,1	29,95	25,34	24,58	25,34	26,11
21,76	67,58	47,62	39,94	35,33	27,65	24,58	25,34	26,88
28,15	73,73	52,99	43,78	35,33	30,72	27,65	27,65	29,18
31,27	76,03	54,53	45,31	36,86	32,26	29,95	28,42	29,95
37,59	78,34	58,37	49,15	39,17	33,79	30,72	29,95	30,72
40,55	80,64	61,44	50,69	41,47	35,33	31,49	29,95	30,72
46,88	84,48	68,35	51,46	42,24	35,33	32,26	31,49	33,02
53,11	89,09	69,89	55,3	46,08	38,4	35,33	33,02	34,56
56,28	92,16	69,89	56,06	48,38	39,17	35,33	33,79	35,33
63,02	96,77	69,89	57,6	48,38	39,94	36,1	35,33	36,1
66,22	98,3	72,19	59,9	49,92	42,24	37,63	36,1	36,86
72,85	100,6	76,03	62,21	52,22	43,01	37,4	36,1	37,63
76,51	101,4	77,57	62,98	52,22	43,01	39,17	36,86	38,4
83,38	105,2	79,1	65,28	55,3	45,31	41,47	39,94	41,47
86,81	103,7	79,87	66,82	56,83	44,54	41,47	39,17	40,7
93,05	115,2	82,18	67,58	59,9	47,62	42,24	40,7	42,24
98,51	109,8	82,94	71,42	58,37	48,38	43,78	41,47	42,24

\* Dados experimentais média de dois ensaios

**APÊNDICE D – Tabela dos Resultados Experimentais de tensão de cisalhamento e taxa de cisalhamento para a polpa de umbu fase 2 (Suco)\***

Taxa de cisalhamento (s <sup>-1</sup> )	Temperatura (° C)							
	10	20	30	40	50	60	70	80
	Tensão de cisalhamento (Pa)							
6,354	0,835	0,653	0,363	0,254	0,109	0,145	0,109	0,109
12,45	1,525	1,198	0,762	0,363	0,29	0,218	0,182	0,363
24,9	2,94	2,396	1,851	1,053	0,871	0,617	0,436	0,254
31,36	3,194	3,231	2,142	1,27	1,125	1,125	0,472	0,363
43,81	4,792	3,049	1,997	2,287	1,561	0,908	0,69	0,908
56,26	7,514	3,884	3,013	2,541	1,997	1,416	0,871	0,98
62,2	7,514	5,518	4,32	2,323	1,779	1,815	0,653	0,617
74,65	6,679	5,844	3,557	3,122	2,65	1,452	1,234	0,835
81,16	8,748	5,191	4,066	3,884	2,868	1,597	1,633	0,98
93,61	8,458	7,805	5,263	3,485	2,759	2,251	1,307	0,617
106,1	11,04	8,167	6,135	3,993	2,94	2,432	1,452	0,835
112	13,1	8,349	6,062	4,355	3,231	2,577	1,597	0,98
124,4	12,63	9,728	7,187	4,501	3,412	2,94	1,597	1,307
136,8	13,47	10,09	7,623	4,937	3,811	3,231	1,815	1,162
143,4	14,85	9,474	6,752	5,772	4,32	2,831	2,214	1,561
155,8	15,1	10,27	7,369	6,135	4,719	3,086	2,432	1,597
161,7	15,86	11,25	8,639	5,844	4,429	3,63	2,323	1,343
174,2	15,94	12,12	8,785	6,389	4,901	4,211	2,432	1,416
187,2	17,21	11,72	8,785	7,26	5,445	4,247	2,831	1,706
193,1	17,21	13,00	9,837	6,861	5,263	4,247	2,686	1,96

\* Dados experimentais média de dois ensaios