



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PROCESSOS



TESE

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:
DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS

TECNOLOGIA PARA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE
UMBUZADA DE CORTE

RENATA DUARTE ALMEIDA

Campina Grande – Paraíba

Dezembro/ 2016

***TECNOLOGIA PARA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE
UMBUZADA DE CORTE***

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande em cumprimento às exigências para obtenção do título de Doutora em Engenharia de Processos.

ORIENTADORES

Prof^a. Dr^a. Maria Elita Martins Duarte

Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

Campina Grande – Paraíba

Dezembro/ 2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

A447t Almeida, Renata Duarte.
Tecnologia para produção industrial de umbuzada de corte / Renata Duarte Almeida. – Campina Grande, 2017.
f. 116: il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2016.
"Orientação: Profa. Dra. Maria Elita Duarte, Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata".
Referências.

1. Umbu. 2. Reologia. 3. Congelamento. 4. Análise Sensorial. 5. Teste TPA. I. Duarte, Maria Elita. II. Mata, Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti. III. Título.

CDU 634.442(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PROCESSOS



RENATA DUARTE ALMEIDA

TECNOLOGIA PARA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE
UMBUZADA DE CORTE

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Prof^a. Dr^a. Maria Elita Martins Duarte
(Orientadora – UFCG/CTRN/UAEAli)

Prof. Dr. Mario Eduardo R. M. Cavalcanti Mata
(Orientador – UFCG/CTRN/UAEAli)

Dr. Renato Fonseca Aragão
(Examinador Externo – UFCG/CTRN/UAEAli)

Prof. Dr. Marco José de Almeida Gama
(Examinador Externo – UFCG/CCT/UAF)

Dr^a. Severina de Sousa
(Examinadora Externa – UFCG/CTRN/UAEAli)

Dr^a. Mércia Melo de Almeida Mota
(Examinadora Externa – UFCG/CTRN/UAEAli)

Campina Grande – Paraíba
Dezembro/ 2016

Dedicatória

*A Deus e a minha família, em
especial meus avós pelo amor
que enriquece a minha vida.*

Agradecimentos

Tenho a convicção de que sozinha não faria absolutamente nada desse modo, acredito ser este o momento que tenho de rememorar tudo aquilo que vivi no decorrer deste período da minha vida acadêmica, profissional e pessoal.

Assim, começo por justificar que há muitas pessoas para compor meus agradecimentos, pois, muitas foram as que estiveram envolvidas direta e indiretamente na realização desta conquista. Assim, agradeço:

A Deus, por seu amor, bondade e fidelidade infinita, por estar sempre presente em minha vida possibilitando mais uma vitória.

A minha família por acreditar nos meus sonhos, em especial a minha mãe (Socorro), pai (Joaquim), irmã (Rafaela), tia (Elita), Avô, Avó e esposo (Fernando) pelo amor e apoio incondicional.

Aos meus orientadores Prof^ª. Dr^ª. Maria Elita Martins Duarte e Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata, pela orientação, incentivo, e, sobretudo, pela amizade.

Aos membros da banca examinadora, pela preciosa colaboração.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade oferecida.

Aos Laboratórios e professores de Engenharia de Alimentos pertencentes à Universidade Federal de Campina Grande.

Aos meus amigos Leila, Anastácia, Ramon, Cida, Hugo, Manuel, Taciano, Karla, Gabi, Alison, Amanda, Silvana, Eudson, Kamila e Pedro pelos momentos de alegria, descontração e participação nos trabalhos, minha sincera gratidão.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	xii
Resumo	xivv
Abstract	xvv
1.0- INTRODUÇÃO	1
1.1- Objetivo geral	2
1.1.1- Objetivos específicos.....	2
2.0-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1- Anacardiaceae.....	3
2.2- Umbuzeiro	3
2.3- Umbu	4
2.4- Doce de corte.....	5
2.5- Reologia.....	6
2.5.1- Classificação reológica dos fluidos	7
2.6- Congelamento.....	10
2.7- Textura.....	11
2.7.1- Análise do Perfil de Textura (TPA)	12
2.8- Análise sensorial.....	14
2.8.1- Análise Descritiva	16
3.0- MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1- Local de realização dos experimentos	18
3.2- Matérias primas	18
3.3- Processamento do doce de corte do umbu.....	18

3.3.1- Processamento da polpa de umbu	20
3.3.2- Elaboração das formulações do doce de corte.....	21
3.3.3- Rendimento	21
3.4- Caracterização física, físico química e química	21
3.4.1- Teor de água e sólidos totais	22
3.4.2- Potencial hidrogeniônico (pH)	22
3.4.3- Sólidos solúveis totais	22
3.4.4- Acidez total titulável em ácido cítrico.....	22
3.4.5- Açúcares redutores em glicose	23
3.4.6- Açúcares não redutores em sacarose	23
3.4.7- Açúcares totais	23
3.4.8- Ácido ascórbico	23
3.4.9- Cinzas	23
3.4.10- Proteínas	24
3.4.11- Lipídeos	24
3.4.12- Carboidratos totais.....	24
3.4.13- Pectina	24
3.4.14- Valor calórico	24
3.4.15- Atividade de água.....	25
3.4.16- Cor	25
3.4.17- Análises de minerais.....	25
3.5- Caracterização microbiológica do doce de corte.....	26
3.5.1- Salmonella sp.	26
3.5.2- Coliformes totais	26
3.5.3- Coliformes termotolerantes	27
3.5.4- Bolores e leveduras	27
3.6- Comportamento reológico	27

3.6.1- Ajuste matemático aos dados experimentais de reologia	27
3.7- Cinética de congelamento.....	28
3.8- Análise de Textura dos doces	29
3.9- Análise sensorial.....	31
3.9.1-Análise descritiva de ordenação (ADO).....	31
3.10- Análise estatística	33
4.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 - Caracterização físico química do fruto umbu pré cozido	34
4.2- Rendimento da polpa pré cozida e dos doces de umbu	36
4.3- Estudo reológico das formulações para a elaboração do doce de corte	38
4.4- Cinética de congelamento das formulações de doce de umbu e da polpa pré cozida.....	59
4.4.1- Curvas de congelamento das formulações na temperatura de -20 °C	59
4.4.2- Curvas de congelamento das formulações na temperatura de -50 °C	64
4.4.3 - Curvas de congelamento das formulações na temperatura de -75 °C	67
4.5- Caracterização físico química dos doces de corte de umbu	70
4.6- Avaliação química - Espectrometria por raios-x	79
4.7- Avaliação microbiológica.....	81
4.8- Análise do perfil de textura	82
4.9- Análise sensorial.....	85
5.0- CONCLUSÕES	89
6.0- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
APÊNDICE A.1	111
APÊNDICE A.2	113
APÊNDICE A.3	114
APÊNDICE A.4	115

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1- Fruto do umbuzeiro, umbu (<i>Spondias tuberosa</i> Arruda Camara)	05
Figura 2.2- Classificação reológica dos fluidos (Adaptado de STEFFE, 1996).	08
Figura 2.3- Curva generalizada da análise do perfil da textura (TPA) (Adaptado de BOURNE, 2002).	13
Figura 3.1- Representação do processo de obtenção da polpa de umbu e elaboração do doce de corte	19
Figura 3.2- Umbus (A), Umbus cozidos (B), Polpa pré-cozida (C), Polpa pré-cozida embalada (D)	20
Figura 3.3- Espectrômetro de dispersão de raios X, modelo EDX-720	26
Figura 3.4- Preparação da etapa experimental de congelamento	28
Figura 3.5- Curva típica de TPA no texturômetro TAXT-plus	30
Figura 4.1- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Herschel-Bulkley, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação I	38
Figura 4.2- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Mizrahi & Berk, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação I	39
Figura 4.3- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Ostwald-de-Waele, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação I	39
Figura 4.4- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Casson, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação I	40

Figura 4.5- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Herschel-Bulkley, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação II	41
Figura 4.6- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Mizrahi & Berk, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação II	41
Figura 4.7- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Ostwald-de-Waele, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação II	42
Figura 4.8- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Casson, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação II	42
Figura 4.9- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Herschel-Bulkley, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação III	43
Figura 4.10- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Mizrahi & Berk, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação III	44
Figura 4.11- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Ostwald-de-Waele, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação III	44
Figura 4.12- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Casson, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação III	45
Figura 4.13- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Herschel-Bulkley, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação IV	46

Figura 4.14- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Mizrahi & Berk, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação IV	46
Figura 4.15- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Ostwald-de-Waele, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação IV	47
Figura 4.16- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Casson, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação IV	47
Figura 4.17- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Herschel-Bulkley, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação V	48
Figura 4.18- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Mizrahi & Berk, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação V	49
Figura 4.19- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Ostwald-de-Waele, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação V	49
Figura 4.20- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Casson, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação V	50
Figura 4.21- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Herschel-Bulkley, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação VI	51
Figura 4.22- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Mizrahi & Berk, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação VI	51

Figura 4.23- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Ostwald-de-Waele, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação VI	52
Figura 4.24- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Casson, da tensão de cisalhamento <i>versus</i> taxa de deformação da Formulação VI	52
Figura 4.25- Curva de congelamento dos dados experimentais e calculados a temperatura de -20 °C, para as Formulações I, III, V, com adição de leite	60
Figura 4.26- Curva de congelamento dos dados experimentais e calculados a temperatura de -20°C, para as Formulações II, IV, VI e da polpa pré-cozida sem adição de leite	60
Figura 4.27- Curva de congelamento dos dados experimentais e calculados a temperatura de -50°C, para as formulações I, III, V, com adição de leite	64
Figura 4.28- Curva de congelamento dos dados experimentais e calculados a temperatura de -50°C, para as formulações II, IV, VI e da polpa pré-cozida sem adição de leite	65
Figura 4.29- Curva de congelamento dos dados experimentais e calculados a temperatura de -75°C, para as formulações I, III, V, com adição de leite	67
Figura 4.30- Curva de congelamento dos dados experimentais e calculados a temperatura de -75°C, para as formulações II, IV, VI e da polpa pré cozida sem adição de leite	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1- Formulações do doce de corte	21
Tabela 4.1- Valores médios dos parâmetros físicos e físico-químicos da polpa de umbu pré-cozida	34
Tabela 4.2- Rendimento da polpa pré-cozida, dos doces formulados e do tempo de cozimento	37
Tabela 4.3- Parâmetros do modelo reológico de Herschel-Bulkley	54
Tabela 4.4- Parâmetros do modelo reológico de Mizrahi & Berk	55
Tabela 4.5- Parâmetros do modelo reológico de Ostwald-de-Waele	56
Tabela 4.6- Parâmetros do modelo reológico de Casson	57
Tabela 4.7- Valores das espessuras (L), coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média das formulações com e sem adição de leite e da polpa pré-cozida de umbu nos estágios de congelamento a -20 °C	63
Tabela 4.8- Valores das espessuras (L), coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média das formulações com e sem adição de leite e da polpa pré-cozida de umbu nos estágios de congelamento a -50 °C	66
Tabela 4.9- Valores das espessuras (L), coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média das formulações com e sem adição de leite e da polpa pré-cozida de umbu nos estágios de congelamento a -75 °C	69
Tabela 4.10- Valores médios da composição centesimal e valor calórico dos doces de corte de umbu	71

Tabela 4.11- Valores médios dos parâmetros físico-químicos dos doces de umbu	73
Tabela 4.12- Valores médios dos parâmetros físico-químicos dos doces de umbu	75
Tabela 4.13- Valores médios dos parâmetros de cor L*, +a* e +b* dos doces de umbu	78
Tabela 4.14- Valores das análises de minerais (mg/100g) para os doces de corte e polpa pré-cozida de umbu	80
Tabela 4.15- Avaliação microbiológica de doce de corte elaboradas por meio de frutos de umbu	81
Tabela 4.16- Médias e erro padrão dos parâmetros de Perfil de Textura (TPA) - Firmeza, adesividade, coesividade, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade	84
Tabela 4.17- Somas das ordens dos atributos sensoriais para cada amostra de doce de corte e diferentes concentrações de açúcar, sabor umbu	86

Resumo

O umbu apresenta um grande potencial a ser explorado e o desenvolvimento de novas tecnologias visa estabelecer condições que retardem o seu amadurecimento, mantendo a qualidade e prolongando a vida útil durante o armazenamento, possibilitando ainda minimizar as perdas pós-colheita e o surgimento de novos produtos no mercado, a exemplo dos doces de corte que podem estimular fortalecimento da agricultura familiar e o desenvolvimento de pequenas agroindústrias. Objetivou-se, com este trabalho, o desenvolvimento de uma tecnologia para produção de doce de umbu de corte com leite e sem leite preservando o sabor característico da fruta e de aceitação sensorial. Os frutos foram cozidos em água durante 5 minutos após fervura, em seguida foi feita a extração da polpa de forma manual, a massa obtida foi homogeneizada e acondicionadas em freezer horizontal à temperatura de -30 °C. Foram investigados, assim, as características, físicas, físico-químicas, químicas, microbiológicas da polpa pré-cozida e dos doces de corte de umbu, o comportamento reológico das diferentes formulações para a elaboração dos doces a 5, 10, 15 e 25 °C, as curvas de congelamento das formulações nas temperaturas de -20, -50 e -75°C, além da avaliação instrumental de textura, teste TPA e da análise descritiva de ordenação dos doces de corte de umbu. Os doces que apresentaram maior porcentagem de leite/açúcar (I) 89,32% e açúcar (II) 85,21% em suas formulações resultaram em um maior rendimento e tempo de preparo dos doces. No estudo reológico para uma tensão de cisalhamento fixa a taxa de deformação diminui com o aumento da temperatura, confirmando o caráter não newtoniano e comportamento pseudoplástico, os modelos de Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk apresentaram ajustes semelhantes e também foram os melhores modelos para todas as formulações estudadas. As curvas de congelamento apresentaram as três fases bem definidas e um comportamento tendencioso, no qual a difusividade efetiva média aumenta à medida que diminui a quantidade de água e aumenta os sólidos presentes nas amostras. A avaliação do parâmetro de firmeza indica que o aumento da concentração de polpa de umbu aumenta o valor da adesividade, uma vez que o processo faz com que o tempo de cocção seja maior, tornando o produto mais firme e conseqüentemente, mais adesivo. Os valores de gomosidade e mastigabilidade apresentam o mesmo comportamento da firmeza, em que, quanto maior for a concentração da polpa de umbu nos doces elaborados, maior será a energia necessária para mastigar o produto. Percebe-se que o doce (II) sem adição de leite em sua formulação apresentou o maior valor médio (4,41) na análise de preferência, aparência (4,64), cor (5,05) e consistência (4,41), o que indica a maior preferência pelos julgadores. No entanto, mesmo os doces sem adição de leite possuindo coloração semelhante aos doces comerciais de goiaba a similaridade desses doces não influenciou nos resultados dessa pesquisa, conforme as médias de preferência foram verificadas também nos doces de umbu com adição de leite nas formulações, I (4,11), III (3,73) e V (4,12) o que resulta na boa aceitação pelos julgadores.

Palavras-chave: Umbu, reologia, congelamento, análise sensorial, teste TPA.

Abstract

The umbu has great potential to be exploited and the development of new technologies aiming to establish conditions that delay ripening, maintain quality and prolong shelf life, will contribute to minimize postharvest losses and the emergence of new products on the market, such as fruit preserves that can stimulate the strengthening of family farming and the development of small agro-industries. The objective of this work was the development of a technology for the production of umbu sweet paste with milk and without milk preserving the characteristic fruit flavor and sensory acceptance. The fruits were boiled in after boiling water for 5 minutes, then the pulp was extracted manually, the mass obtained was homogenized and conditioned in a horizontal freezer at the temperature of -30 ° C. Several characterization techniques were employed namely: the physical, chemical, physicochemical, and microbiological characteristics of the pre-cooked pulp and the umbu paste; the rheological behavior of the different formulations for the preparation of umbu pastes at 5, 10, 15 and 25 °C; the freezing curves of those formulations at temperatures of -20, -50 and -75°C; as well as the instrumental evaluation of texture, TPA test and the descriptive analysis of the order of the umbu paste. The sweets that presented the highest percentage of milk / sugar (I) 89.32% and sugar (II) 85.21% in their formulations resulted in a higher yield and higher preparation time of the umbu paste. In the rheological study, using a constant shear stress, the rate of deformation decreases with increasing temperature, confirming the non-Newtonian character and the pseudoplastic behavior, where the Herschel-Bulkley and Mizrahi-Berk models presented similar adjustments and were also the best models for all the formulations studied. The freezing curves presented the three well defined phases and a biased behavior, where the average effective diffusivity increases with decreasing water content and increasing solids content in samples. The evaluation of the firmness parameter indicates that the increase of the concentration of umbu pulp increases the value of the adhesiveness, due to the necessity of larger cooking times making the product firmer and consequently more adhesive. The guminess and chewiness values show the same firmness behavior, which is the higher the concentration of the umbu pulp in the umbu paste, the greater the energy required to chew the product. It was observed that the umbu paste (II) without added milk in its formulation had the highest mean value (4.41) in the analysis of preference, appearance (4.64), color (5.05) and consistency (4.41), which indicates the highest preference of the judges. However, eventhough the umbu paste without added milk had similar coloration to the commercial guava paste, the similarity of both pastes did not influence the results of the present research, as the averages of preference were also verified in the umbu paste with addition of milk in the formulations, I (4,11), III (3,73) and V (4,12) which results in a good acceptance by the judges.

Keywords: Umbu, rheology, freezing, sensory analysis, TPA test.

1.0- INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro abrange cerca de um milhão de quilômetros quadrados, possuindo uma flora peculiar, com espécies típicas e muitas vezes únicas. Uma das frutas mais consumidas pela população local é o umbu, fruto do umbuzeiro ou imbuzeiro, *Spondias tuberosa* Arruda Câmara, planta nativa do bioma caatinga encontrada principalmente nos Estados do Piauí, Paraíba, Pernambuco e Bahia (SANTOS-SEREJO et al. 2009).

O umbuzeiro propicia apenas uma safra por ano, que ocorre em um período curto de tempo. Por este motivo, e por apresentar alta perecibilidade dos frutos, uma das melhores formas que os agricultores possuem para evitar as perdas pós-colheita desses frutos é o seu processamento (FERNANDES et al. 2013).

As frutíferas da região semiárida têm despertado um grande interesse para a indústria de alimentos, por apresentarem teores de macronutrientes, grande aspecto socioeconômico e interesses de pesquisadores.

Na época da safra, que vai de dezembro a março, há fartura de frutos e, durante a colheita, ocorre perda considerável de umbu maduro por ser bastante perecível. Portanto, torna-se importante que estudos mais aprofundados sobre a qualidade deste fruto sejam realizados, sobretudo quanto à maturidade na colheita e estratégias tecnológicas acessíveis para a manutenção da qualidade pós-colheita sob a condição ambiente, atualmente sua principal forma de comercialização (ALVES et al. 2008). Dessa forma, o desenvolvimento de tecnologias visando estabelecer condições que retardem o amadurecimento e a senescência, mantendo a qualidade e prolongando a vida útil durante o armazenamento do umbu é necessário, tendo em vista o potencial socioeconômico deste fruto.

O umbu apresenta um grande potencial para ser explorado, o desenvolvimento de doce de corte é mais uma alternativa de melhor aproveitamento do fruto, pois possibilita minimizar as perdas pós-colheita. O processamento de doces em massa também permitirá o aproveitamento do excedente de produção e de frutos fora do padrão de qualidade para o consumo *in natura*.

O aproveitamento desta matéria prima para o desenvolvimento de novos produtos alimentícios apresenta enorme relevância para indústria e para a sociedade em geral, tornando-se uma escolha viável para resolver o problema do descarte dos frutos, além de agregar valor sócio econômico.

O surgimento de novos produtos no mercado, a exemplo de doces em massa, pode estimular fortalecimento da agricultura familiar e o desenvolvimento de pequenas agroindústrias existentes e novas tecnologias.

1.1- Objetivo geral

Desenvolver uma tecnologia para produção de doce de umbu de corte com leite e sem leite preservando o sabor característico da fruta e de aceitação sensorial.

1.1.1- Objetivos específicos

- Caracterizar a polpa pré-cozida de umbu quanto à sua composição física, química e físico-química;
- Estudar as propriedades reológicas das polpas nas temperaturas de 5, 10, 15, 20 e 25 °C, aplicar os modelos reológicos de Casson, Herschel-Bulkley, Mizrahi-Berk e Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência) e verificar o que melhor representa aos dados experimentais, em formulações para elaboração de doce de umbu de corte feita com leite e sem leite;
- Realizar a cinética de congelamento das polpas concentradas e das formulações nas temperaturas de -20, -50 e -75 °C;
- Caracterizar os doces elaborados de corte quanto à sua composição física, físico-química (Teor de água, sólidos totais, cinzas, proteínas, lipídeos, carboidratos totais, valor calórico, pectina, acidez titulável em ácido cítrico, pH, ácido ascóbrico, sólidos solúveis totais, açúcares redutores em glicose, açúcares não redutores em sacarose, açúcares totais, atividade de água, luminosidade (L^*), intensidade de vermelho ($-a^*$), intensidade de amarelo ($+b^*$), minerais (potássio, fósforo, cálcio e magnésio) e microbiológica (*Salmonella* sp, coliformes totais, coliformes termotolerantes, bolores e leveduras);
- Estudar o perfil de textura dos doces de corte (Firmeza, adesividade, gomosidade, mastigabilidade e coesividade.);
- Realizar a análise sensorial dos doces.

2.0-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1- *Anacardiaceae*

A família *Anacardiaceae* é representada por cerca de 80 gêneros e 600 espécies, que são conhecidas por produzirem frutos saborosos, excelente madeira, com compostos utilizáveis na indústria e na medicina (BARROSO et al. 2002). O gênero *Spondias*, pertencente à família Anacardeaceae, compreende cerca de 20 espécies, incluindo sete *taxa* nos Neotrópicos e cerca de 10 espécies nos trópicos da Ásia. Quase todas as espécies de *Spondias* têm um endocarpo fibroso e folíolos com veias intramarginais (MILLER & SCHAAL, 2005).

Os frutos das *Spondias* são bem aceitos na indústria por possuírem boa quantidade de nutrientes minerais. Por essa razão, sua polpa tem sido bastante procurada e aproveitada pelas indústrias de alimentos. São comercializados em mercados locais ou nas margens de algumas rodovias brasileiras (SANTOS & OLIVEIRA, 2008).

Dentre as espécies pertencentes ao gênero *Spondias* que mais se destacam no Semiárido Nordeste temos: a cajarana do sertão (*Spondias sp*), umbu (*Spondias tuberosa Arruda Câmara*), ciriguela (*Spondias purpúrea L.*) e o cajá (*Spondias mombin L.*). Há outras espécies também cultivadas, como o umbu-cajá (*Spondias sp.*), cajá-manga (*S. cytherea* Sonn) e umbuguela (*Spondias sp*) (SANTOS & OLIVEIRA, 2008).

2.2- Umbuzeiro

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) é uma frutífera tropical originária dos chapadões semiáridos do Nordeste brasileiro, ocorrendo de forma espontânea e com elevada diversidade genética nas regiões do Agreste (Piauí), Cariris (Paraíba), Caatinga (Pernambuco e Bahia) (SANTOS et al. 2008).

É uma árvore de porte pequeno com aproximadamente 6 m de altura. Como tronco é curto, sua copa tem forma de guarda-chuva, a qual projeta sombra densa sobre o solo, além disso, sua vida é longa, cerca de 100 anos. As folhas são pinadas, glabras quando adultas, com folíolos ovalados ou elipsoides, obtusos ou levemente cordados na base, agudos ou obtusos no ápice.

Um umbuzeiro produz cerca de 70 Kg a 360 Kg de frutos/ safra, equivalente em média a 15.000 unidades. A frutificação inicia-se em período chuvoso e permanece por 60 dias, cada planta chega a produzir 300 kg de frutos por safra. (SANTOS-SEREJO et al. 2009). Sendo seus frutos muito apreciados para o consumo *in natura* no semiárido brasileiro, o umbuzeiro apresenta um grande valor cultural por possuir baixo custo, o suco de umbu é uma forma de agregação de valor ao produto e geração de renda para famílias que vivem do seu extrativismo (SEAGRI, 2011).

2.3- Umbu

No Brasil colonial, o umbu (Figura 2.1) era chamado de imbu, que é uma corruptela da palavra tupi-guarani “y-mb-u”, que significa “árvore que dá de beber”. (MEDEIROS, 2004).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010), foram extraídas 9.804 toneladas de umbu no Brasil em 2010, sendo que a participação da produção baiana foi de 89% (TURINI, 2010). Na época da safra, dezembro a março, dependendo da região de ocorrência, há grande oferta de umbu, pela exploração extrativista, para consumo fresco (SANTOS et al. 2008b; SILVA et al. 2011) ou industrialização (TURINI, 2010).

O umbu é um fruto pequeno, de formato arredondado, sabor típico e exótico e acentuado gosto ácido, rico em proteína, cálcio, ferro, fósforo, vitaminas A, B, C e B1. Quando maduro, o fruto apresenta polpa suculenta, ligeiramente ácida e de sabor agradável, contendo 14,2 mg de ácido ascórbico por 100 ml, fibras, açúcares redutores e tanino (DUQUE, 1980).

O umbu, além de ser consumido *in natura*, pode ser utilizado na fabricação de diversos produtos, tais como suco, geleia, sorvetes, umbuzada, compota, frutas cristalizadas.



Figura 2.1: Fruto do umbuzeiro, umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam)

Atualmente, os frutos do umbuzeiro têm ganhado espaço nos mercados nacional e internacional, pois, além de apresentarem sabor agradável e aroma peculiar, são uma boa fonte de compostos bioativos e seu consumo pode contribuir substancialmente na dieta (ALMEIDA et al. 2011; RUFINO et al. 2010; SILVA et al. 2012; TIBURSKI et al. 2011).

O umbu é um produto nutricionalmente importante e se constitui também em uma fonte de renda para as famílias dos agricultores da região semi-árida do Nordeste. No entanto, como outras frutas, está sujeito aos efeitos da sazonalidade e perecibilidade. Na época de safra, entre os meses de dezembro e março, ocorre um excesso de oferta desta fruta que, uma vez colhida e em condições ambientais de preservação, dura entre dois e três dias.

2.4- Doce de corte

O uso da tecnologia de alimentos para a fabricação de novos produtos, como geleia e doce de corte, pode ser uma alternativa viável para o processamento, aproveitamento e consumo de frutos (SANTOS et al. 2012), surgiu como alternativa de melhor aproveitamento dos frutos de umbu. A polpa de frutas, em geral, é utilizada como matéria-prima por indústrias, na fabricação de iogurtes, sorvetes, refrescos, doces entre outros. Pode também ser processada durante a safra, visando a sua utilização posterior para obtenção de doce em massa, geleia e néctar (MATTA et al. 2005).

A resolução Normativa nº9, de 1978 define doce em massa como o produto resultante do processamento das partes comestíveis, desintegradas, com adição de açúcares, com ou sem adição de água, agentes gelificastes, ajustadores de pH e de

outros ingredientes e aditivos permitidos até consistência apropriada, sendo termicamente processada e acondicionada de modo a assegurar a sua perfeita conservação, devendo ter cor normal característica do produto, aspecto gelatinoso e sólido, permitindo o corte (BRASIL, 1978a).

A Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa, define produto de frutas como um processo que deve ser realizado a partir de frutas, inteiras ou em partes e ou sementes, obtidos por cocção e/ou concentração e/ou outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos. Podendo ser apresentados com ou sem a adição de açúcar e/ou outro ingrediente, desde que não descaracterize o produto (BRASIL, 2005).

Os doces em massa são resultantes do processamento adequado das partes comestíveis dos vegetais, adicionados de açúcares, água, pectina (0,5 a 1,5%), ajustador de pH (3 a 3,4), além de outros ingredientes e aditivos permitidos até alcançar consistência adequada, assegurando estabilidade ao produto. Após o processamento, os doces devem ser devidamente embalados e armazenados nas condições ambientais (JACKIX, 1988; ABIA, 2001).

Segundo Leistner (1992), a conservação de doces em massa ocorre pela tecnologia de obstáculos, em que barreiras, como tratamento térmico, adição de açúcar e conservantes garantem a estabilidade e segurança do alimento. No entanto, durante o armazenamento os produtos em geral sofrem influências de fatores intrínsecos e extrínsecos, podendo alterar suas características até atingir um período em que essas alterações impossibilitam o consumo (WICKLUND, 2005).

Albuquerque (1997) relata que fatores intrínsecos, como o grau de esterificação da pectina e o pH do doce, influem no processamento. Além disso, fatores como: pré-processamento da fruta, temperatura de cocção, tamanho da embalagem, tempo e temperatura de geleificação, além da ordem na colocação dos ingredientes afetam o processo de fabricação de geleias e doces e, por conseguinte a qualidade do produto final.

2.5- Reologia

O termo reologia vem do grego rheo (fluxo) e logos (ciência) e foi sugerido por Bingham e Crawford para descrever as deformações de sólidos e a fluidez de líquidos. É

uma ciência que surgiu no início do século XX e tem como objetivo, estudar a deformação e o escoamento de materiais (VANDRESEN, 2007).

A reologia é definida como a ciência da deformação de objetos sob a influência de forças aplicadas, ou estudo da mobilidade dos fluidos, ou ainda, estudo da mecânica da deformação permanente ou temporária dos materiais sólidos e líquidos (FELLOWS, 2006).

O estudo do comportamento reológico ajuda a uma melhor compreensão da organização estrutural dos alimentos. Vários são os fatores afetam o comportamento reológico das polpas de frutas: a temperatura, sólidos solúveis e o tamanho das partículas.

A operação fundamental em um teste reológico é aplicar uma força tangencial no material a ser investigado, também chamada de tensão de cisalhamento e medir sua deformação, ou, igualmente, aplicar uma deformação e medir a resistência (VANDRESEN, 2007).

Na indústria alimentícia, a reologia também possui fundamental importância. Medidas reológicas de fluxo sob variações de temperatura, pressão e concentração influem diretamente no dimensionamento de bombas, tubulações, bem como na otimização de todo o processo de industrialização (SANTOS, 2013).

2.5.1- Classificação reológica dos fluidos

Um fluido é como uma substância que se deforma continuamente quando se submete a um esforço constante, sem importar quão pequeno seja este esforço (HAMINIUK, 2005).

Os fluidos podem ser divididos em dois grandes grupos: fluidos ideais ou newtonianos (água, alguns óleos, gases e soluções simples de açúcares e sais) e fluidos não-newtonianos (emulsões, suspensões e soluções concentradas que contêm amidos, pectinas, gomas e proteínas). Os fluidos não newtonianos, por sua vez, são divididos em subclasses: fluidos independentes do tempo (fluidos pseudoplásticos, dilatantes, plásticos de Bingham e pseudoplásticos com tensão crítica), fluidos dependentes do tempo (fluidos tixotrópicos e reopéticos) e fluidos viscoelásticos (SANTOS, 2013). Essa classificação pode ser observada na Figura 2.2 (SATO, 2005).

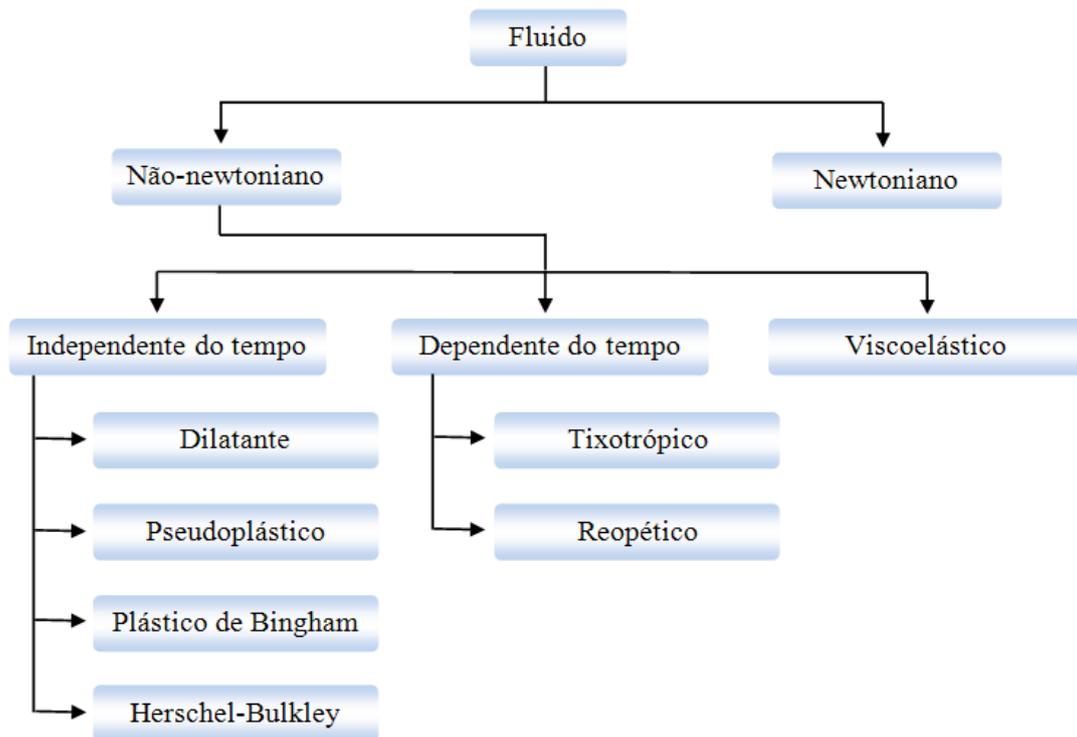


Figura 2.2- Classificação reológica dos fluidos (Adaptado de STEFFE, 1996).

Nos fluidos newtonianos, a tensão de cisalhamento (τ) é diretamente proporcional à taxa de deformação (Equação 2.1), de modo que a viscosidade (η) do sistema independe da taxa de deformação ($\dot{\gamma}$) e da tensão de cisalhamento, dependendo apenas da composição e temperatura, e o escoamento se inicia assim que a tensão é aplicada (FERREIRA, 2008).

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

Para fluidos não-newtonianos o termo viscosidade é substituído por η_{ap} (Equação 2.2) que é a viscosidade aparente e é função do gradiente de velocidade (HAMINIUK, 2005).

$$\eta_{ap} = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad (2.2)$$

A relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação define o comportamento reológico dos fluidos (SCHRAMM, 2000).

De modo geral, os fluidos não-newtonianos podem ser:

- Fluidos dilatantes: a viscosidade aparente aumenta com a taxa de deformação;
- Fluidos pseudoplásticos: a viscosidade aparente decresce com o aumento da taxa de deformação;
- Fluidos plástico (Bingham e Herschel-Bulkley): estes fluidos não fluem até que uma tensão de cisalhamento crítica seja excedida, a partir de então se a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação for linear, trata-se de um plástico de Bingham, caso contrário, o fluido será do tipo Herschel-Bulkley;
- Fluidos tixotrópicos: apresenta menor viscosidade com o tempo para uma taxa de deformação constante;
- Fluidos reopéticos: neste caso, a estrutura se fortalece com o tempo e a viscosidade aumenta com o tempo a uma taxa de deformação constante;
- Fluidos viscoelásticos: estes exibem propriedades viscosas e elásticas ao mesmo tempo.

Dentre os modelos matemáticos utilizados para estimar a relação entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação estão os Modelos de Herschel-Bulkley e o de Ostwald-de-Waele ou Lei da Potência representados pelas Equações 2.3 e 2.4.

$$\tau = \tau_0 + k_{hb} \cdot \dot{\gamma}^{n_{hb}} \quad (2.3)$$

$$\tau = k_{lp} \cdot \dot{\gamma}^{n_{lp}} \quad (2.4)$$

Em que:

τ = tensão de cisalhamento (Pa);

τ_0 = tensão de cisalhamento inicial (Pa);

k_{hb} = índice de consistência para modelo de Herschel-Bulkley (Pa.s^{n_{hb}});

k_{lp} = índice de consistência para modelo Lei da Potência (Pa.s^{n_{lp}});

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

n_{hb} = índice de comportamento do fluido para modelo de Herschel-Bulkley (adimensional);

n_{lp} = índice de comportamento do fluido para modelo Lei da Potência (adimensional).

2.6- Congelamento

No Brasil, a produção do umbuzeiro é sazonal e, durante esse período, há grandes perdas do fruto devido à sua alta perecibilidade. Uma maneira de minimizar as perdas desses frutos durante o período de safra, é o seu processamento e o desenvolvimento de métodos que prolonguem o período de armazenamento.

A existência de alimentos deste tipo propicia o desenvolvimento de técnicas capazes de garantir sua conservação em longo prazo. Dentre elas, o congelamento surge como uma tecnologia que alia qualidade à redução de perdas. Dessa maneira, a diminuição da temperatura como método de preservação de alimentos é de grande importância, pois, se pode, por meio dela, retardar reações químicas e enzimáticas, decaindo assim o ritmo de crescimento microbiano (OETTERER, et. al., 2006). O mesmo é de acordo com MARTÍN-BELLOSO (2007) e FELLOWS (2008), nos quais afirmam que o método de congelamento para a conservação de polpa de frutas inibe o crescimento de microrganismos e a atividade enzimática e, dessa forma, aumenta a vida de prateleira e a segurança microbiológica dos produtos.

Durante o congelamento, primeiramente o calor sensível é removido para diminuir a temperatura do alimento até o ponto de congelamento. Esta remoção pode interferir ou não na composição e estrutura do produto através da formação de cristais, por esta razão existe o congelamento lento e o rápido.

Congelamento lento: Decresce gradativamente (taxa de 1°C/min.), havendo a formação de grandes cristais de gelo, pontiagudos, que provocam o rompimento das estruturas celulares, exclusivamente no meio extracelular, tendo como consequência a perda de suco celular e, portanto, redução do valor nutricional, durante o descongelamento.

Congelamento rápido: Evita a formação de grandes cristais de gelo e a ruptura de membranas celulares, ou seja, ocorre a formação de pequenos cristais de gelo nos espaços intercelulares e intracelulares, em grande quantidade, com mínimo deslocamento de água, mantendo o valor nutricional do alimento (CORREIA et al. 2008, BELCHOIR, 2012; COLLA & PRENTICE-HERNÁNDEZ, 2003; SOARES et al. 2012).

O congelamento tem sido utilizado em indústrias que desejam manter a qualidade do produto congelado semelhante ao produto fresco, pois este tipo de congelamento rápido tem uma alta capacidade de preservar a integridade celular. Para

Fernandes et al. (2010), o congelamento é um dos métodos mais eficientes para a manutenção da qualidade de polpas de frutas.

A qualidade de um produto congelado depende da velocidade em que o processo ocorre e, hoje em dia, acredita-se que os melhores resultados são obtidos com os alimentos que são submetidos ao “congelamento rápido”. Quanto menores os cristais de gelo formados durante o congelamento, menores serão os danos causados às estruturas das paredes celulares, possibilitando assim que os produtos possam readquirir a consistência e aparência original após o degelo. Os produtos submetidos ao congelamento rápido tendem a apresentar uma menor perda de água e de nutrientes por exsudação (FELLOWS, 2006).

O tempo de congelamento é um parâmetro difícil de determinação experimental com precisão devido às diferenças da temperatura inicial, ao tamanho e forma dos alimentos, diferenças no ponto de congelamento e na taxa de formação dos cristais de gelo entre diferentes pontos do alimento, além de mudanças na densidade, condutividade térmica, calor específico e na difusividade térmica com a redução de temperatura do alimento (FELLOWS, 2006).

A difusividade térmica indica a variação da temperatura do material submetido a um processo de resfriamento ou aquecimento e é a mais utilizada em situações nas quais a transferência de calor ocorre em regime transiente. Dincer (1995) argumenta que o significado físico da difusividade térmica está associado à difusão de calor dentro do produto durante as mudanças da temperatura com o tempo. Um elevado valor da difusividade térmica significa uma rápida transferência do calor dentro do produto e pouco tempo para o calor sair do corpo.

2.7- Textura

A importância da textura vem se revelando, nos últimos anos, como um parâmetro essencial na qualidade de um produto e pode ser determinante para a aceitabilidade por parte do consumidor, que se torna cada vez mais exigente. De acordo com Pascua (2013), o consumo de alimento, às vezes segue um procedimento pré definido, e a intensidade dos atributos de textura é marcada de acordo com a sua ordem de aparição durante o processo de alimentação. Assim sendo, torna-se evidente que a

percepção da textura é um processo dinâmico, que é baseado na percepção obtida através da deformação oral contínua dos alimentos.

Segundo Chitarra & Chitarra (2005) e Bourne (2004), a textura pode ser definida como o conjunto de propriedades do alimento, compostas por características físicas perceptíveis pelo tato e que se relacionam com a deformação, desintegração e fluxo do alimento, sob a aplicação de uma força. A textura é uma combinação de sensações derivadas dos lábios, língua, mucosa bucal, dentes e do ouvido. Cada área é sensível a pequenas diferenças de pressão e apresenta diferenças para cada atributo ou característica do produto. O conjunto de impressões obtidas na mastigação é responsável pela aceitação ou rejeição do produto.

Nos doces em massa em que se deseja o corte, Banjongsinsiri (2004) e Cerezal & Duarte (2004), afirmam que a textura é parâmetro de qualidade que pode ser determinada instrumentalmente por meio das propriedades mecânicas, sendo considerada um aspecto de qualidade dos alimentos.

Dentre os instrumentos de medição de textura disponíveis, o mais utilizado é o analisador de textura TAXT2, o que mede a força e as propriedades de textura de produtos alimentícios, através da deformação dos mesmos de várias maneiras e da medição da força necessária para alcançar a deformação (SHARMA et al. 2000).

2.7.1- Análise do Perfil de Textura (TPA)

A análise de TPA é uma técnica instrumental, muito utilizada para medir a resistência de diferentes materiais, isto é possível mediante a utilização do texturômetro, que pode analisar diferentes tipos de alimentos (RAMOS & GOMIDE, 2007) e criada para diminuir a incidência dos problemas e das interferências na análise sensorial com julgadores.

O teste consiste em dois ciclos completos de compressão e descompressão, de uma pequena amostra do alimento, de forma a simular a ação dos dentes durante o processo de mastigação. A força necessária, durante os dois ciclos, para comprimir a amostra é medida e representada graficamente numa curva de deformação tempo *versus* força. Uma vez que o método de TPA é usado na tentativa de refletir a percepção humana da textura, o primeiro e o segundo ciclo de compressão são geralmente referidos como primeira e segunda mordida (RAMOS & GOMIDE, 2007). Os

parâmetros são calculados automaticamente através das relações entre as áreas dos picos do gráfico (Figura 2.3). Os atributos de qualidade que podem ser detectados em um teste de TPA são a fraturabilidade, dureza, coesividade, adesividade, elasticidade e mastigabilidade, os quais são relacionados à curva de força *versus* tempo (TELIS et al. 2005).

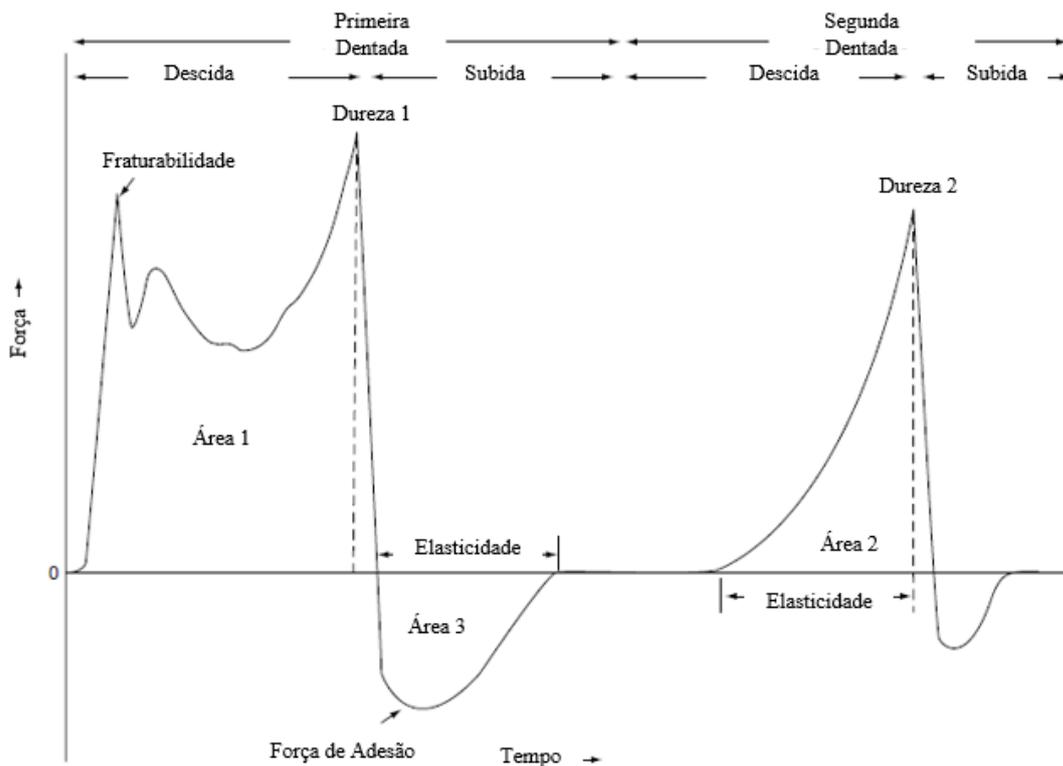


Figura 2.3- Curva generalizada da análise do perfil da textura (TPA) (Adaptado de BOURNE, 2002).

Desta forma, Bourne (2002) definiu:

Fraturabilidade (originalmente denominada como fragilidade): “força da primeira quebra significativa na curva”. Como uma rutura, constitui um fenômeno visível relacionado com a macroestrutura da amostra, deve ser identificado como uma mudança na inflexão da curva cuja magnitude deve ser definida.

Dureza: “pico da força durante o primeiro ciclo de compressão”;

Coesividade: “resistência das uniões internas que formam o corpo do produto”;

Adesividade: “área de força negativa para a primeira mordida, representando a força necessária para puxar o êmbolo afastando-o da amostra do alimento”;

Elasticidade: “altura a que os alimentos se recuperam durante o tempo que decorre entre o fim da primeira dentada e o início da segunda”;

Gomosidade: “força x coesividade”;

Mastigabilidade: “gomosidade x elasticidade” (BOURNE, 2002).

2.8- Análise sensorial

A análise sensorial é uma metodologia destinada à avaliação de produtos no mercado, pesquisando os gostos e preferências de consumidores. Assim, é possível medir, avaliar e interpretar a percepção sensorial em relação ao produto analisado. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, análise sensorial é a disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e dos materiais, da forma que são percebidas pelos sentidos da visão, do olfato, do gosto, do tato e da audição (ABNT, 1993). É uma atividade importante na indústria de alimentos, contribui direta ou indiretamente para inúmeras atividades, como: desenvolvimento de novos produtos, controle de qualidade, reformulação e redução de custos de produtos, relações entre condições de processo, ingredientes, aspectos analíticos e sensoriais.

Pode-se então considerar a análise sensorial como uma análise subjetiva, uma vez que depende do julgamento por meio dos órgãos do sentido, sendo influenciada pela experiência e capacidade do julgador, e de fatores externos, tais como o local da análise, estado emocional e de saúde do julgador e condições e formas de apresentação da amostra-teste, dentre outros (CHAVES & SPROESSER, 2006). Contudo, com a aplicação das modernas técnicas de análise sensorial, é possível transformar dados subjetivos em resultados objetivos (CARDELLO, 2003).

O produto alimentício tem como o destino final o consumidor, logo, a aceitação/preferência dos alimentos é melhor avaliada quando o próprio consumidor faz parte desse processo e a análise sensorial permite esse elo entre o consumidor e o produto, fornecendo aos interessados informações preciosas que vão refletir a sua posição do ~~mesmo~~ no mercado, uma vez que não basta um produto ter características químicas, físicas e microbiológicas satisfatórias, se sensorialmente esse produto não é bem aceito pelo seu público (MINIM, 2010).

Visando determinar o perfil sensorial, a aceitação e preferências acerca de determinados produtos são empregados vários métodos de avaliação. Estes métodos têm como objetivo descrever as propriedades sensoriais do alimento, proporcionando informações sobre sua aparência, aroma, sabor e textura. Para Loures et al, (2010), conhecer as propriedades sensoriais do produto pode ser um diferencial durante o desenvolvimento deste, pois é possível trabalhar as condições de processamento a fim de se obter um alimento com perfil sensorial que proporcione melhor aceitação pelo mercado consumidor.

Os métodos sensoriais podem ser divididos em analíticos (discriminativos e descritivos) e afetivos.

Métodos discriminativos: são aqueles que medem atributos específicos pela discriminação simples, indicando por comparações, se existem ou não diferenças estatísticas entre as amostras. O Teste Duo-Trio determina se existe diferença sensorial entre uma amostra e um padrão, a Comparação Pareada detecta pequenas diferenças entre amostras quanto a um atributo específico ou estabelece a existência de uma preferência. Já o Teste Triangular detecta se existe pequenas diferenças entre duas amostras que sofreram processos diferentes. O Teste de Ordenação avalia três ou mais amostras, simultaneamente, ordenando-as em relação à intensidade de um atributo específico ou de preferência, enquanto o Teste de Comparação Múltipla avalia, simultaneamente, uma ou mais amostras quanto a um atributo específico, determinando a diferença e o grau da diferença em relação a um controle (IAL, 2005).

Métodos descritivos: descrevem os parâmetros sensoriais e medem a intensidade em que são percebidos. O método da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) permite traçar o perfil sensorial dos produtos, através do levantamento e quantificação de atributos por uma equipe de provadores, e pode explicar as diferenças responsáveis pela maior ou menor aceitação dos produtos estudados (KAWAGUTI et al. 2007). Pelo método *Perfil de sabor* pode ser realizada descrição completa do odor e aroma, do sabor e das sensações bucais residuais, determinando graus de diferenças entre as amostras e o método *Perfil de textura* fornece uma descrição completa da textura de acordo com parâmetros mecânicos, geométricos, de gordura e teor de água, definindo o grau em que estão presentes e da ordem com que são percebidos desde a primeira mordida até a mastigação e fases finais de deglutição (IAL, 2005).

Métodos afetivos: acessam diretamente a opinião (preferência e/ou aceitabilidade) do consumidor a respeito de características específicas desse produto, ou ideias que o consumidor tenha do produto a ser avaliado (SILVA, 2006).

O Teste de Aceitação avalia o quanto um consumidor gosta ou desgosta de um determinado produto, enquanto que o Teste de Preferência determina a preferência que o consumidor tem sobre um produto em relação a outro.

2.8.1- Análise Descritiva

Quando o objetivo não é avaliar a aceitabilidade sensorial do produto, mas sim caracterizá-lo sensorialmente, técnicas de análise descritivas são utilizadas. As técnicas descritivas mais utilizadas são: Perfil de sabor, Perfil de textura, Perfil livre, Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) e Análise Descritiva de Ordenação (ADO) (NAVARRO, 2010).

Segundo Loures et al. (2010), a ADO é uma técnica que descreve as sensações percebidas no produto e ordena as amostras de acordo com a intensidade de cada atributo. Esta metodologia apresenta menor flexibilidade para o provador, que diante da ordenação tem que, necessariamente, separar as amostras, mesmo que estas apresentem intensidades semelhantes em relação a um atributo sensorial.

A metodologia de Análise Descritiva por Ordenação (ADO) foi desenvolvida por Richter et al. (2010) como uma alternativa à análise descritiva tradicional. A Análise Descritiva por Ordenação possibilita uma avaliação mais rápida que a tradicional, a qual requer longo período de treinamento dos julgadores. Esta metodologia é uma técnica descritiva simples e rápida, pois não há treinamento nem seleção final dos julgadores e a avaliação dos produtos é feita por ordenação de intensidade do atributo (RICHTER et al, 2010).

Por utilizar uma escala não estruturada, a ADO permite quantificar a intensidade de cada atributo sensorial com precisão matemática, o que possibilita correlacioná-los com medidas instrumentais (MEILGAARD et al, 2006).

Aplicam-se as seguintes etapas neste método:

- **Recrutamento:** O recrutamento é feito através de fichas de inscrição do processo seletivo, em que são descartados provadores que não gostam ou não têm o hábito de consumir produtos semelhantes ao estudado. É necessário que o

número de recrutados seja três vezes maior do que o número mínimo de 8 julgadores presentes na última avaliação.

- Seleção dos Julgadores: Nesta etapa utilizam-se testes discriminativos, que medem atributos específicos, indicando por comparação se há diferença entre as amostras. O *Teste Duo-Trio* determina se há diferença sensorial entre uma amostra e um padrão; já o *Teste Triangular* detecta se existem pequenas diferenças entre duas amostras que sofreram processos diferentes. O teste de gostos também é utilizado para avaliar a percepção sensorial dos julgadores. Os julgadores selecionados para participar da ADO precisam obter no mínimo 70% de acertos nos testes aplicados.
- Levantamento de termos descritivos: Realiza-se uma sessão com os julgadores a fim de definir os atributos sensoriais que caracterizam o produto estudado.
- Avaliação do produto: Etapa final do processo no qual os julgadores avaliam o produto estudado. A análise deve ser realizada em cabines individualizadas, as amostras devem ser codificadas com números de três dígitos e distribuídas seguindo um delineamento e com a ficha de avaliação. O procedimento deve ser conduzido em condições que minimizem influências que podem gerar erros (DUTCOSKY, 2011).
- Análise dos Resultados: São analisados por Análise de Variância (ANOVA), teste de comparação de média, análise de regressão e mapas sensoriais.

3.0- MATERIAL E MÉTODOS

3.1- Local de realização dos experimentos

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Paraíba.

3.2- Matérias primas

Foram utilizados umbus (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara), em estágio de maturação verde, adquiridas no sítio Lucas pertencente à cidade de Campina Grande-PB, açúcar cristal e leite de marca comercial adquiridos no mercado local.

3.3- Processamento do doce de corte do umbu

As etapas do processamento do umbu para a elaboração do doce de corte estão expostas no fluxograma da Figura 3.1.

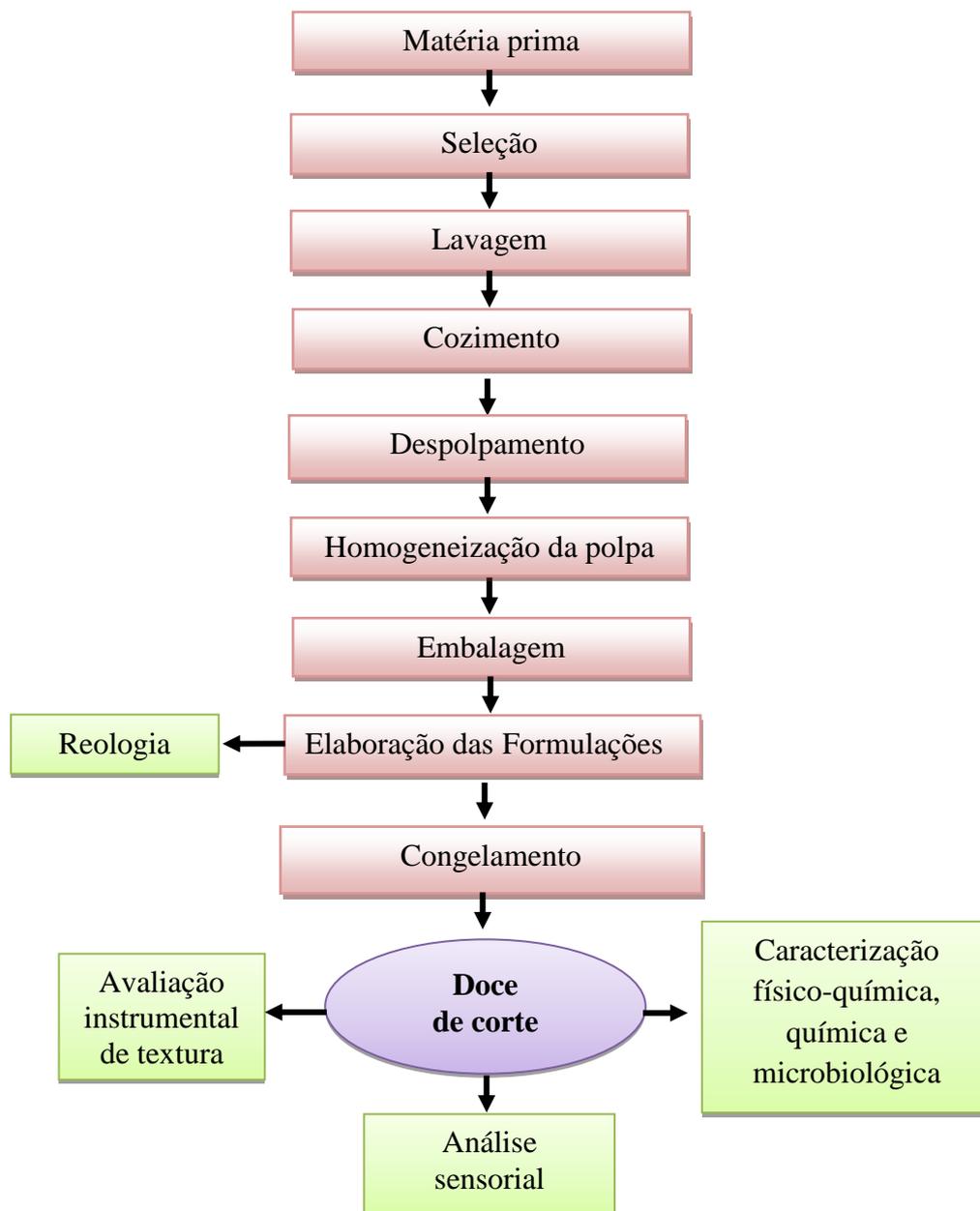


Figura 3.1: Representação do processo de obtenção da polpa de umbu e elaboração do doce de corte

3.3.1- Processamento da polpa de umbu

Os umbus (Figura 3.2 A) foram recepcionados no laboratório, selecionados manualmente com o objetivo de separar os maduros e verdes ou com qualquer tipo de injúria; em seguida, foram lavados em água corrente para a retirada de sujidades; posteriormente, foram sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm por 15 minutos, enxaguados em água corrente para a retirada do excesso da solução de hipoclorito de sódio, depois os frutos foram cozidos em água durante 5 minutos após fervura (Figura 3.2 B), em seguida, foi feita a extração da polpa de forma manual, com o auxílio de uma peneira de malha de 2,5 mm de diâmetro. Posteriormente, a massa obtida foi homogeneizada em um liquidificador com 600 W de potência por cerca de 10 minutos (Figura 3.2 C). A polpa refinada foi acondicionada em embalagens de polietileno de alta densidade (Figura 3.2 D) e submetida a congelamento rápido em nitrogênio líquido (-196 °C) visando melhor preservação de suas características físicas, químicas e sensoriais, e, em seguida, foram acondicionadas em freezer horizontal a temperatura de -30 ± 2 °C, até realização dos experimentos.

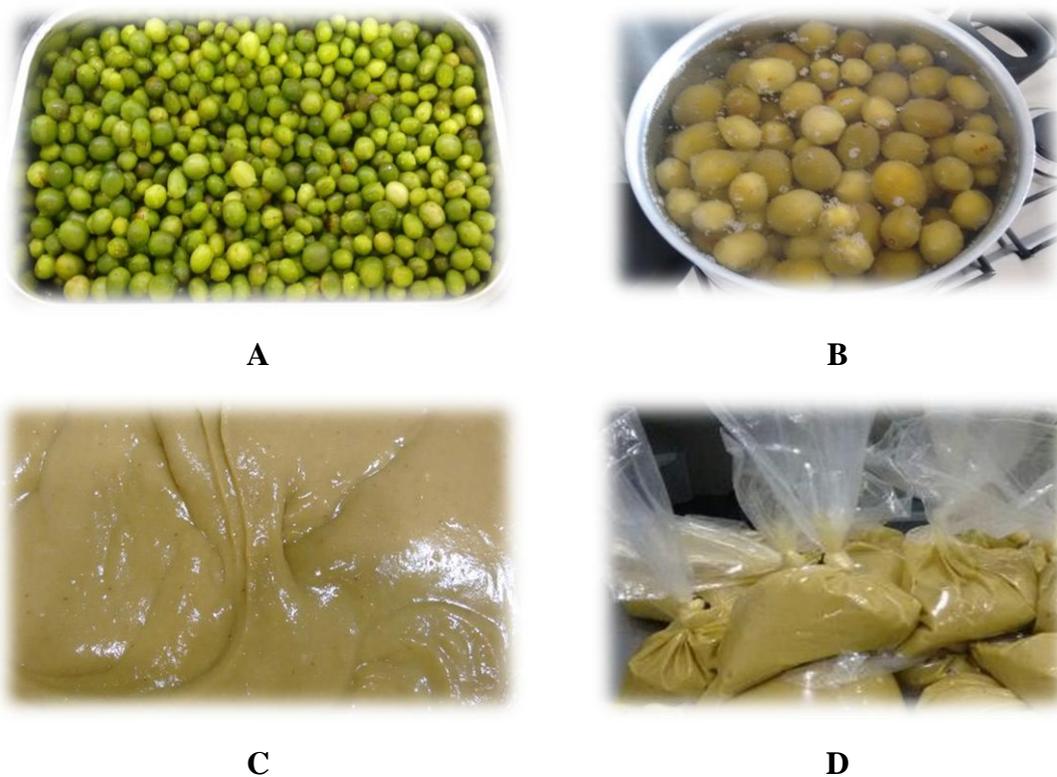


Figura 3.2: Umbus (A), Umbus cozidos (B), Polpa pré-cozida (C), Polpa pré cozida embalada (D)

3.3.2- Elaboração das formulações do doce de corte

Os doces de corte foram elaborados com diferentes formulações para se obter um doce de corte com maior aceitação em sabor e textura. Na tabela 3.1, encontram-se as porcentagens das formulações para a elaboração do doce de corte.

Tabela 3.1: Formulações do doce de corte

Formulação	Polpa (%)	Leite (%)	Açúcar (%)
I	33,3	33,3	33,3
II	50	-	50
III	43	29	29
IV	60	-	40
V	60	20	20
VI	75	-	25

3.3.3- Rendimento

Foi calculado em relação à quantidade de matéria prima e ingredientes utilizados inicialmente na elaboração do doce de corte e a quantidade do produto obtido (Equação 2.6).

$$\% \text{ Rendimento} = \frac{M_1 - M_G}{M_1} \times 100 = \frac{\Delta M}{M_1} \times 100 \quad (2.5)$$

em que:

M_1 = Massa inicial dos ingredientes (g);

M_G = Massa do doce obtido (g).

3.4- Caracterização física, físico-química e química

A polpa pré cozida e o doce de corte do umbu foram submetidos às análises físicas e físico-químicas em triplicata à sua composição física, físico-química (Teor de água, sólidos totais, cinzas, proteínas, lipídeos, carboidratos totais, valor calórico, pectina, acidez titulável em ácido cítrico, pH, ácido ascóbrico, sólidos solúveis totais,

açúcares redutores em glicose, açúcares não redutores em sacarose, açúcares totais, atividade de água, luminosidade (L^*), intensidade de vermelho ($-a^*$), intensidade de amarelo ($+b^*$)).

3.4.1- Teor de água e sólidos totais

O teor de água e os sólidos totais foram determinados pelo método de secagem das amostras em estufa a 105 ± 3 °C até peso constante, segundo metodologia descrita pelo IAL (2008).

3.4.2- Potencial hidrogeniônico (pH)

Determinou-se o potencial hidrogeniônico (pH) pelo método potenciométrico, através de um pHmetro, medidor digital modelo TEC-2 da marca Tecnal, calibrado com soluções tampão de pH 7,0 e 4,0, segundo a metodologia do IAL (2008).

3.4.3- Sólidos solúveis totais

Os sólidos solúveis totais foram determinados através de leitura direta com um refratômetro portátil da marca Instrutherm, modelo RT-95. A leitura do °Brix será corrigida em função da temperatura da amostra utilizando-se a tabela contida no manual do IAL (2008).

3.4.4- Acidez total titulável em ácido cítrico

A acidez total titulável será realizada pela técnica titulométrica, baseada na neutralização da amostra com a solução padronizada de NaOH 0,1 N, de acordo com o método descrito pelo IAL (2008).

3.4.5- Açúcares redutores em glicose

A técnica utilizada foi a de titulometria com solução de fehling em aquecimento, de acordo com a metodologia descrita pelo IAL (2008).

3.4.6- Açúcares não redutores em sacarose

Foram determinados segundo método baseado na multiplicação da diferença entre as porcentagens de açúcares totais e açúcares redutores em o fator 0,95 de acordo com a metodologia descrita pelo IAL (2008).

3.4.7- Açúcares totais

A técnica utilizada foi a de titulometria com solução de fehling com aquecimento, após hidrólise ácida da amostra, segundo a metodologia descrita pelo IAL (2008).

3.4.8- Ácido ascórbico

A determinação do ácido ascórbico foi realizada de acordo com a metodologia da AOAC (1997), a qual se baseia na redução do 2,6-diclorofenol indofenol-sódio (DCFI) pelo ácido ascórbico, modificada por BENASSI & ANTUNES (1998), que utilizam o ácido oxálico como solução extratora.

3.4.9- Cinzas

A quantidade de cinzas foi determinada através da incineração das amostras em mufla aquecida a 550 °C, até a obtenção de um resíduo isento de carvão, com coloração branca acinzentada, segundo metodologia descrita pelo IAL (2008).

3.4.10- Proteínas

O teor de proteínas foi determinado pelo método Micro-Kjeldahl, que consiste na determinação do nitrogênio total. Para converter o resultado em proteína será utilizado o fator 5,75, recomendado para proteínas de vegetais, de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (2010).

3.4.11- Lipídeos

A quantidade de lipídeos foi determinada pelo método de Bligh-Dyer (FOLCH et al. 1957) na qual utiliza-se clorofórmio e metanol (2:1).

3.4.12- Carboidratos totais

Os carboidratos totais foram calculados por diferença de 100 menos a soma das porcentagens dos teores de água, lipídeos, proteínas e cinzas ($100 - \% \text{ de água} - \% \text{ de lipídeos} - \% \text{ de proteínas} - \% \text{ de cinzas}$).

3.4.13- Pectina

A porcentagem de pectina foi determinada pelo método gravimétrico, conforme descrito em PEARSON (1991).

3.4.14- Valor calórico

O valor calórico foi calculado multiplicando-se os teores de carboidratos e proteínas da amostra pelo fator de conversão 4,0 Kcal/g e o teor de lipídeos pelo fator de conversão 9,0 Kcal/g (ANVISA, 2005).

3.4.15- Atividade de água

A atividade de água foi determinada através de leitura direta da amostra na temperatura de aproximadamente, 25 °C, com o auxílio do equipamento Aqualab CX-2T, Decagon a 25 °C.

3.4.16- Cor

Os parâmetros de cor foram determinados por leitura direta na amostra utilizando-se espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus, com sistema de cor Cielab. O instrumento, equipado com iluminante D65/10° foi calibrado com placa preta e placa branca padrão (X=80,5, Y=85,3, Z=90,0), conforme instruções do fabricante. Os parâmetros determinados foram: L* que fornece a luminosidade, variando do branco (L=0) ao preto (L=100); a* que caracteriza a coloração na região do verde (-a*) para a cor vermelha (+a*), e b* que indica a coloração no intervalo da cor azul (-b*) para a cor amarela (+b*).

3.4.17- Análises de minerais

A partir das cinzas obtidas, foi utilizado o equipamento de espectrofotômetro de energia dispersiva, modelo EDX-720, da marca Shimadzu (Figura 3.3), para a determinação dos minerais presentes nas amostras de polpa pré-cozida e do doce de corte de umbu.



Figura 3.3 - Espectrômetro de dispersão de raios X, modelo EDX-720

3.5- Caracterização microbiológica do doce de corte

As análises microbiológicas da polpa foram realizadas utilizando os parâmetros estabelecidos pela legislação para doce de corte (BRASIL, 1978a; 2000; 2001a): *Salmonella* sp, coliformes totais, coliformes termotolerantes, bolores e leveduras.

3.5.1- *Salmonella* sp.

Utilizou-se metodologia descrita segundo APHA (2001). Os meios (ágar Verde Brilhante – BG e ágar *Salmonella- Shigella* – SS). foram inoculados através de estrias e incubados a 35-37 °C, por 24 h.

3.5.2- Coliformes totais

Os coliformes totais foram determinados utilizando-se como meio de cultura o Caldo Lauril Sulfato, incubado em tubos de ensaio a 35 °C por 24-48 h. Os tubos positivos serão repicados para o Caldo Bile Verde Brilhante para o teste confirmatório, segundo metodologia descrita pelo APHA (2001).

3.5.3- Coliformes termotolerantes

A contagem dos coliformes termotolerantes foi determinada utilizando-se o Caldo EC (Caldo Escherichia coli) oriundos dos tubos positivos para coliformes totais (item 3.10.2), incubado em tubos de ensaio a 45,5 °C por 48 h em banho-maria, segundo metodologia descrita pelo APHA (2001).

3.5.4- Bolores e leveduras

Os bolores e leveduras foram quantificados pela técnica de contagem em meio de cultura o ágar padrão (*Plate Count Agar* - PCA), incubado em placas de petri a 35 °C por 48 h, segundo metodologia descrita pelo APHA (2001).

3.6- Comportamento reológico

Para determinação do estudo reológico das formulações do doce, utilizou-se um viscosímetro Brookfield modelo DV II + Pro, para efetuar as leituras dos valores de viscosidade aparente e porcentagem de torque de cada amostra nas seguintes temperaturas: 5, 10, 15, 20, 25°C e em diferentes velocidades de rotações: 50, 60, 70, 75, 80, 90, 100, 105, 120, 135, 140, 150, 160, 180 e 200 rpm.

Os dados de velocidade de rotação, viscosidade aparente e torque obtidos no viscosímetro foram utilizados para obtenção das medidas reológicas (tensão de cisalhamento e taxa de deformação) seguindo-se a metodologia de MITSCHKA (1982).

3.6.1- Ajuste matemático aos dados experimentais de reologia

Os modelos reológicos de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência), Casson, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk foram ajustados aos valores experimentais de tensão de cisalhamento e da taxa de deformação e a realização do ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais foi aplicado à análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, a partir do software STATISTICA 8.0. Para a definição do

melhor ajuste foram analisados os coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadrados médios (DQM).

3.7- Cinética de congelamento

A cinética de congelamento das formulações do doce foi realizada em um freezer nas temperaturas de -20 , -50 e -75 °C. Os dados foram coletados para a construção da curva de congelamento em função do tempo, colocando-se uma amostra de 90 g de polpa com espessura de aproximadamente 1 cm (placa plana) em um freezer para cada temperatura estudada. A temperatura do freezer foi monitorada por um termopar e a temperatura da amostra a partir de outro termopar instalado no meio da polpa (Figura 3.4). As leituras foram realizadas em intervalos de 10, 30, 40 e 60 segundos até a estabilização das temperaturas do freezer e da formulação estudada.



Figura 3.4: Preparação da etapa experimental de congelamento

Todos os dados experimentais para obtenção da curva de congelamento foram realizados em triplicata e a Equação 2.6, cuja solução, sugerida por CRANK (1975) para calcular a transferência de calor em regime transiente para o produto, com forma semelhante a uma placa plana, foi utilizada para ajustar aos dados experimentais.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial T}{\partial x^2} \quad (2.6)$$

$$RT = \frac{T - T_{\infty}}{T_0 - T_{\infty}} = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot \exp(-\sigma_n^2 \cdot Fo) \quad (2.7)$$

$$A_n = \frac{2\text{sen}\sigma_1}{\sigma_1 + \text{sen}\sigma_1 \cdot \text{cos}\sigma_1} \quad (2.8)$$

$$Fo = \left(\frac{\alpha}{L^2}\right) t \quad (2.9)$$

em que:

RT = razão de temperatura (adimensional);

T = temperatura em cada instante (°C);

T_{∞} = temperatura do meio de congelamento (°C);

T_0 = temperatura inicial do produto (°C);

Fo = número de Fourier (adimensional);

A_n = constante que depende do produto;

σ_n = raiz transcendental;

α = difusividade térmica efetiva ($\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$);

L = espessura da amostra/2;

t = tempo (segundos).

Para a determinação dos coeficientes foi realizada uma análise de regressão não-linear através do programa STATISTICA, versão 8.0, os dados de razão de temperatura em função do tempo.

3.8- Análise de Textura dos doces

A análise do Perfil Textura (TPA) do doce de corte de umbu foi realizada no analisador de textura TATX plus – STABLE MICRO SYSTEMS. As seis amostras de doce foram cortadas em tamanhos de 3 x 3 cm e comprimidas com velocidade pré-teste: 2,0 mm/s; velocidade de teste: 2,0 mm/s, velocidade pós-teste: 2,0 mm/s; e distância de retorno: 30 mm, com o probe P/36R, cilindro de alumínio com diâmetro de 36 mm de diâmetro. No perfil de textura, os atributos estudados foram: firmeza, adesividade, gomosidade, mastigabilidade e coesividade.

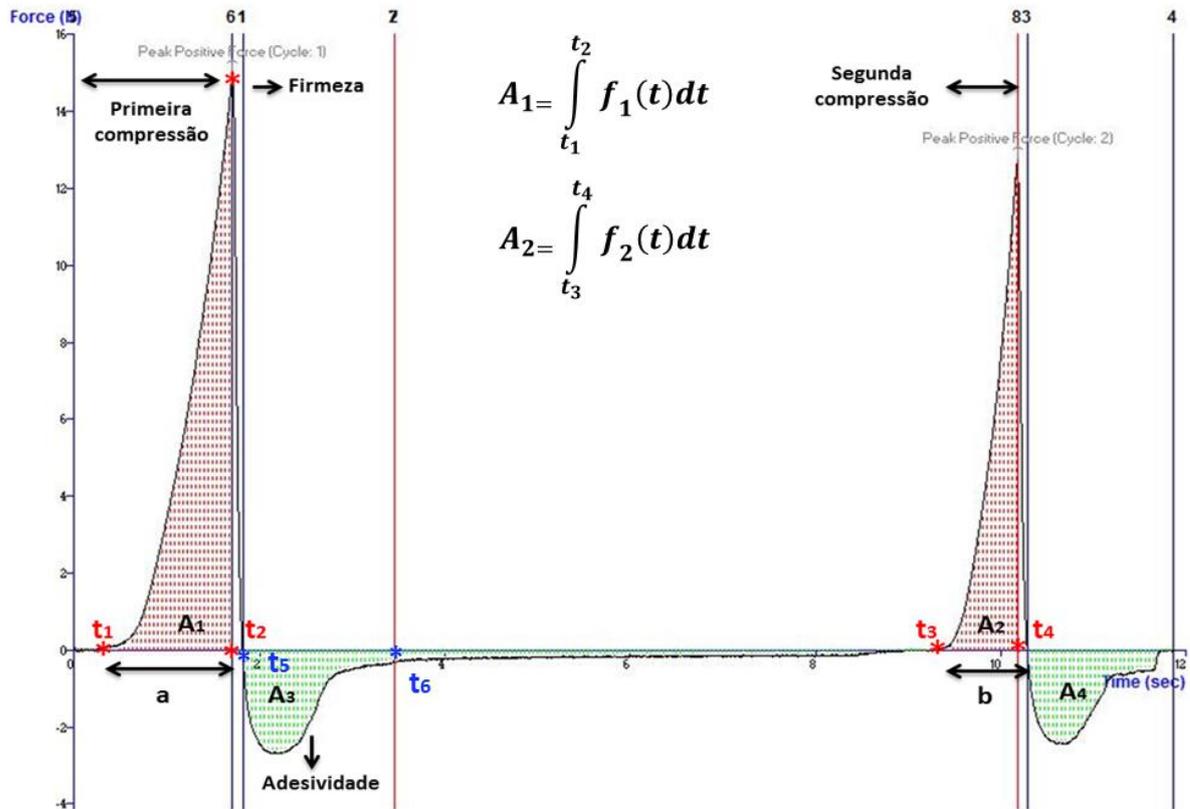


Figura 3.5: Curva típica de TPA no texturômetro TAXT-plus.

As propriedades de textura foram obtidas a partir do gráfico de força x tempo e são definidas como:

Firmeza = força máxima obtida na primeira compressão;

Coesividade = a relação das áreas positivas (A_2/A_1), Equação (2.10 e 2.11) em

que:

$$A_1 = \int_{t_1}^{t_2} f_1(t) dt \tag{2.10}$$

$$A_2 = \int_{t_3}^{t_4} f_2(t) dt \tag{2.11}$$

Onde, $f_1(t)$ e $f_2(t)$ é uma função definida da curva;

Adesividade: área negativa da força da primeira compressão, representada pela área 3 (Equação 2.12) e corresponde ao trabalho necessário para mover o material aderido a uma superfície.

$$A_3 = \int_{t_5}^{t_6} f_3(t) dt \quad (2.12)$$

Onde, $f_3(t)$ é uma função definida da curva;

Elasticidade = é a distância que a curva recupera sua altura durante o intervalo de tempo (b/a).

Gomosidade = corresponde à força necessária para mastigar um alimento semissólido e é determinado como o produto da “Firmeza x Coesividade”.

Matigabilidade = trabalho ou energia de trituração do alimento e é determinado como o produto da “Firmeza x Coesividade x Elasticidade.

3.9- Análise sensorial

3.9.1-Análise descritiva de ordenação (ADO)

Os doces de corte foram avaliados usando a Análise descritiva de ordenação (ADO), conforme a metodologia descrita por RICHTER et al, (2010).

3.9.1.1- Recrutamento e pré-seleção dos julgadores

Os provadores foram os alunos de graduação, pós-graduação, funcionários e professores da Universidade Federal de Campina Grande. O recrutamento ocorreu no mês de outubro de 2016, durante 5 dias no período da manhã e a tarde. Quarenta e cinco indivíduos (alunos e funcionários) demonstraram interesse de participar dos testes, preencheram um questionário (Apêndice A.1). O objetivo do questionário foi de eliminar os indivíduos que apresentassem: patologias (intolerância a lactose, diabetes), fumantes e aversão a umbu ou não consumiam frequentemente doce de corte.

3.9.1.2- Seleção dos julgadores

Após a aplicação do formulário, foram selecionados 36 indivíduos, que atenderam às especificações desejadas e passaram para etapa de pré-seleção. Em seguida, para selecionar os julgadores foram aplicados três testes discriminativos: Teste de reconhecimento de gostos básicos, teste triangular e teste duo-trio, aplicados no mesmo dia (Apêndice A.2).

No teste de reconhecimento de gostos básicos, foi apresentada uma série de soluções, preparadas com as concentrações recomendadas, de acordo com a norma ISO 3972 utilizando-se as seguintes concentrações: 0,58% de açúcar refinado (gosto doce), 0,12% de cloreto de sódio (gosto salgado), 0,04% de ácido cítrico (gosto ácido), 0,02% de cafeína (gosto amargo) e água destilada. As soluções foram apresentadas em copos de 50 mL codificados com algarismos de três dígitos, de forma aleatória, balanceada e avaliada em cabines individuais sob luz branca (Apêndice A.2).

Utilizou-se no teste triangular duas marcas comerciais de doce de corte sabor banana, semelhantes ao produto avaliado no final do trabalho. As amostras foram codificadas com número de três dígitos, duas eram iguais e uma diferente, fornecidas de forma casualizada, em cabines individuais para os julgadores.

No teste duo-trio, as amostras foram apresentadas em uma série de três amostras, devidamente codificadas contendo duas marcas comerciais de doce de corte sabor goiaba. Uma das três amostras foi rotulada com a letra R (Referência) e as demais com números aleatórios de três dígitos (Apêndice A.2). Em seguida, foram servidas em ordem balanceada de apresentação, evitando assim os resultados tendenciosos.

Os provadores que obtiveram, pelo menos, 70% de respostas corretas, nos três testes apresentados foram selecionados para avaliar as características sensoriais do doce de corte sabor umbu. Dos 36 indivíduos que participaram dos testes discriminativos, 24 apresentaram a sensibilidade sensorial desejada.

3.9.1.3- Levantamento dos termos descritivos

Nesta etapa os julgadores receberam uma ficha individualmente com características sensoriais referentes ao produto (Apêndice A.3).

3.9.1.4- Análise das amostras

Foi realizada uma familiarização dos julgadores com as amostras, dessa forma, os julgadores puderam lembrar os termos definidos e suas referências. As amostras foram apresentadas e a avaliação foi realizada pelo protocolo atributo por atributo (Apêndice A.4).

3.10- Análise estatística

Os resultados das análises, físico-químicas, químicas e de textura, foram submetidos a um delineamento inteiramente casualizado e as diferentes formulações. Foram analisadas, por meio de análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade, e os dados obtidos da análise sensorial foram analisados pelo teste de Friedman a 5% de probabilidade. Utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7.

4.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Caracterização físico química do fruto umbu pré-cozido

Na Tabela 4.1 estão apresentados os valores médios e desvio padrão da caracterização físico-química da polpa de umbu pré-cozida.

Tabela 4.1 - Valores médios dos parâmetros físicos e físico-químicos da polpa de umbu pré-cozida

Parâmetros analisados	Média e desvio padrão
Teor de água (%)	92,30 ± 0,035
Sólidos totais (%)	7,70 ± 0,035
Cinzas (%)	0,34 ± 0,015
Proteínas (%)	0,56 ± 0,020
Lipídeos (%)	Não encontrado
Carboidratos totais (%)	6,74 ± 0,075
Valor calórico (Kcal/100g)	29,21 ± 0,220
Pectina	0,19 ± 0,035
Açúcares redutores totais em glicose (%)	1,57 ± 0,047
Açúcares redutores em glicose (%)	1,41 ± 0,026
Açúcares não redutores totais em sacarose (%)	0,15 ± 0,031
Ácido ascórbico (mg/100g)	6,37 ± 0,060
Acidez total titulável (%)	1,95 ± 0,015
pH	2,13 ± 0,020
Sólidos solúveis totais (°Brix)	6,13 ± 0,012
Atividade de água	0,98 ± 0,006
Luminosidade (L*)	38,43 ± 0,105
Intensidade de vermelho (-a*)	-0,83 ± 0,006
Intensidade de amarelo (+b*)	18,54 ± 0,110

A polpa do fruto de umbu pré-cozida apresentou teor de água e sólidos totais de (92,30% - 7,70%), respectivamente. Os valores encontrados foram praticamente iguais aos de DIAS et al. (2007) de 92,32% - 7,68% e superiores aos da NEPA (2011), LIMA

et al. (2012) e DA SILVA et al. (2015), que obtiveram valores médios de 90,2% - 9,8%, 89,70% - 10,3%, 89,05 - 10,95, todos para polpas de umbu.

Nas análises de cinzas, os valores obtidos de (0,34%) são próximos aos encontrados por MARINHO et al. (2012) e BASTOS et al. (2016) para polpa de umbu 0,37 e 0,42%, respectivamente.

O fruto de umbu apresentou baixa porcentagem de proteínas (0,56%), não apresentou lipídeos, valores baixos para carboidratos totais (6,74%) e valor calórico (29 Kcal/100g). De acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (LIMA et al. 2006), para polpa de umbu congelada, foram encontrados valores de 0,5% de proteína, 0,1% de lipídeos e 8,8% de carboidratos, valores próximos aos observados na pesquisa. Por sua vez, o valor calórico é justificado em virtude da polpa do fruto ter apresentado elevado teor de água, baixo teor de proteínas e nenhuma porcentagem de lipídeos.

Observou-se na análise de pectina que o teor médio de (0,19), foi inferior, portanto, aos reportados por DANTAS JÚNIOR (2008) que obtiveram variação de 0,24 a 1,07% em polpas de umbu e aos de BARBOSA et al. (2009) que foi de 0,38% para polpa de umbu estágio de maturação maduro.

Os teores de açúcares totais, redutores e não redutores do umbu foram (1,57% glicose), (1,41% glicose) e (0,15% sacarose), respectivamente. Os valores médios de açúcares redutores e açúcares totais observados neste trabalho foram menores que os encontrados por FERREIRA et al. (2000) em estudo com polpa congelada de umbu maduro 3,31% para açúcares redutores e 6,25% para açúcares totais. E ainda por SANTOS et al. (2010) na determinação de açúcares totais de umbu cajá 7,49%, açúcares redutores 4,12% e açúcares não redutores 3,20%. A diferença entre os teores de açúcares está diretamente relacionada com o estágio de maturação dos frutos e das variedades estudadas.

Os valores encontrados para ácido ascórbico (23,37 mg/100 g) são inferiores aos publicados por DANTAS JÚNIOR (2008) em estudo sobre frutos de genótipos de umbuzeiros provenientes do município de Petrolina, em que os valores variaram entre 44,01 e 71,05 mg/100g. No entanto, estão entre os valores observados por SILVA et al. (2011) de 16,77 a 34,18 mg/100 g para o umbu cajá.

A acidez total titulável do umbu foi de (1,95%) de ácido cítrico e o pH de (2,13). SILVA (2013) encontrou para o fruto do umbu o valor de acidez 1,72 de ácido cítrico/100g e RODRIGUES et al. (2010) valores de pH na polpa de umbu *in natura* de

6,7 e na polpa de umbu congelada de 4,34. Frutos que em sua composição, possuem teores de acidez total em ácido cítrico acima de 1%, são considerados, para a agroindústria, frutos de maior interesse uma vez que não carecem da adição de ácido cítrico para conservação da polpa (LIMA et al. 2002; LIMA, 2010).

O teor de sólidos solúveis do umbu foi de $(6,13 \pm 0,012^\circ\text{Brix})$, valor próximo ao determinado por CARMO et al. (2012) que avaliaram a polpa comercial do umbu e em sua composição obtiveram a concentração de sólidos solúveis totais de $6,5^\circ\text{Brix}$.

A atividade de água obtida foi de (0,98), valor próximo aos encontrados por OLIVEIRA (2012), em estudo sobre a obtenção de pó de cajá por liofilização com atividade de água de 0,99, MATTIETTO et al. (2007) no estudo da estabilidade do néctar misto de cajá e umbu 0,978, e aos de CARVALHO et al. (2011) que reportam o valor de 0,98, em polpas de cajá.

Observa-se, ainda, na Tabela 4.1 os parâmetros estudados da cor, representados por L^* (38,43) associado à luminosidade e às coordenadas cromáticas, a^* (-0,83) e b^* (18,54), assim, a polpa de umbu apresentava-se mais escura e com coloração verde amarelada. MATTIETTO et al. (2007) analisaram a cor do néctar misto de cajá e umbu e obtiveram valores de L^* de 53,48 , a^* de 8,09 e b^* de 32,19. Para PRATI et al. (2005), o parâmetro luminosidade caracteriza a tonalidade mais clara, observada na polpa de umbu. Os valores obtidos para intensidade de a^* (quando negativo) representam a tendência da cor verde e resultados positivos representam tendência para a cor vermelha.

4.2- Rendimento da polpa pré-cozida e dos doces de umbu

O rendimento da polpa pré-cozida, doces e o tempo de cozimento com diferentes proporções (Tabela 3.1) de polpa de umbu, açúcar e leite estão apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2- Rendimento da polpa pré-cozida, dos doces formulados e do tempo de cozimento

Amostras	Rendimento (%)	Tempo de cozimento (minutos)
Polpa pré-cozida	67,13	-
I	89,32	12
II	85,21	14
III	84,13	17
IV	82,24	19
V	75,23	21
VI	72,89	24

Obs.: I, III, V - doces com leite; II, IV, VI - doces sem leite

Observou-se, durante a reprodução do processamento do doce de corte, períodos distintos de cozimento adequados para a obtenção de uma massa com textura de corte em temperatura constante de 95 °C, para todas as formulações elaboradas.

Verifica-se, na Tabela 4.2, que o processamento do doce apresentou um alto rendimento para todas as amostras estudadas, assim, os doces que apresentaram maior porcentagem de leite/açúcar (I) 89,32% e açúcar (II) 85,21% em suas formulações resultaram em um maior rendimento e tempo de preparo dos doces, pois a concentração de açúcar e leite é um dos fatores que interfere na determinação do teor de sólidos solúveis, o aumento desses ingredientes acarreta um menor tempo de cozimento e menor evaporação de água.

O valor do rendimento obtido para a polpa de umbu pré-cozida 67,13% foi maior que o valor encontrado por BASTOS et al. (2016) que obteve um rendimento de 41,12% para a polpa de umbu. Esse fato é justificado pelo cozimento dos frutos antes do processo de retirada da polpa.

Os rendimentos dos doces variaram de (VI) 72,89% a (I) 89,32% e está próximo ao rendimento de 88,8% encontrado em doce de casca de maracujá por (SILVA et al. 2014) e por WILLE et al. (2004), em doces de araçá-pêra de 77,3%.

4.3- Estudo reológico das formulações para a elaboração do doce de corte

Nas Figuras 4.1 a 4.4, estão plotados os valores experimentais e preditos pelos modelos de Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk, Ostwald-de-Waele e Casson da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da formulação I para a elaboração do doce de corte de umbu nas temperaturas de 5, 10, 15, 20 e 25 °C.

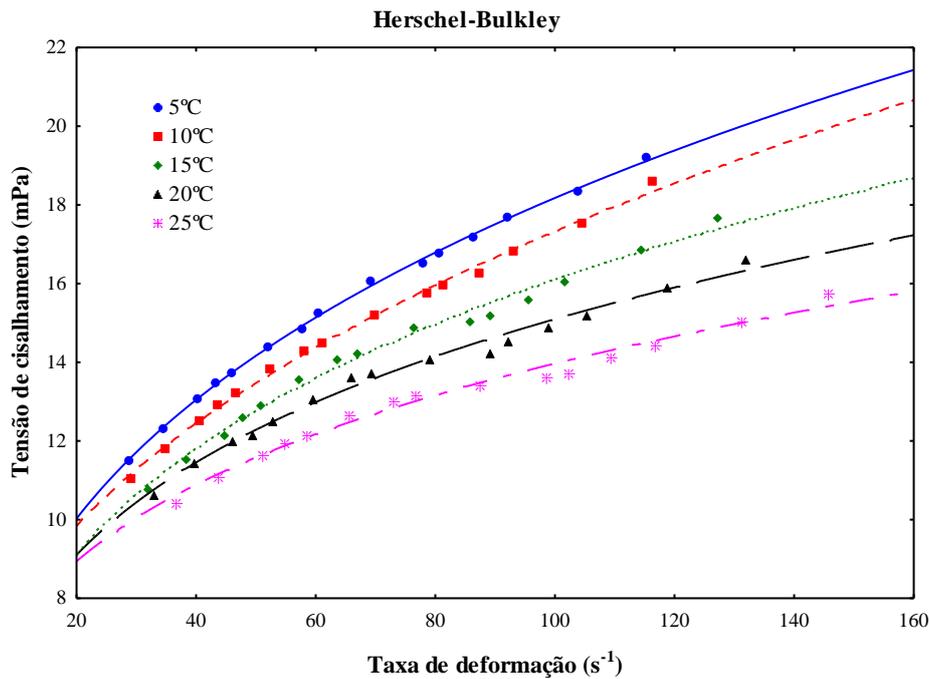


Figura 4.1- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Herschel-Bulkley, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação I

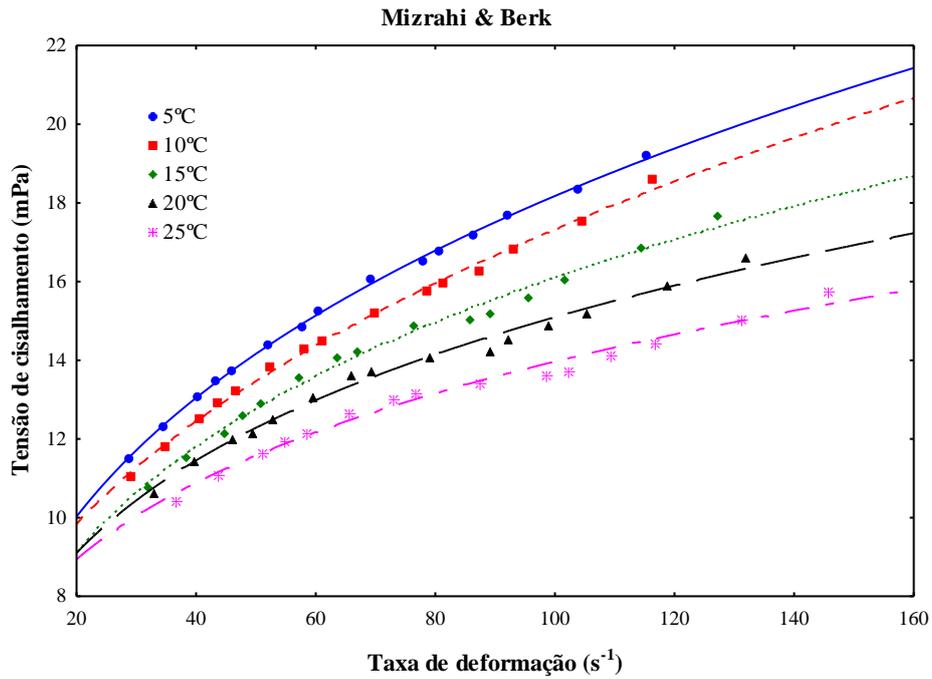


Figura 4.2- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Mizrahi & Berk, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação I

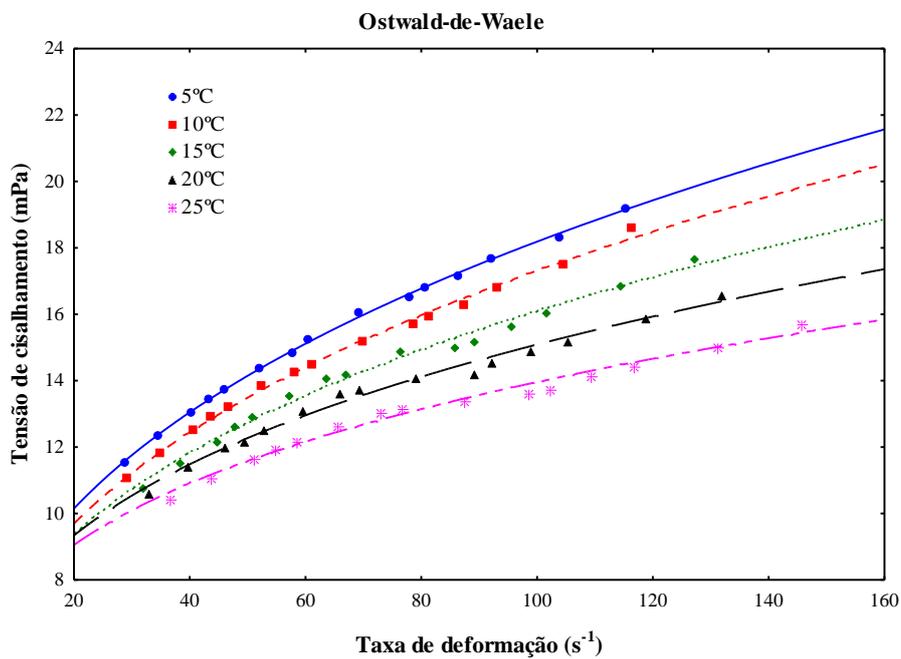


Figura 4.3- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Ostwald-de-Waele, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação I

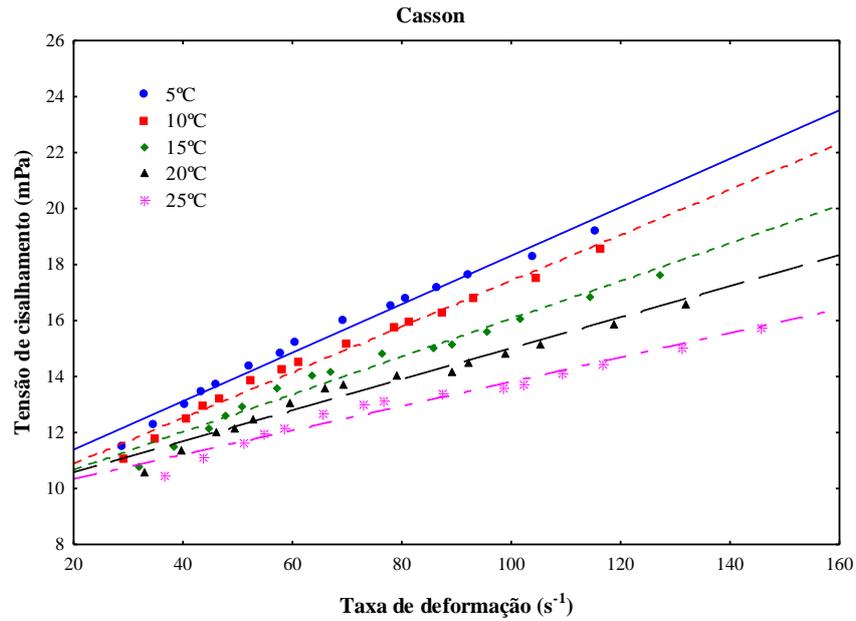


Figura 4.4- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Casson, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação I

Nas Figuras 4.5 a 4.8, estão plotados os valores experimentais e preditos pelos modelos de Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk, Ostwald-de-Waele e Casson da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da formulação II para a elaboração do doce de corte de umbu nas temperaturas de 5, 10, 15, 20 e 25 °C.

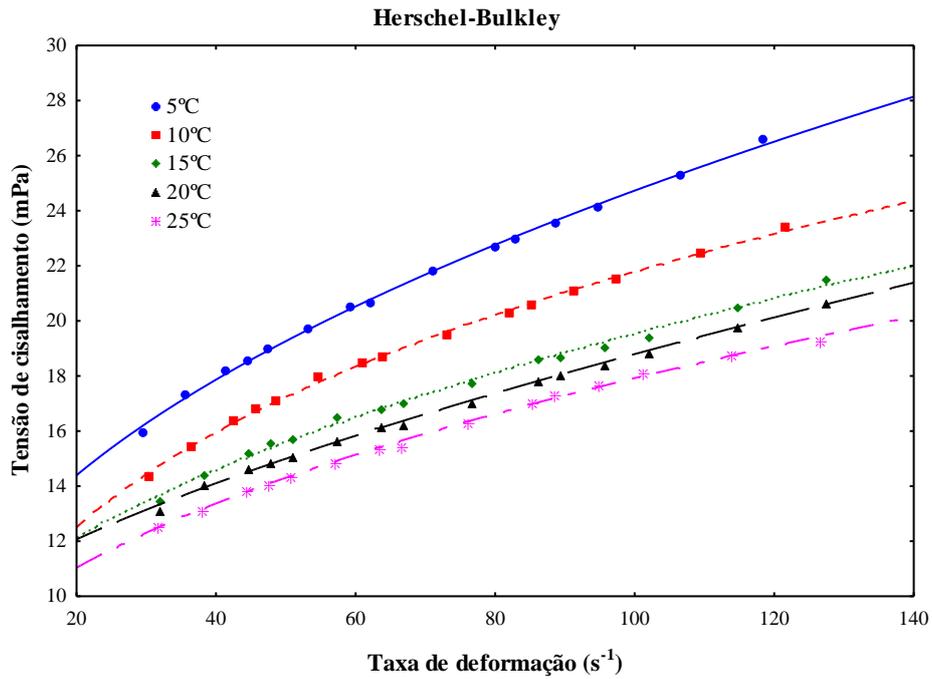


Figura 4.5- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Herschel-Bulkley, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação II

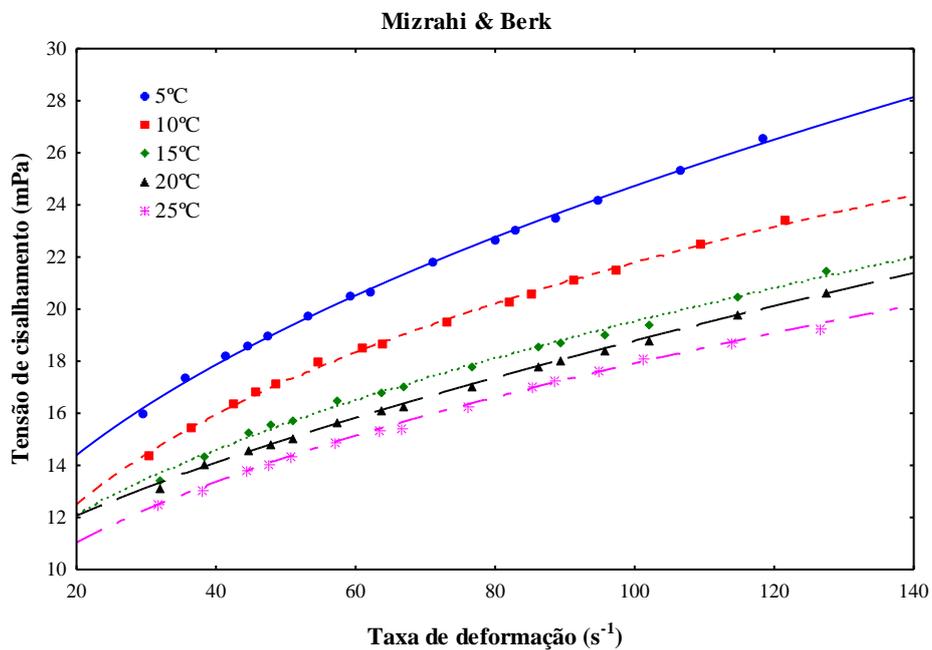


Figura 4.6- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Mizrahi & Berk, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação II

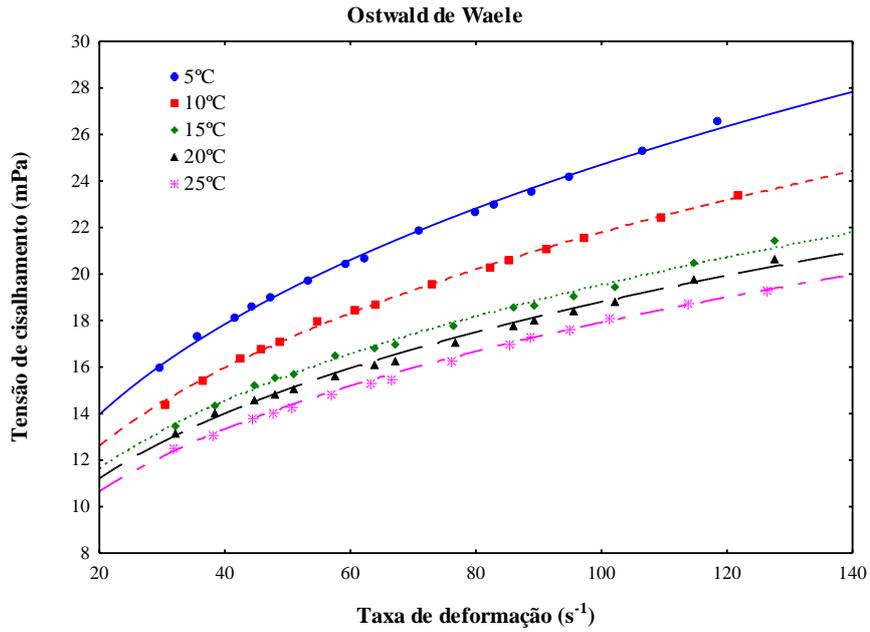


Figura 4.7- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Ostwald-de-Waele, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação II

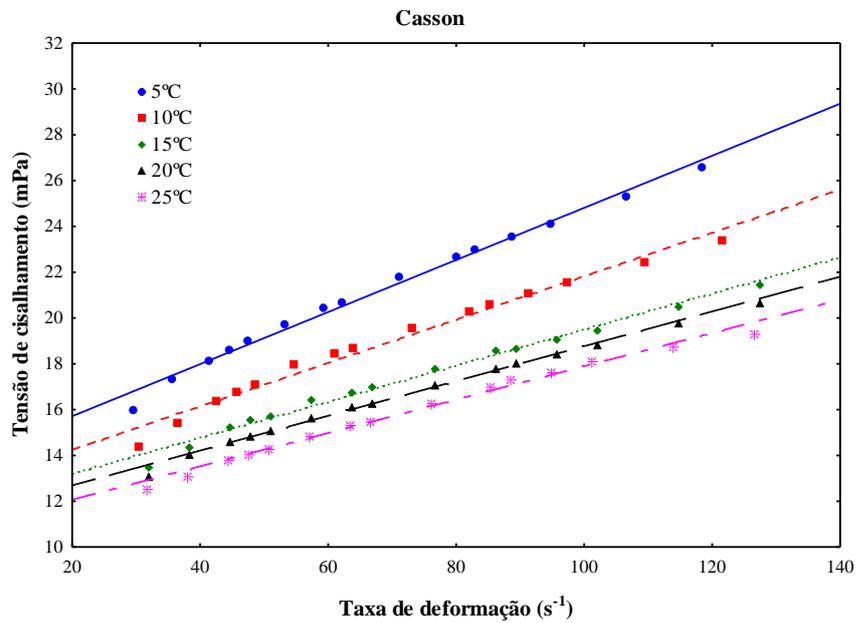


Figura 4.8- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Casson, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação II

Nas Figuras 4.9 a 4.12, estão plotados os valores experimentais e preditos pelos modelos de Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk, Ostwald-de-Waele e Casson da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da formulação III para a elaboração do doce de corte de umbu nas temperaturas de 5, 10, 15, 20 e 25 °C.

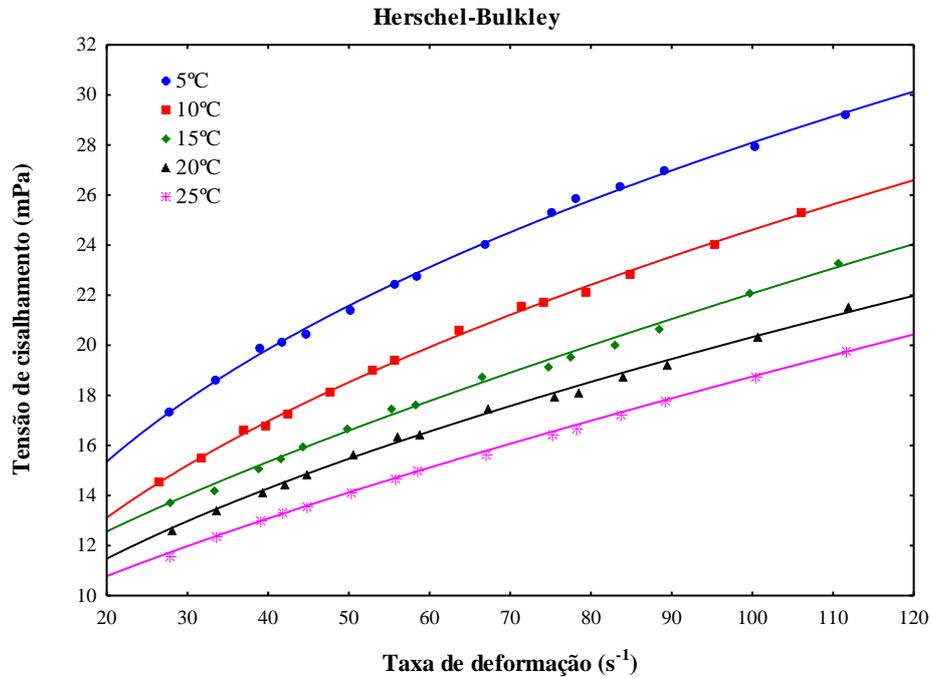


Figura 4.9- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Herschel-Bulkley, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação III

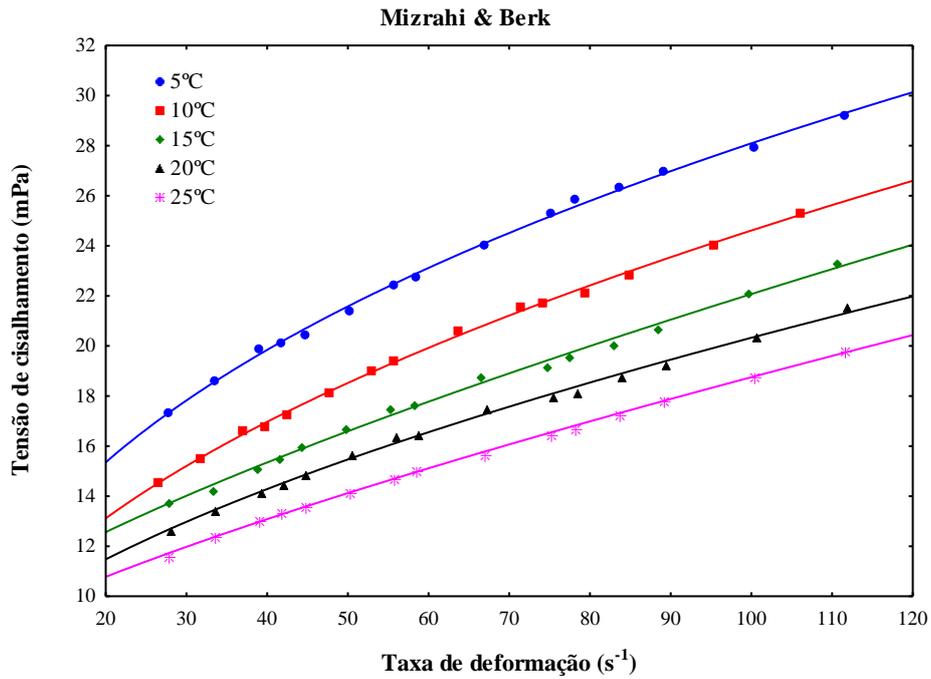


Figura 4.10- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Mizrahi & Berk, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação III

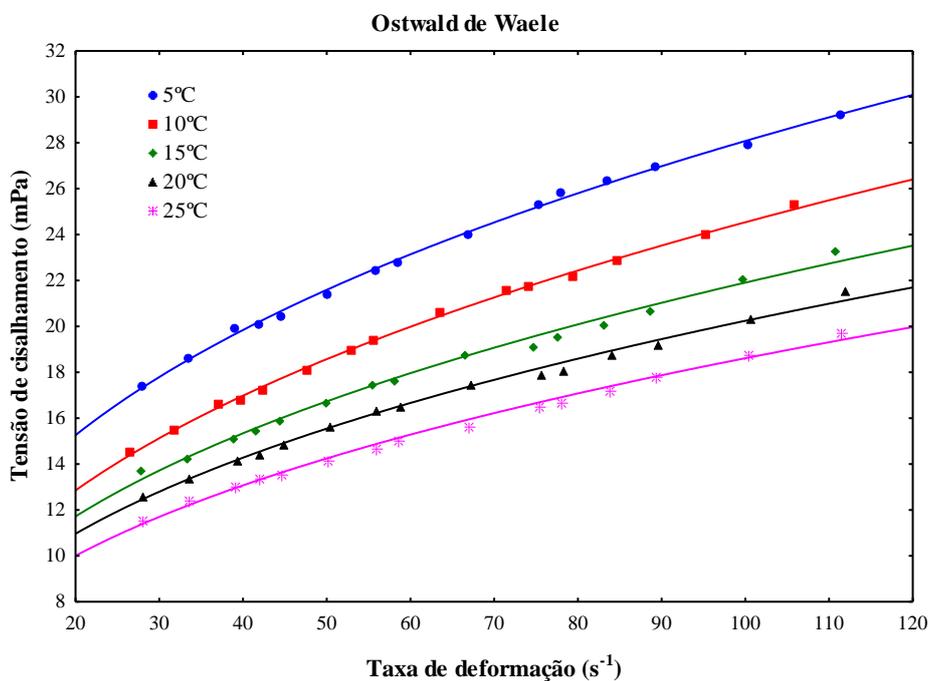


Figura 4.11- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Ostwald-de-Waele, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação III

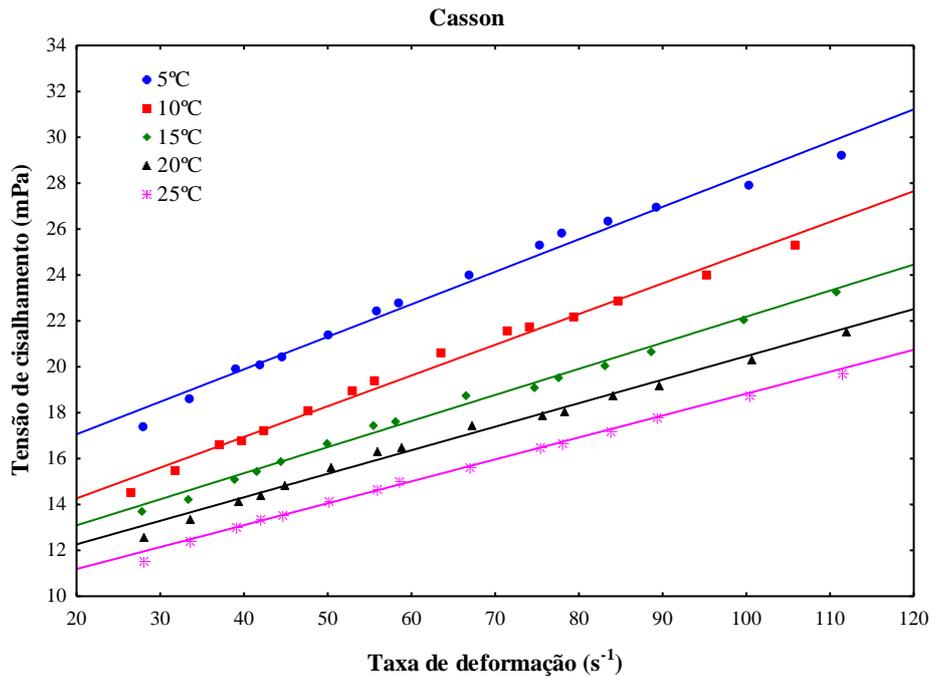


Figura 4.12- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Casson, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação III

Nas Figuras 4.13 a 4.16, estão plotados os valores experimentais e preditos pelos modelos de Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk, Ostwald-de-Waele e Casson da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da formulação IV para a elaboração do doce de corte de umbu nas temperaturas de 5, 10, 15, 20 e 25 °C.

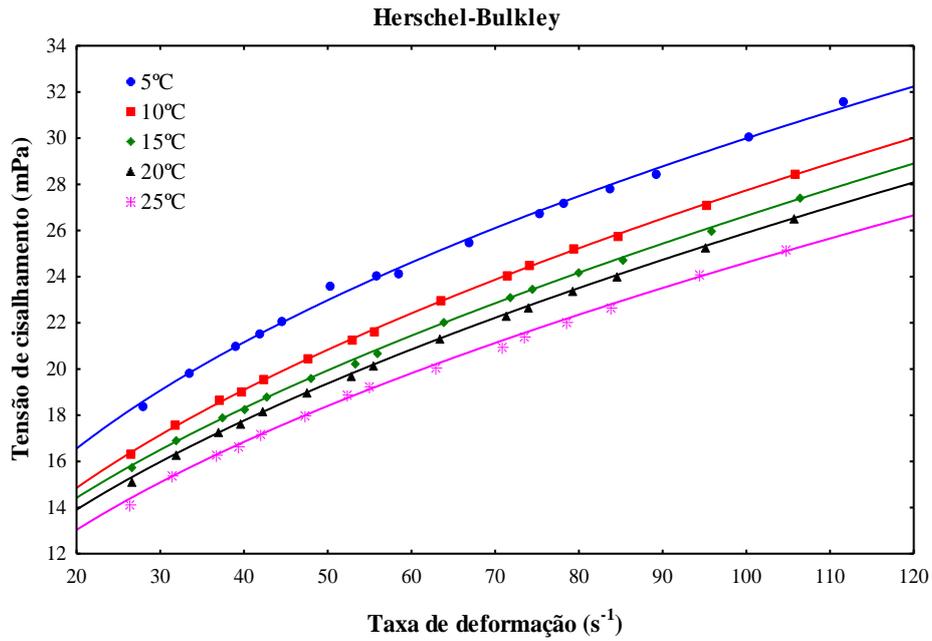


Figura 4.13- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Herschel-Bulkley, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação IV

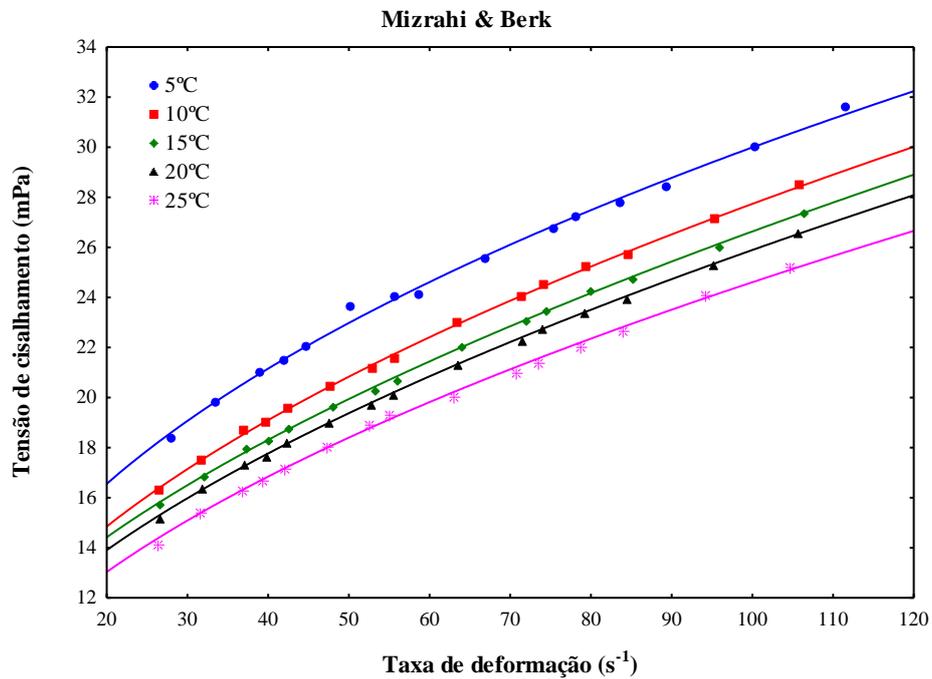


Figura 4.14- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Mizrahi & Berk, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação IV

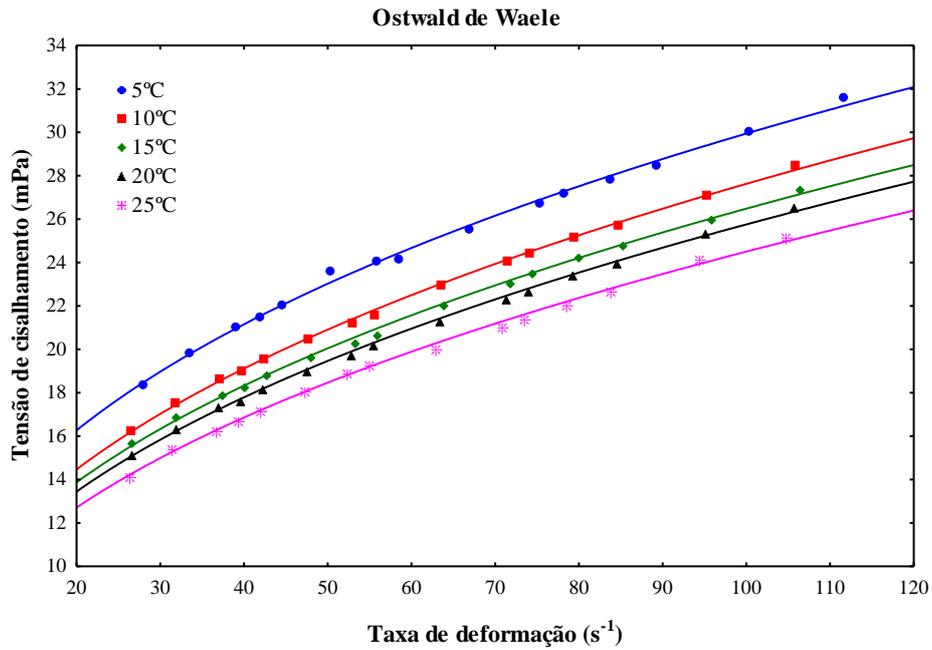


Figura 4.15- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Ostwald-de-Waele, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação IV

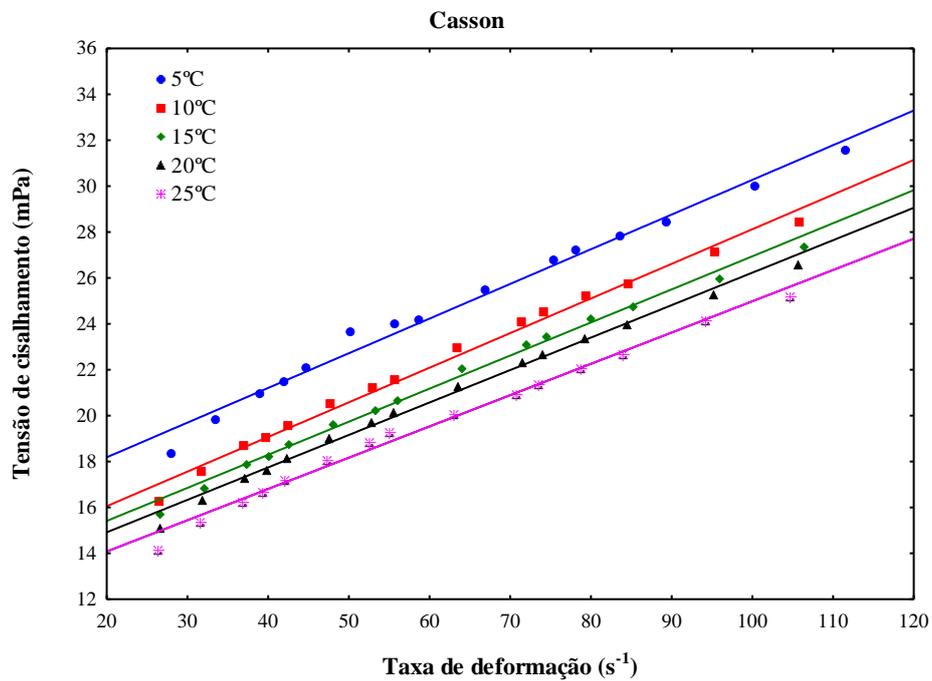


Figura 4.16- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Casson, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação IV

Nas Figuras 4.17 a 4.20, estão plotados os valores experimentais e preditos pelos modelos de Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk, Ostwald-de-Waele e Casson da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da formulação V para a elaboração do doce de corte de umbu nas temperaturas de 5, 10, 15, 20 e 25 °C.

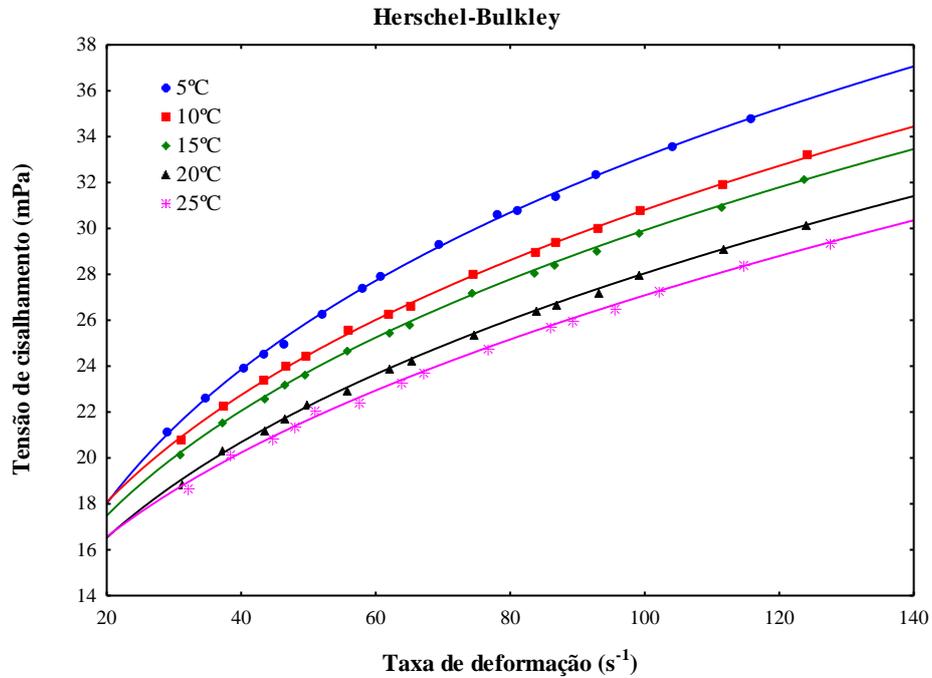


Figura 4.17- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Herschel-Bulkley, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação V

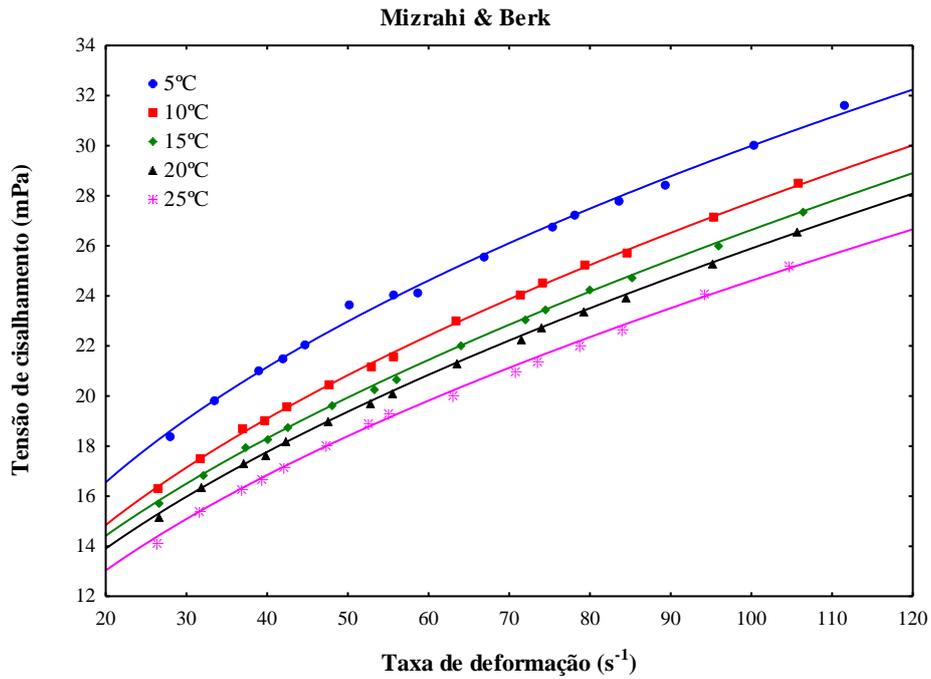


Figura 4.18- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Mizrahi & Berk, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação V

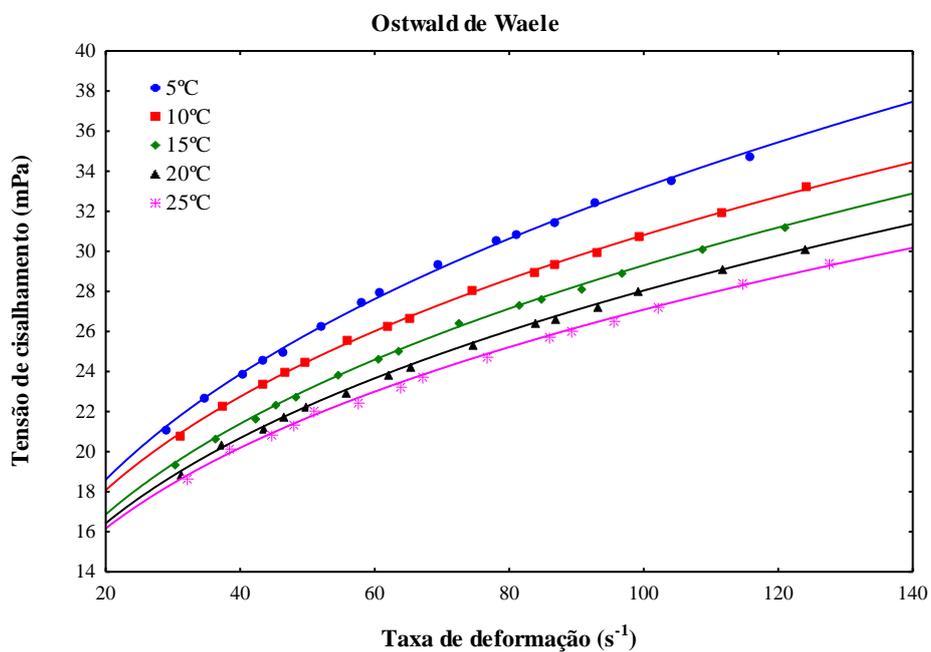


Figura 4.19- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Ostwald-de-Waele, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação V

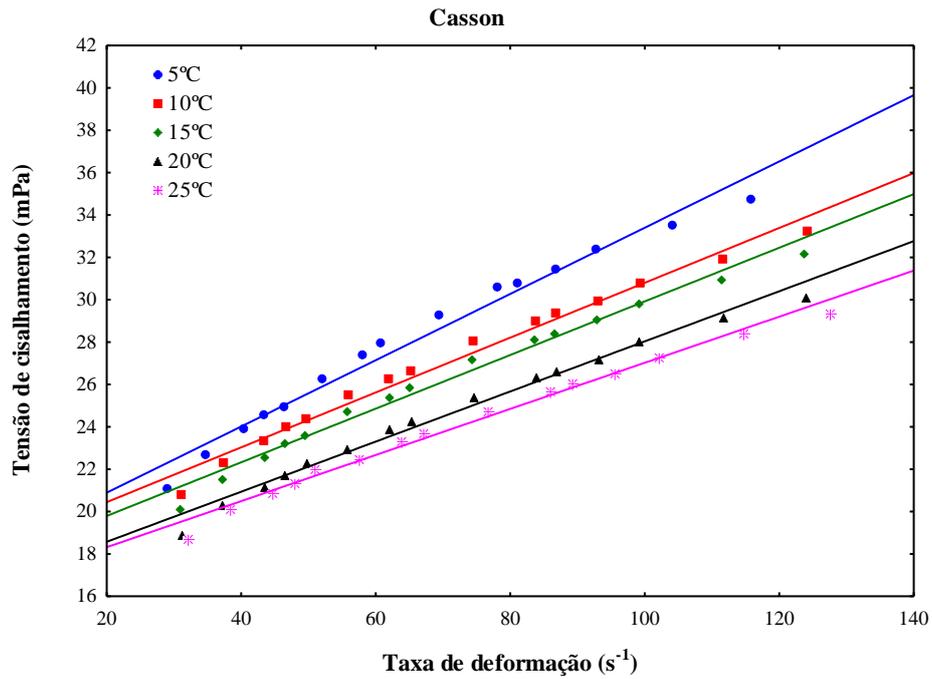


Figura 4.20- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Casson, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação V

Nas Figuras 4.21 a 4.24, estão plotados os valores experimentais e preditos pelos modelos de Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk, Ostwald-de-Waele e Casson da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da formulação VI para a elaboração do doce de corte de umbu nas temperaturas de 5, 10, 15, 20 e 25 °C.

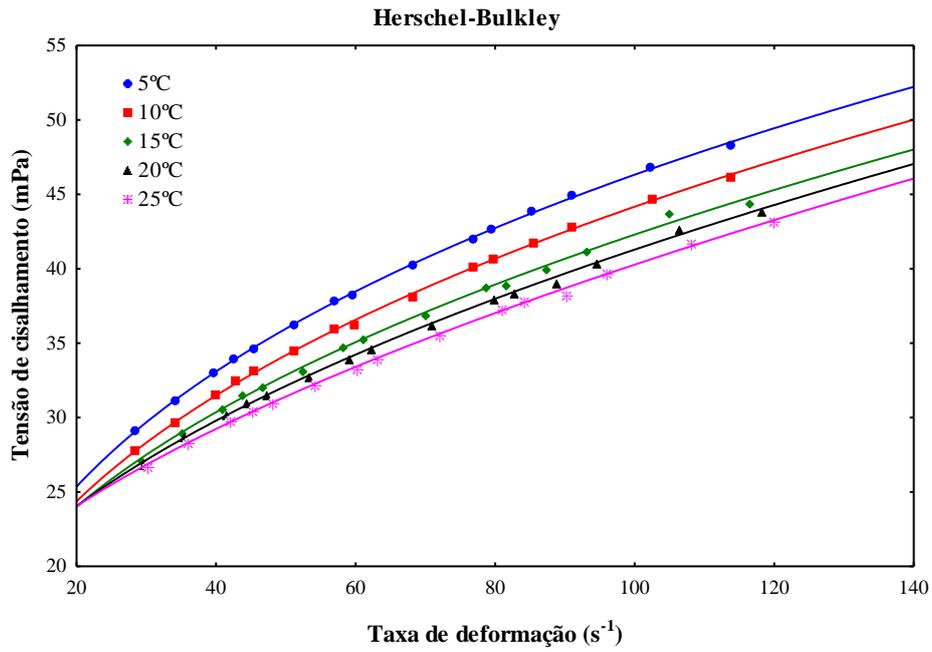


Figura 4.21- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Herschel-Bulkley, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação VI

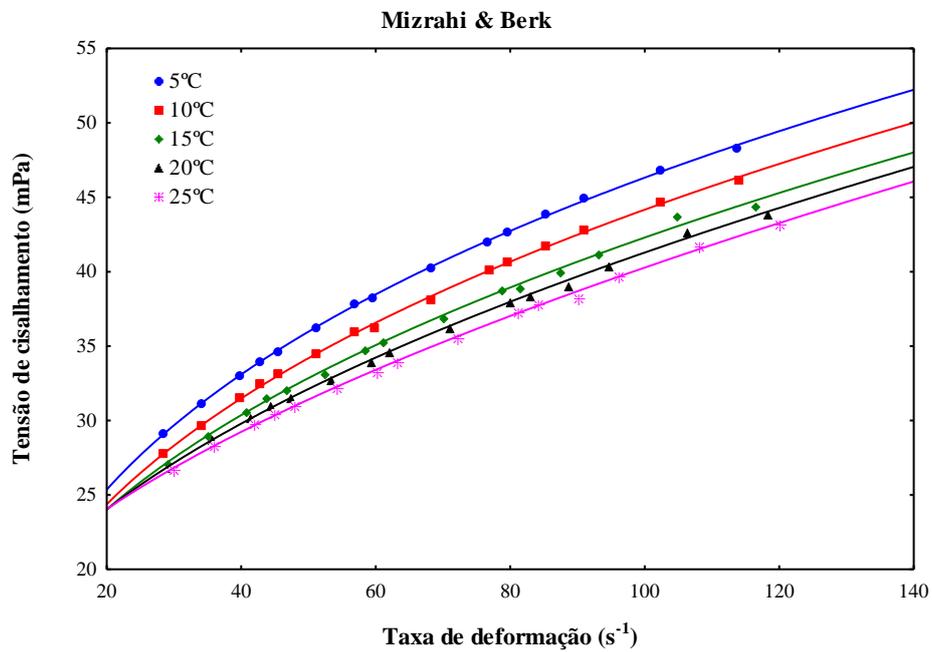


Figura 4.22- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Mizrahi & Berk, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação VI

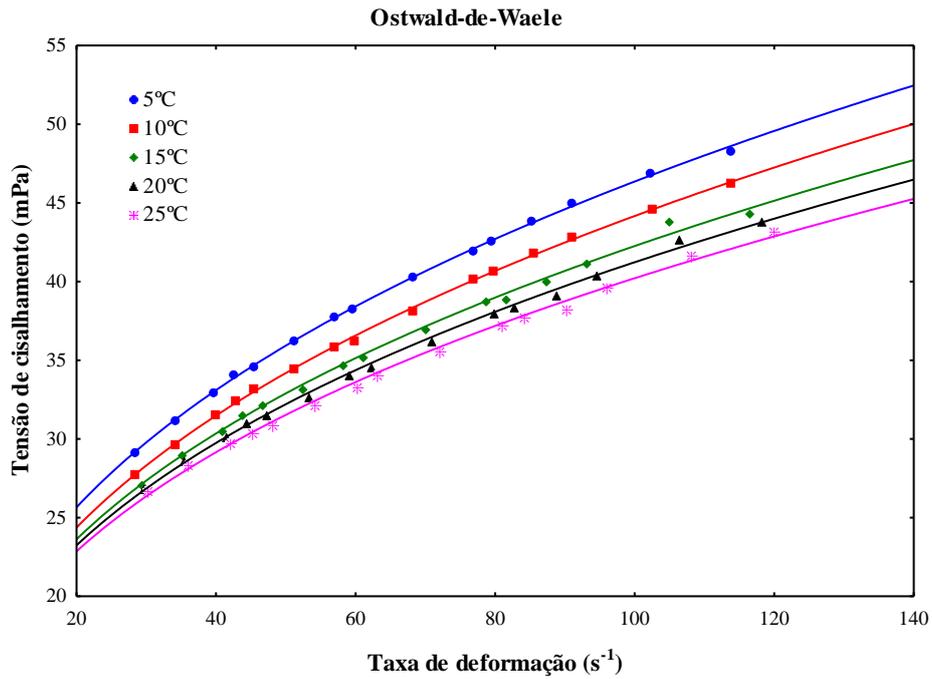


Figura 4.23- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Ostwald-de-Waele, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação VI

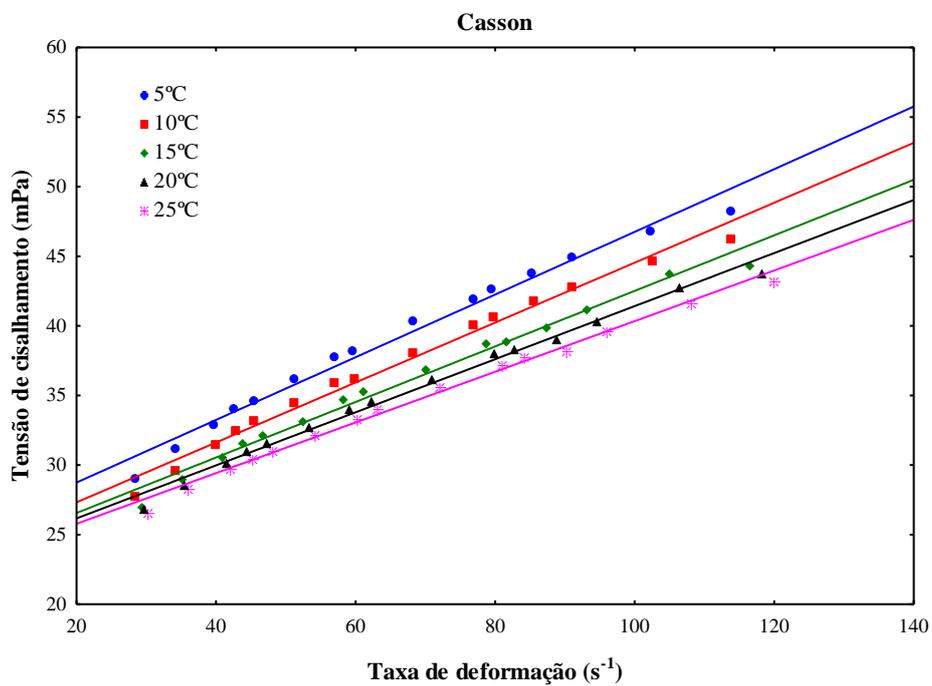


Figura 4.24- Valores experimentais e preditos pelo modelo de Casson, da tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação da Formulação VI

Verifica-se, nas formulações estudadas em todas as temperaturas, que para uma tensão de cisalhamento fixa a taxa de deformação diminui com o aumento da temperatura, confirmando o caráter não newtoniano e comportamento pseudoplástico das formulações. Vários autores estudaram a influência da temperatura sobre o comportamento reológico de polpa de frutas, dentre eles, BRANCO & GASPARETTO (2003) estudaram o comportamento reológico da mistura ternária de polpa de manga e sucos de laranja e cenoura, nas temperaturas de 10 e 60 °C e FARAONI et al. (2013) que avaliaram o comportamento reológico dos sucos mistos de manga, goiaba e acerola, adicionados de fitoquímicos, em sete temperaturas (10, 20, 30, 40, 50, 60 e 70 °C), e o efeito da temperatura na viscosidade aparente.

Na Tabela 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6, estão apresentados os parâmetros dos modelos reológicos de Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk, Ostwald-de-Waele e Casson, respectivamente, ajustados aos dados experimentais de tensão de cisalhamento *versus* taxa de deformação das diferentes formulações e temperaturas estudadas bem como os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios quadrático médio (DQM).

Tabela 4.3: Parâmetros do modelo reológico de Herschel-Bulkley

Amostra	Temp. (°C)	Parâmetros				
		To	k	n	R(%)	DQM
I	5	-2,55894	4,966785	0,310311	99,92	0,06362
	10	2,232830	2,122067	0,426070	99,68	0,11864
	15	-6,61888	7,929649	0,228639	99,12	0,17870
	20	-7,20730	9,105739	0,194527	98,84	0,17519
	25	-2,93530	6,153316	0,219427	98,47	0,17453
II	5	5,906288	1,927048	0,494926	99,85	0,11408
	10	-2,37606	6,032943	0,301365	99,87	0,09124
	15	6,202291	1,311675	0,503747	99,59	0,14208
	20	8,655638	0,448776	0,676997	99,87	0,07731
	25	5,075444	1,427581	0,477107	99,83	0,08335
III	5	1,528847	4,096778	0,405930	99,79	0,16039
	10	3,788502	2,089932	0,499207	99,87	0,11482
	15	8,398780	0,454964	0,738968	99,55	0,18518
	20	6,015239	0,908021	0,598810	99,65	0,15001
	25	7,463786	0,338476	0,761548	99,91	0,06918
IV	5	4,277356	3,099912	0,459411	99,68	0,21115
	10	5,279766	1,955658	0,530030	99,96	0,07477
	15	6,760650	1,297931	0,592517	99,94	0,08543
	20	5,960475	1,434336	0,571465	99,97	0,05548
	25	4,493008	1,732522	0,532407	99,82	0,13241
V	5	-16,0355	17,17975	0,228346	99,92	0,11160
	10	-0,123479	6,773844	0,329816	99,95	0,08345
	15	-0,453965	6,728828	0,327312	99,95	0,07498
	20	1,738061	5,059026	0,357997	99,94	0,08193
	25	5,843441	2,999295	0,425104	99,85	0,11827
VI	5	-6,12028	12,17144	0,317165	99,95	0,12111
	10	-0,014740	8,065352	0,369318	99,93	0,14099
	15	5,954359	4,915770	0,434409	99,75	0,25462
	20	10,30176	3,012432	0,506128	99,88	0,17467
	25	13,62917	1,811271	0,583848	99,90	0,15097

Tabela 4.4: Parâmetros do modelo reológico de Mizrahi & Berk

Amostra	Temp. (°C)	Parâmetros				
		Koh	km	n	R(%)	DQM
I	5	-2,55894	4,966785	0,310311	99,92	0,06362
	10	2,232830	2,122067	0,426070	99,68	0,11864
	15	-6,61888	7,929649	0,228639	99,12	0,17870
	20	-7,20730	9,105739	0,194527	98,84	0,17519
	25	-2,93530	6,153316	0,219427	98,47	0,17453
II	5	5,906288	1,927048	0,494926	99,85	0,11408
	10	-2,37606	6,032943	0,301365	99,87	0,09124
	15	6,202291	1,311675	0,503747	99,59	0,14208
	20	8,655638	0,448776	0,676997	99,87	0,07731
	25	5,075444	1,427581	0,477107	99,83	0,08335
III	5	1,528847	4,096778	0,405930	99,79	0,16039
	10	3,788502	2,089932	0,499207	99,87	0,11482
	15	8,398780	0,454964	0,738968	99,55	0,18518
	20	6,015239	0,908021	0,598810	99,65	0,15001
	25	7,463786	0,338476	0,761548	99,91	0,06918
IV	5	4,277356	3,099912	0,459411	99,68	0,21115
	10	5,279766	1,955658	0,530030	99,96	0,07477
	15	6,760650	1,297931	0,592517	99,94	0,08543
	20	5,960475	1,434336	0,571465	99,97	0,05548
	25	4,493008	1,732522	0,532407	99,82	0,13241
V	5	-16,0355	17,17975	0,228346	99,92	0,15139
	10	-0,123479	6,773844	0,329816	99,95	0,08345
	15	-0,453965	6,728828	0,327312	99,95	0,07507
	20	1,738061	5,059026	0,357997	99,99	0,08343
	25	5,843441	2,999295	0,425104	99,85	0,13268
VI	5	-6,12028	12,17144	0,317165	99,95	0,12111
	10	-0,014740	8,065352	0,369318	99,93	0,14099
	15	5,954359	4,915770	0,434409	99,75	0,25462
	20	10,30176	3,012432	0,506128	99,88	0,17467
	25	13,62917	1,811271	0,583848	99,90	0,15097

Tabela 4.5: Parâmetros do modelo reológico de Ostwald-de-Waele

Parâmetros					
Amostra	Temp. (°C)	k	n	R(%)	DQM
I	5	3,425083	0,362569	99,91	0,06728
	10	3,292010	0,360495	99,66	0,12132
	15	3,425927	0,336127	99,08	0,18256
	20	3,821840	0,298216	98,80	0,17782
	25	4,043342	0,269069	98,46	0,17497
II	5	4,818981	0,354872	99,78	0,13772
	10	4,563288	0,339564	99,87	0,09304
	15	4,445151	0,321641	99,48	0,16001
	20	4,278949	0,321472	99,43	0,16028
	25	4,053544	0,322789	99,74	0,10306
III	5	4,903655	0,378927	99,79	0,16142
	10	3,854718	0,401925	99,83	0,12857
	15	3,655267	0,388843	99,13	0,25709
	20	3,502236	0,380961	99,48	0,18109
	25	3,149461	0,385794	99,43	0,17648
IV	5	5,223375	0,379179	99,66	0,21829
	10	4,336910	0,402079	99,90	0,11320
	15	4,163784	0,401741	99,81	0,14873
	20	4,007715	0,404001	99,87	0,11742
	25	3,741294	0,408105	99,77	0,15101
V	5	6,328885	0,359857	99,86	0,15139
	10	6,699696	0,331338	99,95	0,08345
	15	6,455670	0,333045	99,95	0,07507
	20	6,067032	0,332421	99,93	0,08344
	25	6,184846	0,320736	99,81	0,13268
VI	5	8,527940	0,367645	99,945	0,13297
	10	8,057141	0,369467	99,93%	0,14099
	15	8,001397	0,361379	99,73%	0,26431
	20	7,991995	0,356281	99,80%	0,22428
	25	7,987481	0,350984	99,71%	0,25911

Tabela 4.6: Parâmetros do modelo reológico de Casson

Parâmetros					
Amostra	Temp. (°C)	Koc	kc	R (%)	DQM
I	5	9,656088	0,086606	98,30	0,28738
	10	9,254835	0,081699	98,63	0,24555
	15	9,322298	0,067453	97,26	0,31505
	20	9,472204	0,055430	96,85	0,28835
	25	9,473733	0,043428	96,69	0,25661
II	5	13,43732	0,113710	99,02	0,29305
	10	12,35065	0,094767	98,26	0,33606
	15	11,62248	0,078839	98,82	0,24078
	20	11,17383	0,075927	99,53	0,14601
	25	10,61103	0,072805	98,86	0,21609
III	5	14,22796	0,141591	98,54	0,42066
	10	11,58898	0,133861	99,01	0,31092
	15	10,81770	0,113666	99,33	0,22566
	20	10,21390	0,102517	99,13	0,23519
	25	9,279077	0,095508	99,73	0,12172
IV	5	15,16267	0,151120	98,73	0,41886
	10	13,03719	0,150867	99,21	0,31224
	15	12,52874	0,144154	99,37	0,26672
	20	12,08842	0,141426	99,36	0,26312
	25	11,35455	0,136291	99,11	0,29642
V	5	17,86202	0,156385	97,82	0,59232
	10	17,85455	0,129458	98,43	0,44487
	15	17,26232	0,126602	98,42	0,43502
	20	16,20690	0,118284	98,53	0,39206
	25	16,14128	0,108822	98,74	0,34243
VI	5	24,23730	0,225170	98,33	0,53134
	10	23,01351	0,215275	98,56	0,54851
	15	22,56334	0,199514	98,66	0,59206
	20	22,35273	0,190661	99,05	0,48273
	25	22,14211	0,181989	99,32	0,39525

Observa-se nas Tabelas 4.3 a 4.6 que, para todos os modelos reológicos, os coeficientes de determinação (R^2) foram superiores a 0,90 e os desvios quadrado médio menores que 0,6, significando que todos os modelos estudados podem ser utilizados para estimar os dados reológicos das formulações para a elaboração de doce de corte e nas temperaturas avaliadas, porém, os modelos de Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk apresentaram ajustes semelhantes e também foram os melhores modelos para todas as formulações estudadas, os coeficientes de determinação (R^2) dos dois melhores foram todos superiores a 0,98 e desvios médio quadrado inferiores a 0,19. Já os modelos de Ostwald-de-Waele e Casson apresentaram valores superiores a 0,98 e 0,96 para os coeficientes de determinação (R^2) e desvios médio quadrado inferiores a 0,26 e 0,6, respectivamente.

FERNANDES et al. (2008), ao trabalharem com polpa de umbu cajá em função da concentração de maltodextrina de 2,5; 5; e 7,5%, nas temperaturas de 10, 20, 30 40 e 50 °C, obtiveram os melhores ajustes com o modelo de Mizrahi-Berk, com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,91. SILVA et al. (2012) ao estudarem o comportamento reológico de bebidas mistas de cajá e manga adicionadas de prebióticos à temperatura de 25 °C, observaram os maiores valores de coeficiente de determinação para os modelos de Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk, superiores a 0,91.

SOUSA et al. (2014), trabalhando com polpa de pequi com diferentes teores de sólidos solúveis totais (6, 8, 10 e 12 °Brix) e diferentes temperaturas (25, 30, 35, 40, 45 e 50 °C) ajustaram o modelo de Mizrahi-Berk ao reograma e encontraram coeficiente de determinação maiores que 0,93. SILVA et al. (2012), analisaram o comportamento reológico de bebidas mistas de cajá e manga, adicionadas de inulina e frutoligossacarídeos e constataram que o modelo de Herschel-Buckley foi o que melhor se ajustou para o estudo, com coeficientes de determinação maiores que 0,93 .

Contata-se que o (n) índice de comportamento nos modelos de Herschel-Bulkley, Mizrahi-Berk e Ostwald-de-Waele foi inferior a 1 para todas as amostras, caracterizando, dessa forma, um fluido não-newtoniano com comportamento pseudoplástico ou seja, a viscosidade diminui com o aumento da taxa de deformação do fluido. O mesmo comportamento reológico da polpa de umbu nas temperaturas de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80 °C e da geléia de umbu a 20 °C. O caráter pseudoplástico também é típico de sucos e polpas de frutas, sendo observado em polpas de acerola, caju, manga e jabuticaba (SATO & CUNHA, 2007; SILVA et al. 2012). Observa-se ainda que, enquanto os modelos de Casson e Ostwald-de-Waele apresentaram queda nos

valores de índice de consistência, os modelos de Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk não apresentaram uma tendência definida com o aumento da temperatura.

Os parâmetros com valores negativos $K_{0,hb}$, $K_{0,mb}$ da formulação I nas temperaturas de 5, 15, 20 e 25 °C não apresentam significado físico, perante aos modelos de Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk. O mesmo comportamento foi apresentado para a formulação II na temperatura de 10°C, formulação V na temperatura de 5, 10, 15 °C e na formulação VI nas temperaturas de 5 e 10 °C. Valores negativos de $K_{0,hb}$ também foram encontrados por GAZOLA (2014), para o estudo de polpa de pitanga.

4.4- Cinética de congelamento das formulações de doce de umbu e da polpa pré-cozida

4.4.1- Curvas de congelamento das formulações na temperatura de -20 °C

Nas Figuras 4.25 e 4.26, estão as curvas de congelamento da polpa do fruto de umbu e as formulações para a elaboração do doce de corte na temperatura -20 °C. É nítida a presença de três fases distintas no congelamento lento, ou seja, a fase I (resfriamento), fase II (congelamento ou cristalização) e fase III pós-congelamento, semelhantes às curvas obtidas no congelamento da água pura, devido ao fato das amostras apresentarem altos percentuais de teor de água, correspondentes a 92,00% polpa de umbu e em média 90,00% nas formulações elaboradas. GOLDFARB et al. (2010), afirmam que os produtos, com teor de água elevado, em torno de 50 a 90% (b.u.), apresentam de maneira evidente as três fases do congelamento.

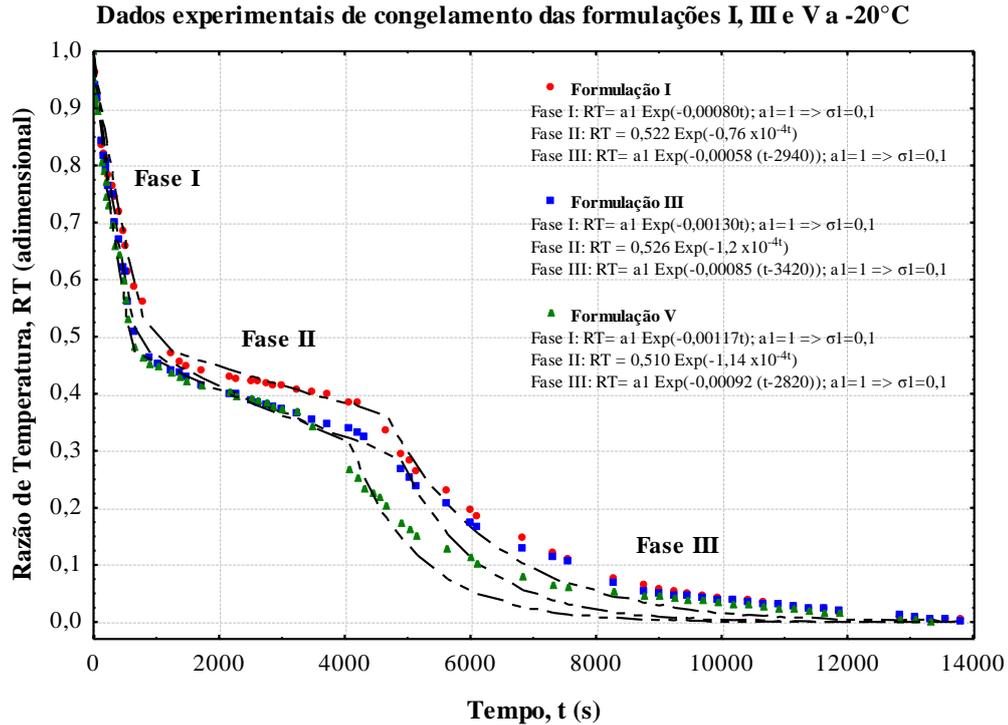


Figura 4.25 - Curva de congelamento dos dados experimentais e calculados a temperatura de -20 °C, para as formulações I, III, V, com adição de leite

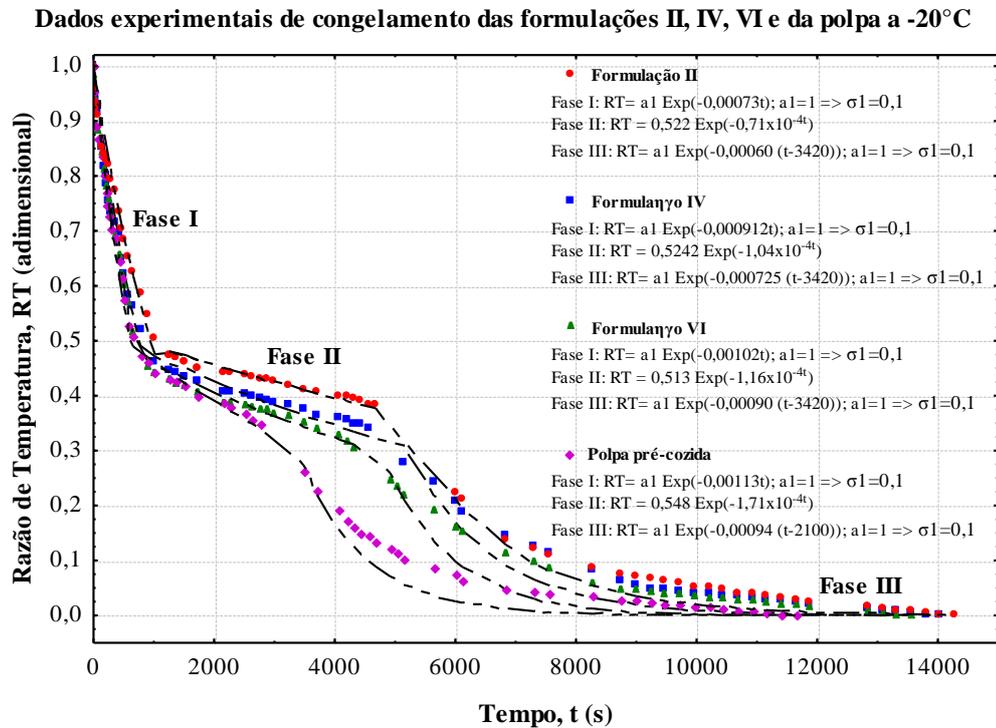


Figura 4.26 - Curva de congelamento dos dados experimentais e calculados a temperatura de -20 °C, para as formulações II, IV, VI e da polpa pré-cozida sem adição de leite

Observa-se que todas as curvas de congelamento a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ se assemelham à curva de congelamento da água pura. CAVALCANTI MATA et al. (2005) na obtenção de graviola em pó pelo processo de liofilização, constataram uma correspondência da curva de congelamento da polpa de graviola com a curva de congelamento da água com relação às três fases existentes; resfriamento, congelamento e pós-congelamento. O mesmo comportamento foi observado por ARAÚJO et al. (2000), no estudo de cinética de congelamento de polpa de acerola a temperatura de $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Nas Figuras 4.25 e 4.26 percebe-se, claramente, as três fases pelas quais as formulações e a polpa pré-cozida passam a ser congeladas à temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. A fase I corresponde ao resfriamento das amostras até o início da temperatura de congelamento, nas formulações com adição de leite e sem leite as amostras (V) e a polpa pré-cozida com 570 segundos e a (VI) 780 segundos, respectivamente, foram as que resfriaram com maior rapidez.

Na fase de cristalização ou congelamento, fase II, a fração de água na forma líquida ou na forma vapor absorve a energia para formar os cristais de gelo e a temperatura sofre pequena variação, o menor tempo para atingir o final da fase foi da formulação V, 3480 segundos e o maior para formulação II, 4680 segundos. Valores semelhantes a esse estudo foram obtidos por CAVALCANTI MATA, BRAGA & SILVA (2003) na avaliação das curvas de congelamento do cajá, na fase II, o fruto a temperatura de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ leva 4500 segundos para ser congelado.

A temperatura inicial de congelamento da polpa pré cozida foi de $-6,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, para FERNANDES et al. (2010) estudando o congelamento de polpa de morango em banho ultratermostático a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ verificaram uma temperatura de início de congelamento de $-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Já SOARES et al. (2012) utilizando um ultrafreezer para o congelamento da polpa de mangaba verificaram uma temperatura inicial de congelamento de aproximadamente $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e PEREIRA (2013), na avaliação de polpa de acerola em câmara fria a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, obteve uma temperatura de início de congelamento de $-1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A fase III corresponde ao pós congelamento do produto, as formulações que apresentaram o menor tempo de congelamento ainda foram as formulações com leite (V), sem leite (VI) e a polpa pré cozida, com 13320 segundos, 13560 segundos e 11640 segundos, respectivamente.

Na análise das curvas apresentadas nas figuras, ainda é possível observar que o teor de água das formulações é um fator importante no congelamento, assim, as formulações com o maior teor de água, a (I) 92,9% e a (II) 92,3%, necessitam de um

tempo maior para alcançar o estado final de congelamento. Outro fator a ser considerado é a temperatura, uma vez que quanto maior o gradiente térmico a que o produto está exposto, maior também é a velocidade de congelamento (GOLDFARB et al. 2010).

Verifica-se na Tabela 4.13, os valores das espessuras (L), coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média das formulações com e sem adição de leite e da polpa pré cozida de umbu nos estágios de congelamento a -20 °C.

Percebe-se que os valores de difusividade efetiva média das formulações foram (I) $1,14 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, (II) $1,10 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, (III) $1,56 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, (IV) $1,29 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, (V) $1,67 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, (VI) $1,55 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, respectivamente, e da polpa pré cozida de $1,77 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, nota-se ainda um comportamento tendencioso, a difusividade efetiva média aumenta a medida que diminui a quantidade de água e aumenta os sólidos presentes nas amostras, o mesmo comportamento foi observado por MUNIZ et. al. (2006) que obteve para a polpa de Bacuri, em concentrações de 5 até 20 °Brix, valores de difusividade efetiva próximos aos da polpa pré cozida de umbu, $1,787 \times 10^{-7}$ até $1,637 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$.

Tabela 4.7 – Valores das espessuras (L), coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média das formulações com e sem adição de leite e da polpa pré-cozida de umbu nos estágios de congelamento a -20 °C

Formulação I – congelamento a -20 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coeficiente de difusão (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva média (m²s⁻¹)
I	4,97	0,80 x10 ⁻³	1,98 x 10 ⁻⁶	-
III	4,97	0,58 x10 ⁻³	1,44 x 10 ⁻⁶	1,14 x10 ⁻⁶
Formulação II - congelamento a -20 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coeficiente de difusão (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva média (m²s⁻¹)
I	4,98	0,73 x10 ⁻³	1,81 x10 ⁻⁶	-
III	4,98	0,60 x10 ⁻³	1,49 x10 ⁻⁶	1,10 x 10 ⁻⁶
Formulação III - congelamento a -20 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coeficiente de difusão (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva média (m²s⁻¹)
I	4,91	1,3 x10 ⁻³	3,16 x10 ⁻⁶	-
III	4,91	0,84 x10 ⁻³	2,04 x10 ⁻⁶	1,56 x10 ⁻⁶
Formulação IV - congelamento a -20 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coeficiente de difusão (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva média (m²s⁻¹)
I	4,88	0,91 x10 ⁻³	2,17 x10 ⁻⁶	-
III	4,88	0,73 x10 ⁻³	1,73 x10 ⁻⁶	1,29 x10 ⁻⁶
Formulação V - congelamento a -20 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coeficiente de difusão (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva média (m²s⁻¹)
I	4,85	1,17 x10 ⁻³	2,75 x10 ⁻⁶	-
III	4,85	0,92 x10 ⁻³	2,16 x10 ⁻⁶	1,67 x10 ⁻⁶
Formulação VI - congelamento a -20 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coeficiente de difusão (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva média (m²s⁻¹)
I	4,83	1,02 x10 ⁻³	2,37 x10 ⁻⁶	-
III	4,83	0,90 x10 ⁻³	2,10 x10 ⁻⁶	1,55 x10 ⁻⁶
Polpa (pré-cozida) - congelamento a -20 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coeficiente de difusão (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva média (m²s⁻¹)
I	4,82	1,13 x10 ⁻³	2,63 x10 ⁻⁶	-
III	4,82	0,94 x10 ⁻³	2,18 x10 ⁻⁶	1,77 x10 ⁻⁶

Obs.: I, III, V - Formulações com leite; II, IV, VI - Formulações sem leite

4.4.2- Curvas de congelamento das formulações na temperatura de -50 °C

Nas Figuras 4.27 e 4.28, estão as curvas de congelamento da polpa do fruto de umbu pré-cozido e as formulações para a elaboração do doce de corte na temperatura -50 °C.

No congelamento a -50 °C, o período de resfriamento (Fase I), as formulações que chegaram com maior rapidez foram as formulações V com leite e VI sem leite, cerca de 200 segundos, 220 segundos e para polpa pré-cozida 480 segundos durante os quais os valores da temperatura diminuíram de 21 para -1,2 °C, 21,1 para -1,5 °C e 21,3 para -5,8 °C, respectivamente.

O período de cristalização (Fase II) foi completado em aproximadamente (V) 1380 segundos até -6,3 °C, (VI) 1500 segundos até -5,9 °C e (polpa pré-cozida) 1500 segundos até -14,3 °C. Na avaliação das curvas de congelamento do cajá a -60 °C, o fruto levou 2640 segundos na Fase II para ser congelado (CAVALCANTI MATA, BRAGA & SILVA 2003).

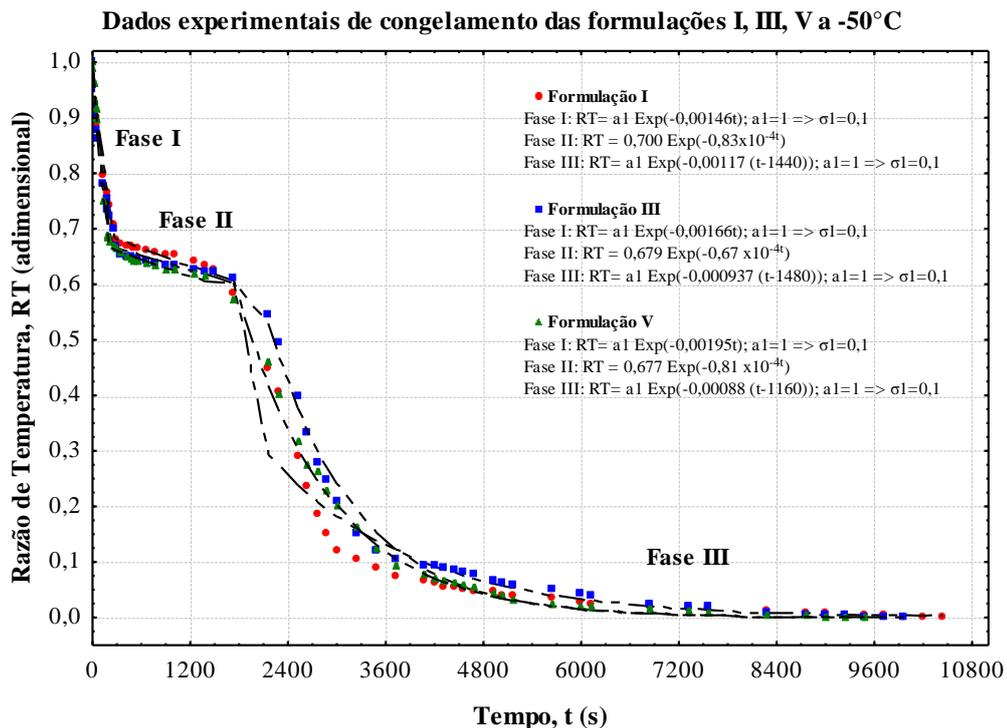


Figura 4.27 - Curva de congelamento dos dados experimentais e calculados a temperatura de -50 °C, para as formulações I, III, V, com adição de leite

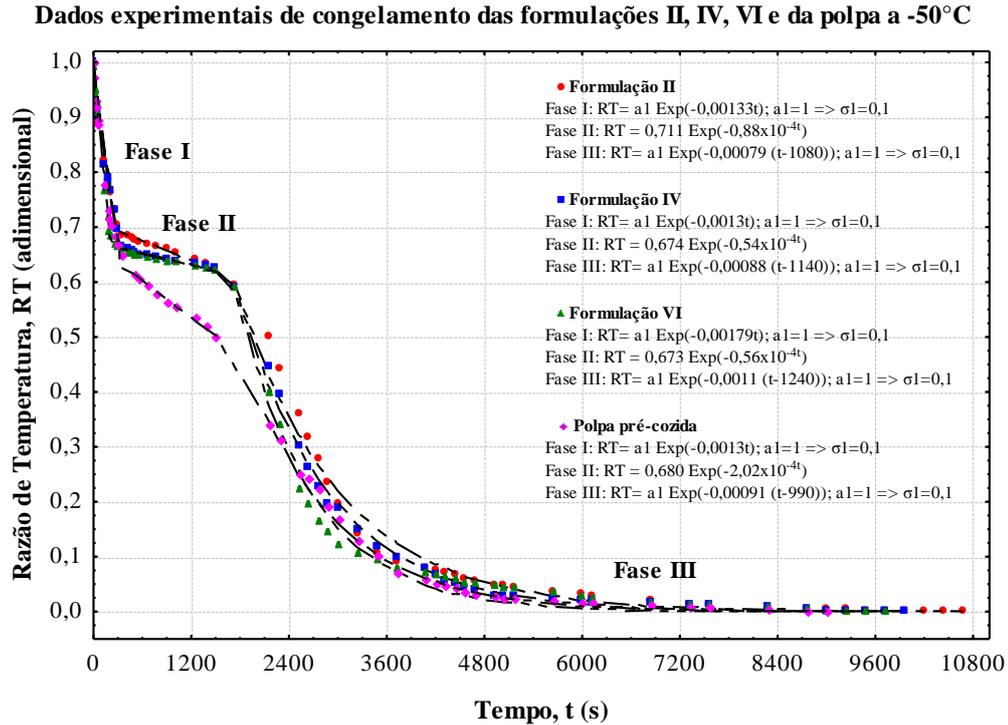


Figura 4.28 - Curva de congelamento dos dados experimentais e calculados a temperatura de -50 °C, para as formulações II, IV, VI e da polpa pré-cozida sem adição de leite

Na fase de pós congelamento (fase III), a difusão deixa de ser em líquido e passa a ser difusão em sólido, ou seja, as formulações já estão congeladas. O menor tempo também foi nas polpas pré-cozidas de 9000 segundos e nas formulações (V) 9480 segundos e (VI) 9720 segundos.

As formulações com maiores concentrações de açúcar e leite (Tabela 3.1) apresentaram o congelamento mais lento, (I) 10440 segundos e (II) 10680 segundos. Segundo FERNANDES et al. (2010) as formulações adicionadas de altas concentrações de sacarose apresentam menores frações de gelo e a formação de cristais de gelo no centro da amostra é mais lenta em decorrência do processo de transferência de calor ser na direção radial e da concentração por polarização em que acontece a migração de água em direção à superfície para formação dos cristais de gelo e concentração dos solutos em direção ao centro.

Tem-se, na Tabela 4.8, os valores das espessuras (L), coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média das formulações com e sem adição de leite e da polpa pré cozida de umbu nos estágios de congelamento a -50 °C.

Tabela 4.8 – Valores das espessuras (L), coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média das formulações com e sem adição de leite e da polpa pré-cozida de umbu nos estágios de congelamento a -50 °C

Formulação I – congelamento a -50 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coefficiente de difusão (m ² s ⁻¹)	Difusividade efetiva (m ² s ⁻¹)	Difusividade efetiva média (m ² s ⁻¹)
I	4,77	1,46 x10 ⁻³	3,31 x10 ⁻⁶	-
III	4,77	1,17 x10 ⁻³	2,65 x10 ⁻⁶	2,19 x10 ⁻⁶
Formulação II - congelamento a -50 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coefficiente de difusão (m ² s ⁻¹)	Difusividade efetiva (m ² s ⁻¹)	Difusividade efetiva média (m ² s ⁻¹)
I	4,71	1,33 x10 ⁻³	2,95 x10 ⁻⁶	-
III	4,71	0,79 x10 ⁻³	1,75 x10 ⁻⁶	1,58 x10 ⁻⁶
Formulação III - congelamento a -50 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coefficiente de difusão (m ² s ⁻¹)	Difusividade efetiva (m ² s ⁻¹)	Difusividade efetiva média (m ² s ⁻¹)
I	4,78	1,66 x10 ⁻³	3,79 x10 ⁻⁶	-
III	4,78	0,94 x10 ⁻³	2,14 x10 ⁻⁶	1,76 x10 ⁻⁶
Formulação IV - congelamento a -50 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coefficiente de difusão (m ² s ⁻¹)	Difusividade efetiva (m ² s ⁻¹)	Difusividade efetiva média (m ² s ⁻¹)
I	4,68	1,28 x10 ⁻³	2,80 x10 ⁻⁶	-
III	4,68	0,88 x10 ⁻³	1,92 x10 ⁻⁶	1,67 x10 ⁻⁶
Formulação V - congelamento a -50 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coefficiente de difusão (m ² s ⁻¹)	Difusividade efetiva (m ² s ⁻¹)	Difusividade efetiva média (m ² s ⁻¹)
I	4,75	1,95 x10 ⁻³	4,40 x10 ⁻⁶	-
III	4,75	0,87 x10 ⁻³	1,97 x10 ⁻⁶	1,75 x10 ⁻⁶
Formulação VI - congelamento a -50 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coefficiente de difusão (m ² s ⁻¹)	Difusividade efetiva (m ² s ⁻¹)	Difusividade efetiva média (m ² s ⁻¹)
I	4,80	1,79 x10 ⁻³	4,12 x10 ⁻⁶	-
III	4,80	1,07 x10 ⁻³	2,47 x10 ⁻⁶	2,12 x10 ⁻⁶
Polpa (pré-cozida) - congelamento a -50 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coefficiente de difusão (m ² s ⁻¹)	Difusividade efetiva (m ² s ⁻¹)	Difusividade efetiva média (m ² s ⁻¹)
I	4,92	1,31 x10 ⁻³	3,17 x10 ⁻⁶	-
III	4,92	0,91 x10 ⁻³	2,02 x10 ⁻⁶	2,02 x10 ⁻⁶

Obs.: I, III, V - Formulações com leite; II, IV, VI - Formulações sem leite

Observa-se, na Tabela 4.8, que os valores de difusividade efetiva média obtida da das formulações elaboradas e da polpa pré cozida a $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ foram iguais a (I) $2,19 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, (II) $1,58 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, (III) $1,76 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, (IV) $1,67 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, (V) $1,75 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, (VI) $2,12 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ e $2,02 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, respectivamente, com tendência de aumento da difusividade efetiva média com o aumento da quantidade de ingredientes nas formulações e como observado anteriormente para a temperatura de congelamento a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Valor de difusividade efetiva média de $1,6493 \times 10^{-7}$, foi encontrado no estudo do processo de liofilização da graviola por CAVALCANTI MATA et al. (2005), em polpa de graviola congelada a $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.4.3 - Curvas de congelamento das formulações na temperatura de $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$

Nas Figuras 4.29 e 4.30, estão as curvas de congelamento da polpa do fruto de umbu e as formulações para a elaboração do doce de corte na temperatura $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$.

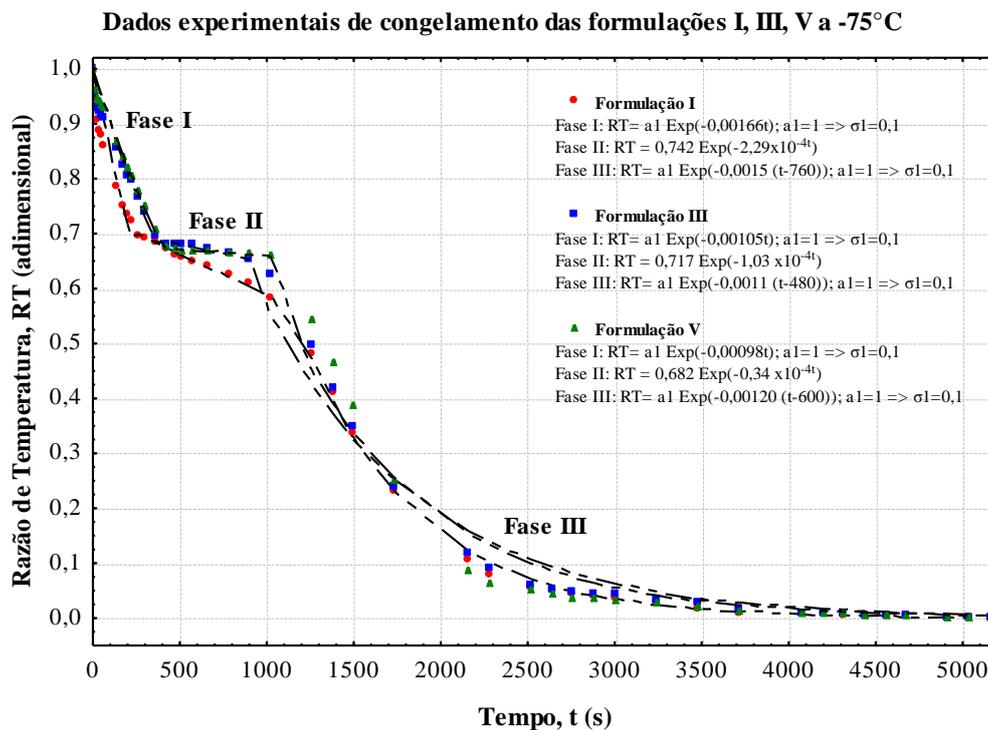


Figura 4.29 - Curva de congelamento dos dados experimentais e calculados a temperatura de $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$, para as formulações I, III, V, com adição de leite

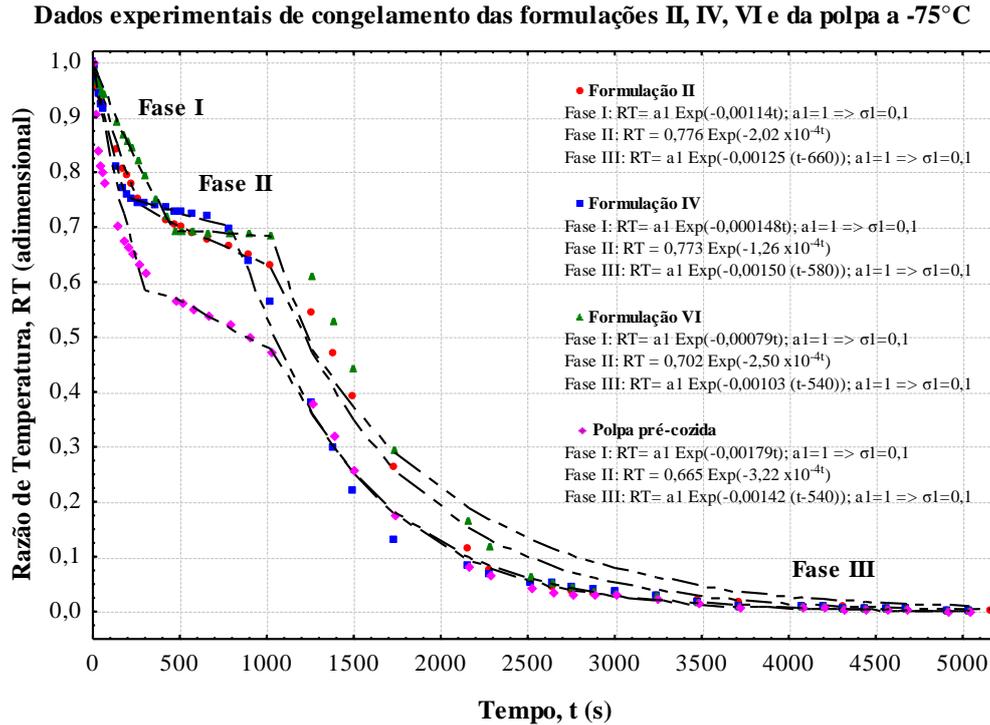


Figura 4.30 - Curva de congelamento dos dados experimentais e calculados a temperatura de -75 °C, para as formulações II, IV, VI e da polpa pré-cozida sem adição de leite

Nas Figuras 4.29 e 4.30, percebe-se, que as curvas de congelamento das formulações são apresentadas por uma leve inclinação na curva nas fases de resfriamento e congelamento (fase I e II), já a fase de pós congelamento é bem definida. A justificativa para este comportamento é que o congelamento a -75 °C ocorre em uma velocidade mais alta do que as temperaturas de -20 e -50 °C. Tem-se para o fim do processo de congelamento nas amostras I, IV, VI e polpa pré-cozida o tempo de 5040 segundos e para as amostras II, III e V 5160 segundos. Em que, na fase III, as amostras (III e IV) iniciaram no tempo de 900 segundos com a temperatura de -11,3 e -10,4 °C, respectivamente. Já as amostras (I, II, V, VI e a polpa pré-cozida) iniciaram o processo com 1260 segundos, nas temperaturas de -27,3, -22,2, -21,4, -15,7 e -37,6 °C.

Tem-se, na Tabela 4.9, os valores das espessuras (L), coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média das formulações com e sem adição de leite e da polpa pré-cozida de umbu nos estágios de congelamento a -75 °C.

Tabela 4.9 – Valores das espessuras (L), coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média das formulações com e sem adição de leite e da polpa pré-cozida de umbu nos estágios de congelamento a -75 °C

Formulação I – congelamento a -75 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coefficiente de difusão (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva média (m²s⁻¹)
I	4,79	1,66 x10 ⁻³	3,81 x10 ⁻⁶	-
III	4,79	1,50 x10 ⁻³	3,45 x10 ⁻⁶	2,75 x10 ⁻⁶
Formulação II - congelamento a -75 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coefficiente de difusão (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva média (m²s⁻¹)
I	4,81	1,14 x10 ⁻³	2,64 x10 ⁻⁶	-
III	4,81	1,25 x10 ⁻³	2,90 x10 ⁻⁶	2,34 x10 ⁻⁶
Formulação III - congelamento a -75 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coefficiente de difusão (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva média (m²s⁻¹)
I	4,83	1,05 x10 ⁻³	2,45 x10 ⁻⁶	-
III	4,83	1,11 x10 ⁻³	2,56 x10 ⁻⁶	2,22 x10 ⁻⁶
Formulação IV - congelamento a -75 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coefficiente de difusão (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva média (m²s⁻¹)
I	4,78	1,47 x10 ⁻³	3,37 x10 ⁻⁶	-
III	4,78	1,50 x10 ⁻³	3,42 x10 ⁻⁶	2,93 x10 ⁻⁶
Formulação V - congelamento a -75 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coefficiente de difusão (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva média (m²s⁻¹)
I	4,73	0,98 x10 ⁻³	2,20 x10 ⁻⁶	-
III	4,73	1,20 x10 ⁻³	2,69 x10 ⁻⁶	2,19 x10 ⁻⁶
Formulação VI - congelamento a -75 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coefficiente de difusão (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva média (m²s⁻¹)
I	4,79	0,79 x10 ⁻³	1,82 x10 ⁻⁶	-
III	4,79	1,03 x10 ⁻³	2,39 x10 ⁻⁶	1,95 x10 ⁻⁶
Polpa (pré-cozida) - congelamento a -75 °C				
Fases	L/2 (mm)	Coefficiente de difusão (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva (m²s⁻¹)	Difusividade efetiva média (m²s⁻¹)
I	4,79	1,79 x10 ⁻³	4,13 x10 ⁻⁶	-
III	4,79	1,42 x10 ⁻³	3,29 x10 ⁻⁶	2,81 x10 ⁻⁶

Obs.: I, III, V - Formulações com leite; II, IV, VI - Formulações sem leite

Constata-se, na Tabela 4.9, que os valores de difusividade efetiva média variaram para as formulações com leite de (V) $2,19 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ a (I) $2,75 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ e as formulações sem leite de (VI) $1,95 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ a (IV) $2,93 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$. CAVALCANTI MATA et al. (2003) encontraram o valor da difusividade efetiva média do fruto de cajá a temperatura de $-60 \text{ }^\circ\text{C}$ igual a $3,223 \times 10^{-7} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$.

Percebe-se ainda, diante das temperaturas estudadas de -20 , -50 e $-75 \text{ }^\circ\text{C}$ que existe um aumento da difusividade efetiva média com o aumento da diferença de temperatura, ou seja, a velocidade de congelamento é maior a medida que a diferença entre a temperatura da formulação e a temperatura do meio congelante aumenta.

4.5- Caracterização físico-química dos doces de corte de umbu

Nas Tabelas 4.3 têm-se os valores médios do teor de água, sólidos totais, proteínas, carboidratos e valor calórico dos doces de corte de umbu.

Tabela 4.10 - Valores médios da composição centesimal e valor calórico dos doces de corte de umbu

DOCE DE UMBU COM LEITE					
Amostras	Teor de água (%)	Valor Calórico (Kcal/100g)	Proteínas (%)	Carboidratos Totais (%)	Sólidos Totais (%)
I	38,00 ^c	246,32 ^a	1,86 ^a	59,72 ^a	62,00 ^a
III	40,66 ^b	235,68 ^b	1,59 ^b	57,33 ^a	59,33 ^b
V	48,39 ^a	204,80 ^c	1,29 ^c	49,91 ^b	51,61 ^c
DMS	2,52	10,08	0,14	2,45	2,52
CV(%)	2,38	1,76	3,42	1,76	1,75
MG	42,35	228,93	1,58	55,65	57,65
F calculado	86,14 ^{**}	86,18 ^{**}	83,75 ^{**}	81,88 ^{**}	86,14 ^{**}
DOCE DE UMBU SEM LEITE					
Amostras	Teor de água (%)	Valor Calórico (Kcal/100g)	Proteínas (%)	Carboidratos Totais (%)	Sólidos Totais (%)
II	39,07 ^c	242,08 ^a	0,42 ^a	60,10 ^a	62,00 ^a
IV	41,36 ^b	232,96 ^b	0,44 ^a	57,80 ^b	59,34 ^b
VI	48,27 ^a	205,28 ^c	0,41 ^a	50,91 ^c	51,61 ^c
DMS	1,38	5,49	0,05	1,35	2,52
CV(%)	1,280	0,97	4,37	0,96	1,75
MG	42,90	226,77	0,42	56,27	57,65
F calculado	228,20 ^{**}	229,25 ^{**}	1,97 ^{ns}	81,88 ^{**}	86,14 ^{**}

Obs.: Não foram encontrados lipídeos nas amostras analisadas; Geral; DMS - Desvio Médio Significativo; CV - Coeficiente de variação; MG - Média.

O teor de água dos doces de corte de umbu com adição de leite variou de (I) 38,00% a (V) 48,39% e sem leite (II) 39,07% a (VI) 48,27%. A quantidade de água está relacionada diretamente com a concentração da polpa da fruta, desse modo, quanto maior a concentração de polpa de umbu, maior o teor de água.

Observa-se, na Tabela 4.10, que a formulação com leite (I) apresentou maior teor de sólidos totais e menor teor de água. O mesmo ocorre nas formulações sem leite, em que a (VI) apresenta maior teor de água e maior concentração de polpa de umbu.

De acordo com CHIM et al. (2006), o teor de água dos doces relaciona-se ao tempo de processamento, e, conseqüentemente, à taxa de evaporação da água durante o

processo de elaboração. Neste trabalho, os doces apresentaram aumento do conteúdo de água com a redução da quantidade de sólidos totais nas formulações, visto que este ingrediente e o tempo de cocção influenciaram diretamente na quantidade de água do produto no final do processo. DIAS et al. (2011) em seu estudo com doce em massa da casca do maracujá encontraram valores em torno de 26,91% para o teor de água, enquanto WILLE et al. (2004) obtiveram 50,90% para doce em massa de araçá-pêra. Já OLIVEIRA et al. (2010) encontraram teores de água variando entre 25,33% e 26,50% para as diferentes formulações estudadas de estruturado obtido de polpa concentrada de cupuaçu.

Para os dados obtidos de proteínas nos doces com adição de leite, observou-se uma variação de (I) 1,86% a (V) 1,29%. Comparando com os doces sem adição de leite, os valores são bem menores (II) 0,42%, (IV) 0,44% e (VI) 0,41%.

O conteúdo de carboidratos totais e valor calórico apresentaram a mesma tendência de declínio, porém, os carboidratos totais nas formulações (I) e (III) não diferiram estatisticamente entre si. No entanto, as formulações com maiores porcentagens de açúcar foram as que apresentaram maiores valores de carboidratos (I) 59,72%, (II) 60,10% e valor calórico (I) 246,32 Kcal/100g, (II) 242,08 Kcal/100g. Valores semelhantes de carboidratos e valor calórico foram encontrados por POLESI et al. (2011) no estudo e elaboração de geleias de manga de 60,68% e 244,04 Kcal/100 g, respectivamente.

A polpa de umbu possui teores baixos de proteínas, assim, a contribuição para o teor proteico fica por conta da adição de leite utilizada nas formulações (I), (II) e (V). Nota-se ainda, que o valor do teor de proteína decresce a medida que diminui a quantidade de leite, conseqüentemente, os doces sem adição de leite também apresentaram baixos teores de proteína. SILVA et al. (2011), verificou no estudo de doces cremosos produzidos com o soro do leite de cabra, vaca e de 10, 15 e 10% de polpa de umbu os teores de proteínas das amostras de 3,85%, 4,57% e 4,55%, respectivamente. Já LAGO-VANZELA et al. (2011), obtiveram 0,27% a 0,19% de proteínas em geleias de polpa de casca de cajá-manga e BARCIA et al. (2010) em geleias de jambolão de 0,20%.

Os doces de corte de umbu não apresentaram valores de lipídeos e vitamina C em sua composição. OLIVEIRA et al. (2012) em estudo sobre estruturados obtidos de polpa concentrada de abacaxi, obtiveram teores entre 0,32% e 0,33% de lipídeos. Por

sua vez, a retenção de vitamina C pode ser explicada pela influência da temperatura no momento da cocção dos doces.

Nas Tabelas 4.11 têm-se os valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) e dos açúcares totais, redutores e não redutores dos doces de corte de umbu.

Tabela 4.11 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos dos doces de umbu

DOCE DE UMBU COM LEITE				
Amostras	Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	Açúcares Totais (%)	Açúcares redutores (%)	Açúcares não redutores (%)
I	73,00 ^a	51,41 ^a	26,363 ^a	25,05 ^a
III	66,23 ^b	45,09 ^b	23,77 ^b	21,32 ^b
V	56,92 ^c	42,25 ^c	22,56 ^c	19,68 ^c
DMS	1,22	0,26	0,25	0,32
CV(%)	0,74	0,22	0,41	0,58
MG	65,38	46,25	24,23	22,02
F calculado	827,58**	6339,07**	1170,46**	1370,44**
DOCE DE UMBU SEM LEITE				
Amostras	Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	Açúcares Totais (%)	Açúcares redutores (%)	Açúcares não redutores (%)
II	74,03 ^a	47,45 ^a	24,97 ^a	22,48 ^a
IV	68,47 ^b	44,76 ^b	23,13 ^b	21,63 ^b
VI	55,67 ^c	42,65 ^c	21,93 ^c	20,72 ^c
DMS	0,83	0,47	0,20	0,44
CV(%)	0,50	0,42	0,34	0,81
MG	66,06	44,96	23,34	21,61
F calculado	2418,92**	497,46**	1106,40**	76,430**

Obs.: Não foram encontrados lipídeos nas amostras analisadas; Geral; DMS - Desvio Médio Significativo; CV - Coeficiente de variação; MG - Média.

Todos os parâmetros analisados nos doces de corte estudados apresentaram efeito significativo em nível de 1% de probabilidade, segundo o teste Tukey.

Verifica-se na Tabela 4.11, que os sólidos solúveis totais diminuem com a redução de açúcar. Assim, valores de °Brix nos doces com e sem leite variaram de (V)

56,92 °Brix a (I) 73,00 °Brix e (VI) 55,67 °Brix a (II) 74,03 °Brix, respectivamente. Nota-se ainda que os valores de sólidos solúveis totais com adição de leite são poucos menores que os doces sem leite, comportamento justificado pela presença de lactose no leite. A legislação brasileira estabelece a quantificação do teor de sólidos solúveis como único parâmetro de qualidade exigindo para doces de corte, o produto final não deve ser inferior a 55% para os cremosos e 65% para os doces em massa (BRASIL, 1978b).

Valores semelhantes de sólidos solúveis foram verificados por VIANA et al. (2012) em geleias convencionais de mamão com araçá-boi 63,92 a 65,25 °Brix, 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 e por TOUATI et al. (2014) em geleias convencionais de apricot (64,42%).

Observa-se ainda, que doces de corte apresentaram comportamento decrescente com a redução de açúcares em todas as amostras estudadas. Os valores de açúcares totais variaram de (V) 42,247% a (I) 51,410% nos doces com adição de leite e (VI) 42,653% a (II) 47,450% nos doces sem leite. Esta variação pode ser explicada pela relação entre a quantidade de polpa de umbu utilizada na formulação e a quantidade de açúcares totais contida nesta mesma polpa. CARVALHO et al. (2011), em estudo sobre estruturado misto de cajá e mamão, observaram 46,52% de açúcares totais no produto final, valor próximo aos observados neste trabalho.

Analisando-se os açúcares redutores e não redutores, verificou-se que a quantidade de açúcares redutores predominou sobre os não redutores, ou seja, o doce de corte contém principalmente, glicose. A diminuição do teor de açúcares não redutores pode ser decorrente da hidrólise da sacarose em glicose, pois, durante o cozimento do doce na presença de ácido, a sacarose sofre uma hidrólise e o açúcar é invertido, ou seja, a glicose e frutose são formados e depende da temperatura, tempo de cocção e do pH da amostra. Para YUYAMA et al. (2008), a hidrólise da sacarose pode ser atribuída a reações químicas ocasionadas pela presença de ácidos orgânicos, uma vez que açúcares não redutores, como a sacarose são hidrolisados em meio ácido.

No processamento de doces, é primordial a presença de açúcares redutores, os quais irão atribuir ao produto uma aparência brilhante, além de evitar a cristalização da sacarose. Segundo BESBES et al. (2009), os açúcares redutores possuem maior afinidade com a água em relação aos açúcares não redutores, por isso eles contribuem para a redução do fenômeno da cristalização em geleias e doces.

DAMIANI et al. (2009), no estudo de geleia de manga, encontraram teores de açúcares redutores em porcentagem de glicose de 26,16 a 45,07%. CHIM et al. (2006), encontraram para o doce de corte de morango açúcares redutores de 29,2% glicose, superiores aos dos doces de corte de umbu estudados.

Nas Tabelas 4.12 têm-se os valores médios das cinzas, atividade de água, acidez, pH e pectina dos doces de corte de umbu.

Tabela 4.12- Valores médios dos parâmetros físico-químicos dos doces de umbu

DOCE DE UMBU COM LEITE					
Amostras	Cinzas (%)	Atividade de água (aw)	Acidez (%)	pH	Pectina (%)
I	0,42 ^a	0,79 ^a	0,69 ^c	2,44 ^a	16,16 ^a
III	0,41 ^{ab}	0,79 ^a	0,87 ^b	2,30 ^b	14,56 ^b
V	0,41 ^b	0,78 ^b	1,03 ^a	2,28 ^b	11,36 ^c
DMS	0,01	0,00	0,09	0,04	0,16
CV(%)	0,85	0,18	3,97	0,66	0,46
MG	0,41	0,78	0,86	2,34	14,03
F calculado	6,74*	36,41**	75,12**	96,93**	4325,20**
DOCE DE UMBU SEM LEITE					
Amostras	Cinzas (%)	Atividade de água (aw)	Acidez (%)	pH	Pectina (%)
II	0,41 ^a	0,75 ^c	0,64 ^c	2,11 ^b	15,44 ^a
IV	0,40 ^a	0,76 ^b	0,83 ^b	2,16 ^{ab}	12,37 ^b
VI	0,41 ^a	0,82 ^a	0,96 ^a	2,20 ^a	10,24 ^c
DMS	0,01	0,00	0,04798	0,05	0,61
CV(%)	0,87	0,20	2,36000	0,86	1,91
MG	0,41	0,77	0,81111	2,16	12,68
F calculado	4,17 ^{ns}	2109,00**	203,85**	15,88**	348,08**

Obs.: Não foram encontrados lipídeos nas amostras analisadas; Geral; DMS - Desvio Médio Significativo; CV - Coeficiente de variação.

Para os doces de corte de umbu, o parâmetro cinzas não apresentou diferença significativa entre todas as amostras sem adição de leite (II, IV e VI), as demais amostras com leite (I, III e VI) foram significativas, em nível de 5% de probabilidade.

Os parâmetros estudados de pH, acidez, atividade de água e pectina apresentaram efeito significativo em nível de 1% de probabilidade, segundo o teste Tukey.

Verifica-se na Tabela 4.12, que os valores de cinzas variaram pouco entre as amostras estudadas. Nos doces com adição de leite, a amostra (III) 0,41% não diferiu estatisticamente das amostras (I) 0,42% e (V) 0,41%, já nos doces sem leite todas as amostras foram iguais estatisticamente. Observa-se ainda que a adição de leite nos doces não apresenta uma diferença grande nos valores de cinzas para os doces sem leite.

O conteúdo mineral (cinzas) dos doces de umbu foi inferior ao verificado por ALVES et al. (2012) na avaliação de três marcas comerciais de goiabadas, em que as cinzas foram de 0,70%, 0,57% e 0,53%, respectivamente para as marcas A B e C. Valores próximos ao dos doces elaborados foram observados por POLESI et al. (2011) para geleia de manga um valor médio de cinzas de 0,40%.

Em relação à determinação da atividade de água (a_w), observa-se na Tabela 4.5 variações: nos doces com leite, as amostras (I) 0,79 e (III) 0,79 não diferem estatisticamente entre si e são maiores que a amostra (V) 0,78.

Os doces sem leite, os valores de atividade de água diminuem a medida que a proporção polpa/açúcar é reduzida. Para CHAGAS et al. (2009), ao estudar doce de goiaba, observaram que a atividade de água é influenciada diretamente pela proporção polpa/açúcar adicionada à formulação, atribuindo essa ocorrência à capacidade higroscópica do açúcar que pode permitir a redução do teor de água livre no alimento. Os valores dessa pesquisa estão de acordo com os valores 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 MARTINS et al. (2007), que constataram valores entre 0,75 a 0,80 para os doces em massa de umbus maduros.

Diante dos resultados apresentados, os doces analisados se classificam-se como alimentos de atividade de água intermediária, já que se encontram em atividade de água inferior à faixa limite. ADAMBOUNOU et al. (1983) citam como valor ótimo de atividade de água para o crescimento de micro-organismos na faixa de 0,92 e 0,99. Os alimentos com teor intermediário de água apresentam níveis de teor de água entre 20% e 50% e 0,60 a 0,85 de atividade de água e, por isto, estão sujeitos a processos de deterioração provocados principalmente por bolores e leveduras (UBOLDI EIROA, 1981).

Verifica-se, na tabela apresentada para o parâmetro de acidez, que os doces formulados com menores porcentagens de açúcar têm os maiores valores de acidez, ou seja, quanto menor for a adição de açúcar e leite, maior será o valor da acidez do doce. Resultado inferior foi reportado por MOURA et al. (2014) ao avaliarem três marcas comerciais de doces cremosos de goiaba, onde observaram uma variação de 0,46 (Marca C) a 0,56 (Marca B) e por OLIVEIRA et al. (2009) em estudo com doces em massa de banana com diferentes teores de cascas, obtiveram valores de acidez titulável de 0,49g/100g.

Observa-se que os valores do pH das amostras com leite (III) e (V), não diferem estatisticamente entre si, o mesmo ocorre na amostra (IV) com a (II) e a (VI) sem leite. Os valores de pH obtidos para as seis amostras de doce de corte de umbu foram inferiores aos valores encontrados por OLIVEIRA et al. (2012) estudando a caracterização de estruturado obtido de polpa concentrada de cupuaçu, por NEVES & CARVALHO (2005) em seu estudo com doce em massa de umbu 2,71 e MARTINS et al. (2007) que encontraram valores entre 3,54 a 3,83 em doce em massa de umbu verde e valores entre 3,41 a 3,55 em doce em massa de umbu maduro. A verificação do pH em alimentos pode ser usada para determinar a deterioração do alimento, crescimento de micro-organismos, atividades de enzimas, textura, retenção do sabor-odor de produtos de frutas, verificação do estado de maturação de frutas, escolha da embalagem (FERNANDES et al. 2008).

Os valores de pectina nos doces com e sem leite variaram de (V) 11,36% a (I) 16,16% e de (VI) 10,24% a (II) 15,44%, respectivamente. A Tabela 4.12 com os dados obtidos mostra ainda que, quanto maior for a proporção de ingredientes polpa/açúcar/leite na formulação do doce, maior será o valor da pectina, ou seja, o aumento desses ingredientes afetou a textura do doce, reduzindo o teor de água. Em seus trabalhos CARVALHO et al. (2001) encontraram valores de 0,99% para pectina total e 0,8% para pectina solúvel para componentes da parede celular de goiaba.

Segundo OAKENFULL (1987), a pectina sofre influência da água, pH e do soluto (geralmente a sacarose) nas forças intermoleculares, contribuindo para a estrutura do gel que, inversamente, impede a separação da fase aquosa. O açúcar apresenta uma grande importância no processamento de doces, geralmente, adiciona-se sacarose que é parcialmente hidrolisada durante o processo de cocção e a baixa inversão da sacarose poderá provocar cristalização, enquanto que a alta inversão poderá resultar numa granulação de dextrose (glucose) no gel (GAVA, 1998).

Os resultados para análise de cor do doce de corte de umbu estão apresentados na Tabela 4.13.

Tabela 4.13- Valores médios dos parâmetros de cor L*, +a* e +b* dos doces de umbu

DOCE DE UMBU COM LEITE			
COR			
Amostras	L*	+a*	+b*
I	43,25 ^a	8,70 ^a	15,05 ^c
III	39,51 ^b	8,54 ^a	17,01 ^b
V	39,12 ^b	5,26 ^b	20,83 ^a
DMS	0,74	0,19	1,16
CV(%)	0,72	1,00	2,63
MG	40,63	7,50	17,63
F calculado	180,71**	1993,60**	120,27**
DOCE DE UMBU SEM LEITE			
COR			
Amostras	L*	+a*	+b*
II	28,07 ^a	8,44 ^a	6,84 ^b
IV	26,69 ^b	7,09 ^b	9,73 ^a
VI	26,11 ^b	5,46 ^c	10,04 ^a
DMS	0,67	0,38	1,32
CV(%)	0,99	2,19	5,94
MG	26,96	7,00	8,87
F calculado	42,67**	285,29**	33,64**

Obs.: Não foram encontrados lipídeos nas amostras analisadas; Geral; DMS - Desvio Médio Significativo; CV - Coeficiente de variação.

Na análise de cor do doce de corte de umbu todas as amostras estudadas com leite e sem leite em sua composição apresentaram significativo em nível de 1% de probabilidade, segundo o teste Tukey.

Verifica-se, na Tabela 4.13, que no parâmetro L* (Luminosidade), não houve diferença significativa nas amostras (III) 39,51 e (V) 39,12 nos doces com adição de leite e nas amostras (IV) 26,69 e (VI) 26,11 nos doces sem leite. Os maiores valores do parâmetro de luminosidade foram nas amostras (I) 43,25 e (II) 28,07, sendo assim, a redução da quantidade de açúcar e leite contribuiu para uma diminuição da luminosidade (L*) dos produtos elaborados. POLICARPO et al. (2007), em seu estudo com doces em massa de umbu, observaram uma redução na luminosidade (L*) para as formulações com acréscimo de pectina. A diminuição da luminosidade dos doces,

provavelmente foi em decorrência do tempo de cocção e da quantidade de ingredientes acrescentados a cada amostra, provocando a caramelização.

De acordo com MENEZES et al. (2009), a redução da luminosidade dos doces em massa pode ocorrer em decorrência de um maior escurecimento não enzimático, como a caramelização e a reação de Maillard, provocada pela presença de um percentual elevado de açúcar nas formulações desse tipo de produto.

As coordenadas cromáticas +a* e +b* nos doces de umbu com leite e sem leite não apresentaram diferença significativa nos valores das amostras (I) 8,70 e (III) 8,54, (IV) 9,73 e (VI) 10,04, respectivamente. Nota-se ainda, que o parâmetro +a* sofre influência da quantidade presente de pectina na amostra, o valor do parâmetro cresce com o aumento da quantidade de pectina (Tabela 4.12), nas amostras de doce. Comportamento semelhante foi encontrado por POLICARPO et al. (2007) no estudo da estabilidade da cor de doce em massa de polpa de umbu, em que, a adição de pectina alterou o parâmetro a*. O contrário de a*, as amostras mostraram que o aumento dos valores de pectina implica na redução do parâmetro de cor b*. 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*.

4.6- Avaliação química - Espectrometria por raios-x

Os valores em porcentagem referentes ao estudo de análise de minerais da polpa pré-cozida e dos doces de corte elaborados de umbu se encontram na Tabela 4.14.

Tabela 4.14- Valores das análises de minerais (mg/100g) para os doces de corte e polpa pré cozida de umbu

Amostras	Minerais (mg/100g)			
	Potássio	Fósforo	Cálcio	Magnésio
Polpa pré cozida	164,36	14,43	11,84	12,36
I	343,52	178,46	212,43	20,43
II	271,31	11,24	109,33	15,13
III	313,32	156,43	211,64	18,14
IV	168,33	10,92	108,82	15,016
V	288,22	134,88	208,86	16,94
VI	164,24	10,24	108,54	15,036

Obs.: I, III, V – doces de umbu com leite; II, IV, VI - doces de umbu sem leite

Na polpa e no doce de corte da fruta, o conteúdo de cinzas consiste na representação dos minerais que constituem esses alimentos. Pela análise da Tabela 4.14, o mineral presente em maior quantidade é o Potássio, em todas as amostras e em quantidades menores, mais significativas se encontram também o Fósforo, Cálcio e o Magnésio. Os valores obtidos para a polpa pré-cozida do umbu estão próximos aos obtidos pelo NEPA (2011) para os frutos do umbu, 154 mg/100g de potássio, 13mg/100g de fósforo, 12 mg/100g de cálcio e 11 mg/100g de magnésio.

Na avaliação nutricional de polpa de *Spondias*, FERNANDES et al. (2013) fizeram a determinação de minerais com diferentes variedades, para *Spondias sp.* (Cajarana do Sertão) 173,2 mg/100g de K, 10,2 mg/100g de P, 92,4 mg/100g Ca, 15,1 mg/100g Mg, *Spondias purpúrea L.* (Ciriguerla) 185,6 mg/100g de K, 1,91 mg/100g de P, 14,4 mg/100g Ca, 6,2 mg/100g Mg e para a *Spondias tuberosa arruda câmara* (umbu) 172 mg/100g de potássio, 1,8 mg/100g de fósforo, 9,4 mg/100g de cálcio e 5,3 mg/100g. De acordo com NOUR et al. (2011), os teores de minerais em frutos são muito dependentes do solo, da fertilidade, das condições climáticas e cultivares.

Os valores dos minerais aumentam à medida que a porcentagem dos ingredientes utilizados aumentam, ou seja, quanto mais ingredientes adicionados na formulação, mais enriquecido será o doce elaborado, os demais doces sem adição de leite apresentaram comportamento semelhante em todos os minerais encontrados, tendo em vista que os minerais não sofrem alterações em temperaturas como as utilizadas para o cozimento do produto, mesmo porque, para sua determinação, a amostra é submetida à

incineração, em mufla e temperaturas acima de 500 °C (ALMEIDA, 2013), o que justifica a pequena diferença dos valores de minerais nas formulações.

SOUZA et al. (2015) notaram que os minerais K, P, Ca e Mg apresentaram diminuição em seus teores conforme o estágio de maturação mais avançado dos frutos e geleias de amora preta. AMARAL et al. (2014) constataram valores de minerais para geleia de polpa de maracujá de 1,62 mg/100g de cálcio, 9,07 mg/100g de magnésio, 109,53 mg/100g de potássio, e de casca de maracujá 5,82 mg/100g de cálcio, 6,95 mg/100g de magnésio, 63,49 mg/100g de potássio.

Essas diferenças da quantidade de minerais presentes nos frutos levam a concluir que, esses valores podem variar substancialmente com o grau maturação, época de colheita, condições edafoclimáticas e variedades, entre outras.

4.7- Avaliação microbiológica

A Tabela 4.15 apresenta os resultados obtidos da avaliação microbiológica dos doces de corte de umbu.

Tabela 4.15- Avaliação microbiológica de doce de corte elaboradas por meio de frutos de umbu

Amostras	Parâmetros			
	Salmonella (UFC/g)	Coli 35°C (NMP g. mL ⁻¹)	Coli 45°C (NMP g. mL ⁻¹)	Bolores e Leveduras (UFC.g ⁻¹)
I	Ausente	Ausente	Ausente	1,36x10 ²
II	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
III	Ausente	Ausente	Ausente	1,24x10 ²
IV	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
V	Ausente	Ausente	Ausente	1,24x10 ²
VI	Ausente	Ausente	Ausente	2,47x10 ²
Padrão	-	-	-	>x10 ⁴

Obs.: I, III, V – doces de umbu com leite; II, IV, VI - doces de umbu sem leite

De acordo com os padrões microbiológicos para produtos de frutas, observou-se que os resultados apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos na Resolução RDC Nº 12 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2001), que estipula para

as geleias de frutas, obediência aos seguintes padrões: máximo de 10^4 UFC g^{-1} para bolores e leveduras, máximo de 10^2 NMP g^{-1} para coliformes a 45 °C e ausência de *Salmonella* spp. em 25 g de amostra. Neste sentido, as amostras avaliadas encontraram-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

A contaminação pós-processamento, é o que torna os produtos impróprios para o consumo, tendo em vista que fungos e leveduras podem crescer em valores de atividade de água abaixo de 0,80. Observa-se na Tabela 4.8 que as amostras elaboradas apresentam contagem de bolores e leveduras da ordem dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

PIMENTA (2014) elaborou três formulações de doce de kiwi e verificou ao longo tempo de armazenamento os valores obtidos para a contagem de microrganismos totais a 30 °C e para os bolores e leveduras a 25 °C, em que é sempre inferior ao limite de detecção (10UFC/g e 100UFC/g), respetivamente. Resultados seguros sob o aspecto microbiológico, também foram encontrados por DIAS et al. (2011), no doce em massa com albedo do maracujá e por COSTA et al. (2016), na produção de doce utilizando massa do pedúnculo do caju e soro de leite.

4.8- Análise do perfil de textura

Na Tabela 4.16 estão as médias dos parâmetros de Perfil de Textura (Firmeza, adesividade, coesividade, gomosidade, elasticidade e mastigabilidade) dos doces de corte de umbu.

Observa-se na tabela abaixo o parâmetro de firmeza, que todos os doces de corte estudados apresentaram efeito significativo em nível de 1% de probabilidade segundo o teste Tukey. Os valores médios diferem entre si em todas as amostras avaliadas, nota-se ainda que a firmeza aumenta de acordo com a concentração de polpa de umbu utilizado no doce e a redução do teor de água (Tabela 4.10) aumentou a rigidez da estrutura. A necessidade de evaporar uma maior quantidade da água da amostra para a elaboração do doce ocasionou um aumento no tempo e na temperatura de cocção o que torna a estrutura mais aderente.

MENEZES et al. (2009) afirmam que outro fator influente na textura de doces em massa é a acidez, pois quanto maior for, maior será a firmeza dos doces. O açúcar também é um dos componentes responsáveis pela textura ideal de doces de frutas. Se

este ingrediente for excluído da formulação do produto, a textura tenderá a ser frágil (LICODIEDOFF, 2008).

De modo semelhante à firmeza, os resultados de adesividade apresentaram diferença estatística em nível de 1% de probabilidade segundo o teste Tukey. Verificou-se que os maiores valores do parâmetro foram obtidos para as amostras com adição de leite e sem leite, de (I) 1,75 – (II) 2,64, respectivamente. No entanto, os doces com leite (I), (III) não diferem estatisticamente entre si. A avaliação do parâmetro indica que o aumento da concentração de polpa de umbu aumenta o valor da adesividade, uma vez que o processo faz com que o tempo de cocção seja maior, tornando o produto mais firme e conseqüentemente, mais adesivo.

Segundo MENEZES (2008), um gel com maior adesividade é mais difícil de desmanchar na boca e depende do efeito combinado das forças de adesão e coesão (ADHIKARI et al. 2001; HUANG et al. 2007; BESBES et al. 2009). E é um parâmetro importante na análise da textura dos produtos alimentares, pois permite prever o grau de adesão dos alimentos aos dentes, ou seja, mede a força necessária para remover o material que adere a uma superfície específica (BESBES et al. 2009).

Observa-se na Tabela 4.16, que não houve diferença significativa, em relação à coesividade e à elasticidade entre os doces elaborados, em outras palavras a concentração de polpa, açúcar e leite, não afetou significativamente a extensão em que o material pode ser deformado antes da ruptura e a taxa em que o material deformado volta para a sua condição inicial. MENEZES et al. (2009) elaboraram um doce de goiaba e observaram a formação de um gel mais liso e mais difícil de desmanchar na boca fazendo com que o produto, ao ser degustado, apresente menor coesividade.

Os parâmetros de gomosidade e mastigabilidade são parâmetros associados, respectivamente, à firmeza e coesividade e à elasticidade e gomosidade. De acordo com POLICARPO et al. (2007) a gomosidade representa a força necessária para mastigar um alimento semissólido e a mastigabilidade um parâmetro resultante do produto entre a firmeza, coesividade e elasticidade (SÁNCHEZ-MACÍAS et al. 2010).

Tabela 4.16- Médias e erro padrão dos parâmetros de Perfil de Textura (TPA) - Firmeza, adesividade, coesividade, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade

DOCE DE UMBU COM LEITE						
Amostras	Firmeza (N)	Adesividade (N.s)	Coesividade	Elasticidade	Gomosidade (N)	Mastigabilidade (J)
I	45,37 ^c	0,47 ^b	0,30 ^{ab}	0,95 ^a	13,56 ^b	13,00 ^b
III	73,02 ^b	0,73 ^b	0,23 ^b	0,97 ^a	16,72 ^b	16,17 ^b
V	91,96 ^a	1,75 ^a	0,42 ^a	1,00 ^a	38,73 ^a	38,73 ^a
DMS	3,38	0,64	0,19	0,08	14,92	15,23
CV(%)	1,92	25,72	24,12	3,09	25,89	26,86
MG	70,11	0,99	0,32	0,97	23,00	22,63
F calculado	905,86 ^{**}	21,17 ^{**}	4,83 ^{ns}	1,99 ^{ns}	15,90 ^{**}	15,98 ^{**}
DOCE DE UMBU SEM LEITE						
Amostras	Firmeza (N)	Adesividade (N.s)	Coesividade	Elasticidade	Gomosidade (N)	Mastigabilidade (J)
II	58,64 ^c	0,52 ^c	0,26 ^a	0,97 ^a	17,04 ^b	16,62 ^b
IV	88,26 ^b	1,63 ^b	0,27 ^a	0,98 ^a	21,77 ^{ab}	21,42 ^{ab}
VI	114,19 ^a	2,64 ^a	0,26 ^a	0,98 ^a	26,96 ^a	26,47 ^a
DMS	3,17	0,25	0,03	0,06	7,91	8,43
CV(%)	1,45	6,36	4,93	2,62	14,40	15,63
MG	87,03	1,60	0,27	0,98	21,92	21,51
F calculado	1451,01 ^{**}	326,04 ^{**}	0,81 ^{ns}	0,1022 ^{ns}	7,40 [*]	6,43 [*]

Obs.: I, III, V - doces de umbu com leite; II, IV, VI – doces de umbu sem leite; Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, não diferem estaticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; DMS - Diferença mínima significativa; CV- Coeficiente de Variação; MG- Média geral; *significativo a 5% e **significativo a 1% de probabilidade.

Nota-se na tabela acima que as amostras com adição de leite (I) e (III) não diferem entre si, assim como a amostra sem leite, (IV) não apresenta diferença entre as (II e VI), ambas apresentam um efeito significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, segundo o teste Tukey. Como era de se esperar, os valores de gomosidade e mastigabilidade apresentam o mesmo comportamento da firmeza, em que, quanto maior for a concentração da polpa de umbu nos doces elaborados, maior será a energia necessária para mastigar o produto. O mesmo comportamento foi observado por OLIVEIRA et al. (2009), no estudo com doces de banana, em que, os valores de gomosidade aumentam com a elevação dos valores de firmeza.

4.9- Análise sensorial

No início da análise sensorial foram distribuídos quarenta e cinco (45) questionários (Apêndice 4.1) para a seleção dos participantes da pesquisa, destes, foram recrutados trinta e seis (36) participantes aos testes de gostos, triangular e duo-trio (Apêndice 4.2), em que vinte quatro (24) julgadores apresentaram a sensibilidade sensorial adequada para seguir na pesquisa, sendo 60,0% mulheres e 40,0% homens. A faixa etária predominante foi entre 18 e 25 anos (42,0%), seguida da faixa entre 26 e 35 anos (35,5%), 36 e 45 anos (20,0%); 46 e 55 anos (2,5%). A maior parte dos consumidores (78,5%) apresentaram nível de escolaridade de superior incompleto e os demais possuem pós-graduação (21,5%). Com relação à apreciação do fruto do umbu, todos os participantes da última seleção afirmaram gostar do fruto e de doce de corte.

Na Tabela 4.17, são apresentados os módulos de diferenças entre as somas das ordens dos atributos, onde foi aplicado o Teste de Friedman. Com o número de amostras iguais a 6, e o número de julgamentos 24, utilizou-se a tabela de Newel e MacFarlane, para o nível de significância de 5%.

Tabela 4.17- Somas das ordens dos atributos sensoriais para cada amostra de doce de corte e diferentes concentrações de açúcar, sabor umbu

Atributos	Amostras					
	I	II	III	IV	V	VI
Acidez	4,35b	4,12b	4,35ab	2,76ab	4,17b	2,23a
Aparência	2,88a	4,64 ^a	3,47a	2,88a	3,76a	3,35a
Concentração da fruta	4,47b	3,94ab	3,52ab	2,17ab	4,05b	2,82ab
Cor	2,00a	5,05c	3,23abc	3,53abc	2,88ab	4,29bc
Consistência	2,88a	4,41 ^a	2,88a	3,00a	3,82a	4,00a
Doçura	4,82b	3,82ab	3,23ab	2,55a	4,08ab	2,47a
Preferência	4,11bc	4,41c	3,73abc	2,20a	4,12bc	2,41ab

Obs.: I, III, V - doces de umbu com leite; II, IV, VI – doces de umbu sem leite; Valores seguidos de uma mesma letra, numa mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Friedman ao nível de 5 % de probabilidade.

Nota-se que não houve diferença significativa entre todas as amostras estudadas para os parâmetros de aparência e consistência dos doces. Segundo QUEIROZ et al. (2006) esses fatores são importantes, considerando-se que o aspecto visual é o primeiro critério adotado na escolha dos alimentos.

Observa-se que o doce (I) obteve a maior média de doçura (4,82) e apresentou diferença significativa em um nível de 5% com os doces (IV) e (VI), no tocante a porcentagem de açúcar, no doce (I) é inferior ao do doce (IV), porém, a adição de leite em sua formulação, possivelmente mascarou a intensidade da acidez do umbu com mais eficiência que o açúcar. O doce com leite (V) apresentou a segunda maior média (4,08) quanto ao parâmetro de doçura, este resultado evidencia que a adição de leite nas amostras é um diferencial para a aceitação da doçura dos doces. FERNANDES et al. (2013) também observaram alterações na preferência da doçura de geleias de goiabada sem alterar a quantidade de açúcar das amostras, acrescentando apenas as concentrações de açúcar mascavo e cristal.

A adição de leite nos doces também influenciou extremamente a percepção da concentração de polpa de umbu nos doces, um dos menores valores médios (2,82) foi identificado para o doce (VI), na Tabela 3.1 verifica-se que é a amostra de doce que

possui maior concentração de polpa de umbu. O doce (V) possui 5% de polpa de umbu a menos que o doce (VI) e obteve praticamente o dobro do valor médio (4,05) para o parâmetro avaliado, o que confirma a influência do leite nas formulações.

Na avaliação da acidez do fruto, houve diferença significativa em nível de 5%, do doce (VI) entre os demais doces elaborados, resultado esperado uma vez que a amostra possui maior concentração de polpa de umbu e não possui leite em sua formulação, indicando maior acidez. LOUDES et al. (2010) avaliaram o gosto ácido de iogurte *diet* sabor morango enriquecido com concentrado proteico de soro, através da análise descritiva por ordenação e nas formulações estudadas não houve diferença significativa, pelo teste de Friedman.

Todas as amostras elaboradas diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) entre si no atributo de cor do doce. Os valores médios apresentaram aleatoriedade entre as amostras e variaram de (I) 2,00 a (II) 5,05. O mesmo comportamento foi observado por FERNANDES et al. (2013) na avaliação de diferentes concentrações de açúcar mascavo e cristal adicionados em geleias de goiaba, onde seus valores foram testados pelo teste de Friedman.

Os valores médios do parâmetro de consistência não apresentaram diferença significativa pelo teste de Friedman. Em consequência da reação de Maillard, o açúcar cristal junto aos açúcares presentes na polpa do umbu sofreu a caramelização durante o processo de cocção e a maior quantidade de açúcar potencializou a liga dos doces, favorecendo sua consistência. A mesma reação foi observada por MILAGRES et al. (2015) no estudo da análise sensorial de doce de leite produzido sem adição de sacarose, a diminuição da reação de caramelização justificou a menor aceitação dos doces de leite sem açúcar para o atributo de textura.

Percebe-se que o doce (II) sem adição de leite em sua formulação apresentou o maior valor médio (4,41) na análise de preferência, aparência (4,64), cor (5,05) e consistência (4,41), o que indica a maior preferência pelos julgadores. No entanto, mesmo os doces sem adição de leite possuem coloração marrom caramelizada, semelhante aos doces comerciais de goiaba que os julgadores costumam consumir, a similaridade desses doces não influenciou nos resultados dessa pesquisa, conforme a tabela as maiores médias de preferência foram verificadas também nos doces de umbu com adição de leite nas formulações, I (4,11), III (3,73) e V (4,12) o que resulta na boa aceitação pelos julgadores.

MARTINS et al. (2007) analisaram a aceitação de doce em massa de umbu verde e maduro e encontraram médias entre 6 (gostei ligeiramente) e 7 (gostei moderadamente), na escala hedônica utilizada, sem diferença significativa ($p>0,05$), pelo teste de Tukey, as médias do parâmetro de impressão global assemelha-se aos parâmetros de preferência abordado na ADO do presente trabalho. POLICARPO et al. (2003) também obtiveram boa aceitação, com maior frequência de nota 8 para o doce de umbu verde com adição de pectina e xarope de glicose.

5.0- CONCLUSÕES

- O rendimento foi maior que 70% em todas as amostras estudadas e a quantidade de açúcar e leite adicionado às formulações influenciou no tempo de cocção e no rendimento, os doces com maiores rendimentos foram o de leite/açúcar (I) 89,32% e açúcar (II) 85,21%;
- No estudo reológico das formulações, para uma taxa de cisalhamento fixa, a taxa de deformação diminui com o aumento da temperatura, assim as formulações classificam-se como fluidos não newtoniano e pseudoplásticos;
- Os coeficientes de determinação (R^2) verificados em todos os modelos ajustados foram maiores que 0,90 e os desvios quadrados médios menores que 0,6, assim, todos os modelos estudados podem ser utilizados para estimar os dados reológicos das formulações para a elaboração de doce de umbu de corte nas temperaturas avaliadas, sendo que os modelos de Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk apresentaram os melhores ajustes para todas as formulações;
- As curvas de congelamento da polpa do fruto de umbu e das formulações para a elaboração do doce possuem comportamento semelhante às curvas obtidas no congelamento da água pura, onde se percebe visualmente a separação entre as três fases do processo;
- As formulações com o maior teor de água, a (I) 92,9% e a (II) 92,3%, necessitam de um tempo maior para alcançar o estado final de congelamento;
- Quanto maior o gradiente térmico a que o produto está exposto, maior também é a velocidade de congelamento, representado por sua difusividade efetiva média, que foram, para as formulações (I) $1,14 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, (II) $1,10 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, (III) $1,56 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, (IV) $1,29 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, (V) $1,67 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, (VI) $1,55 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, respectivamente, e da polpa pré-cozida de $1,77 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$;

- A difusividade efetiva térmica média aumenta à medida que diminui a quantidade de água e aumenta o teor de sólidos presentes nas amostras;
- Quanto maior a quantidade de açúcar e leite adicionado às formulações, menores foram os valores de teor de água e acidez, e não apresentaram valores de lipídeos e vitamina C em sua composição;
- O valor da pectina está relacionado aos ingredientes polpa/açúcar/leite adicionados nas formulações e a adição desses ingredientes afetou a textura dos doces, reduzindo o teor de água;
- Os minerais presentes em quantidades significativas nos doces foram o Potássio, Fósforo, Cálcio e o Magnésio;
- Os parâmetros microbiológicos analisados se mantiveram dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira;
- A quantidade de polpa de umbu influenciou diretamente nos valores de textura, quanto menor a adição de polpa de umbu, o tempo de cocção é maior tornando o produto mais firme e mais adesivo;
- O doce (II) sem adição de leite em sua formulação apresentou o maior valor médio (4,41) na análise de preferência, aparência (4,64), cor (5,05) e consistência (4,41), o que indica a maior preferência pelos julgadores;
- As maiores médias de preferência foram verificadas também nos doces de umbu com adição de leite nas formulações, I (4,11), III (3,73) e V (4,12) o que resulta na boa aceitação pelos julgadores.

6.0- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIA. Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação. **Compêndio de legislação dos alimentos**: consolidação das normas e padrões para alimentos. São Paulo: ABIA, 2001.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Análise sensorial de alimentos e bebidas**- NBR 12806. Rio de Janeiro: ABNT, p. 8, 1993.

ADAMBOUNOU, T. L.; CASTAIGNE, F., DILLON, J. C. Abaissement de l'activité de l'eau de légumes tropicaux par déshydratation osmotique partielle. **Sciences des Aliments**, v. 3, n. 4, p. 551-567, 1983.

ADHIKARI, B.; HOWES, T.; BHANDARI, B. R.; TRUONG, V. Stickiness in foods: mechanisms and test methods- a review. **International Journal of Food Properties**, Philadelphia, v. 4, n. 1, p. 1-33, 2001.

ALMEIDA, R. D. Desidratação osmótica com secagem complementar de banana pacovan. 2013. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba.

ALBUQUERQUE, J. P. Fatores que influem no processamento de geleias e geleiadas de frutas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31, p.1-8, 1997.

ALMEIDA, M. M. B et al. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from Northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.

ALVES, M. S et al. Caracterização físico-química de três marcas comerciais de goiabadas comercializadas no município de Uruçuca – Bahia. **Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e inovação VII CONNEPI Palma Tocantins-2012**. Ciência, tecnologia e inovação: ações sustentáveis para o desenvolvimento regional.

ALVES, R. E et al. Postharvest physiology and biochemistry of some non-traditional American tropical fruits. **Acta Horticulturae**, v. 768, p. 233–238, 2008.

AMARAL, D. A.; de SOUZA PEREIRA, M. L.; FERREIRA, C. C.; GREGÓRIO, E. L. Análise sensorial de geleia de polpa e de casca de maracujá. **HU Revista**, v. 38, n. 3 e 4, p. 181-186, 2014.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Rotulagem nutricional obrigatória**: manual de orientação às indústrias de Alimentos. 2ª Versão. Brasília: Ministério da Saúde/Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2005. 44p.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. USA, 18.ed. 3ª Review, Washington, p. 1094, 2010.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. USA, 14.ed. Arlington, p. 1041, 1997.

APHA - American Public Health Association. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. USA, 4.ed. Washington, p. 676, 2001.

ARAÚJO, M. S. O.; BRAGA, M. E. D.; CAVALCANTI MATA, E. R. M. Cinética de congelamento de polpa de acerola a baixas temperaturas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.2, n.1, p.27-34, 2000.

BANJONGSINSIRI P, KENNEY S, WICKER L. Texture and distribution of pectic substances of mango as affected by infusion of pectinmethylesterase and calcium. **Journal Science Food Agriculture**. v. 84, n. 12, p. 1493-1499. 2004.

BARBOSA, A. S et al. Comparação da composição química da polpa dos frutos do umbuzeiro e palma com frutos regionais. **III Congresso Norte-Nordeste de Química**. São Luís, Maranhão, Campus da IFMA. 2009.

BARCIA, M. T.; MEDINA, A. L.; ZAMBIAZI, R. C. Características físico-químicas e

sensoriais de geleias de jambolão. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 25-36, 2010.

BARROSO, G. M et al. **Sistemática das angiospermas do Brasil**. v. 1, p. 309, 2002.

BASTOS, J. S.; MARTINEZ, E. A.; de SOUZA, S. M A. Características físico-químicas da polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Camara) comercial: Efeito da concentração. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 3, n. 1, p. 11-16, 2016.

BELCHIOR, N. C. Transferência de calor no congelamento de polpa de maracujá. 2012. **Dissertação** (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.31, n.4, p.507-503, 1998.

BESBES, S et al. Adding value to hard date (*Phoenix dactylifera* L.): composition, functional and sensory characteristics of date jam. **Food Chemistry**, v. 112, n. 2, p. 406-411, 2009.

BOURNE, M. Relation between texture and mastication. **Journal of Texture Studies**. v.35, n. 2, p.125-143, 2004.

BOURNE, M. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. **Food science and technology international series**. 2002.

BRANCO, I. G.; GASPARETTO, C. A.; Aplicação da Metodologia de Superfície de Resposta para o Estudo do Efeito da Temperatura sobre o Comportamento Reológico de Misturas Ternárias de Polpa de Manga e Sucos de Laranja e Cenoura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.23, p. 166-171, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC no 272, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. **Diário Oficial da Republica**

Federativa do Brasil. Brasília; 2005. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php/>>. Acesso em: 15 agosto 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 10 jan. 2001. Seção 1, p. 45.

BRASIL, Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento da Lei nº 8.918, de 14 julho de 1994, aprovado pelo Decreto nº 2.314, de 4 de setembro de 1997, que dispõe sobre o regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 07 de Janeiro de 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Normativa nº9, de 1978**, de 11 de dezembro de 1978a. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/7dbc1e80474587f89185d53fbc4c735/Resolucao_9_1978.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 01 março 2016.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária-ANVISA. Resolução de Diretoria Colegiada nº 12, de 24 de julho de 1978b. Normas Técnicas Relativas a Alimentos e Bebidas. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1978.

CARDELLO, H. M. A. B. **Atualidades em análise sensorial**. Campinas: UNICAMP, Faculdade de Engenharia de Alimentos, p. 31, 2003.

CARMO, S. K. S.; SÁ, S. K. C. V. L.; ALMEIDA, M. M.; SWARNAKAR, R. Produção e caracterização de fermentado de umbu a partir de sua polpa comercial. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 15-20, 2012.

CARVALHO, H. A de et al. Efeito da atmosfera modificada sobre componentes da parede celular da goiaba. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 3, p. 605-615, 2001.

CARVALHO, A. V.; MATTIETTO, R. A.; ASSIS, G. T.; LOURENÇO, L. F. H. Avaliação do efeito da combinação de pectina, gelatina e alginato de sódio sobre as características de gel de fruta estruturada a partir de “mix” de polpa de cajá e mamão, por meio da metodologia de superfície de resposta. **Acta Amazônica**, v.41, n.2, p.267-274, 2011.

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**, v. 31, n. 4, p.1102-7, 2007.

CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. C et al. Obtenção de graviola em pó pelo processo de liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 7, n. 2, p. 165-172, 2005.

CAVALCANTI MATA, M. E. R. M; BRAGA, M. E. D.; da SILVA, M. Curvas de congelamento de frutos de cajá (*Spondias lutea* L.) a temperaturas semi-criogênicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 1, p. 55-62, 2003.

CEREZAL P, DUARTE G. Sensory influence of chemical additives in peeled cactus pears (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) in syrup conserved by combined methods. **J Prof Assoc Cactus Dev**. v. 6 n. 6, p. 102-119, 2004.

CHAGAS, E. N.; MENEZES, C. C.; CIRILLO, M. A.; BORGES, S. V. Método “Ridge” em modelo de superfície de resposta: otimização de condições experimentais na elaboração de doce de goiaba. **Revista Brasileira Biometria**. v. 26, n. 4, p. 71-81, 2009.

CHAVES, J. B. P.; SPROESSER, R. L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Universidade Federal de Viçosa, p. 81, 2006.

CHIM, J. F.; ZAMBIAZI, R. C.; BRUSCATTO, M. H. **Doces em massa light de morango**: caracterização físico-química e sensorial. v. 17, n. 3, p. 295-301, 2006.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de Frutas e Hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. v. 2, p. 785, 2005.

COLLA, L. M.; PRENTICE-HERNANDEZ, C. Congelamento e Descongelamento: Sua Influência sobre os Alimentos. **Vetor**, Rio Grande, v.13, n. 53, p. 53-66, 2003.

CORREIA, L. F. M.; FARAONI, A. S.; PINHEIRO SANT'ANA, H. M. Effects of industrial foods processing on vitamins stability. **Revista Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.19, n. 1, p. 83-95, 2008.

COSTA, J. A., J et al. Avaliação microbiológica e sensorial de doce em pasta elaborado com soro de leite e pedúnculo do caju. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 10 n .1, p. 9-15, 2016.

CRANK, J. **The Mathematics of diffusion**. 2nd ed. Clarendon Press, Oxford, 1975.

DA SILVA, K. M et al. Elaboração de néctar misto de umbu-cajá, couve-flor e gengibre: caracterização físico-química e sensorial. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 5, n. 1, p. 09-17, 2015.

DAMIANI, C et al. Avaliação química de geleias de manga formuladas com diferentes níveis de cascas em substituição à polpa. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.1, p.177-184, 2009.

DANTAS JÚNIOR, O. R. Qualidade e capacidade antioxidante total de frutos de genótipos de umbuzeiro oriundos do semi-árido nordestino. 2008. **Tese** (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

DIAS, M. V et al. Aproveitamento do albedo do maracujá na elaboração de doce em massa e alterações com o armazenamento. **Revista Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 1, p. 71-78, 2011.

DIAS, M. V et al. Estudo de Variáveis de processamento para a produção de doce em massa da casca do maracujá (*Passiflora edulis f. Flavicarpa*). **Ciência e Tecnologia de alimentos**, Campinas, v.31, n.1, p. 65-71, 2011.

DIAS, S. L et al. Avaliação das características físicas e físico-química do fruto do umbuzeiro. **I Congresso Norte-Nordeste de Química**, Resumos... Associação Norte-Nordeste de Química. Natal, UFRN, 2007.

DINCER, I. Thermal diffusivities of geometrical objects subject to cooling. **Applied Energy**, London, v. 51, p. 111-8, 1995.

DUQUE, J. G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 3.ed. Mossoró: ESAM, 1980, p.316.

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. 3.ed. Curitiba: Champagnat, 2011.

FARAONI, A. S et al. Propriedades reológicas de sucos mistos de manga, goiaba e acerola adicionados de fitoquímicos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.16, p. 21-28, 2013.

FELLOWS P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Porto Alegre: ARTMED; 2008.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e práticas**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FERNANDES, L. G. Avaliação mineralógica e dos teores de vitamina C das polpas in natura purpurea de *Spondias tuberosa* Arruda Câmara (umbu), *Spondias*, L. (ciriguela) e *Spondias* sp. (cajarana do sertão) 2013. **Dissertação**. Universidade de Federal de Campina Grande. Patos-Paraíba.

FERNANDES, L. G. V et al. Caracterização físico-química e sensorial de geleias de goiaba preparadas com açúcar mascavo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.15, n.2, p.167-172, 2013.

FERNANDES, L. G.; LIMA, E. Q.; OLIVEIRA, E.; RODRIGUES, O. G. Avaliação nutricional das polpas in natura de spondias tuberosa arruda câmara (umbu), spondias purpurea l. (ciriguela) e spondias sp. (cajarana. Do sertão). **Revista de Biologia e Farmácia, Campina Grande**, v. 9, n. 1, p. 139-147, 2013.

FERNANDES, T. N.; RESENDE, J. V.; CRUVINEL, R. S. R.; RENO, M. J. Relação entre o comportamento reológico e a dinâmica do congelamento e descongelamento de polpa de morango adicionada de sacarose e pectina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, n.1, p.188-204, jan.-mar. 2010.

FERNANDES, T. K. S et al. Estudo do comportamento reológico da polpa de umbucajá em função da concentração de maltodextrina. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.10, n.2, p.171-180, 2008.

FERREIRA, G. M. Estudo das propriedades reológicas do sistema polpa de cupuaçu-biopolímeros. 2008. **Tese**. Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ.

FERREIRA, J. C.; MATA, M. E. R. M. C.; BRAGA, M. E. D. Análise sensorial da polpa de umbu submetida a congelamento inicial e temperaturas criogênicas e armazenadas em câmaras frigoríficas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 7-17, 2000.

FOLCH, J.; LESS, M.; STANLEY, S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal Biological Chemistry**, v.226, n.1, p.497-509, 1957.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1998.

GAZOLA, M. B. Caracterização de polpas de bebidas à base de extrato hidrossolúvel de soja, amora, pitanga, mirtilo – análises reológicas, fitoquímicas, físico-químicas, microbiológicas e sensoriais. 2014. **Dissertação**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco.

GOLDFARB, M et al. Cinética de congelamento criogênico de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). **Engenharia Ambiental**, v.7, n.1, p.195-203, 2010.

HAMINIUK, C. W. I. Comportamento reológico e fracionamento pécico das polpas integrais de araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) e amora-preta (*Rubus* spp). 2005. 85f. **Dissertação** (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

HUANG, M et al. Characters of rice starch gel modified by gellan, carrageenan and glucomannan: a texture profile analysis study. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v.69, n. 3, p. 411-418, 2007.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 4.ed. São Paulo, 2008. 1020p.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produtos das lavouras permanentes**. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2010/tabela_s_pdf/tab01.pdf>. Acesso 10 jan. 2012.

JACKIX, M. H. **Doces, geléias e frutas em calda**. São Paulo: Ícone, 1988. p. 85-158.

KAWAGUTI, H. Y. et al. Perfil sensorial e aceitação de néctares de goiaba industrializados. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. v. 1, n. 2, p. 70-82, 2007.

LAGO-VANZELA, E. S et al. Chemical and sensory characteristics of pulp and peel 'cajá-manga' (*Spondias cytherea* Sonn.) jelly. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31, n.2, p.398-405, 2011.

LEISTNER L. Food preservation by combined methods. **Food Research International**. v. 25, n. 2, p. 151-8, 1992.

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

LIMA, F. S. M. Caracterização físico-química e bromatológica da polpa de *spondiassp* (cajarana do sertão). 2010 p. 65. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal de Campina Grande, campus Patos, Paraíba.

LIMA, D. M et al. **Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO**. Versão 2. 2. ed. Campinas: NEPA/UNICAMP, 113 p. 2006.

LIMA, A. K. V et al. Caracterização físico-química de umbuzadas formuladas com palma forrageira. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.14, n.4, p.397-405, 2012.

LIMA, E. D. P. de A.; LIMA, C. A. de A.; ALDRIGUE, M. L.; GONDIM, P. J. S. Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondiassp.*) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n.2, p.338-343, 2002.

LOURES, M. M. R et al. Análise descritiva por ordenação na caracterização sensorial de iogurte diet sabor morango enriquecido com concentrado protéico do soro. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 661-668, 2010.

MARINHO, M. V. M et al. Análise físico-química e sensorial de iogurte de leite de cabra com polpa de umbu. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 14, p. 497-510, 2012.

MARTÍN-BELLOSO O. Effects of high intensity pulsed electric field processing conditions on vitamin C and antioxidant capacity of orange juice and gazpacho, a cold vegetable soup. **Food Chemistry**. v. 102, n.1, p 201-209, 2007.

MARTINS, R. Doce em Pasta e em Calda. Dossiê Técnico. REDETEC - **Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (SBRT)**, 2007. Disponível em: <<http://sbrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MjM0>>. Acesso 23 ago. 2016.

MARTINS, M. L. A et al. Características de doce em massa de umbu verde e maduro e aceitação pelos consumidores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 9, p. 1329-1333, 2007.

MATTA, V. M et al. Polpa de fruta congelada. Brasília, **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 35, 2005.

MATTIETTO, R. A.; LOPES, A. S.; MENEZES, H. C. Estabilidade do néctar misto de cajá e umbu. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.3, p.456-463, 2007.

MEDEIROS, S. S. A. Obtenção de pó de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara) para umbuzada: processamento e caracterização do pó. 102f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola). Departamento de engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2004.

MEILGAARD, M. C.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 4.ed. Boca Raton, 2006.

MENEZES, C. C et al. Caracterização física e físico-química de diferentes formulações de doce de goiaba (*Psidium guajava* L.) da cultivar Pedro Sato. **Ciências e Tecnologia dos Alimentos**. v. 29, n. 3, p. 618-25, 2009.

MENEZES, C. C. Otimização e avaliação da presença do sorbato de potássio e das embalagens sobre o doce de goiaba durante o armazenamento. 2008. 145 p. **Dissertação** (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.

MILAGRES, M. P et al. Análise físico-química e sensorial de doce de leite produzido sem adição de sacarose. **Ceres**. v. 57, p. 4, 2015.

MILLER A.; SCHAAL, B. Domestication of a Mesoamerican cultivated fruit tree, *Spondias purpurea*. **Proceeding of the National Academy of Science of the United States of America**, v.102, n.36, p.12801-12806, 2005.

MINIM, V. P. R. **Análise sensorial – Estudo com consumidores**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2010.

MITSCHKA, P. **Simple conversion of brookfield RVT: readings into viscosity functions**, 1982.

MOURA, R. L et al. Avaliação da qualidade físico-química em doces cremosos de goiaba comercializados em limoeiro do norte-CE. **Revista Verde**, v. 9, n. 3, p. 303 – 306, 2014.

MUNIZ, M. B., QUEIROZ, J. M., FIGUEIRÊDO, R. M.F., DUARTE, M. E. M. Caracterização termofísica de polpas de bacuri. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p.360-368, 2006.

NAVARRO, R. D. C. D. S. Caracterização sensorial e reológica de requeijão light adicionado de concentrado protéico de soro. 2010. **Tese**. Universidade Federal de Viçosa.

NEPA - Núcleo de Estudos e Pesquisa em Alimentação. Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. TACO - **Tabela de Composição de Alimentos**. ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2011.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G. **Tecnologia da produção do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**. Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. Pró-Reitoria de Extensão, n. 127, 2005.

NOUR, V.; TRANDAFIR, I.; IONICA, M. E. Ascorbic acid, anthocyanins, organic acids and mineral content of some black and red currant cultivars. **Fruits**, Paris, v. 66, n.5, p. 353-362, 2011.

OAKENFULL, D. Gelling agents. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 26, n. 1, p. 1-25, 1987.

OETTERER, M; SPOTO, M. H. F; REGITANO-d'ARCE. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. São Paulo, Manole, 2006.

OLIVEIRA, G. S. Aplicação do processo de liofilização na obtenção de cajá em pó: Avaliação das características físicas, físico-químicas e higroscópicas. 2012 p.85. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2012.

OLIVEIRA, J. A. R.; CARVALHO, A. V.; MARTINS, L. H. S.; MOREIRA, D. K. T. Elaboração e caracterização físico-química e sensorial de estruturados de polpa concentrada de abacaxi. **Revista Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 1, p. 23-31, 2012.

OLIVEIRA, L. F et al. Utilização de casca de banana na fabricação de doces de banana em massa- avaliação da qualidade. **Revista Alimentos e Nutrição**, Araquara. v. 20, n. 4, p. 581-589, 2009.

OLIVEIRA, J. A. R.; CARVALHO, A. V.; MOREIRA, D. K. T.; MARTINS, L. H. D. S. Elaboração e caracterização de estruturado obtido de polpa concentrada de cupuaçu. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 53, n. 2, p. 164-170, 2010.

PASCUA, Y.; KOÇ, H. E. E. A. Foegeding, E. Food structure: Roles of mechanical properties and oral processing in determining sensory texture of soft materials. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**. v. 18, p. 324–333, 2013.

PEARSON, D. **The Chemical Analysis of Foods**. 9th ed. Churchill Livingstone Publisher, London, p. 604, 1991.

PEREIRA, C. G. Propriedades termofísica e comportamento reológico de polpa de acerola em diferentes concentrações e temperaturas. 2013. 135p. **Dissertação** (Mestrado em Ciência de Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.

PIMENTA, C. M, A, G, M. Desenvolvimento de doce de kiwi avaliação das propriedades físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de doce de kiwi ao longo do tempo de armazenamento. 2014. **Dissertação** (Mestrado em segurança Alimentar), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.

POLESI, L. F et al. Caracterização física e química de geleia de manga de baixo valor calórico. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 1, p. 85-90, 2011.

POLICARPO, V. M. N et al. 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 et al. Aprovechamiento de la pulpa de “umbu” (*Spondias tuberosa*, Arr. Cam.) verde como alternativa para la producción de dulces en masa. **Alimentaria**, n. 344, p. 75-78, 2003.

PRATI, P.; MORETTI, R. H.; CARDELLO, A. B. Elaboração de bebida composta por mistura de garapa parcialmente clarificada – estabilizada e sucos de frutas ácidas. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 3, p.43-56, 2005.

QUEIROZ, M. I et al. Avaliação do teor de proteína da *Aphanothece* sp. Caracterização em aminoácidos. In: **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia de Alimentos**, 2006, v. 2, n. 1, p. 1.089-1.091.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa, 2007.

RICHTER, V. B.; AVANCINI, T. C.; PRUDENCIO, S. H.; BENASSI, M. T. Proposing a ranking descriptive sensory method. **Food Quality and Preference**, Oxford, v. 21, n. 6, p. 611-620, 2010.

RODRIGUES, F. F. G.; NASCIMENTO, E. M. M.; FURTADO, C. A. N.; COSTA, J. G. M.. Análise físico-química de espécies de spondias oriundas do cariri cearense. **Caderno de Culturas e Ciência**. v. 1, n. 2, 2010.

RUFINO, M. do S. M et al. Bioactive compounds and antioxidante capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

SÁNCHEZ-MACÍAS, D et al. Physicochemical analysis of full-fat, reduced-fat, and low-fat artisan-style goat cheese. **Journal of Dairy Science**. v. 93, p.3950-3956, 2010.

SATO, A. C. K.; CUNHA, R. L. Influência da temperatura no comportamento reológico da polpa de jabuticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, p. 890-896, 2007.

SATO, A. C. K. Influência do tamanho de partículas no comportamento reológico da polpa de jabuticaba. 2005. 73f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

SANTOS, P. H. Influência da temperatura e da concentração de sólidos solúveis no comportamento reológico de polpas de jambo-vermelho com casca, cupuaçu e suas misturas. 2013. 120 p. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SANTOS, P. R. G et al. Geleia de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.): desenvolvimento, caracterização microbiológica, sensorial, química e estudo da estabilidade. **Revista do Instituto Adolfo Lutz** v. 71, p. 281-90, 2012.

SANTOS, M. B.; CARDOSO, R. L.; FONSECA, A. A. O.; CONCEIÇÃO, M. N. Caracterização e qualidade de frutos de umbu-cajá (*Spondias tuberosa* X *S. mombin*) provenientes do recôncavo sul da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1089-1097, 2010.

SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. Inter-relações genéticas entre espécies do gênero *Spondias* com base em marcadores AFLP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.3, p.731-735, 2008.

SANTOS, C. A. F.; RODRIGUES, M. A.; ZUCCHI, M. I. Variabilidade genética do umbuzeiro no Semi-Árido brasileiro, por meio de marcadores AFLP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 1037-1043, 2008b.

SANTOS – SEREJO, J. A. dos et al. **Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p. 509 p. il. Color. 2009.

SCHRAMM, G. **A practical approach to rheology and rheometry**. 2 ed. Germany. p. 291, 2000.

SEAGRI. SECRETARIA SA AGRICULTURA IRRIGAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Vinho de umbu é alternativa para os produtores do semiárido baiano**. Jornal A Tarde. Disponível em: <<http://www.seagri.ba.gov.br/noticias.asp?qact=view&no tid=22625>>. Acesso em: 04 jul. 2011.

SHARMA, S. K.; MULVANEY, S., J.; RIZVI, S., S., H. **Food process engineering – theory and laboratory experiments**. John Wiley & Sons Publication, INC., Cornell University, Ithaca, NY, EUA, p. 216-218, 2000.

SILVA, M. I.; MARTINS, J. N.; ALVES, J. E. de A.; DA COSTA, F. F. P. Caracterização físico-química da polpa de umbu em camada de espuma. **Revista Semiárido De Visu**, v. 3, n. 2, p. 82-91, 2015.

SILVA, E. B et al. Aproveitamento integral de alimentos: avaliação físico química e sensorial de doce de cascas do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *Flavicarpa*).

Revista Augustus, Rio de Janeiro, v. 19, n. 38, p. 44-60, 2014.

SILVA, L. M. M. Comportamento reológico e caracterização físico-química de polpa e geleia de umbu (*spondias tuberosa* arruda câmara). 2013. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

SILVA, L. M. M et al. Comportamento reológico de bebidas mistas de cajá e manga adicionadas de prebióticos. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 30, n. 1, 2012.

SILVA, L. M. R et al. Ajuste dos parâmetros reológicos de polpas de acerola, caju e manga em função da temperatura: Modelos de Ostwald-deWaele, Herschel-Buckley e Casson. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 14, n. 1, p. 37-49, 2012.

SILVA, L. M. R et al. Desenvolvimento de néctares mistos à base de manga e cajá enriquecidos com frutooligossacarídeos ou inulina. **Alimentação e Nutrição**, v. 22, n. 1, p. 149- 154, 2012.

SILVA, F. V. G et al. Bioactive compounds and antioxidant activity in fruits of clone and ungrafted genotypes of yellow mombin tree. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, n. 4, p. 639-646, 2012.

SILVA, L. R et al. NOGUEIRA, D.H. Qualidade de frutos de genótipos de umbu-cajazeiras (*Spondias* sp.) oriundos da microrregião de Iguatu, **Ce. Scientia Plena**, v.7, n.8, p.1-7, 2011.

SILVA, M. S. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; SANTIAGO, V. M. S. Avaliação físicoquímica e sensorial de doces cremosos produzidos com soro de leite de cabra, leite de vaca e polpa de umbu. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n. Especial, p. 397- 410, 2011.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: **WORLD CONGRESS ON**

COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: America Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, J. O. S. **Avaliação de alimentos: teste afetivo e escala hedônica**. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. (Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC. Respostas Técnicas). p. 4, 2006.

SOARES, D. S. C et al. Avaliação do tempo de congelamento da mangaba (*Hancornia Speciosa* Gomes) em ultrafreezer através dos modelos matemáticos de Planck e Pham. **Science Plena**, v. 8, n. 4, 2012.

SOUZA, A. V. D et al. L. Caracterização bromatológica de frutos e geleias de amora-preta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, p. 13-19. 2015.

SOUSA, E. P.; QUEIROZ, A. J. M.; LEMOS, D. M. Comportamento reológico e efeito da temperatura da polpa de pequi em diferentes concentrações. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 3, p. 226-235, 2014.

STATSOFT, Inc. STATISTICA for Windows (data analysis software system), version 8.0. **Computer program manual**. Tulsa: Statsoft, 2008.

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. 2 ed. East Lansing, Michigan State, USA: Freeman Press, p. 418, 1996.

TELIS, V. R. N.; TELIS-ROMERO, J.; GABAS, A. L. Solids rheology for dehydrated food and biological materials. **Drying Technology**, v. 23, n. 4, p.759-780, 2005.

TIBURSKI, J. H et al. Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) pulp. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2326-2331, 2011.

TURINI, E. Umbu (fruto). **Companhia Nacional de Abastecimento**, 2010. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/.../11_06_30_17_46_37_umbu_junho.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2010.

TOUATI , N.; TA RAZONA -DÍAZ, M. P.; AGUAYO, E.; LOUAILECHE, H. Effect of storage time and temperature on the physicochemical and sensory characteristics of commercial apricot jam. **Food Chemistry**, London, v. 145, p. 23–27, 2014.

UBOLDI EIROA, M. N. Atividade de água: influência sobre o desenvolvimento de microrganismos e métodos de determinação em alimentos. **Boletim do ITAL**, v. 3, n. 18, p. 353-383, 1981.

VANDRESEN, S.; Caracterização físico-química e comportamento reológico de sucos de cenoura e laranja e suas misturas. 2007. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

VIANA, E. S et al. Caracterização físico-química e sensorial de geleia de mamão com araçá-boi. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.4, p.1154-1164, 2012.

WICKLUND, T et al. Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. **Food Science and Technology**. v. 38, n. 4, p. 380-91, 2005.

WILLE, G. M. F et al. Desenvolvimento de tecnologia para a fabricação de doce em massa com araçá-pêra (*Psidiumactutangulam* D. C.) para o pequeno produtor. **Revista Ciências Agrotecnica Lavras**, v. 28, n.6, p. 1360-1366, 2004.

YUYAMA, L. K. O et al. Desenvolvimento e aceitabilidade de geleia dietética de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 929-934, 2008.

APÊNDICE A

(Fichas referentes à análise sensorial)

APÊNDICE A.1

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS

Questionário de recrutamento para análise sensorial de doce de corte sabor umbu

Doutoranda: Renata Duarte Almeida

Nome: _____ Telefone: _____

E-mail: _____

Faixa etária: () 21-30 () 31-40 () 41-50 () 51-60 () acima de 61

Gênero: () Feminino () Masculino

Grau de escolaridade:

() Ensino Médio () Ensino Superior () Pós-Graduação

Consome doce de corte: () Sim () Não

Fumante: () Sim () Não

Você gosta de Umbu: () Sim () Não

Com que frequência você consome doce de corte?

() Todos os dias () 2 a 3 vezes por semana

() 1 vez por semana () 1 a 2 vezes por mês

Como consome doce de corte?

Puro () Com biscoito doce/salgado () Queijo () Água () Outros ()

Quais: _____

Indique o quanto você aprecia cada um destes produtos

Produto	Gosto	Indiferente	Não Gosto
Doce de Banana	_____	_____	_____
Doce de Goiaba	_____	_____	_____
Doce de Caju	_____	_____	_____

Descreva algumas características de sabor que você percebe em Doces de Corte.

Existe algum alimento, condimento ou ingrediente pelo qual você apresenta intolerância, aversão ou alergia? Explique o motivo.

Você toma alguma medicação que afete seus sentidos, especialmente o paladar e o olfato? Se positivo, qual? _____

É Diabético? _____

Disponibilidade de horário para participar das seções de ADO (Tem preferência por algum dia ou horário para as sessões)
: _____

Existe algum dia ou horário no qual não possa participar das sessões de ADO?

Cite um alimento que você considera:

Muito doce: _____

Pouco doce: _____

Macio: _____

APÊNDICE A.2

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS

Questionário para seleção de provadores do doce de corte sabor umbu**Doutoranda: Renata Duarte Almeida**

Nome: _____ Telefone: _____

E-mail: _____

TESTE DE RECONHECIMENTO DE GOSTOS

Prove cuidadosamente cada solução e identifique o gosto percebido, preenchendo com um X no quadro correspondente ao gosto previamente identificado.

n. da amostra	Doce	Salgado	Ácido	Umami	Amargo

Comentários:

TESTE DUO-TRIO

Você está recebendo uma amostra referência (R) e duas amostras codificadas de doce. Uma das amostras codificadas é igual à referência. Por favor, prove as amostras da esquerda para a direita e circule o código da amostra que lhe pareça igual a referência.

Comentários:

TESTE TRIANGULAR

Duas das três amostras de doce apresentadas são idênticas. Por favor, prove as amostras da esquerda para a direita e circule o código da amostra que lhe pareça diferente.

APÊNDICE A.3

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS
Questionário de seleção para análise sensorial de doce de corte sabor umbu
Doutoranda: Renata Duarte Almeida

Nome: _____ Telefone: _____

E-mail: _____

Quais características sensoriais você julga serem mais importantes na análise de um doce de corte? Selecione até cinco características.

Aparência ()

Cor ()

Doçura ()

Odor ()

Acidez ()

Consistência ()

Sabor Residual ()

Arenosidade ()

Concentração da Fruta ()

Creiosidade ()

APÊNDICE A.4

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS

Análise de Ordenação de Doce de Umbu

Doutoranda: Renata Duarte Almeida

Nome: _____ Telefone: _____

E-mail: _____

1- Você está recebendo seis amostras codificadas. Por favor, prove as amostras da esquerda para a direita, coloque-as em ordem crescente quanto aos parâmetros observados. Enxague a boca e espere alguns segundos após cada avaliação.

APARÊNCIA

_____ _____ _____
Menos Agradável Mais Agradável

DOÇURA

_____ _____ _____
Menos Agradável Mais Agradável

CONCENTRAÇÃO DA FRUTA

_____ _____ _____
Menos Agradável Mais Agradável

ACIDEZ

_____ _____ _____
Menos Agradável Mais Agradável

CONSISTÊNCIA

_____ _____ _____
Menos Agradável Mais Agradável

COR

Menos Agradável

Mais Agradável

1- Ordene as amostras em ordem crescente de **PREFERÊNCIA**.

Menos Agradável

Mais Agradável