



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dissertação de Mestrado

OBTENÇÃO DO LEITE DE CABRA EM PÓ COM DIFERENTES
CONCENTRAÇÕES DE POLPA DE CAJÁ

MARCOS ANTÔNIO GERMANO DO NASCIMENTO

Campina Grande
Paraná



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



DISSERTAÇÃO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ARMAZENAMENTO E PROCESSAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS

OBTENÇÃO DO LEITE DE CABRA EM PÓ COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE POLPA DE CAJÁ

MARCOS ANTÔNIO GERMANO DO NASCIMENTO

Campina Grande – Paraíba

JULHO – 2009

**OBTENÇÃO DO LEITE DE CABRA EM PÓ COM DIFERENTES
CONCENTRAÇÕES DE POLPA DE CAJÁ**

MARCOS ANTÔNIO GERMANO DO NASCIMENTO

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola da
Universidade Federal de Campina
Grande, como parte dos requisitos
necessários para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Agrícola.**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Processamento e Armazenamento de Produtos
Agrícolas**

**ORIENTADORES: Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata
Prof. Dr. Maria Elita Martins Duarte**

**Campina Grande – Paraíba
JULHO - 2009**



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFPG

N244o

2009 Nascimento, Marcos Antônio Germano do

Obtenção de leite de cabra em pó com diferentes concentrações de polpa de cajá / Marcos Antônio Germano do Nascimento. - Campina Grande, 2009.

159 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Referências.

Orientador: Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata e Prof^a Dr^a Maria Elita Martins Duarte.

1. Leite de Cabra. 2. Polpa de Cajá. 3. Liofilização. 4. Cinética de Congelamento. I. Título.

CDU 66.040.27(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

MARCOS ANTONIO GERMANO DO NASCIMENTO

OBTENÇÃO DE LEITE DE CABRA EM PÓ COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE
POLPA DE CAJÁ

BANCA EXAMINADORA

Mario Eduardo R. M. Cavalcanti Mata
Dr. Mario Eduardo R. M. Cavalcanti Mata – Orientador

Maria Elita Martins Duarte
Dra. Maria Elita Martins Duarte – Orientadora

Ana Paula Rocha Trindade
Dra. Ana Paula Rocha Trindade – Examinadora

Manoel Ferreira Alves
Dr. Manoel Ferreira Alves – Examinador

PARECER

APROVADO

APROVADO

APROVADO

APROVADO

JULHO - 2009

DEDICO

A minha mãe, **Maria do Carmo
Ferreira, “*in memóriam*”.**

Agradecimentos

A **Deus**, por me permitir realizar este sonho, dando-me forças a cada dia para vencer os obstáculos.

A minha mãe, **Maria do Carmo Ferreira do Nascimento**, pelo amor, dedicação e doação de vida.

A minha família, pelo incentivo, carinho e paciência que me dedicaram durante esta jornada, em especial a minha esposa, **Teresinha Rejane**, pelo amor e cumplicidade, aos meus filhos, **Acauã, Camila e Leticia**, por serem o combustível da minha vida e a meu pai, **Jaime Germano do Nascimento**, pelo exemplo de vida e perseverança.

Aos professores orientadores, **Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata** e à **Dra. Maria Elita Martins Duarte**, pela orientação, apoio e amizade durante a realização deste trabalho.

Aos Professores **Dra Ana Paula Trindade Rocha** e **Dr. Manoel Ferreira Alves**, pela valiosa contribuição.

Ao Diretor do Campus Belo Jardim, Professor **Geraldo Vieira**, pela amizade e apoio incondicional para a realização deste trabalho.

À coordenação do curso de pós-graduação em Engenharia Agrícola, **Profa. Dra . Josivanda Palmeira** e aos Professores que de forma direta ou indireta, colaboraram na concretização deste trabalho.

Aos meus amigos, de forma especiais, **Celeida, Dayne, Ezenildo, França, Flávia Cristina, José Carlos, João Carlos, Luis Dantas** e **Vólia** pessoas fundamentais na realização e concretização deste trabalho.

À **CAPES**, que possibilitou financeiramente a concretização deste sonho.

À professora **Dra. Odelsia Alsina** por ceder o laboratório de meios porosos e sistemas Particulados do Departamento de Engenharia Química.

A **Cândido José**, pela ajuda nas análises físico-químicas.

Aos Professores do Campus Belo Jardim, em particular aos da agroindústria **Verônica, Marcos, Mayk e Karen**, por contribuírem para a realização das análises sensoriais.

A todos os alunos do Campus Belo Jardim, sobremaneira aos de Agroindústria e Agropecuária, por participarem da análise sensorial.

Ao Eng^o Paulo de Almeida Farias, ao Eng^o Dr. Renato Fonseca Aragão e ao Eng^o Dr. José Rildo de Oliveira, pelo apoio recebido e profissionalismo durante minhas atividades no bloco CZ.

Aos funcionários do bloco CZ, que sempre colaboraram, Silas, Júlio César e Luciene.

Aos funcionários do Laboratório de Meios Porosos e Sistemas Particulados do Departamento de Engenharia Química, José Lopes e Nogueira, pela importante colaboração.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que este trabalho se tornasse realidade.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	vi
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 – Objetivo	3
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 – Leite de cabra.....	4
2.1.1 – Valor nutricional.....	5
2.1.2 – Leite em pó	6
2.1.3 – Leite em pó modificado.....	7
2.2 – Cajá.....	8
2.3 – Métodos de conservação.....	9
2.3.1 – Conservação de alimentos pelo calor.....	9
2.3.2 – Conservação pela pasteurização.....	10
2.3.3 – Conservação pela refrigeração.....	11
2.3.4 – Conservação pelo congelamento.....	11
2.3.5 – Cinética de congelamento.....	13
2.3.5.1 – Congelamento lento.....	14
2.3.5.2 - Congelamento rápido.....	15
2.3.5.3 - Congelamento ultrarrápido (crioconservação).....	16
2.3.6 – Secagem.....	18
2.3.7 – Liofilização.....	18
2.3.7.1 - Processo de liofilização.....	20
2.3.7.2 - Mecanismo de transferência de calor e massa.....	21
2.4 – Isotermas de sorção.....	22
2.5 – Análise sensorial.....	24
2.5.1 – Aparência e Cor.....	24
2.5.2 – Sabor.....	25
2.5.3 – Aroma.....	25

3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 – Matéria-prima.....	27
3.2 – Processamento para obtenção da polpa de cajá.....	27
3.3 – Preparo das formulações.....	29
3.4 - Caracterização físico-química.....	30
3.4.1 – pH.....	31
3.4.2 – Densidade a 15 °C.....	31
3.4.3 – Acidez titulável.....	31
3.4.4 – Teor de água	31
3.4.5 – Resíduo mineral (cinzas).....	31
3.4.6 – Lipídeos.....	32
3.4.7 – Extrato seco total (EST).....	32
3.4.8 – Extrato seco desengordurado ou sólidos não gordurosos (SNG).	32
3.4.9 – Glicídios totais, redutores e não redutores.....	32
3.4.10 – Proteína total.....	32
3.5 – Cinética de congelamento.....	33
3.6 - Cinética de liofilização.....	34
3.7 – Isotermas de equilíbrio.....	36
3.8 - Reconstituição do leite de cabra em pó modificado com polpa de cajá.	39
3.9 - Análise Sensorial.....	39
3.10 – Análise estatística	39
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4.1 – Caracterização da polpa de cajá.....	41
4.2 – Caracterização do leite de cabra.....	42
4.3 - Caracterização das formulações do leite de cabra.....	43
4.4 - Caracterização das formulações do leite de cabra em pó (Liofilizado)..	44
4.5 - Cinética de congelamento.....	46
4.5.1 – Cinética de congelamento do leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá na temperatura de -20 °C.....	46
4.5.2 – Cinética de congelamento do leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá na temperatura de -30 °C.....	50
4.5.3 – Cinética de congelamento do leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá na temperatura de -170 °C.....	53

4.5.4 – Cinética de congelamento do leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá na temperatura de -196 °C.....	55
4.6 - Cinética de liofilização.....	58
4.7 - Isotermas de sorção de umidade de equilíbrio das formulações em pó.	62
4.8 - Análise sensorial.....	73
5 - CONCLUSÕES.....	80
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
APÊNDICE A.....	98
APÊNDICE B.....	103
APÊNDICE C.....	108
APÊNDICE D.....	125
APÊNDICE E.....	130
APÊNDICE F.....	155
APÊNDICE G.....	157

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Evolução da temperatura durante o congelamento de um produto biológico com resfriamento lento (a), rápido (b) e ultrarápido (c).....	12
Figura 2.2 - Curvas de congelamento de: (a) água pura e (b) uma solução diluída de sacarose.....	13
Figura 2.3 - Unidades principais de cristalização. (a) Hexágonos regulares, (b) Dendritos (diedros) irregulares, (c) Unidades esféricas	17
Figura 2.4 - Diagrama de fases de uma substância pura	19
Figura 2.5 - Etapas do processo de liofilização.....	20
Figura 2.6 - Fluxo de calor e massa durante a liofilização unidimensional	21
Figura 2.7 - Fluxo de calor e massa durante a liofilização unidimensional.....	22
Figura 3.1 - Fluxograma do processamento de obtenção da polpa de cajá.....	29
Figura 3.2 - Fluxograma do processo de obtenção do leite de cabra em pó com diferentes concentrações polpa de cajá liofilizado.....	30
Figura 3.3 - Amostra do leite de cabra integral e pasteurizado com polpa de cajá na concentração de 10%, para realização da cinética de congelamento.....	33
Figura 3.4 - Liofilizador Marca Terroni Fauvel, modelo LB 1500.....	35
Figura 3.5 - Embaladora a vácuo e embalagens metalizadas de polipropileno, revestidas internamente com polietileno	36
Figura 3.6 - Thermoconstanter Novasina TH 2000.....	37
Figura 4.1 - Cinética de congelamento a -20 °C do leite de cabra com diferentes concentrações de polpa de cajá.....	47
Figura 4.2 - Cinética de congelamento a -30 °C do leite de cabra com diferentes concentrações de polpa de cajá.....	51
Figura 4.3 - Cinética de congelamento a -170 °C do leite de cabra com diferentes concentrações de polpa de cajá.....	53
Figura 4.4 - Cinética de congelamento a -196 °C do leite de cabra com diferentes concentrações de polpa de cajá.....	56
Figura 4.5 - Cinética de liofilização do leite de cabra integral pasteurizado com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá - Modelo de Cavalcanti Mata.....	60

Figura 4.6 - Cinética de liofilização do leite de cabra integral pasteurizado com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá - Modelo de Midilli e Kucuk.....	60
Figura 4.7 - Cinética de liofilização do leite de cabra integral pasteurizado com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá - Modelo de Page.....	61
Figura 4.8 - Isotermas de adsorção de umidade da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, nas temperaturas de 20, 30, 40 e 45 °C, com ajuste pelo modelo Henderson.....	70
Figura 4.9 - Isotermas de adsorção de umidade da formulação em pó com 10% de polpa de cajá, nas temperaturas de 20, 30, 40 e 45 °C, com ajuste pelo modelo Henderson.....	71
Figura 4.10 - Isotermas de sorção de umidade da formulação em pó com 20% de polpa de cajá, nas temperaturas de 20, 30, 40 e 45 °C, com ajuste pelo modelo Henderson.....	72
Figura 4.11 - Isotermas de adsorção de umidade da formulação em pó com 30% de polpa de cajá, nas temperaturas de 20, 30, 40 e 45 °C, com ajuste pelo modelo Henderson.....	73
Figura 4.12 - Perfil sensorial da aceitação (sabor, cor, aparência e aroma) obtido por consulta a 40 provadores não treinados, para leite de cabra com diferentes concentrações de polpa de cajá e do produto obtido do leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá liofilizados reconstituídos.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Composição físico-químico do leite de cabra.....	5
Tabela 2.2 - Requisitos físico-químicos do leite em pó modificado.....	7
Tabela 2.3 - Características da polpa integral de cajá.....	9
Tabela 2.4 - Critérios microbiológicos de aceitação.....	10
Tabela 2.5 Propriedades de alguns refrigerantes empregados na indústria agroalimentícia	15
Tabela 2.6 Propriedades dos líquidos criogênicos utilizados na indústria alimentícia	17
Tabela 4.1 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros químicos e físico-químicos da polpa de cajá.....	41
Tabela 4.2 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros químicos e físico..	43
Tabela 4.3 - Caracterização das amostras compostas de leite de cabra e diferentes concentrações de polpa de cajá.....	44
Tabela 4.4 - Caracterização das formulações em pó compostas de leite de cabra e diferentes concentrações de polpa de cajá liofilizadas.....	45
Tabela 4.5 - Valores das espessuras (L); fator de atraso (a_1); coeficiente de difusão (a_2); difusividade efetiva (α); difusividade efetiva média (α_m) e dos coeficientes de variação (R^2) das amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% da polpa de cajá congeladas a -20 °C.....	49
Tabela 4.6 - Valores das espessuras (L); fator de atraso (a_1); coeficiente de difusão (a_2); difusividade efetiva (α); difusividade efetiva média (α_m) e dos coeficientes de variação (R^2) das amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% da polpa de cajá congeladas a -30 °C.....	52
Tabela 4.7 - Valores das espessuras (L); fator de atraso (a_1); coeficiente de difusão (a_2); difusividade efetiva (α); difusividade efetiva média (α_m) e dos coeficientes de variação (R^2) das amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% da polpa de cajá congeladas a -170 °C...	55

Tabela 4.8 -	Valores das espessuras (L); fator de atraso (a_1); coeficiente de difusão (a_2); difusividade efetiva (α); difusividade efetiva média (α_m) e dos coeficientes de variação (R^2) das amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% da polpa de cajá congeladas a $-196\text{ }^\circ\text{C}$...	58
Tabela 4.9 -	Parâmetros dos modelos matemáticos e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) da cinética de liofilização do leite de cabra integral pasteurizado com diferentes concentrações de polpa de cajá.....	62
Tabela 4.10-	Valores médios experimentais da umidade de equilíbrio (U_{eq}) da formulação em pó com 0% de polpa de cajá em função da atividade de água (A_w) para as temperaturas de 20, 30 40 e 45 $^\circ\text{C}$	63
Tabela 4.11-	Valores médios experimentais da umidade de equilíbrio (U_{eq}) da formulação em pó com 10% de polpa de cajá em função da atividade de água (A_w) para as temperaturas de 20, 30 40 e 45 $^\circ\text{C}$	64
Tabela 4.12-	Valores médios experimentais da umidade de equilíbrio (U_{eq}) da formulação em pó com 20% de polpa de cajá em função da atividade de água (A_w) para as temperaturas de 20, 30 40 e 45 $^\circ\text{C}$	64
Tabela 4.13-	Valores médios experimentais da umidade de equilíbrio (U_{eq}) da formulação em pó com 30% de polpa de cajá em função da atividade de água (A_w) para as temperaturas de 20, 30 40 e 45 $^\circ\text{C}$...	65
Tabela 4.14-	Parâmetros de ajuste dos modelos das isotermas de sorção de umidade da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), para as temperaturas de 20, 30, 40 e 45 $^\circ\text{C}$	66
Tabela 4.15-	Parâmetros de ajuste dos modelos das isotermas de sorção de umidade da formulação em pó com 10% de polpa de cajá, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), para as temperaturas de 20, 30, 40 e 45 $^\circ\text{C}$	67
Tabela 4.16-	Parâmetros de ajuste dos modelos das isotermas de sorção de umidade da formulação em pó com 20% de polpa de cajá, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), para as temperaturas de 20, 30, 40 e 45 $^\circ\text{C}$	68

Tabela 4.17-	Parâmetros de ajuste dos modelos das isotermas de sorção de umidade da formulação em pó com 30% de polpa de cajá, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), para as temperaturas de 20, 30, 40 e 45 °C.....	69
Tabela 4.18-	Comparação entre as médias do atributo sabor das formulações compostas de leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20 e 30%) de polpa de cajá e do produto obtido do leite de cabra integral pasteurizado com diferentes concentrações (0, 10, 20 e 30%) de polpa de cajá liofilizados.....	75
Tabela 4.19-	Comparação entre as médias do atributo aroma das formulações compostas por leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20 e 30%) de polpa de cajá e do produto obtido do leite de cabra integral pasteurizado com diferentes concentrações (0, 10, 20 e 30%) de polpa de cajá liofilizados.....	76
Tabela 4.20-	Comparação entre as médias do atributo aparência das formulações compostas por leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20 e 30%) de polpa de cajá e do produto obtido do leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20 e 30%) de polpa de cajá liofilizados.....	77
Tabela 4.21-	Comparação entre as médias do atributo cor das formulações compostas por leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20 e 30%) de polpa de cajá e do produto obtido do leite de cabra integral pasteurizado com diferentes concentrações (0, 10, 20 e 30%) de polpa de cajá liofilizados.....	78



Dissertação de Mestrado: **Obtenção do leite de cabra em pó com diferentes concentrações de polpa de cajá**

Autor: **Marcos Antônio Germano do Nascimento**

Orientadores: **Prof. Dr. Mário Eduardo R. Moreira Cavalcanti Mata**

Profa. Dra. Maria Elita Martins Duarte

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estudar os componentes físico-químicos da polpa de cajá, do leite de cabra, das formulações compostas de leite de cabra e diferentes concentrações de polpa de cajá (0, 10, 20 e 30%) e do produto em pó obtido pelo processo de liofilização das formulações do leite de cabra com diferentes concentrações de polpa de cajá; as cinéticas de congelamento nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196 °C das formulações; as cinéticas de liofilização das formulações; as isotermas de equilíbrio higroscópico do produto em pó nas temperaturas de 20, 30, 40 e 45°C e a análise sensorial das formulações, quanto ao aroma, sabor, aparência e cor. A caracterização da polpa de cajá, leite de cabra, das formulações e do produto liofilizado em pó, foi realizada de acordo as metodologias recomendadas pela legislação em vigor (Brasil, 2000a), (Brasil, 2000b) e (Brasil, 2005); já as cinéticas de congelamento das formulações foram realizadas em freezer convencional (-20 e -30°C), em vapor de nitrogênio líquido (-170 °C) e em imersão no nitrogênio líquido (-196 °C); as cinéticas de liofilização foram determinadas em um liofilizador da Marca Terroni Fauvel; as isotermas de equilíbrio higroscópico no Thermoconstanter Novasina, enquanto a análise sensorial foi realizada através do teste de comparação múltipla, segundo uma escala hedônica. Os valores dos parâmetros físico-químicos da polpa de cajá e do leite de cabra se encontram de conformidade com a legislação vigente, com exceção dos valores de sólidos não gordurosos e lactose do leite de cabra. Os valores de teor de água, acidez total titulável, açúcares redutores, não redutores e açúcares totais das formulações compostas por leite de cabra e polpa de cajá, aumentam com a adição de polpa de cajá, enquanto os valores de sólidos totais, proteínas, teor de sólidos solúveis totais, lipídios e pH, diminuíram com a adição de polpa de cajá. As formulações em pó se mantiveram de acordo com a legislação, para o leite em pó modificado e a literatura pesquisada. A adição de polpa de cajá nas formulações diminuiu o tempo de congelamento a -20 °C; a -30 °C; a -170 °C e -196 °C, respectivamente e aumentou a difusividade térmica efetiva média. A adição de polpa de cajá ao leite de cabra aumentou o tempo de secagem em que as formulações com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá apresentaram tempos de secagem de 36, 40, 48 e 52 h, respectivamente. Considerou-se o modelo matemático proposto por Cavalcanti Mata como o que melhor prediz o comportamento da secagem; o modelo de Henderson se ajustou melhor aos dados experimentais das isotermas de equilíbrio higroscópico para as diferentes formulações de leite em cabra em pó liofilizado com polpa de cajá, com as curvas de equilíbrio higroscópico apresentando comportamento típico de isotermas do tipo III. Constatou-se por meio do teste de aceitação, um aumento dos valores atribuídos ao sabor, aroma e aparência, à medida que a concentração de polpa de cajá no leite de cabra também aumentou.

Palavras-chave: leite de cabra, polpa de cajá, liofilização, cinética de congelamento.



M. Sc. Thesis: Getting the goat milk powder with different concentrations of yellow mombin

Author: Marcos Antônio Germano do Nascimento

Supervisors: Prof. Dr. Mário Eduardo R. Moreira Cavalcanti Mata

Prof. Dra. Maria Elita Martins Duarte

ABSTRACT

This work aimed the study of physical and chemical components of yellow mombin, goat milk, composed formulations of goat milk and different concentrations of yellow mombin (0, 10, 20 and 30%) and the powder product obtained by freeze-drying process of goat milk formulations with different concentrations of yellow mombin, the kinetics of freezing under temperatures of -20, -30, -170 and -196 °C of the formulations, the kinetics of freeze-drying of the formulations; the isotherms of equilibrium moisture content of the powder products under temperatures of 20, 30, 40 and 45°C and sensory evaluation of the formulations concerning to aroma, flavor, appearance and color. The characterization of the yellow mombin, goat milk, formulations and the powder lyophilized product, was performed according to methods recommended by the legislation (Brazil, 2000a), (Brazil, 2000b) and (Brazil, 2005), the kinetics of freezing of the formulations were carried out in conventional freezer (-20 and -30 °C) in liquid nitrogen vapor (-170 °C) and immersion in liquid nitrogen (-196 °C), the kinetics of freeze-drying were determined in a lyophilizer Terroni Fauvel Brand, the isotherms of equilibrium moisture content in Thermoconstanter Novasina, while the sensory analysis was performed using multiple comparisons on a hedonic scale. The values of physico-chemical pulp, hog and goat milk are in accordance with current legislation, except for the values of non fat solids and lactose from goat milk. The values of water content, total acidity, reducing sugars and non reducing sugars of the formulations composed by goat milk and yellow mombin, increase with the addition of yellow mombin, whereas the values of total solids, protein content soluble solids, lipids and pH decreased with the addition of yellow mombin. The powder formulations were maintained in accordance to the law, for the modified powder milk and literature. The addition of yellow mombin formulations reduced the time of freezing under -20 °C, -30 °C, -170 °C and -196 °C, respectively and increased the average effective thermal diffusivity. The addition of yellow mombin to goat's milk increased the drying time in which the formulations with 0, 10, 20 and 30% of yellow mombin showed drying times at 36, 40, 48 and 52 h, respectively. We considered the mathematical model proposed by Cavalcanti Mata the one that best predicts the behavior of drying, the model of Henderson was the one that had a better adjust to the experimental data of isotherms of moisture equilibrium for the different formulations of goat milk powder dried with yellow mombin with the curves of equilibrium moisture content with a typical behavior of type III isotherms. Through the acceptance test, an increase in the values assigned to the flavor, aroma and appearance was noticed, while the concentration of yellow mombin in goat milk also increased.

Keywords: goat milk, yellow mombin, freeze-drying, freezing kinetics.

1 – INTRODUÇÃO

Desde o princípio da civilização humana o leite tem sido considerado um alimento básico para crianças e um complemento indispensável na dieta dos adultos. O leite é o primeiro e, praticamente, o único alimento dos recém-nascidos de todas as espécies de animais mamíferos (OLIVEIRA, 1987).

Nos últimos anos a caprinocultura no Brasil se vem consolidando como importante alternativa pecuária, principalmente para o pequeno produtor, que emprega mão-de-obra familiar. Entre os fatores que têm colaborado para esta consolidação se destacam o preço atrativo do leite, pelo produtor e consumidor, e as características particulares do leite de cabra consumido por pessoas que possuem intolerância ao leite bovino (GONÇALVES et al, 2001).

A indústria de leite e derivados surge como uma necessidade para a maioria dos produtores no Brasil tendo em vista as dificuldades existentes na conservação e comercialização do leite “in natura”, a possibilidade de aumentar o faturamento, como também elevar o período de validade do produto (CARVALHO, 2009).

A composição do leite é determinante para o estabelecimento de sua qualidade nutricional e aptidão para consumo humano e processamento de seus derivados (SILVA et al, 1997b). Atualmente, o leite de cabra deixou de ser um produto que se destina estritamente a pessoas que necessitam de um substituto ao leite de vaca. Apesar disso, o mercado é ainda muito restrito e com um volume de vendas muito baixo, sendo que o processamento deste tipo de leite acontece basicamente em unidades fabris de médio e pequeno porte.

Um dos maiores desafios à popularização do leite de cabra é a grande rejeição por parte do público consumidor potencial, cuja diminuição deve ser um foco dos esforços daqueles relacionados à cadeia do leite de cabra; outro empecilho é que a produção de determinados derivados necessita de tecnologia especial, de acordo com as particularidades do leite de cabra.

De acordo com BEHMER (1999) o leite por ser um alimento com teor de água elevado, e conter uma diversidade de nutrientes, é facilmente deteriorado por micro-organismos, e pela atividade enzimática e reações químicas; daí, a preocupação com sua conservação para, além de aumentar sua vida útil e manter as características nutricionais,

sensoriais e microbiológicas viáveis, tornar o leite de cabra mais acessível e atraente ao mercado consumidor.

O leite de cabra, devido a sua rápida deteriorização e rejeição do consumidor, requer estudos que aprimorem sua viabilidade; sendo assim, se destacam duas vertentes: a conservação e a melhoria nos aspectos sensoriais sem, contudo, se desprezar o valor nutritivo deste alimento.

A concentração e a desidratação são processos que, na prática, oferecem duas vantagens: o prolongamento da vida útil do leite e a redução do espaço para seu armazenamento, transporte e comercialização entre outros. O maior interesse nesses alimentos, sobretudo no leite em pó, reside em se poder guardar excelentes produtos lácteos durante um período muito prolongado ou transportar leite a longas distâncias com facilidade e economia (PEREDA et al, 2005a).

De acordo com CICO (2007) o leite de cabra em pó é a maneira ideal de se regularizar a oferta deste leite no mercado e garantir, ao consumidor, leite, o ano inteiro e possibilitar ao produtor o escoamento do produto na época de maior produção.

Segundo ABREU (2000) o leite em pó é o produto resultante da desidratação do leite que apresenta vida útil mais longa do que os leites normalmente comercializados, o que permite amenizar os problemas sazonais na produção do leite de cabra, facilitando o sistema de comercialização e torna o transporte mais econômico, haja vista que, neste caso, o volume é bastante diminuído pela redução de água.

Dentre os processos de desidratação e segundo GIOIELLI (1998) tem-se o da liofilização, que consiste em remover a maior parte da água contida em um material, por sublimação. Desta forma se obtém produto de alta qualidade, de reconstituição instantânea e que possui vida longa de prateleira. Neste processo, o aquecimento do material que está sendo liofilização é suave, segundo PEREDA (2005a), razão pela qual, as características nutritivas e sensoriais do produto final são muitos similares às dos alimentos frescos.

O leite de cabra em pó, de acordo com BRASIL (2007), pode ser preparado com a adição prévia de substâncias permitidas pela legislação pertinente, cuja denominação será leite em pó modificado, que acarretará em um produto enriquecido.

Conforme CAVALCANTI MATA et al. (2003), a utilização do cajá como substância enriquecedora ao leite de cabra se dará devido a esta fruta ser bastante apreciada em todo o

Brasil, principalmente na região Nordeste, onde é consumida tanto “in natura” como na forma de polpa. O cajá apresenta, ainda, um exótico e aromático sabor, além de acrescentar nutrientes alimentares naturais, como ácido ascórbico, glicídios, cálcios e fósforo, segundo (FRANCO, 1998; NARAIN, 2004).

Acredita-se que a desidratação do leite de cabra por liofilização com enriquecimento com a polpa de cajá acrescentará ao produto longevidade e acréscimo nas características físico-químicas, nutricionais e organolépticas, regulando a oferta de leite no mercado, garantindo o consumo o ano inteiro e possibilitando, ao produtor de leite de cabra, estabilização dos preços e escoamento da produção no período de maior oferta.

1.1 - OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é:

- Determinar os constituintes químicos do leite de cabra “in natura” da polpa de cajá, leite de cabra adicionado com diferentes concentrações da polpa de cajá e do leite de cabra em pó modificado com diferentes concentrações da polpa de cajá.

- Estabelecer a cinética de congelamento nas temperaturas de -20, -30, -170 e -196°C do leite de cabra adicionado com diferentes concentrações da polpa de cajá.

- Estabelecer a cinética de liofilização do leite de cabra adicionado com diferentes concentrações da polpa de cajá.

- Determinar as isotermas de equilíbrio higroscópico do leite de cabra em pó, com diferentes concentrações da polpa de cajá (temperaturas entre 20 a 45°C e umidade relativa do ar de 10 a 90%).

- Estudar o teste de aceitação do leite de cabra modificado com polpas de cajá nas concentrações de 0, 10, 20 e 30%.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Leite de cabra

Leite de cabra é o produto oriundo da ordenha completa, ininterrupta, em condições de higiene, de animais da espécie caprina sadios, bem alimentadas e descansadas, que deverá apresentar contagem padrão em placas (CPP) de, no máximo, 500.000 UFC/ml (quinhentos mil unidades formadoras de colônias por mililitro), de aspecto líquido ou congelado, de cor branca e odor e sabor característicos, de acordo com BRASIL (2000).

Segundo LE JAOUEN (1981), o leite de cabra apresenta algumas características físicas que o distinguem do leite de vaca. Apresenta gosto típico que, dependendo de onde os animais estão instalados e da alimentação que recebem, por exemplo, em estábulos malcheirosos e alimentos odoríferos, podem apresentar um gosto mais forte, muitas vezes indesejável.

São diversos os fatores que afetam a composição do leite, como: espécie, raça, indivíduo, estágio de lactação, ordem de parição, manejo, estações do ano, variações geográficas, primeira e segunda ordenhas, dispensados ao animal e estado de saúde da cabra e sistema de ingestão de água, dentre outros. Baseando-se nesses fatores de variação, conclui-se que a composição química do leite pode ser expressa apenas em valores aproximados (ABREU, 2005).

BRASIL (2000), a composição físico-química do leite de cabra e sua classificação em relação ao teor de gordura, devem atender aos requisitos apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Composição físico-químico do leite de cabra

REQUISITOS	Integral	Semi desnatado	Desnatado
Gordura %	Original	0,6 a 2,9	Máx. 0,5
Acidez % em ácido láctico		0,13 a 0,18	
Sólidos não gordurosos		Mínimo de 8,20	
Densidade a 15°C		1,0280 a 1,0340	
Índice crioscópico, °H		- 0,550 a - 0,585 °H	
Proteína total % m/m		Mínimo 2,80	
Lactose % m/v		Mínimo 4,30	
Cinzas, % m/v		Mínimo 0,70	

Fonte: BRASIL (2000)

Segundo a Legislação Brasileira (Brasil, 2000) o leite de cabra pode ser classificado de acordo com o teor de gordura, em:

- Leite de cabra integral: quando não há qualquer alteração do teor de gordura contido na matéria - prima;
- Leite de cabra padronizado: quando o teor de gordura for ajustado para 3%;
- Leite de cabra semidesnatado: quando o teor de gordura tem seu intervalo entre 0,6 e 2,9%;
- Leite de cabra desnatado: quando o teor de gordura não superar o limite máximo de 0,5%.

2.1.1 – Valor nutricional

A importância nutricional do leite de cabra em relação ao leite de vaca, está relacionada à sua maior digestibilidade devido ao tamanho dos glóbulos de gordura que, normalmente, apresentam diâmetro para ambos os tipos de leite de 1 a 10 microns, porém no leite de cabra 28% contra 10% do leite de vaca, apresentam diâmetro igual ou inferior a 1,5 micron. Os ácidos graxos que compõem a gordura do leite de cabra e que vão conferir sabor e aroma aos seus derivados, de acordo com FONSECA (2006), são 18% de ácidos de cadeia

curta (de 4 a 10 carbonos), ou seja, o dobro do leite de vaca, sendo os principais os ácidos caprótico (hexanóico), caprílico (octanóico) e cáprico (decanóico).

A exploração dos caprinos para leite tem crescido, visto que, além do leite ser considerado um produto com alto valor nutritivo, como riquezas de proteínas, vitaminas, gorduras, sais minerais e alta digestibilidade, razão pela qual é bastante recomendado para pessoas convalescentes, idosas e crianças, especialmente quando alérgicas ao leite bovino ele vem, atualmente, conquistando mercado crescente, tanto na forma de leite pasteurizado congelado como na de leite em pó, assim, a caprinocultura brasileira vem ganhando grande impulso nos últimos anos, em virtude do seu potencial (FONSECA, 2006).

Segundo RIBEIRO & RIBEIRO (2001) os caprinos têm a capacidade de se adaptar a condições criatórias variáveis, podendo proporcionar a famílias de baixa renda familiar e à população em geral, uma melhoria do nível nutricional da dieta.

2.1.2 – Leite em pó

Entende-se por leite em pó o produto obtido por desidratação total do leite integral, desnatado ou parcialmente desnatado e apto para alimentação humana, mediante processos tecnologicamente adequados. Consideram-se fases de fabricação do leite em pó para consumo humano direto: seleção do leite, padronização dos teores de gordura e de sólidos totais, preaquecimento, preconcentração, homogeneização, secagem e embalagem. (RIISPOA, 2007).

De acordo com RIISPOA. (Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal) (BRASIL, 1996) se o leite passar por algum processo de modificação o fato deve ser indicado, seja como leite acidificado ou adicionado de açúcares, bem como do acréscimo de amido dextrinizado, quando este for efetuado.

Segundo COSTA (2005) a venda de leite de cabra em pó corresponde a apenas 4% do total do leite de cabra produzido no Brasil representando, assim, um percentual muito pequeno mas com grande potencial de crescimento, em razão de uma das principais formas de comercialização do leite de cabra ser a congelada, apresentando vida útil curta, de cerca de 40 dias, além de oferecer altos custos de transporte e armazenamento.

O RIISPOA (2007) classifica o leite em pó, em função do teor de gordura, em:

- Leite em pó integral, o que apresentar no mínimo 26% (vinte e seis por cento) de teor de gordura.
- Leite em pó parcialmente desnatado, o que apresentar entre 1,5 a 25,9% (um e cinco décimos a vinte e cinco e nove décimos por cento) de teor de gordura.
- Leite em pó desnatado, o que apresentar menos de 1,5% (um e cinco décimo por cento) de teor de gordura.

2.1.3 – Leite em pó modificado

Entende-se por leite em pó modificado o produto resultante da dessecação do leite previamente preparado, considerando-se como tal, além do acerto de teor de gordura, a acidificação por adição de fermentos lácticos ou de ácido láctico e o enriquecimento com açúcares, com suco de frutas ou com outras substâncias permitidas, que a dietética e a técnica indicarem (BRASIL, 2007). Tem-se, na Tabela 2.2, os requisitos físico-químicos do leite em pó modificado.

Tabela 2.2 Requisitos físico-químicos do leite em pó modificado

Produto	Análise	Teor	Método de análise
Leite em pó Modificado	Teor mínimo de proteínas de origem Láctea (g/100g)	8,0	Instrução Normativa n° 68, de 12/12/2006.
	Teor de água máximo	6,0	
	Acidez total	2,5 a 5,5	
	Acidez total mínima quando o leite for adicionado de açúcar	3,8	
	Açúcares no mínimo	50,0	

Fonte: BRASIL, 2007

O RIISPOA (2007) classifica o leite em pó modificado, em função do teor de gordura, em:

- Leite em pó modificado integral, o que apresentar no mínimo 18% (dezoito por cento) de teor de gordura.

- Leite em pó modificado parcialmente desnatado, o que apresentar entre 1,5 a 17,9% (um e cinco décimos a dezessete e nove décimos por cento) de teor de gordura.
- Leite em pó modificado desnatado, o que apresentar menos de 1,5% (um e cinco décimo por cento) de teor de gordura.

2.2 – Cajá

A cajazeira (*Spondias lutea* L.) pertence à família Anacardiaceae e ao gênero *Spondias*, originária da América Tropical, encontrada em quase toda parte do Brasil; são árvores frutíferas em domesticação e os conhecimentos e tecnologias disponíveis são incipientes para seu cultivo em escala comercial. Devido à polinização cruzada e à propagação sexuada, as cajazeiras apresentam alta variedade quanto ao porte, arquitetura e formato de copa, qualidade do fruto e alternância de produção, características essas indesejáveis em plantios comerciais.

De acordo com SANTOS (1996) a cajazeira é uma árvore de grande porte, frondosa, de caule reto ou tortuoso, que pode atingir até 25 metros de altura. A casca é quase sempre, acinzentada ou esbranquiçada, espessa e bastante fendida.

O fruto da cajazeira é do tipo drupa ovóide, pesando em média 11,0 g com diâmetro de até 6,0 cm de comprimento, achatado na base, de cor amarela, casca fina e lisa, pouco espessa, amarelo-alaranjado, mole, ácido, algumas vezes doce, cobrindo um caroço grande, branco, suberoso e enrugado (CARDOSO, 1992).

A procura pelos frutos da cajazeira do gênero *Spondias* tem participação crescente nos mercados das regiões Norte e Nordeste, principalmente para a agroindústria devido às suas boas características para a industrialização e para o consumo *in natura* ou, ainda, para o fabrico de polpas, sucos, sorvetes, néctares e geléias de excelente qualidade e valores nutritivo e comercial. Pelas potencialidades apresentadas por este gênero, pode-se afirmar que se trata de um recurso fitogenético importante para o Nordeste, em que as condições edafoclimáticas favorecem o cultivo e a sua produção (NORONHA et al., 2000).

Segundo COSTA et al., (2005) o mercado para frutas tropicais tem aumentado nos últimos anos, devido aos altos valores nutricionais e às suas características sensoriais, como sabor exótico. Com isto há um aumento no crescimento do mercado de frutas tropicais; torna-se oportuno o conhecimento de suas características a fim de desenvolver estratégias para o

prolongamento de sua vida útil. As frutas consistem em fonte nutricional de vitaminas, minerais e carboidratos solúveis, sendo que alguns possuem teor mais elevado de um ou de outro nutriente, entretanto, apresentam grande aceitação sensorial por parte dos consumidores (MATSUURA & ROLIM, 2002). Ante as argumentações desses pesquisadores se encontram, na Tabela 2.3, as características físico-químicas da polpa do cajá (SILVA, 1997a).

Tabela 2.3 – Características da polpa integral de cajá

Parâmetros	Média
pH	2,781
°Brix (sólidos solúveis)	11,193
Acidez titulável total (% ácido cítrico)	1,463
Açúcares redutores (% em glicose)	6,914
Taninos (% ácido tânico)	77,360
Cor (440ppm)	0,125
Pectina (% pectato de cálcio)	0,120

Fonte: BRASIL (2000)

2.3 – Métodos de conservação

2.3.1 – Conservação de alimentos pelo o calor

Segundo EVANGELISTA (1987) os alimentos industrializados ou não de acordo com suas particularidades constitutivas, podem facilmente sofrer modificações ou alterações produzidas por vários agentes, que sejam biológicos (micro-organismo e enzimas), químicos (oxigênio e água) ou físicos (luz e calor). Aplicando-se os métodos de conservação pode-se retardar os efeitos desses agentes.

POTTER e HOTCHKISS (1999) afirmam que dos diversos métodos disponíveis para a conservação dos alimentos o uso do calor é um dos mais aplicados. O uso do calor na conservação de alimentos é imprescindível, não só pelo aumento da vida de prateleira e da eliminação ou inibição de enzimas, micro-organismo, insetos e parasitas indesejáveis, mas também pelos efeitos desejáveis na qualidade sensorial com a manutenção e formação de

novos atributos sensoriais pela aplicação ou remoção do calor, conservação do valor nutricional e agregação do valor ao produto.

2.3.2 – Conservação pela pasteurização

O leite pasteurizado é o leite natural, integral, desnatado ou semidesnatado, submetido a um processo tecnológico adequado que assegure a destruição dos micro-organismos patogênicos não esporulados e reduza significativamente a microbiota banal, sem modificação sensível de sua natureza físico-química e de suas características nutritivas e sensoriais (ORDÓÑEZ PEREDA, 2005b). Segundo POTTER e HOTCHKISS (1999) a pasteurização destrói a lipase e outras enzimas naturais do leite. O método foi ajustado de acordo com os parâmetros térmicos da bactéria patogênica não esporulada *Mycobacterium tuberculosis*, *Coxiella burnetii* e a termoestabilidade da enzima fosfatase alcalina que é desativada durante o processo. Após a pasteurização o leite de cabra deverá apresentar os critérios microbiológicos de aceitação de acordo com a Tabela 2.4, segundo BRASIL (2000).

Tabela 2.4 – Critérios microbiológicos de aceitação

Requisitos	Critérios	Categoria
Micro-organismos aeróbicos mesófilos		
Pasteurizado (UFC/ml)	n=5; c=2; m= 1×10^4 ; M= 5×10^5	5
Coliformes/ml (30/35°C)	n=5; c=2; m= 2; M=4	5
Coliformes/ml (45°C)	n=5; c=2; m= 1; M=1	5
Salmonella ssp./25MI	n=5; c=0; m= 0;	10

Fonte: BRASIL (2000). n = número de unidade de amostra de um lote que precisa ser examinada; c = número aceitável de unidades de amostra que pode exceder o valor de m; m = número máximo de bactéria relevante por grama; M = parâmetro adicional para separar contagens marginalmente aceitáveis e inaceitáveis.

A pasteurização do leite de acordo com ABREU (2000), é realizado submetendo-o a tratamento térmico na faixa de temperatura de 72 a 75 °C, durante 15 a 20 segundos em equipamentos de pasteurização a placas, denominada pasteurização rápida ou HTST; pode

ocorrer também na temperatura de 62 a 65°C, por 30 minutos, sob agitação lenta mecânica, denominada pasteurização lenta ou LTLT. Segundo BRASIL (2002), sabendo-se que esta não destrói a totalidade dos micro-organismos, faz-se necessário resfriar o leite em temperatura de refrigeração.

2.3.3 – Conservação pela refrigeração

De acordo com ORDÓÑEZ PEREDA (2005a), entende-se por refrigeração a redução e a manutenção da temperatura dos alimentos acima de seu ponto de congelamento, sendo mais usuais as temperaturas compreendidas entre -1 a 8°C, significando que a refrigeração implica apenas em mudanças no calor sensível do produto. Esta redução da temperatura retarda o crescimento dos micro-organismos, prolongando a vida de prateleira de alimentos frescos e processados.

O processo de refrigeração dos alimentos até sua temperatura correta de armazenamento gera pouca ou nenhuma redução em sua qualidade sensorial ou propriedades nutricionais. O efeito mais significativo da refrigeração nas características sensoriais de alimentos processados é o endurecimento causado pela solidificação de óleos e gorduras. Mudanças químicas, bioquímicas e físicas durante a refrigeração, podem levar à perda de qualidade e, em muitos casos, são essas mudanças, mais do que o crescimento microbiano, que limitam a vida de prateleira dos alimentos refrigerados. Essas mudanças incluem escurecimento enzimático, lipólise, deterioração de cor e aroma em muitos produtos (FELLOWS, 2006).

No caso do leite de cabra a temperatura de refrigeração ideal é de 4°C, segundo BRASIL (2000) após a pasteurização.

2.3.4 – Conservação pelo congelamento

De acordo com SING e HELDMAM (1998), para congelar um alimento, um produto deve ser exposto a média e baixa temperatura, durante um tempo suficiente para eliminar os calores sensível e latente de fusão do produto. A eliminação do calor latente e sensível produz diminuição da temperatura do produto, tal como transformação da água do estado líquido para

o estado sólido. Na maioria dos casos, ocorre uma quantidade de água que permanece no estado líquido no alimento congelado e vai depender da composição do alimento e da temperatura de congelamento. CAVALCANTI MATA (2008) verificou, estudando a criopreservação em semente de urucum, que esta quantidade diminui assintoticamente quando a temperatura cai até um mínimo determinado que vem fixado, por sua vez, pela quantidade de água que não se congela a determinada temperatura.

Segundo FELLOWS (2006) o maior efeito do congelamento na qualidade do alimento é o dano causado às células, pelo crescimento dos cristais de gelo. O congelamento causa mudanças negligenciáveis em pigmentos, aromas ou componentes nutricionais importantes. Emulsões alimentícias podem ser desestabilizadas pelo congelamento e, às vezes, as proteínas podem ser precipitadas da solução, o que impede a aplicação generalizada para todos os alimentos, como exemplo no leite congelado.

Em matéria de qualidade, o produto congelado será sempre a soma de suas condições anteriores ao tratamento; por esta razão, não se pode esperar que o congelamento possa encobrir defeitos antigos, que se porão em evidência, no produto congelado (EVANGELISTA, 1987).

GAVA (1998) classifica o congelamento em lento e rápido e COX (1987), em lento, rápido e ultrarrápido (ultra-congelamento) como demonstra a Figura 2.1, mas ambas as classificações estão de acordo com a velocidade de congelamento que depende do quociente entre a temperatura do produto e do líquido refrigerante e fatores de resistência, tais como velocidade do ar, tamanho do produto, geometria do sistema e composição do produto FENEMMA (1996).

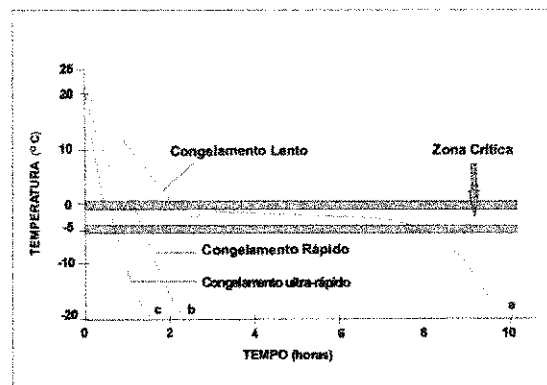


Figura 2.1 - Evolução da temperatura durante o congelamento de um produto biológico com resfriamento lento (a), rápido (b) e ultrarrápido (c)

2.3.5 – Cinética de congelamento

O conhecimento do comportamento do congelamento de alimentos tem importância prática no processo, através da variação da temperatura do alimento, em função do tempo de duração do processo; gera uma dependência que, representada graficamente (Figura 2.2), se denomina curva de congelamento, de acordo com KASAHARA (1986), sendo uma ferramenta importante para determinar os tempos de congelamento dos alimentos e, em conjunto com a velocidade de congelamento pode-se dimensionar novos equipamentos para tais fins, segundo MAFART, citado por CAVALCANTI MATA (2008).

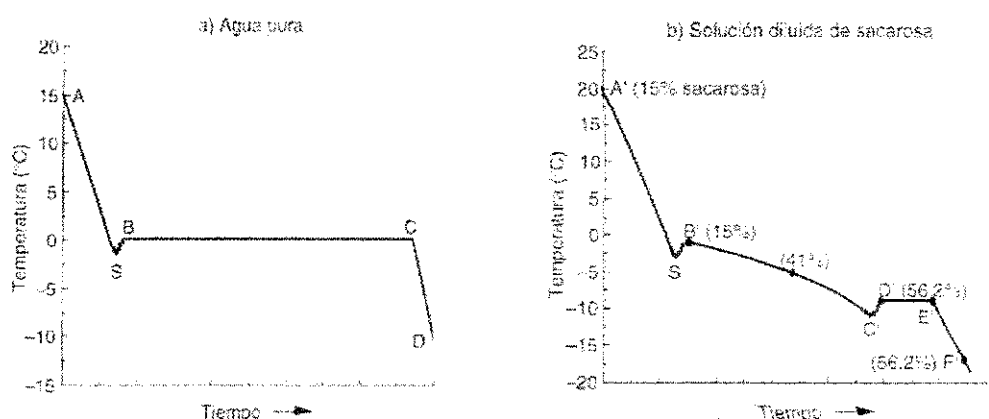


Figura 2.2 - Curvas de congelamento de: (a) água pura e (b) uma solução diluída de sacarose

NEVES FILHO (1991) ao descrever o processo de congelamento, demonstra que o produto passará por vários estágios com diferentes períodos de tempo e se inicia com a redução da temperatura durante o congelamento observado na Figura 2.2 T com o resfriamento de A a B e A' a B', que é o período decorrido entre o início do processo quando as moléculas de água tendem a se agregar diminuindo suas atividades, até formar os primeiros cristais no ponto S. A Água permanece líquida, abaixo de 0 °C e do ponto de congelamento, este fenômeno é chamado super-resfriamento. Com o início da cristalização há liberação de calor, que aumenta a temperatura do S ao ponto B e S a B'; respectivamente. No período de B a C, na Figura 2ª, representa a curva de congelamento da água pura e o gelo começa a se formar com a passagem de um arranjo aleatório na fase líquida para o ordenado na fase sólida, processo que consiste de uma nucleação e crescimento de cristais (cristalização), período no

qual a temperatura sofre pequena variação e maior parte da água líquida se transforma em gelo. Na Figura 2b, que demonstra a curva de congelamento de uma solução diluída de sacarose e simula o congelamento de um alimento no período de B' a C', a temperatura diminui gradativamente pelo aumento na concentração de solutos não congelados tornando-se supersaturada, até atingir a temperatura estática do soluto ponto D'; a partir daí, continua a cristalização da água em conjunto com a cristalização do soluto até o ponto E'. No período de C a D e de E' a F'; tem-se a redução da temperatura na qual a maior parte da água já se encontra na fase sólida, até atingir a temperatura desejada.

2.3.4.1 – Congelamento lento

No congelamento lento a temperatura diminui gradativamente até atingir a temperatura de equilíbrio com a câmara de congelamento, realizada por sistemas mecânicos que utilizam substâncias refrigerantes (Tabela 2.5). Apresenta, ainda, como características, os cristais que têm formas hexagonais (Figura 2.3a); são cristais de maior tamanho comparados com cristais no congelamento rápido e ultrarrápido, localizando-se no interior das células, principalmente nos espaços intercelulares, ocasionando a ruptura das membranas celulares devido aos cristais formados no espaço intercelular. Outras causas da ruptura de membranas são as injúrias celulares ocasionadas pelo aumento da pressão osmótica e a precipitação irreversível ou desnaturação dos constituintes coloidais da célula. Este fato traz, em consequência, forte exsudação no descongelamento, com perda de elementos nutritivos (PARDI et al., 1995).

Tabela 2.5 – Propriedades de alguns refrigerantes empregados na indústria agroalimentícia

Refrigerante (fórmula; número de identificação)	Ponto de ebulição (°C) a 100 kPa	Calor latente de vaporização (kj kg ⁻¹)	Toxicidade	Inflamabilidade
Diclorodifluorometano (CCL ₂ F ₂ ; R-12)	-29,8	163,54	Baixa	Baixa
Clorodifluorometano (CHCLF ₂ ; R-22)	-40,8	220,94	Baixa	Baixa
Tetrafluorometano (CHCLF ₂ ; R-134a)	-27	-	Baixa	Baixa
Amoníaco (NH ₃ ; R-717)	-33,3	1328,48	Alta	Alta

Fonte: ORDÓÑEZ PEREDA (2005a)

No congelamento se utilizam temperaturas mais baixas que na refrigeração e, por isto, se inibe o crescimento microbiano e se retarda praticamente todo o processo metabólico. Este processo é aplicado aos alimentos que necessitam de maior período de conservação e tem, como vantagem, principalmente manter os caracteres organolépticos e nutritivos e dificultar as ações desfavoráveis de micro-organismo e enzimas. Quanto menor a temperatura de armazenamento mais lenta será a atividade enzimática, até determinado ponto, em que ocorre uma posição de paralisação; este fato é alcançado parcialmente mesmo em temperaturas extremas porque, a -20 °C ou temperaturas inferiores existirão, no alimento, zonas com alta concentração de solutos não congelados devido a velocidade ser lenta durante o congelamento, de acordo GAVA (1998).

2.3.4.2 – Congelamento rápido

No congelamento rápido as temperaturas diminuiram com velocidade média a altas, até atingir a temperatura de equilíbrio com a câmara de congelamento; durante o congelamento o tipo de cristal formado é, em sua maioria, o diedro irregular (Figura 2.3b) com tamanho menor daqueles formados pelo congelamento lento. Nessas condições, a formação de cristais médios

a pequenos no centro das células tem redução significativa nos efeitos comparados com o congelamento lento, VICENTE et al. (1994). O congelamento rápido é realizado com líquido criogênico ou gases liquefeitos (Tabela 2.6) sem contato direto com o alimento (COX, 1987).

Estudos mostram que sucos de fruta submetidos ao congelamento rápido, seguidos de armazenamento abaixo de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, atingem quase um nível ideal de preservação. Quando congelados, os sucos retêm seu aroma e sabor característicos próximos aos da fruta fresca (MAIA et al., 1998)

2.3.4.3 – Congelamento ultrarrápido (crioconservação)

Quanto à taxa de congelamento, é aceito que, através do congelamento rápido, se obtém produtos finais congelados de melhor qualidade, devido à formação de pequenos cristais (Figura 2.3) de gelo entre as estruturas das células, nos espaços intercelulares e intracelulares, sendo que o tamanho dos cristais é tão pequeno que não ocorrem danos às células (MARTIN et al., 1982).

Este congelamento se baseia no uso de líquidos criogênicos ou gases liquefeitos, compostos que têm ponto de ebulição muito baixo e calor latente de vaporização bastante elevado; os mais comuns são o dióxido de carbono (CO_2), líquido ou sólido (neve carbônica) e o nitrogênio líquido (N_2), cujas propriedades mais relevantes são indicadas na Tabela 2.6. Ao colocar o líquido criogênico, a pressão atmosférica em contato com o alimento, se transforma em gás, absorvendo o calor latente de vaporização do alimento. Após a mudança de estado, o gás conserva grande capacidade de resfriamento, haja vista que, pode captar calor sensível ao aquecer até -18°C , ORDÓÑEZ PEREDA (2005a).

Tabela 2.6 – Propriedades dos líquidos criogênicos utilizados na indústria alimentícia

	N ₂		CO ₂
Ponto de ebulição (°C) a 100 KPa	-195,8		-78,5 sublimação
Calor latente (Kjkg ⁻¹)	Vaporização 199,57	Sublimação 572,43	Vaporização 347,97
Calor específico (Kjkg ⁻¹ °C ⁻¹) do gás a 100 KPa	1,024 a 15,5°C	0,832 a 15,5°C	0,832 a 15,5°C
Capacidade refrigerante total (Kjkg ⁻¹)	De -195,8°C a -18°C 81,64	De -78,5°C a -18°C 622,77	De -78,5°C a -18°C 398,31
Consumo (kg) por kg de produto congelado	1,3		1,2 a 3,75

Fonte: ORDÓNEZ PEREDA (2005a)

De acordo com Southgate, citado por FERREIRA (2000), o congelamento ultrarrápido é um método eficaz para conservar os alimentos no estado mais próximo do “in natura”. As frutas quando processadas e envasadas cuidadosamente, retêm o máximo do sabor e aroma, além de elevada percentagem do seu valor nutritivo original.

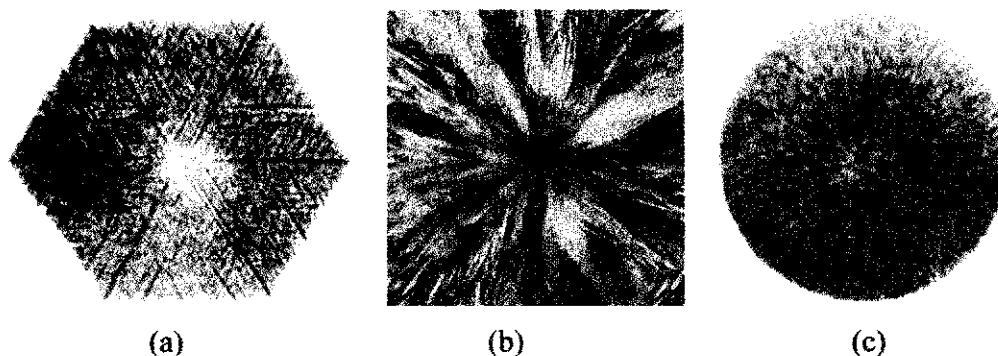


Figura 2.3 – Unidades principais de cristalização. (a) Hexágonos regulares; (b) Dendritos (diedros) irregulares; (c) Unidades esféricas

Fonte: TRESSLER, ARSDEL e COPLEY (1968)

2.3.6 – Secagem

Define-se a desidratação, secagem ou dessecação, como a extração deliberada em condições controladas da água que os alimentos contêm. Esta operação básica é feita por evaporação ou, no caso da liofilização, por sublimação da água. O produto resultante apresenta conteúdo aquoso, na maioria dos casos inferior a 3% (ORDÓÑEZ PEREDA, 2005a). Secagem é a remoção, voluntária ou não, total ou parcial, de uma fase líquida ou gasosa de qualquer material envolvendo exclusivamente a transferência de calor e massa (FIOREZE, 2004).

Atualmente, percebe-se um refortalecimento da secagem de produtos agropecuários em virtude da retomada da discussão da recuperação da qualidade de vida, que insere a importância de preparo de refeições saudáveis mas com as limitações do tempo impostas pela vida moderna. Outro fator é a crescente demanda das indústrias que produzem alimentos chamados de instantâneos (prontos e semiprontos) que utilizam alimentos secos como matéria-prima. A facilidade de manuseio e de armazenamento dos produtos secos também é um fator significativo no atual mundo globalizado. Além disso, os alimentos secos retomam seu mercado devido ao seu preço compatível com os alimentos processados, denominados “pratos prontos” (PARK et al., 2002).

Os processos de secagem podem ser divididos em duas classes, segundo GAVA (1998): Secadores adiabáticos e secadores de transferência de calor por superfície sólida. Os secadores adiabáticos, o calor é conduzido por meio de ar quente, em que estão incluídos os secadores de cabine, secador de túnel, secador de aspersão (spray dryer), leite fluidizado, fornos secadores, puft-dryer e foam mat dryer; os secadores por transferência de calor por superfície sólida geralmente trabalham a vácuo, tais como secadores de tambor (drum dryer), liofilizadores e outros desidratadores a vácuo.

2.3.7 – Liofilização

De acordo com FELLOWS (2006) a liofilização, também chamada criodesidratação ou freeze-drying, é um tipo especial de desidratação por sublimação ou transformação direta do gelo em vapor d'água, sem passar pela fase líquida.

AYRORA (2004) definiu a liofilização como um processo de desidratação no qual materiais de origem biológicos são previamente congelados e a seguir a quantidade de solvente (geralmente água) é reduzida, primeiro por sublimação e depois por desorção, para valores tais que impedem a atividade biológica e reações químicas.

A qualidade dos produtos liofilizados é ressaltada por manter as características do produto após sua reconstituição, tais como, nutrientes, forma, textura, aroma e sabor, em razão da retenção de substâncias voláteis e por blindar as gorduras evitando a oxidação, de acordo com GIOIELLI (1998). Com a liofilização, pode-se desidratar grande variedade de alimentos, como vegetais, frutas, carnes, leite e derivados e alimentos de conveniência.

Os alimentos liofilizados são caracterizados por apresentarem propriedades de alta qualidade, ou seja, pequena densidade aparente, alta porosidade, sabor apreciável, retenção de aromas e excelente reidratação, comparados com produtos obtidos por outros processos de secagem (KROKIBA et al., 1998).

O alimento liofilizado mais consumido no mundo, é o café; sua liofilização deste se justifica pelo alto valor agregado da matéria-prima, pelas altas taxas de extração conseguidas durante o processamento, além das características inerentes à bebida, que são os compostos voláteis do café, convenientemente preservado pela liofilização (GIOIELLI, 1998).

A liofilização consiste em uma operação na qual a água é removida do alimento por transferência da fase sólida (gelo) para a fase gasosa (vapor de água). Esta transformação (sublimação) consiste na secagem primária com remoção da água congelada, se dá quando a pressão e a temperatura da superfície do gelo, onde ocorre a sublimação, são inferiores àquelas do ponto tríplice da água (Figura 2.4), KAREL (1975).

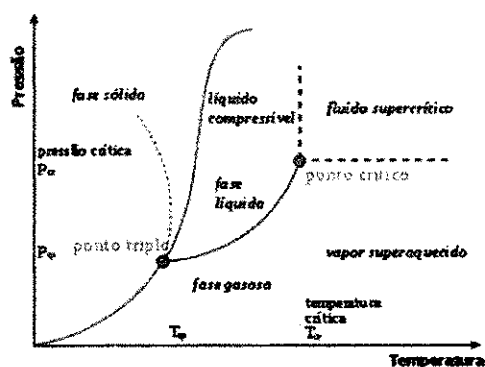


Figura 2.4 - Diagrama de fases de uma substância pura

2.3.7.1 – Processo de liofilização

O processo de liofilização envolve três etapas (Figura 2.5): congelamento, sublimação (desidratação primária) e desorção (desidratação secundária). Segundo GIOIELLI (1998) o congelamento tem, como objetivo, transformar as soluções aquosas dos alimentos em uma mistura de duas fases; cristais de gelo e uma solução concentrada do soluto e é determinante para a estrutura final do produto, cujas tamanho e localização dos cristais de gelo formados nesta etapa irão definir a distribuição dos poros que, de acordo com sua estrutura, determina a velocidade de escape do vapor durante a sublimação.

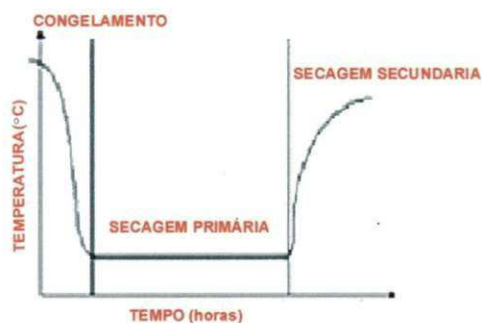


Figura 2.5 - Etapas do processo de liofilização

A remoção da água se dá por dois mecanismos: através da sublimação (desidratação primária) predominantemente, ou seja, a água passa diretamente da fase sólida para a gasosa sem passar pela fase líquida; isto se explica devido a pressão ser inferior a 4,7mmHg e a temperatura abaixo de 0°C (ponto triplice); assim sendo, a temperatura e a pressão de vapor de água devem ser inferiores ao ponto triplo da água; nesta fase, a velocidade de secagem é lenta em torno de 1,5 kg de água por $m^2 \cdot h^{-1}$, que dura em torno de 6 a 10 horas e a redução de água chega a 15% sobre o teor de água inicial; o outro mecanismo é a desorção, também denominado desidratação secundária, em que após eliminação do gelo por sublimação, resta ainda certa quantidade de água líquida retida e fortemente ligada, tornando-se necessária a sua remoção para que se possa estabilizar o produto; isto é feito com o aquecimento do alimento até que se iguale a temperatura da placa, em torno de 20 a 60°C, mantendo o vácuo durante 2 a 6 horas, reduzindo a percentagem do teor de água para algo em torno de 2 a 8%, de acordo com ORDÓÑEZ PEREDA (2005b).

2.3.7.2 – Mecanismo de transferência de calor e massa

A cinética do processo de liofilização é determinada pela transferência simultânea de calor e de massa de acordo com POTTER (1999) Figuras 2.6 e 2.7; o transporte interno de calor do material secado e a água sublimada na forma de vapor. A transferência de calor e massa se dá através do mesmo caminho mas em direções opostas (Figura 2.6a), quando o calor latente de sublimação se produz no entorno do alimento, sendo transportado por condução ou radiação, pela camada seca do alimento, na direção da camada congelada e a transferência de massa que ocorre através da camada de secagem. Na Figura 2.6b, a transferência de calor através da camada gelada a partir de uma fonte de calor (superfície quente) e a transferência de massa ocorre através da camada de secagem, o calor necessário para a sublimação é transferido por condução pela camada congelada do alimento, de acordo com ORDÓÑEZ PEREDA (2005a) e a velocidade de sua transferência vai depender da espessura do alimento e da condutividade térmica da camada do gelo. Quando a geração de calor ocorre dentro do gelo (por micro-ondas) e a transferência de massa através da camada de secagem, Figura 2.6c, o calor se produz no interior do alimento congelado.

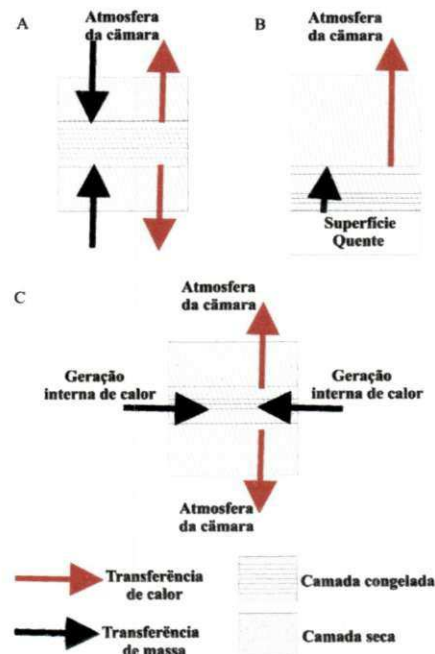


Figura 2.6 – Fluxo de calor e de massa durante a liofilização unidimensional

Na liofilização, à medida em que vai sendo formado o vapor, uma frente de sublimação se desloca no interior do material congelado e a espessura do material desidratado aumenta gradativamente. A velocidade da secagem vai depender da espessura, da área de exposição da porção seca, de sua permeabilidade e da diferença de pressões parciais do vapor de água entre a superfície da camada seca e a interface, Figura 2.7.

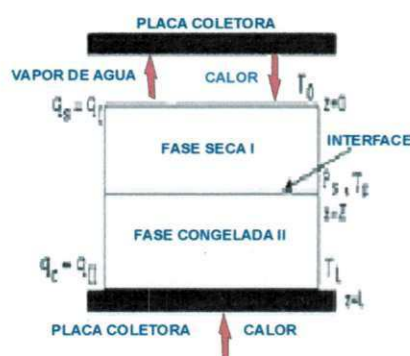


Figura 2.7 – Fluxo de calor e massa durante a liofilização unidimensional

2.4 – Isotermas de sorção

Alguns micro-organismos precisam de água para desenvolverem suas funções, e esta deve ser livre, ou seja, não pode estar ligada a nenhuma substância, pois cada tipo de micro-organismo possui uma exigência mínima e máxima de água livre para se desenvolver ou produzir toxinas (FERREIRA NETO, 2002).

O termo atividade de água (a_w) foi criado para denominar a água disponível para o crescimento de fungos e bactérias, que pode levar à produção de toxinas ou participar de reações químicas ou bioquímicas (como o escurecimento não enzimático, conhecido como reações Maillard) as quais podem alterar textura, aroma, cor, sabor, valor nutricional do produto e sua estabilidade, ou seja, o tempo de prateleira (DITCHFIELD, 2000).

Define-se atividade de água pela relação entre a pressão de vapor da água em equilíbrio sobre o alimento e a pressão de vapor da água pura em uma mesma temperatura. O estudo da atividade de água é representado através das isotermas de sorção. As isotermas de sorção são gráficos que descrevem a quantidade de água adsorvida de um alimento, a uma temperatura, em função da atividade de água (a_w) ou do teor de água relativa (ASCHERI, 1999).

Através das isotermas de sorção pode-se resolver numerosos problemas de processamento de estocagem de alimentos e produtos alimentícios, entre os quais: predição do tempo de secagem, da vida de prateleira do produto em determinada embalagem e dos requisitos básicos necessários para que se possa embalar um produto e, ainda, a caracterização de um produto, no equilíbrio, quando o mesmo é constituído de componentes de atividade de água (a_w) diferentes (PENA et al., 2000).

De acordo com PENA et al., (1996) as isotermas de sorção podem ser estimadas através da utilização de vários modelos matemáticos, cuja vantagem reside no fato de que, com poucos pontos experimentais, pode-se construir uma isoterma que, por outro lado, pode ser facilmente interpolada ou extrapolada para obtenção de pontos nas regiões de baixas e altas a_w . Os modelos matemáticos propostos por GAB, Peleg e de Henderson são descritos a seguir:

Equação de GAB:

$$X_e = K_1 a_w^{n_1} + K_2 a_w^{n_2}$$

em que,

X_e - teor de água de equilíbrio (% base seca)

a_w - atividade de água (adimensional)

X_m - teor de água na monocamada molecular (% base seca)

C e K - parâmetros que dependem da temperatura e da natureza do produto

Equação de Peleg:

$$X_e = \frac{X_m C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)}$$

em que,

X_e - teor de água de equilíbrio (% base seca)

a_w - atividade de água (adimensional)

$k_1, k_2, n_1, e n_2$ - constantes do modelo

Equação de Henderson

$$1 - a_w = \exp[-K(X_e^n)]$$

em que,

a_w - atividade de água (adimensional)

k e n - constantes de ajuste

X_e - teor de água de equilíbrio (% base seca)

2.5 – Análise sensorial

A análise sensorial é definida como um método científico usado para analisar, medir e interpretar as reações das características dos alimentos e dos materiais, com o auxílio dos órgãos humanos dos sentidos, são eles os órgãos da visão, tato, olfato, audição e gustação (AMERINE et al., 1965).

Segundo CHAVES (1993), a avaliação sensorial de alimentos é, mais um resultado da interação entre o alimento e o homem, que desde a infância os aceita ou os rejeita de acordo com a sensação sentida ao experimentá-lo e ingeri-los. Então, se é desejado avaliar a qualidade sensorial de um alimento e dizer as sensações que o homem terá ao ingeri-lo, nada mais óbvio que perguntar a ele mesmo. A análise foi criada para que o resultado desse tipo de questionamento fornecesse uma resposta precisa e reprodutível. Este aspecto de qualidade, que incide diretamente na reação do consumidor, é que denomina qualidade sensorial e leva às inovações, ao sucesso ou ao fracasso.

2.5.1 – Aparência e cor

A aparência de um alimento é um fator de qualidade primordial, do ponto de vista comercial. Através de diferentes atributos são avaliados o grau de frescor, tamanho, forma, cor, higiene, maturidade e ausência de defeitos (CHITARRA, 1998).

De acordo com BOBBIO & BOBBIO (1992), quando o consumidor entra em contato com o alimento em primeira instância, a sua cor e a aparência são as duas primeiras sensações que o atingem, e é o que o levará à aceitação, indiferença ou rejeição.

O valor da impressão visual é realçado pela capacidade de se perceber, não só a luz e a sombra, mas também a cor. A tendência em aceitar o alimento depende principalmente de sua cor. A cor de um alimento pode variar consideravelmente de lugar para lugar e de estação para estação, dependendo de numerosos fatores. Então, pode servir não só como critério de qualidade, mas também, como indicador de vários tipos de mudanças deteriorativas sofridas pelo produto (SILVA, 1973).

2.5.2 – Sabor

O sabor é definido, em análise sensorial, como a experiência mista, mas unitária, de sensações gustativas, olfativas e táteis percebidas durante a degustação. O sabor engloba quatro sensações gustativas fundamentais: ácido (azedo), doce, salgado e amargo, podendo ser influenciado pelos efeitos táteis, térmicos, dolorosos e sinestésicos (CHAVES & SPROESSER, 1996).

O sabor e o aroma da maioria da maioria das frutas tropicais são especialmente prazerosos e fortes, porém tendem a se alterar ou diminuir durante o tratamento a quente e estocagem. Por outro lado, essas frutas têm excelente cor que varia do amarelo ao vermelho (ASKAR, 1998). Segundo CZYHRINCIW (1969), a intensidade do sabor das frutas pode depender parcialmente de sua variedade, das condições de produção e de sua maturidade. Algumas substâncias são específicas para cada espécie e variedade; outras são comuns para todas as frutas.

2.5.3 – Aroma

O aroma dos alimentos é o conjunto das sensações do olfato estimuladas pelas substâncias voláteis que, em conjunto, conferem as características a cada produto CHITARRA & CHITARRA (1990).

De acordo com TEIXEIRA et al., (1987) a sensibilidade do olfato humano é bastante diferente. Quando treinado, consegue a presença de certas substâncias em concentrações baixíssimas e consegue, também, distinguir milhares de odores diferentes. Provadores de chá, café, vinho e perfume, parecem utilizar mais uma memória para odores do que a

hipersensibilidade. A sensibilidade varia com o indivíduo e diminui com a idade (MORI, 1998).

CHITARRA & CHITARRA (1990), afirmam que para a identificação e entendimento do aroma de um fruto ou outro produto é oportuno conhecer a natureza dos constituintes presentes e a intensidade do aroma de cada componente.

3 – MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEAg), do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Campina Grande, Paraíba, no Laboratório de Tecnologia de Alimentos, localizado no Centro de Tecnologia (CT) do Departamento de Tecnologia Química e de Alimentos (DTQA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB, e no Laboratório de Processamento de Leite e Derivados, pertencente ao Curso de Processamento de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE), Campus Belo Jardim, PE.

3.1 – Matéria-prima

Utilizou-se, como matéria-prima o leite de cabra integral, pasteurizado e empacotado em filme plástico de PVC com capacidade de 1 kg, armazenado em freezer a -20°C e adquirido na usina de beneficiamento de leite da Associação dos caprinocultores do município de Gurjão, PB, localizado na microrregião do Cariri Oriental da Paraíba, a 179 km de João Pessoa. Obteve-se a polpa de cajá a partir dos frutos adquiridos na zona rural do município de Lagoa Seca, PB, localizado no Agreste e Brejo paraibano a 129 km de João Pessoa após o transporte, seleção, higienização, despulpamento, refino, envase, congelamento e armazenagem.

3.2 – Processamento para obtenção da polpa de cajá

O fluxograma das fases utilizado no processo de obtenção da polpa de cajá se encontra na Figura 3.1.

Após a colheita, os cajás foram adequadamente acondicionados em caixas plásticas, adequadamente com peso aproximadamente entre 20 e 25 kg do fruto e transportados para o Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, onde foram processados.

Iniciou-se o processamento com a seleção das frutas, de maneira manual, com o objetivo de eliminar os frutos verdes e os estragados por insetos, animais silvestres ou choques mecânicos; a seguir, foram lavadas em água corrente e depois imersas durante 10 minutos em uma solução de hipoclorito de sódio, em concentração de 10 ppm, seguido de um enxágüe em água corrente e secadas em ambiente natural. Após a seleção e lavagem, os frutos foram pesados para então se obter o rendimento da polpa a partir da diferença entre o peso do fruto e o somatório dos pesos da casca e sementes.

A obtenção da polpa do cajá foi processada em despoldadeira horizontal da marca Laboremus, construída em aço inox, Modelo DF-200, de motor elétrico de 2,0 CV, com capacidade aproximada de 400 kg por hora, com peneira de malha 2,5 mm. Os frutos foram desintegrados separando-se a polpa da casca e sementes; em seguida, com o objetivo de se obter uma granulometria melhor da polpa de cajá, realizou-se o refinamento, na mesma despoldadeira utilizada na etapa anterior, utilizando-se, porém, uma peneira com malha de 1mm de diâmetro; após o refino a polpa de cajá foi acondicionada em embalagens de polietileno de baixa densidade, com capacidade aproximada para 500 g, congeladas e armazenadas a temperatura de -20°C em freezer convencional, até sua utilização nos experimentos.

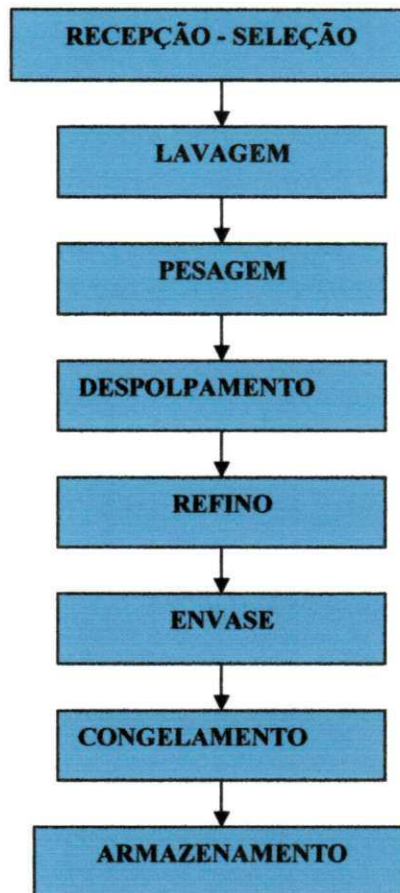


Figura 3.1 – Fluxograma do processamento de obtenção da polpa de cajá

3.3 - Preparo das formulações

Prepararam-se as formulações de leite de cabra com polpa de cajá a partir da percentagem sobre o peso do leite de cabra nas proporções de 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá; após a adição da polpa as misturas foram homogeneizadas e acondicionadas em embalagens de polietileno de baixa densidade, com capacidade aproximada para 1000 g, congeladas e armazenadas a temperatura de -20°C em freezer convencional, até sua utilização nos experimentos.

As etapas realizadas após a formulação e o armazenamento em freezer, estão diagramadas na Figura 3.2.

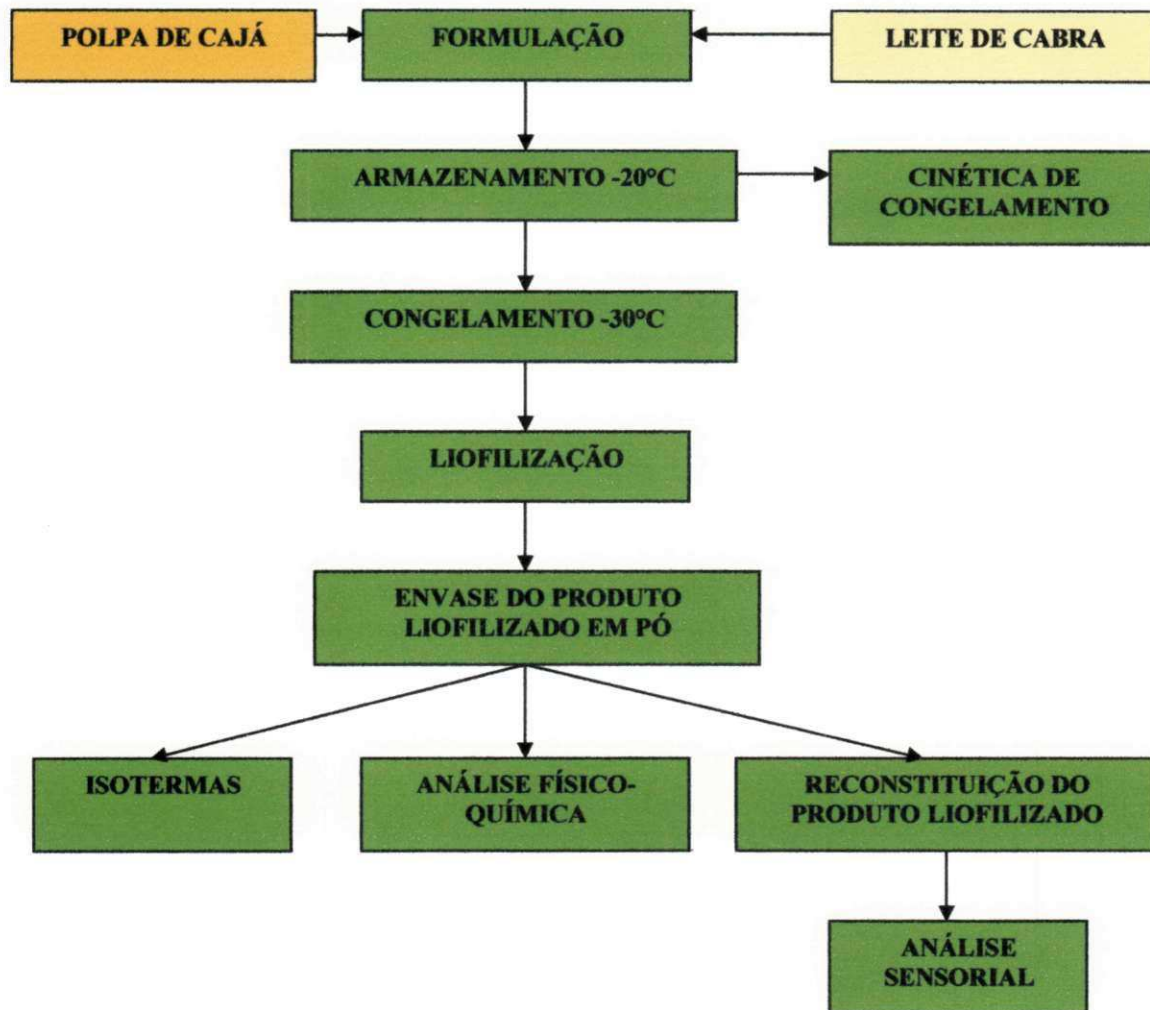


Figura 3.2 – Processo de obtenção do leite de cabra em pó com diferentes concentrações de polpa de cajá liofilizado

3.4 – Caracterização físico-química

Realizou-se a caracterização da polpa de cajá, leite de cabra integral pasteurizado, leite de cabra integral pasteurizado com diferentes concentrações de polpa de cajá e do leite de cabra com diferentes concentrações de polpa de cajá liofilizado (produto em pó), de acordo com as metodologias recomendadas pela legislação em vigor (BRASIL, 2000) e pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005) no Laboratório de Tecnologia de Alimentos, localizado no Centro de Tecnologia (CT) do Departamento de Tecnologia Química e de Alimentos (DTQA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, PB.

Realizaram-se as análises físico-químicas em triplicata, segundo os procedimentos a seguir.

3.4.1 – pH

O pH foi medido diretamente na amostra, após calibração do phmetro em soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, segundo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.4.2 – Densidade a 15°C

Conforme a metodologia descrita, SILVA et al, (1997) a densidade foi realizada por imersão de um lactodensímetro a partir da leitura da escala graduado, em graus densitométricos.

3.4.3 – Acidez titulável

Consistiu na titulação de determinado volume da amostra por uma solução alcalina de concentração conhecida utilizando-se como indicador, a fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.4.4 – Teor de água

A determinação do teor de água foi realizada pelo método gravimétrico, determinando-se a perda de massa do material submetido a aquecimento em estufa entre 90 a 95 °C, até massa constante, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.4.5 – Resíduo mineral (cinzas)

Determinou-se o teor de cinzas através do método descrito, de acordo com a metodologia do LANARA (BRASIL, 1981) e os resultados expressos em porcentagem.

Este método se fundamenta na perda de peso, que ocorre quando o material é indicado a 550 °C, com perda da matéria orgânica, sem apreciável decomposição dos constituintes do resíduo mineral ou perda por volatilização.

3.4.6 – Lipídeos

A metodologia utilizada foi a do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005), que se baseia no ataque seletivo da matéria orgânica por meio de ácido sulfúrico, com exceção da gordura, que foi separada por centrifugação, auxiliada pelo álcool amílico e, posteriormente, medida em escala graduada no butirômetro.

3.4.7 – Extrato seco total (EST)

Utilizou-se a metodologia descrita por SILVA et al (1997b), que consiste na perda da água e voláteis por dessecação e pesagem do resíduo obtido, feito por uma balança analítica.

3.4.8 – Extrato seco desengordurado ou sólidos não gordurosos (SNG)

É o resultado obtido da subtração da percentagem do extrato seco total e de lipídeos na amostra, segundo o Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.4.9 – Glicídios totais, redutores e não redutores

O teor de glicídios redutores em glicose foi determinado pelo método de redução alcalina (AOAC, 1997), o qual se fundamenta na redução dos íons cúpricos e cuprosos pelo açúcar redutor em meio alcalino.

3.4.10 – Proteína total

A determinação de protídeos totais foi realizada segundo o método de Kjeldahl descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005), com base na transformação do nitrogênio da

amostra em sulfato de amônio, através da digestão com ácido sulfúrico p.a. e posterior destilação com liberação da amônia, fixada em solução ácida e titulada com ácido clorídrico padronizado.

3.5 – Cinética de congelamento

Para estabelecer a cinética de congelamento utilizaram-se amostras do produto, contendo leite de cabra integral e pasteurizado com polpa de cajá, nas concentrações de 0, 10, 20 e 30%, em embalagens de polietileno de baixa densidade, no formato de lâmina com 10 mm de espessura e 100g de peso, como demonstra a Figura 3.3. O monitoramento da temperatura de estudo foi feito com dois termopares, um no centro do produto e o outro na câmara de congelamento. As leituras dos termopares foram realizadas em intervalos de 5 minutos até que se obtivesse o ponto de equilíbrio, para o congelamento feito em freezer convencional nas temperaturas de -20 e -30°C; para o congelamento no vapor de nitrogênio na temperatura de -170°C, a leitura das temperaturas nos termopares foi realizada a cada 60 segundos e de 5 segundos para o congelamento do produto a temperatura de -196°C na imersão de nitrogênio.

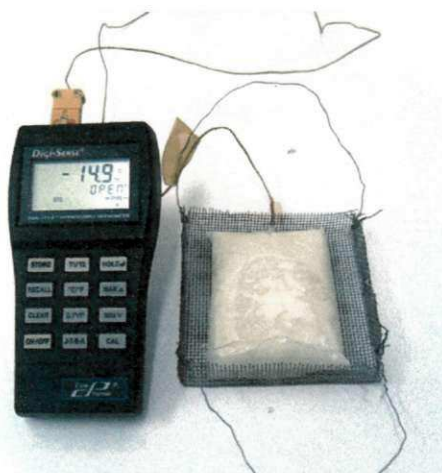


Figura 3.3 – Amostra do leite de cabra integral e pasteurizado com polpa de cajá na concentração de 10%, para realização da cinética de congelamento

Os gráficos foram feitos utilizando-se a razão de temperatura com o tempo.

As equações utilizadas foram:

$$RT = \frac{T - T_{\infty}}{T_0 - T_{\infty}} \quad (1)$$

donde:

RT – Razão de temperatura, adimensional

T_{∞} – Temperatura do meio de congelamento, °C

T – Temperatura no instante, °C

T_0 – Temperatura inicial, °C

Os cálculos de transferência de calor em regime transiente, considerando-se a amostra como placa plana, de espessura $2L$, no instante $F_0 = (\alpha/L^2).t$ (tempo adimensional, denominado número de Fourier), foram realizados utilizando-se a equação referente (CRANK, 1975).

$$RT = \sum_{n=1}^{\infty} C_n \exp(\sigma_n^2 F_0) \quad (2)$$

em que:

T – Temperatura, °C

F_0 – Número de Fourier, adimensional

C_n – Constante que depende do produto

σ_n – Raiz transcendental

L – (Espessura da amostra)/2

α – Difusividade térmica, $\text{mm}^2.\text{s}^{-1}$

∞ – Infinito (para temperatura)

t – Tempo, segundo

Calcularam-se os coeficientes da equação 2 utilizando-se o programa STATISTICA 7, por meio de regressão não-linear da razão de temperatura em função do tempo.

3.6 – Cinética de liofilização

A liofilização do leite de cabra com diferentes concentrações de polpa de cajá foi realizada no liofilizador Marca Terroni Fauvel, modelo LB 1500, a temperatura de -4°C e um

vácuo parcial de 100 µm Hg, de acordo com TERRONI (2004), como observado na Figura 3.4. O produto congelado a -30 °C em freezer na forma de placa de 10 mm de espessura foi colocado em cada bandeja do equipamento, no total de três bandejas.



Figura 3.4 – Liofilizador Marca Terroni Fauvel, modelo LB 1500

Durante a secagem foram monitorado o tempo de liofilização e o teor de água do produto e a cada 2 horas a câmara foi pressurizada e retirada o material para pesagem até peso constante, finalizando-se o processo. A partir dos dados de variação do teor de água com o tempo de liofilização, determinaram-se o rendimento e a cinética de liofilização. Para a cinética de liofilização foram utilizados os modelos matemáticos de PAGE (1949) (Equação 3), CAVALCANTI MATA (2004) (Equação 4), e Midilli e Kucuk (AKPINAR & BICER, 2005) (Equação 5).

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} = \exp(-Kt^n) \quad (3)$$

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} = a_1 \exp(-bt^{a_2}) + a_3 \exp(-bt^{a_4}) + a_5 \quad (4)$$

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} = a \exp(-Kt^n) + bt \quad (5)$$

sendo:

RX – Razão do teor de água

X – Teor de água inicial

X_t – Teor de água no instante

X_e – Teor de água de equilíbrio

$K, n, a, b, c, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ – Parâmetros das equações

Ao final, o produto foi acondicionado em embalagens metalizadas de polipropileno, revestidas internamente com polietileno, de densidade de $75,14 \text{ gm}^{-2}$ e as embalagens foram fechadas utilizando-se uma embaladora a vácuo, como demonstrado na Figura 3.5.

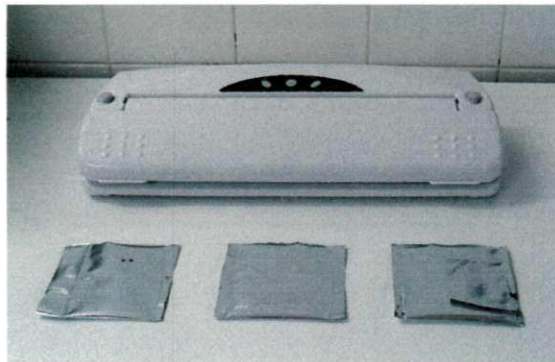


Figura 3.5 – Embaladora a vácuo e embalagens metalizadas de polipropileno, revestidas internamente com polietileno

Após o fechamento as embalagens foram devidamente rotuladas para identificação do conteúdo, constando a data de fabricação e a concentração em que o produto foi liofilizado, e armazenado a temperatura ambiente sob ventilação e condições higiênico-sanitárias adequadas, dentro de caixas de isopropileno expandido.

3.7 – Isotermas de equilíbrio

Obtiveram-se as curvas de isotermas de equilíbrio higroscópico na faixa de temperatura de 10 a $45 \text{ }^\circ\text{C}$ sob condições controladas e para uma faixa de umidade relativa do ar de 10 a 90%, através do equipamento thermoconstanter Novasina TH 2000 (Figura 3.6). O método empregado para determinar as isotermas de equilíbrio higroscópico, foi baseado no estudo de CAPRISTE & ROTSTEIN (1982).



Figura 3.6 – Thermoconstanter Novasina TH 2000

Pesou-se, aproximadamente 1 g de cada amostra do produto em pó, constituído de leite de cabra com uma concentração de polpa de cajá (produto em pó liofilizado) que foi colocado na cápsula a qual acompanha o equipamento; em seguida, amostra com a cápsula foi levada para a câmara do equipamento Novasina, onde ela entra em equilíbrio higroscópico a determinada temperatura. Faz-se a leitura da atividade de água e uma nova pesagem da amostra. A amostra com a cápsula é transferida para um dessecador com água destilada, com o objetivo da amostra sorver água, a qual retorna, após 30 minutos, à câmara do Novasina para a realização de uma nova leitura de equilíbrio. Após a determinação dos pontos (leituras no Novasina) a amostra é levada à estufa a 105 °C, para determinação da massa seca.

Este procedimento foi realizado para as temperaturas 20, 30, 40 e 45 °C, para cada produto em pó (concentração de 0, 10, 20, 30% de polpa de cajá no leite de cabra), cujas determinações foram feitas em triplicata.

Determinou-se o teor de água de equilíbrio (Equação 6) em base seca pela diferença entre a massa da amostra no equilíbrio e a massa seca, determinada em estufa a 105° C.

$$X_{eq} = \frac{m_{eq} - m_s}{m_s} \quad (6)$$

sendo que:

X_{eq} – teor de água de equilíbrio (%base seca)

m_{eq} – Massa da amostra no equilíbrio (g)

m_s – Massa seca da amostra (g)

Realizou-se a modelagem matemática utilizando-se os modelos de GAB (Equação 7), Peleg (Equação 8) e Henderson (Equação 9).

Modelo de GAB

$$X_{eq} = \frac{CKXa_w}{(1 - Ka_w)(1 - Ka_w + CKa_w)} \quad (7)$$

Modelo de Peleg

$$X_{eq} = K_1 a_w^{n_1} + K_2 a_w^{n_2} \quad (8)$$

Modelo de Henderson

$$X_{eq} = \ln \left[\frac{1 - a_w}{(-at)^{\frac{1}{b}}} \right] \quad (9)$$

sendo que:

- X_{eq} - Teor de água de equilíbrio (%base seca)
- a_w - Atividade de água, decimal
- X - Teor de água na monocamada molecular
- t - Temperatura (°C)
- $C, K,$ - Coeficiente da equação de GAB
- K_1, K_2 - Coeficiente da equação de Peleg
- n_1, n_2 - Coeficiente da equação de Peleg
- a, b - Coeficiente da equação de Henderson

3.8 – Reconstituição do leite de cabra em pó modificado com polpa de cajá

Utilizou-se o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005), para a reconstituição do leite de cabra em pó com diferentes concentrações de polpa de cajá liofilizado diluindo-se 10g do leite liofilizado em 70 ml de água. Após 12 horas se constata se as características iniciais permanecem inalteradas.

3.9 – Análise sensorial

O leite de cabra integral pasteurizado, o leite de cabra integral pasteurizado com diferentes concentrações de polpa de cajá e o leite de cabra integral pasteurizado e liofilizado com diferentes concentrações de polpa de cajá e reconstituído de acordo com o item 3.8, foram submetidos à análise sensorial através do teste de comparação múltipla, nos aspectos sabor, aroma, aparência e cor, segundo uma escala hedônica, de acordo com MORAES (1993), em que 40 degustadores de ambos os sexos, de idade entre 20 a 50 anos e não treinados, recrutados dentre alunos, funcionários e professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - Campus Belo Jardim, PE, receberam as amostras codificadas com números de três dígitos aleatórios em copos plásticos descartáveis com capacidade para 40 ml, quando avaliaram os produtos respondendo à ficha de avaliação em anexo (Apêndice F). Os degustadores foram instruídos a fazer uma pausa entre a análise de uma amostra e outra, servindo-se de bolachas, água e sal e de água mineral, que foram servidos juntamente com as amostras, no sentido de minimizar os efeitos do sabor residual deixado pela amostra anterior.

3.10 – Análise estatística

Na análise sensorial e na caracterização físico-química do leite de cabra integral pasteurizado com diferentes concentrações de polpa de cajá e do leite de cabra integral pasteurizado com diferentes concentrações de polpa de cajá liofilizado, empregou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado. Realizaram-se a análise de variância e o

teste de comparação de médias pelo teste de Tukey, em nível de 1 e 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional Assistat, versão 7.5 Beta (SILVA, 2006a).

Os coeficientes das equações da cinética de congelamento, liofilização e isotermas foram obtidos através da regressão não-linear utilizando-se o método Quase-Newton, do programa computacional Statistica, versão 7.0. Para a escolha do melhor ajuste foram analisados o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Caracterização da polpa de cajá

Na Tabela 4.1 se encontram os valores médios e desvios padrão da caracterização físico-química da polpa de cajá.

Observa-se, na Tabela 4.1, que os valores médios do teor de água, sólidos totais, acidez total titulável, cinzas, açúcares não redutores e sólidos solúveis totais, determinados para a polpa de cajá, são iguais a 89,46%, 10,54%, 1,90%, 0,6%, 0,29% de sacarose e 10,0°Brix, respectivamente. Valores muito próximos a esses foram observados por CAVALCANTI et al. (2005) ao estudarem os parâmetros da polpa de cajá quanto ao teor de água e sólidos totais, cujos valores foram de 90,06 e 9,94%, respectivamente; o mesmo foi observado por SOARES et al. (2006) ao estudarem diferentes variedades de cajá, quanto aos valores de acidez total titulável para a polpa de cajá entre 0,58 a 1,75% de ácidos cítricos; GADELHA et al. (2009) ao realizarem análise físico-química da polpa de cajá, obtiveram valor de cinzas igual a 0,46%, enquanto SILVA (2005) encontrou, para a polpa de cajá, resultado de açúcares não redutores igual 0,39% de sacarose e PINTO et al. (2003) caracterizando diferentes genótipos de cajazeiras obtiveram, para polpa de cajá, valores de sólidos solúveis totais variando entre 7,07 e 14 °Brix.

Tabela 4.1 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros químicos e físico-químicos da polpa de cajá

Parâmetro	Média e Desvio Padrão
Teor de água (%)	89,46 ± 0,55
Sólidos totais (%)	10,54 ± 0,55
Sólidos solúveis totais (°Brix)	10,00 ± 0,00
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	1,90 ± 0,00
Cinzas (%)	0,60 ± 0,02
pH	2,90 ± 0,00
Açúcares redutores (% glicose)	4,80 ± 0,00
Açúcares não redutores (% sacarose)	0,29 ± 0,00
Açúcares totais (%)	5,09 ± 0,00

Observa-se que o valor médio de 2,90 encontrado para o pH da polpa de cajá, se acha acima do valor mínimo estabelecido por Brasil (2000), de 2,2. CAVALCANTI MATA et al (2003) caracterizando a polpa de cajá quanto ao pH, obtiveram valor de 3,2, superior ao valor encontrado neste trabalho; já SILVA et al. (2002), encontraram valor de pH igual a 2,61, inferior ao valor aqui obtido.

A porcentagem de açúcares redutores encontrada para a polpa de cajá foi de 4,80% de glicose e de açúcares totais, de 5,09%; valores superiores a este foram encontrados para a polpa de cajá analisada, por BUENO et al (2002) e SACRAMENTO et al. (2007) que obtiveram valores de açúcares redutores iguais a 8,0 e 8,06% de glicose, enquanto PINTO et al. (2003) encontraram valores de açúcares totais para diferentes variedades de cajá, variando de 5,78 a 12,18%.

Essas variações se encontram dentro do esperado pois, de acordo com CHITARRA e CHITARRA (2005), as frutas podem sofrer pequenas variações em seus constituintes, de acordo com a variedade, tipo de solo, pluviosidade, tratos culturais, manejo e solo.

4.2 - Caracterização do leite de cabra

Na Tabela 4.2 se acham os valores médios e desvios padrão dos parâmetros químicos e físico-químicos do leite de cabra. Observa-se, nesta Tabela, que os valores de teor de água e sólidos totais do leite de cabra foram iguais a 88,41 e 11,59%, respectivamente de acordo, portanto, com LORA et al. (2006), que encontraram valores de teor de água e sólidos totais iguais a 87,4 e 12,6%, e ZAMBOM et al. (2007), que obtiveram valores de 89,30 e 10,70%, respectivamente.

Os percentuais médios de proteína, lipídios, cinzas, densidade e pH encontrado para o leite de cabra foram iguais a 3,35%, 3,39%, 0,76%, 1,028 g/ cm³ e 6,38, respectivamente; valores muito próximo foram encontrados por AMORIM et al. (2006), FERNANDES et al. (2008), MELO et AL. (2008), SILVA et AL. (2006b), CHONOBAI et al. (1999).

Os valores médios dos sólidos não-gordurosos, extrato seco total e lactose obtidos para o leite de cabra, foram 7,8, 7,5 e 3,39% respectivamente, inferiores aos valores encontrados por BRASIL (2000), SILVA et al. (2006b), QUEIROGA et al. (2007) e COSTA et al. (2007). PEREIRA (2008) estudando as características físico-químicas do leite de cabra encontrou,

para o parâmetro lactose, valor igual a 3,20%, inferior ao valor determinado neste trabalho. O referido autor justificou o baixo valor de lactose do leite em razão da sua composição variar de acordo com a raça, condições ambientais, estágios de lactose, estação do ano, alimentação, cuidados dispensados ao animal e estado de saúde da cabra.

Tabela 4.2 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros químicos e físico-químicos do leite de cabra

Parâmetro	Média e Desvio Padrão
Teor de água (%)	88,41 ± 0,09
Sólidos totais (%)	11,59 ± 0,09
Proteínas (%)	3,35 ± 0,06
Densidade (g/cm ³)	1,028 ± 0,00
Extrato seco total (%)	7,50 ± 0,09
pH	6,38 ± 0,00
Lipídios (%)	3,39 ± 0,00
Sólidos não gordurosos (%)	7,8 ± 0,00
Cinzas (%)	0,76 ± 0,03
Acidez total titulável (% ácido láctico)	0,15 ± 0,00
Lactose (%)	3,39 ± 0,09

4.3 - Caracterização das formulações do leite de cabra

Na Tabela 4.3 estão os valores da caracterização das formulações compostas por leite de cabra, com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá. Nas Tabelas A.1 a A.10 (Apêndice A) se tem as análises de variância desses parâmetros químicos e físico-químicos das formulações, compostas de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá.

Observa-se, na Tabela 4.3, que os valores de teor de água das formulações com leite de cabra em diferentes concentrações de polpa de cajá, tendem a aumentar com o aumento da concentração da polpa de cajá; o mesmo ocorre com os valores de acidez, açúcares redutores, açúcares não redutores e açúcares totais; este fato se justifica devido à polpa de cajá apresentar teor de açúcar e acidez total maior do que o leite de cabra; o mesmo comportamento foi observado por PEREIRA (2008) e GOUVEIA (2007).

Os valores de sólidos totais, proteína, sólidos solúveis totais, lipídios, cinzas e pH que se encontram na Tabela 4.3, tendem a diminuir com o aumento da concentração da polpa de cajá. O comportamento apresentado pelas formulações era previsto, em razão do teor de água

da polpa de cajá ser maior que o valor do teor de água do leite de cabra, ocasionando uma diluição nesses parâmetros a cada adição da polpa de cajá ao leite de cabra. Caracterizações realizadas em diversas formulações de bebidas lácteas com polpa de frutas e produtos similares, apresentaram resultados próximos aos deste trabalho (RODRIGUES e MORETTI, 2008); FELBERG et al. (2004). GOUVEIA (2007) estudando o “blend” da polpa de pinha com leite, observaram que os valores de sólidos totais aumentaram com a adição da polpa de pinha, devido, provavelmente, ao fato da polpa da pinha possuir teor de água menor que o leite.

Tabela 4.3 - Caracterização das amostras compostas por leite de cabra com diferentes concentrações de polpa de cajá

Parâmetros	Concentrações de polpa de cajá			
	0%	10%	20%	30%
Teor de água (%)	88,41 c	88,78 b	88,74 b	89,69 a
Sólidos totais (%)	11,59a	11,22 b	11,26 b	10,31 c
Proteínas (%)	3,35 a	2,98 b	2,70 c	2,47 d
Sólidos solúveis totais (°Brix)	8,00a	8,00a	7,00b	7,00b
Acidez total titulável (% ácido láctico)	0,15 d	0,27 c	0,31 b	0,76 a
Lipídios (%)	4,10 a	3,20 b	2,70 c	2,00 d
Cinzas (%)	0,76 a	0,74 b	0,71 c	0,68 d
pH	6,38 a	5,96 b	5,02 c	4,13 d
Açúcares redutores (% glicose)	2,44 d	2,80 c	2,87 b	2,90 a
Açúcares não redutores (% sacarose)	0,00d	0,37 c	0,40 b	0,48 a
Açúcares totais (%)	2,44d	3,17 c	3,27 b	3,38 a

Obs: Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de tuckey, ao nível de 5% de probabilidade

4.4 - Caracterização das formulações do leite de cabra em pó (liofilizado)

Na Tabela 4.4 estão os valores da caracterização das formulações do pó compostas por leite de cabra com diferentes concentrações de polpa de cajá liofilizadas. Nas Tabelas B.1 a

B.11 (Apêndice B) se acham as análises de variância dos parâmetros químicos e físico-químicos dos produtos em pó, composto de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá.

Os parâmetros encontrados do produto liofilizado (leite de cabra em pó com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá) indicaram as mesmas tendências observadas nas formulações com leite de cabra em diferentes concentrações de polpa de cajá (formulação “in natura”, item 4.3), ou seja, tendem a aumentar com o aumento das concentrações da polpa de cajá em relação aos teores de água, acidez, açúcares redutores, açúcares não redutores e açúcares totais, justificado devido à polpa de cajá apresentar teor de água, açúcar e acidez totais maiores que os valores do leite de cabra para os mesmos parâmetros já que, durante o processo de secagem por liofilização, as alterações das características iniciais do produto são mínimas (CAVALCANTI MATA et al., 2005; CHAVES et al., 2008).

Tabela 4.4 - Caracterização das formulações em pó compostas por leite de cabra e diferentes concentrações de polpa de cajá liofilizadas

Parâmetros	Concentrações de polpa de cajá			
	0%	10%	20%	30%
Teor de água (%)	3,91 c	4,59 b	4,79 b	6,63 a
Sólidos totais (%)	96,09 a	95,41 b	95,21 b	93,37 c
Proteínas (%)	23,91 a	23,90 a	22,62 b	21,03 c
Sólidos solúveis totais (°Brix)	66,00 a	51,00 c	65,00 a	55,00 b
Acidez total titulável (% ac. Lático)	1,08 d	2,61 c	3,05 b	6,20 a
Lipídios (%)	30,14 a	28,48 b	24,20 c	22,35 d
Cinzas	3,38 a	3,27 a	2,91 b	2,57 c
pH	6,36 a	5,55 b	4,95 c	3,99 d
Açúcares redutores (% glicose)	21,81 c	21,11 d	24,97 a	22,89 b
Açúcares não redutores (% sacarose)	4,12 c	6,37 b	2,52 d	11,44 a
Açúcares totais (%)	25,93 c	27,48 b	27,49 b	34,33 a

Obs: Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de tuckey, ao nível de 5% de probabilidade

Os valores de sólidos totais, proteína, sólidos solúveis totais, lipídios, cinzas e pH da formulação do pó composto de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá, tendem a diminuir com o aumento da concentração da polpa de cajá. O comportamento apresentado pelas formulações deste produto em pó, era esperado, em virtude de existir a mesma tendência ocorrida nas formulações com leite de cabra “in natura” com diferentes concentrações. Teores próximos a esses parâmetros foram encontrados por SILVA (2005) estudando a secagem da polpa de cajá através do “spray drying”. MELO (2007) avaliando o valor de sólidos totais para a formulação em pó, composta de 80% de leite de cabra, 20% de polpa de cajá e com adição de 10% de maltodextrina, obteve valor próximo ao encontrado neste trabalho. CAMPOS et al. (1998) caracterizando o leite em pó obtido por “spray drying”, obtiveram valor de proteína igual a 24,39%; constata-se ainda na Tabela 4.4, que este valor está 0,47 a 3,35 acima dos pontos percentuais dos encontrados neste trabalho; pode-se, no entanto, observar que, praticamente, toda a proteína existente nas diferentes concentrações é devida ao leite de cabra, enquanto THAMER e PENNA (2006) obtiveram, para o leite em pó desnatado e reconstituído, valor de pH igual a 6,44.

4.5 – Cinética de congelamento

Os valores experimentais e calculados da Razão de Temperatura (RT) e do tempo de congelamento das amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá, nas temperaturas de -20 °C (Freezer convencional), -30 °C (Freezer convencional), -170 °C (vapor de nitrogênio) e -196 °C (imersão em nitrogênio) se encontram no Apêndice C.

4.5.1 - Cinética de congelamento do leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá na temperatura de -20 °C

Tem-se, na Figura 4.1, as curvas de congelamento do leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá, na temperatura de -20 °C. Observa-se que todas as curvas de congelamento a -20 °C se assemelham à curva de congelamento da água pura submetida a congelamento. KASAHARA et al. (1986) estudando a curva de congelamento da polpa de

mamão também observaram o mesmo comportamento, justificando-o através do alto teor de água apresentado pela polpa de mamão.

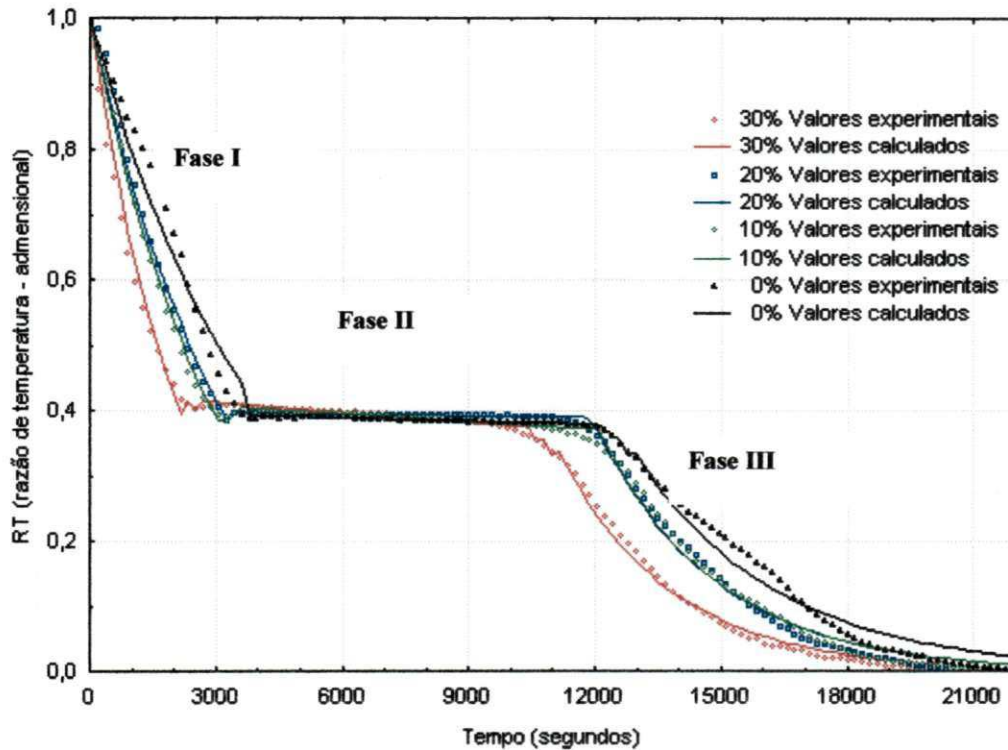


Figura 4.1 - Cinética de congelamento a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do leite de cabra com diferentes concentrações de polpa de cajá

Verificam-se, nas curvas de congelamento da Figura 4.1, na fase de resfriamento (Fase I), a qual é responsável pela diminuição da temperatura da amostra até o ponto de congelamento, que a amostra de leite de cabra com 30% de cajá resfriou mais rapidamente em relação às amostras de leite de cabra com 0, 10, 20% de polpa de cajá, com o tempo aproximadamente igual a 2520 segundos, decaindo a temperatura adimensional de 1,0 ($26,33\text{ }^{\circ}\text{C}$) a aproximadamente 0,4 ($-0,57\text{ }^{\circ}\text{C}$) enquanto a amostra de leite de cabra com 20% de polpa de cajá baixou a temperatura $27,57\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $-0,30\text{ }^{\circ}\text{C}$, no período de 3240 segundos já a 10% de polpa de cajá, a temperatura baixou de $26,93\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $-0,40\text{ }^{\circ}\text{C}$ em 3420 segundos e a 0% de polpa de cajá, em 3600 segundos, a temperatura das amostras baixou de $28,77\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $-0,50\text{ }^{\circ}\text{C}$, com a temperatura adimensional variando de 1,0 a aproximadamente 0,4 para todas as porcentagens de polpa de cajá. De acordo com FELLOWS (2006), o alimento é resfriado até

abaixo de seu ponto de congelamento que, com exceção da água, é sempre abaixo de 0 °C. Segundo o mesmo autor, o ponto de congelamento do leite com 87% do teor de água, é de -0,5 °C, enquanto para a fruta com teor de água em torno de 87-95%, o ponto de congelamento pode variar entre -0,9 a -2,7 °C. Pode-se, desta forma, observar que os valores do ponto de congelamento das amostras se encontram próximos dos valores relatados pela literatura para o leite de cabra, pois com valores dos pontos de congelamento, as amostras variaram de -0,30 a -0,57 °C.

Na fase de cristalização ou congelamento (Fase II), período no qual a temperatura sofre pequena variação e a maior parte da água muda de fase, a amostra de leite de cabra com 30% de polpa de cajá também que apresentou o menor tempo com 7920 segundos para atingir o completo congelamento; já as amostras de leite de cabra com 10 e 20% de polpa de cajá apresentaram o mesmo tempo (8100 segundos), enquanto a amostra com 0% de polpa de cajá alcançou o completo congelamento em aproximadamente 8280 segundos.

Tem-se no período de pós-congelamento (Fase III), a amostra de leite de cabra com 20% de polpa de cajá com o menor tempo igual a 8640 segundos, com a temperatura adimensional decaindo de 0,4 (-1,40 °C) até 0,0 (-18,4 °C) seguida da amostra com 30% de polpa de cajá, cujo tempo foi de 9360 segundos, com a temperatura adimensional baixando de 0,4 (-2,87 °C) até 0,0 (-18,9 °C); logo após vem a amostra com 10% de polpa de cajá, com o tempo de 10080 segundos, baixando a temperatura adimensional de 0,4 (-2,80 °C) a 0,0 (-18,5 °C) e ,por último, a amostra com 0% de cajá, e temperatura adimensional caindo de 0,4 (-1,20 °C) a (-19,2 °C) em 10800 segundos. ARAÚJO et al. (2000), estudando a cinética de congelamento da polpa de acerola a -22,6 °C, observaram que na fase de resfriamento (fase I), o tempo foi de 1800 segundos, onde a temperatura baixou rapidamente de 24,4 até -0,5 °C; já na Fase II, a mudança de fase ocorre lentamente, compreendendo um período de 6000 segundos, em que a temperatura foi baixando de -0,5 até -3,9 °C; enquanto na fase de pós-congelamento (fase III), a duração foi de 6000 segundos com a temperatura baixando de -3,9 °C até -22,6 °C.

Comparando as curvas de congelamento das amostras com relação ao tempo necessário para as amostras atingirem a temperatura adimensional de 0,0, observa-se que a amostra com 30% de polpa de cajá foi a que alcançou o congelamento final em menor tempo (19800 segundos) seguida das amostras com 20, 10 e 0% de polpa de cajá, cujos tempos foram,

respectivamente, iguais a 19980, 21600 e 22680 segundos. Verifica-se, desta forma, tendência de diminuição do tempo de congelamento do leite de cabra com o aumento da porcentagem de polpa de cajá, fato já esperado em razão da polpa de cajá possuir uma quantidade de sólidos totais inferior à do leite de cabra, diminuindo o teor de sólidos na amostra e, conseqüentemente, o tempo de congelamento da amostra diminui. LIMA et al. (2003) estudando a difusividade efetiva da polpa de umbu, constataram que o aumento na concentração da polpa de umbu proporciona diminuição da difusividade efetiva da polpa.

Verificam-se, na Tabela 4.5, os valores das espessuras (L); dos fatores de atraso (a_1), dos coeficientes de difusão (a_2), das difusividades efetivas (α), das difusividades efetivas médias (α_m) e dos coeficientes de variação (R^2), das amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá congeladas a $-20\text{ }^\circ\text{C}$.

Tabela 4.5 - Valores das espessuras (L); fator de atraso (a_1); coeficiente de difusão (a_2); difusividade efetiva (α); difusividade térmica efetiva média (α_m) e dos coeficientes de variação (R^2) das amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% da polpa de cajá congeladas a $-20\text{ }^\circ\text{C}$

Polpa de cajá	Fases*	L/2 (mm)	a_1	a_2	α (mm^2/s)	α_m (mm^2/s)	R^2
0%	I	8,6	1,00	$2,27 \times 10^{-4}$	2,23	-	98,14
	II	8,6	0,39	$4,0 \times 10^{-6}$	$5,26 \times 10^{-4}$	-	94,69
	III	8,6	0,02	$2,99 \times 10^{-4}$	$3,03 \times 10^{-3}$	0,36	98,46
10%	I	10,6	1,00	$3,12 \times 10^{-4}$	2,70	-	99,57
	II	10,6	0,42	$1,0 \times 10^{-6}$	$1,0 \times 10^{-4}$	-	81,04
	III	10,6	0,27	$3,56 \times 10^{-4}$	$3,90 \times 10^{-3}$	0,43	99,22
20%	I	8,9	1,00	$2,91 \times 10^{-4}$	2,70	-	99,57
	II	8,9	0,40	$2,0 \times 10^{-6}$	0,00	-	81,04
	III	8,9	0,27	$3,56 \times 10^{-4}$	$4,2 \times 10^{-3}$	0,44	99,22
30%	I	9,3	1,00	$4,31 \times 10^{-4}$	3,58	-	98,14
	II	9,3	0,43	$1,3 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-4}$	-	94,69
	III	9,3	0,24	$3,79 \times 10^{-4}$	$3,9 \times 10^{-3}$	0,46	98,46

* fase I – resfriamento, II- congelamento, III - pós-congelamento; L - espessura; a_1 – fator de atraso; a_2 - Coeficiente de difusão; α - Difusividade efetiva; α_m - Difusividade efetiva média; R^2 – coeficiente de variação

Percebe-se que os valores de difusividade efetiva média apresentados nas amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá no congelamento a $-20\text{ }^\circ\text{C}$, foram iguais a

0,36, 0,43, 0,44, 0,46 e mm^2/s , respectivamente; evidenciando a tendência do aumento da difusividade efetiva das amostras com o aumento da porcentagem de polpa de cajá, comportamento este esperado, em virtude da polpa de cajá conter menor teor de sólidos que o leite de cabra, ou seja, provocando, dessa forma, o aumento da difusividade efetiva média das amostras com a adição da polpa de cajá. O maior valor da difusividade efetiva média da amostra de leite de cabra com 30% de polpa de cajá pode justificar o menor tempo de congelamento em relação às demais curvas de congelamento, haja vista que, quanto maior a difusividade efetiva média da amostra mais rápido é o seu congelamento, segundo SINGH (1982) citado por CARBONERA et al. (2003), a difusividade térmica de um alimento depende do teor de sólidos totais e da temperatura da amostra.

4.5.2 - Cinética de congelamento do leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá, na temperatura de -30 °C

Na Figura 4.2 se encontram as curvas de congelamento do leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá, na temperatura de -30 °C. Nota-se que todas as curvas de congelamento a -30 °C se assemelham à curva de congelamento da água pura submetida a congelamento lento. Segundo CAVALCANTI MATA et al. (2005), a curva de congelamento a -50 °C da polpa de graviola possui as três fases de congelamento bem definidas, em razão da polpa de graviola apresentar 89% de água, a qual é responsável pela semelhança da curva de congelamento da polpa com a curva de congelamento da água.

Observa-se, na Figura 4.2, que na fase de resfriamento (Fase I), a amostra de leite de cabra com 30% de polpa de cajá apresentou o menor tempo de resfriamento, com 1800 segundos em relação às curvas de congelamento das amostras de leite de cabra, com 20,10 e 0% de polpa de cajá, cujos tempos foram, respectivamente, de 1980, 2160 e 2160 segundos; baixando a temperatura adimensional de 1,0 (27,33, 27,10, 27,33 e 27,23 °C) a 0,5 (-0,50, -0,37, -0,47 e -0,50 °C), respectivamente, porém, praticamente só é possível observar diferença entre as curvas de congelamento das amostras com 30% e 20% de polpa de cajá, no final do resfriamento, quando a curva de resfriamento (fase I) da amostra com 30% de polpa de cajá finaliza o resfriamento primeiro em relação à amostra com 20% de polpa de cajá.

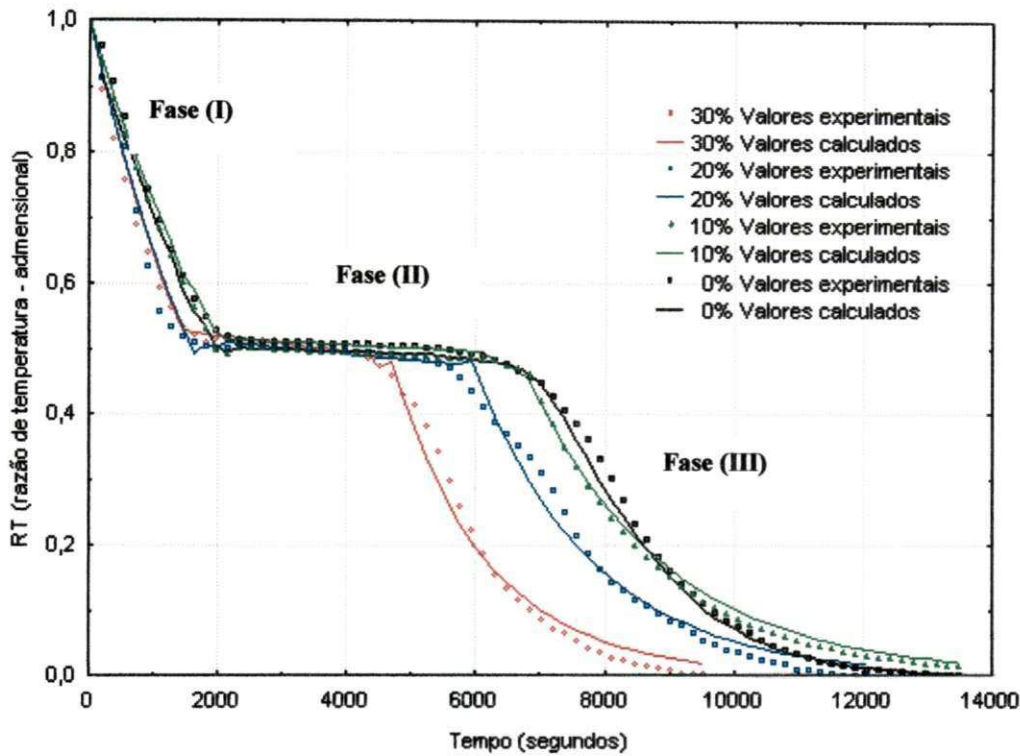


Figura 4.2 - Cinética de congelamento a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ do leite de cabra com diferentes concentrações de polpa de cajá

Na fase de cristalização ou congelamento (fase II), a amostra de leite de cabra com 30% de polpa de cajá também apresentou o menor tempo de congelamento, com 2340 segundos, seguida das amostras com 20% (3600 segundos), 10% (3780 segundos) e 0% de polpa de cajá (3960 segundos).

Na fase de pós-congelamento (fase III), o menor tempo também foi verificado para a amostra com 30% de polpa de cajá, e tempo igual a 5040 segundos; a temperatura adimensional decaindo de 0,5 ($-2,10\text{ }^{\circ}\text{C}$) a 0,0 ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$); em seguida, a amostra com 20% de polpa de cajá indicou um tempo de 6120 segundos, com a temperatura baixando de 0,5 ($-2,10\text{ }^{\circ}\text{C}$) a 0,0 ($-28,4\text{ }^{\circ}\text{C}$); seguida da amostra com 10% de polpa de cajá com 7200 segundos, decaindo a temperatura adimensional de 0,5 ($-1,73\text{ }^{\circ}\text{C}$) a 0,0 ($-29,3\text{ }^{\circ}\text{C}$); e a amostra com 00% de polpa de cajá com 7560 segundos, diminuindo a temperatura de 0,5 ($-1,77\text{ }^{\circ}\text{C}$) a 0,0 ($-28,5\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Comparando as curvas de congelamento das amostras com relação ao tempo necessário para as amostras atingirem a temperatura adimensional de 0,0, observa-se que a amostra com

30% de polpa de cajá foi a que alcançou o congelamento em menor tempo (9180 segundos) seguida, respectivamente, das amostras com 20, 10 e 0% de polpa de cajá cujos tempos foram, respectivamente, iguais a 11700, 13140 e 13670 segundos, comportamento este observado também para o congelamento a -20 °C das amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá.

Tem-se, na Tabela 4.6, os valores das espessuras (L); dos fatores de atraso (a_1); dos coeficientes de difusão (a_2); das difusividades efetivas (α); das difusividades efetivas médias (α_m) e dos coeficientes de variação (R^2), das amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá, congeladas a -30 °C.

Tabela 4.6 - Valores das espessuras (L); fator de atraso (a_1); coeficiente de difusão (a_2); difusividade efetiva (α); difusividade térmica efetiva média (α_m) e dos coeficientes de variação (R^2) das amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% da polpa de cajá congeladas a -30 °C

Polpa de cajá	Fases*	L/2 (mm)	a_1	a_2	α (mm ² /s)	α_m (mm ² /s)	R^2
0%	I	9,6	1,00	$3,52 \times 10^{-4}$	3,24	-	99,74
	II	9,6	0,51	$9,00 \times 10^{-6}$	$1,27 \times 10^{-4}$	-	94,55
	III	9,6	0,16	$5,19 \times 10^{-4}$	$5,61 \times 10^{-3}$	0,51	98,70
10%	I	9,9	1,00	$3,26 \times 10^{-4}$	3,17	-	99,67
	II	9,9	0,52	$1,00 \times 10^{-5}$	$1,00 \times 10^{-4}$	-	93,33
	III	9,9	0,11	$4,69 \times 10^{-4}$	$5,10 \times 10^{-3}$	0,52	97,68
20%	I	8,5	1,00	$4,36 \times 10^{-4}$	3,16	-	97,42
	II	8,5	0,52	$1,90 \times 10^{-5}$	$2,00 \times 10^{-4}$	-	85,11
	III	8,5	0,14	$5,48 \times 10^{-4}$	$4,60 \times 10^{-3}$	0,54	98,88
30%	I	8,9	1,00	$4,44 \times 10^{-4}$	3,53	-	98,07
	II	8,9	0,56	$2,40 \times 10^{-5}$	$3,00 \times 10^{-4}$	-	95,00
	III	8,9	0,11	$6,71 \times 10^{-4}$	$6,00 \times 10^{-3}$	0,69	98,68

* fase I – resfriamento, II- congelamento, III - pós-congelamento; L - espessura; a_1 – fator de atraso; a_2 - Coeficiente de difusão; α - Difusividade efetiva; α_m - Difusividade efetiva média; R^2 – coeficiente de variação

Observa-se, na Tabela 4.6, que os valores de difusividade média efetiva obtidos para as amostras de leite de cabra com polpa de cajá, foram de 0,69 (30% de polpa de cajá), 0,54 (20% de polpa de cajá), 0,52 (10% de polpa de cajá) e 0,51mm²/s (0% de polpa de cajá) além do aumento da difusividade térmica com o aumento da adição de polpa de cajá, tal como

observado anteriormente para a temperatura de congelamento a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, cujo comportamento explica o porquê da amostra com 30% de polpa de cajá apresentar o menor de tempo de congelamento.

4.5.3 - Cinética de congelamento do leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá na temperatura de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$

Observam-se, na Figura 4.3, as curvas de congelamento do leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá, na temperatura de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$; constata-se que as curvas de congelamento das amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá não apresentam as fases de resfriamento e congelamento (Fases I e II) bem definidas mas apenas a fase de pós-congelamento. A justificativa para este comportamento é que o congelamento a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ ocorre muito rápido não sendo possível distinguir as fases I e II da curva de congelamento.

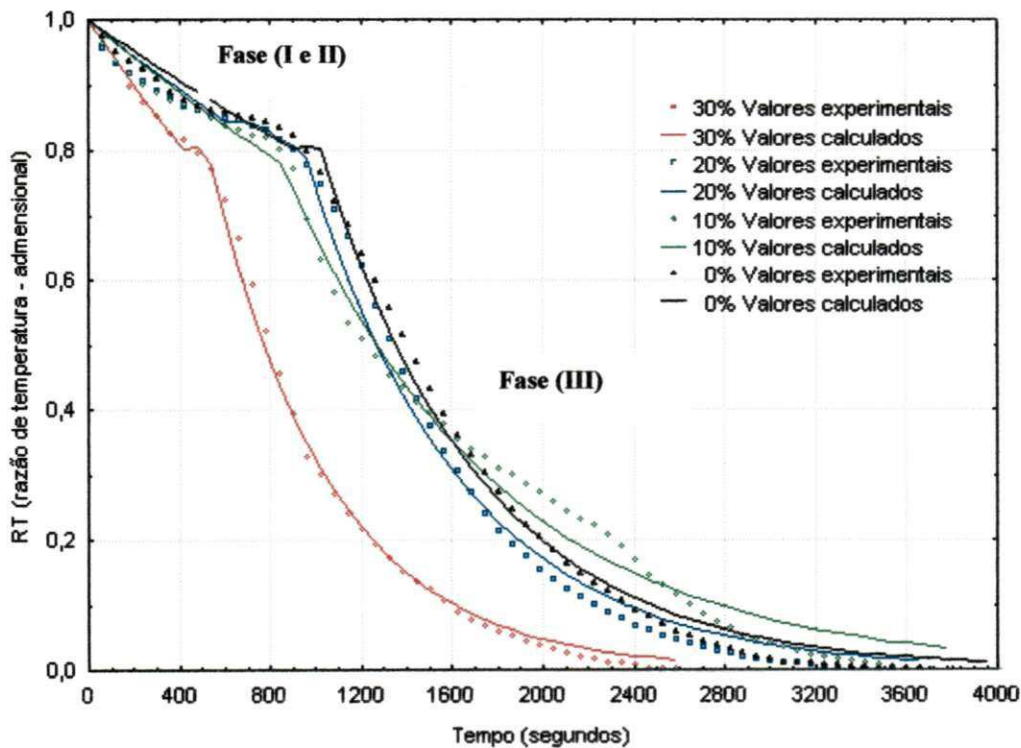


Figura 4.3 - Cinética de congelamento a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ do leite de cabra com diferentes concentrações de polpa de cajá

Na fase correspondente ao resfriamento e congelamento (Fases I e II), a curva de congelamento com 30% de polpa de cajá, apresentou o menor tempo, com 420 segundos, baixando a temperatura adimensional de 1,0 (26,60 °C) para aproximadamente 0,8 (-9,33 °C); seguido da curva de congelamento da amostra de leite de cabra com 20% de polpa de cajá, com 780 segundos e temperatura adimensional decaindo de 1,0 (26,90 °C) para acima de 0,8 (-7,70 °C); depois, pela curva de congelamento do leite de cabra com 10% de polpa de cajá, cujo tempo foi de 840 segundos, baixando a temperatura de 1,0 (26,43 °C) para aproximadamente 0,8 (-10,30 °C), por último, a curva de congelamento da amostra de leite de cabra com 0% de polpa de cajá com 900 segundos, cuja temperatura adimensional baixou de 1,0 (27,20 °C) para 0,8 (-7,90).

Na fase de pós-congelamento (Fase III), a curva de congelamento que apresentou o menor tempo foi a amostra de leite de cabra, com 30% de polpa de cajá, e 2160 segundos, decaindo a temperatura adimensional, até alcançar 0,0 (-169,57 °C) seguida das amostras com 20, 10 e 0% de polpa de cajá, cujos valores de tempo foram, respectivamente, iguais a 2820, 2880 e 3060 segundos, com temperaturas adimensionais decaindo até 0,0 (-168,1 °C), 0,0 (-169,7 °C) e 0,0 (-169,9 °C), respectivamente. Embora as três últimas curvas do congelamento das amostras se tenham interceptado em alguns pontos, percebe-se graficamente o comportamento já citado.

Observa-se, ao se comparar as quatro curvas de congelamento da amostra de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá, que o menor tempo de congelamento foi apresentado pela amostra com 30% de polpa de cajá, com 2580 segundos, seguida das amostras com 20%, com 3600 segundos; 10% , com 3720 segundos e com 0% de polpa de cajá (3960 segundos).

Na Tabela 4.7 se verificam os valores das espessuras (L); dos fatores de atraso (a_1); dos coeficientes de difusão (a_2); das difusividades efetivas (α); das difusividades efetivas médias (α_m) e dos coeficientes de variação (R^2), das amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá congeladas a -170 °C.

O valor de difusividade efetiva média da amostra com 30% de polpa de cajá foi igual a 13,82 mm²/s; a 20% de polpa de cajá foi de 10,20 mm²/s; a 10% de polpa de cajá foi de 10,20 mm²/s; já a 0% de polpa de cajá o valor obtido foi de 9,89 mm²/s. Pode-se observar que a relação de aumento da difusividade efetiva média com adição de polpa ao leite de cabra

também é válida para a temperatura de $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ justificando, desta forma o menor tempo de congelamento da amostra com 30% de polpa de cajá em relação às demais amostras. Já FERREIRA (2000), estudando a cinética de congelamento da polpa de umbu com espessura de 19,96 mm, submetido à temperatura de $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$ obteve a difusividade efetiva média igual a $16,13\text{ mm}^2\text{s}^{-1}$.

Tabela 4.7 - Valores das espessuras (L); fator de atraso (a_1); coeficiente de difusão (a_2); difusividade efetiva (α); difusividade térmica efetiva média (α_m) e dos coeficientes de variação (R^2) das amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% da polpa de cajá congeladas a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$

Polpa de cajá	Fases*	L/2 (mm)	a_1	a_2	α (mm^2/s)	α_m (mm^2/s)	R^2
0%	I	9,2	1,00	$2,44 \times 10^{-4}$	2,07	-	97,29
	II	9,2	0,00	0,00	0,00	-	-
	III	9,2	1,00	$1,44 \times 10^{-3}$	12,19	9,89	99,49
10%	I	10,7	1,00	$2,91 \times 10^{-4}$	3,31	-	94,24
	II	10,7	0,00	0,00	0,00	-	-
	III	10,7	1,00	$1,08 \times 10^{-3}$	12,24	10,20	98,87
20%	I	9,9	1,00	$2,81 \times 10^{-4}$	2,77	-	88,72
	II	9,9	0,00	0,00	0,00	-	-
	III	9,9	1,00	$1,47 \times 10^{-3}$	14,48	12,56	99,16
30%	I	9,2	1,00	$5,24 \times 10^{-4}$	4,48	-	99,25
	II	9,2	0,00	0,00	0,00	-	-
	III	9,2	1,00	$1,92 \times 10^{-4}$	16,40	13,82	99,63

* fase I – resfriamento, II- congelamento, III - pós-congelamento; L - espessura; a_1 – fator de atraso; a_2 - Coeficiente de difusão; α - Difusividade efetiva; α_m - Difusividade efetiva média; R^2 – coeficiente de variação

4.5.4 - Cinética de congelamento do leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá, na temperatura de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$

Verificam-se, na Figura 4.4, as curvas de congelamento do leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá, na temperatura de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tem-se que as curvas de congelamento das amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá não apresentam as fases de resfriamento e congelamento (Fases I e II) de forma distinta que ocorre apenas na fase de pós-congelamento; tal como constatado para as curvas de congelamento a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Nas fases de resfriamento e congelamento (Fase I e II) da Figura 4.4, vê-se que a curva de congelamento da amostra de leite de cabra com 30% de polpa de cajá foi a que apresentou o menor tempo de resfriamento (15 segundos), com a temperatura adimensional baixando de 1,0 (26,13 °C) para aproximadamente 0,8 (-9,33 °C), em relação às demais curvas de congelamento das amostras de leite de cabra com 20% (20 segundos); 10% (25 segundos) e 0% de polpa de cajá com 30 segundos, cujas temperaturas adimensionais das amostras variaram de 1,0 (28,30, 27,70 e 26,20 °C) a 0,8 (-10,70, -17,70 e -17,10 °C), respectivamente. Segundo FELLOWS (2006), as frutas e hortaliças submetidas ao método criogênico (nitrogênio líquido) alcançam a temperatura de -18 °C no intervalo de 30 a 360 segundos.

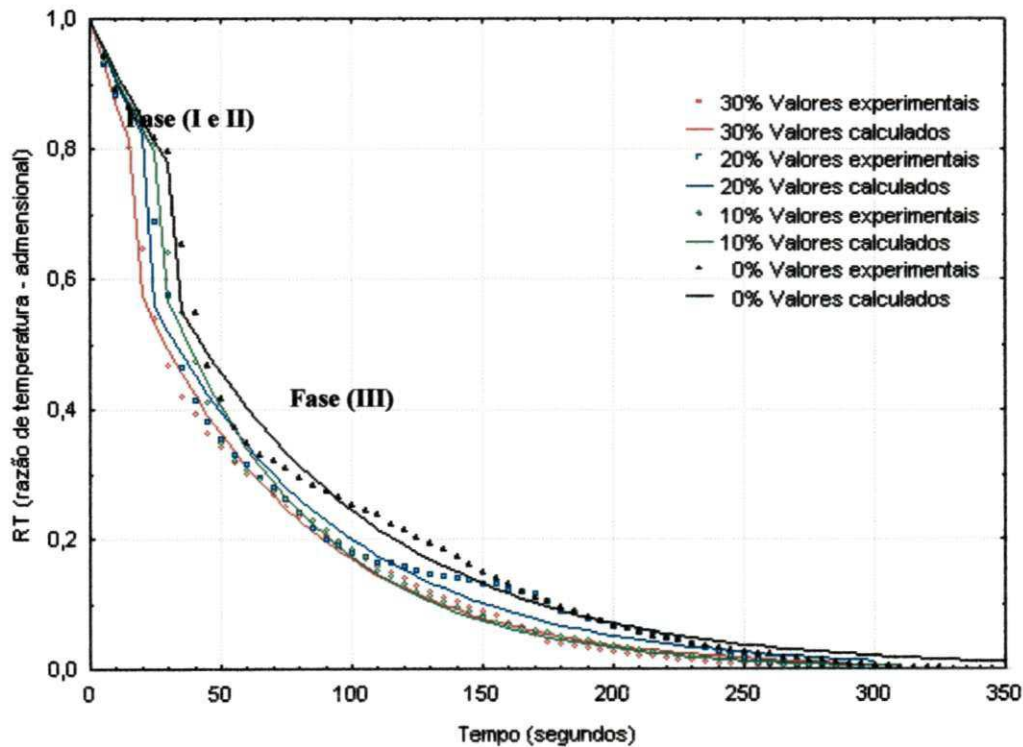


Figura 4.4 - Cinética de congelamento a -196 °C do leite de cabra com diferentes concentrações de polpa de cajá

Na fase de pós-congelamento (Fase III), a curva da amostra de leite de cabra com 30% de polpa de cajá, alcançou a temperatura adimensional de 0,0 (-192,7 °C), com 270 segundos seguida da curva com 20%, com 0,0 (-191,2 °C) em 275 segundos; 10% com 0,0 (-192,5 °C)

em 280 segundo; e 0%, com a temperatura adimensional de 0,0 (-192,8 °C) em 310 segundos. CIABOTTI (2000) ao estudar o comportamento da curva de congelamento -196 °C, do suco de maracujá puro e adoçado, observou que a fase de pós-congelamento foi a mais longa, com duração de 190 segundos para o suco puro e 300 segundos para o suco adoçado em relação às demais fases.

Comparando as curvas de congelamento das amostras com relação ao tempo necessário para as amostras atingirem a temperatura adimensional de 0,0, observa-se que a amostra com 30% de polpa de cajá foi a que alcançou a temperatura adimensional final em menor tempo (285 segundos); seguida respectivamente das amostras com 20, 10 e 0% de polpa de cajá, cujos tempos foram, respectivamente, iguais a 295, 305 e 340 segundos.

Na Tabela 4.8 se encontram os valores das espessuras (L); dos fatores de atraso (a_1); dos coeficientes de difusão (a_2); das difusividades efetivas (α); das difusividades efetivas médias (α_m) e dos coeficientes de variação (R^2), das amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá congeladas a -196 °C.

Nota-se que os valores de difusividade efetiva média apresentados pelas amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá no congelamento a -196 °C, foram iguais a 121,75, 122,09, 128,27 e 134,69 mm²/s, respectivamente, enquanto AGRA (2006), estudando o congelamento da manga a -196 °C, encontrou o valor de difusividade efetiva média igual a 66,94 mm²/s, inferior aos valores encontrados para as amostras estudadas nesse trabalho, na temperatura de -196 °C.

Tabela 4.8 - Valores das espessuras (L); fator de atraso (a_1); coeficiente de difusão (a_2); difusividade efetiva (α); difusividade térmica efetiva média (α_m) e dos coeficientes de variação (R^2) das amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% da polpa de cajá congeladas a $-196\text{ }^\circ\text{C}$

Polpa de cajá	Fases*	L/2 (mm)	a_1	a_2	α (mm^2/s)	α_m (mm^2/s)	R^2
0%	I	10,0	1,00	$8,34 \times 10^{-3}$	83,67	-	97,29
	II	10,0	0,00	0,00	0,00	-	-
	III	10,0	1,00	$1,25 \times 10^{-2}$	125,40	121,75	98,79
10%	I	8,6	1,00	$9,11 \times 10^{-3}$	68,2	-	97,88
	II	8,6	0,00	0,00	0,00	-	-
	III	8,6	1,00	$1,70 \times 10^{-2}$	126,90	122,09	99,35
20%	I	9,8	1,00	$9,69 \times 10^{-3}$	93,3	-	95,70
	II	9,8	0,00	0,00	0,00	-	-
	III	9,8	1,00	$1,37 \times 10^{-2}$	131,60	128,27	98,05
30%	I	9,4	1,00	$1,37 \times 10^{-2}$	121,10	-	99,20
	II	9,4	0,00	0,00	0,00	-	-
	III	9,4	1,00	$1,53 \times 10^{-2}$	135,60	134,69	99,46

* fase I – resfriamento, II- congelamento, III - pós-congelamento; L - espessura; a_1 – fator de atraso; a_2 - Coeficiente de difusão; α - Difusividade efetiva; α_m - Difusividade efetiva média; R^2 – coeficiente de variação

Comparando-se os valores de difusividade efetiva média das amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá entre as temperaturas de congelamento (-20 , -30 , -170 e $-196\text{ }^\circ\text{C}$), observa-se que os maiores valores de difusividade efetiva média são apresentados pelas amostras congeladas a $-196\text{ }^\circ\text{C}$, justificando a rapidez de congelamento das amostras submetidas a congelamento e imersa em nitrogênio líquido, fato já esperado, visto que aumentou a diferença entre a temperatura do produto e a temperatura do meio. GONÇALVES (2000) ao estudar a difusividade efetiva da polpa de cajá também observou que a difusividade térmica aumentava com a diminuição da temperatura.

4.6 – Cinética de liofilização

Nas Tabelas D.1 a D.4 (apêndice D), se encontram os valores experimentais da razão de teor de água (RX) em função do tempo de secagem das formulações compostas de leite de cabra e diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá.

No processo de liofilização o rendimento obtido durante a secagem do leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá foi, respectivamente, 11,25, 11,60, 12,10 e 12,77% , apresentando rendimento médio de 11,87%. O teor de água final dos produtos liofilizados observado na Tabela 4.4, está dentro do limite estabelecido, exceto o leite de cabra com 30% de polpa de cajá liofilizado, que apresenta teor de água acima do teor fixado pela legislação vigente, BRASIL (2002) que é, no máximo, 6,0 %; implicando que o tempo de secagem para este tratamento deveria ter sido maior.

Nas Figuras 4.5, 4.6 e 4.7 se acha as curvas de secagem por liofilização das formulações de leite de cabra com 0, 10, 20, e 30% de polpa de cajá representadas pelos modelos matemáticos de Cavalcanti Mata, Midilli e Kucuk e de Page, respectivamente.

Comparando-se as Figuras 4.5, 4.6 e 4.7, tem-se que o tempo de secagem aumenta com o aumento da concentração da polpa de cajá, devido ao aumento do teor de água inicial de cada formulação constatando-se que o teor de água influenciou nas curvas de liofilização; comportamento similar foi encontrado por SOUZA et al. (2003) na secagem de goiabas em estufa, fato que vai de encontro à afirmação de FIOREZE (2004), ao afirmar que, quanto maior o teor de água inicial de um produto maior também será o seu tempo de secagem.

O tempo de secagem foi de 36 h para o leite de cabra com teor de água inicial de 88,41%; 40 h para a formulação com 10% de polpa de cajá e teor de água inicial de 88,78%; 48 h para a formulação com 20% de polpa de cajá e teor de água inicial de 88,74% e 52 h para a formulação com 30% de polpa de cajá e teor de água inicial de 89,69% observando-se, após a secagem, teores médios de água iguais a 3,91, 4,59, 4,79 e 6,63% b.u., respectivamente. Constata-se que o tempo de secagem foi de 36 a 52 horas, superior, portanto aos encontrados por FERREIRA et al. (2008), que estudando a liofilização do extrato de soja em pó modificado com polpa de cajá, obtiveram o produto em pó em aproximadamente 25 horas, e por CHAVES et al. (2008) que, ao secarem polpa de pinha pelo processo de liofilização com teor de água inicial de 84,5% b.u. obtiveram o produto em pó com teor de água final de 6,2% b.u. em um tempo de aproximadamente 30 h, em função, provavelmente, das formulações (leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá) apresentarem maior teor de água.

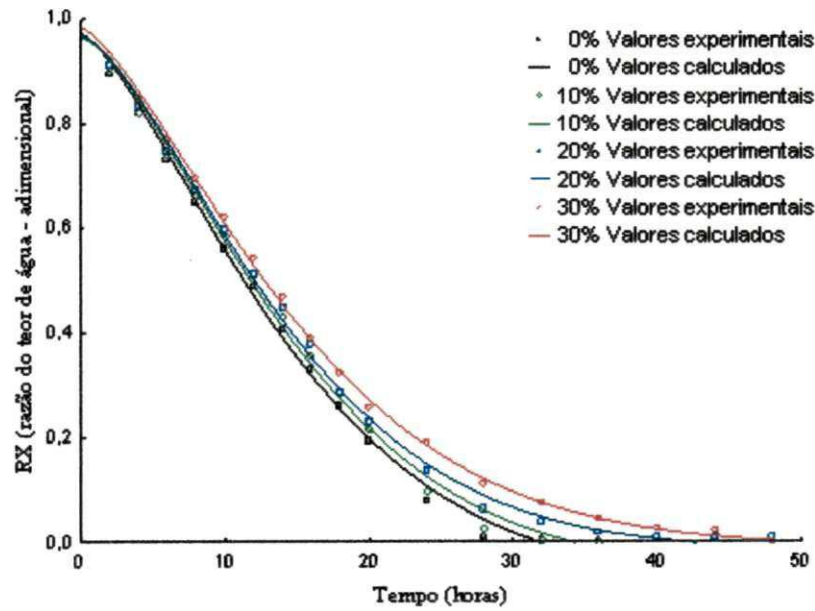


Figura 4.5 - Cinética de liofilização do leite de cabra integral pasteurizado com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá - Modelo de Cavalcanti Mata

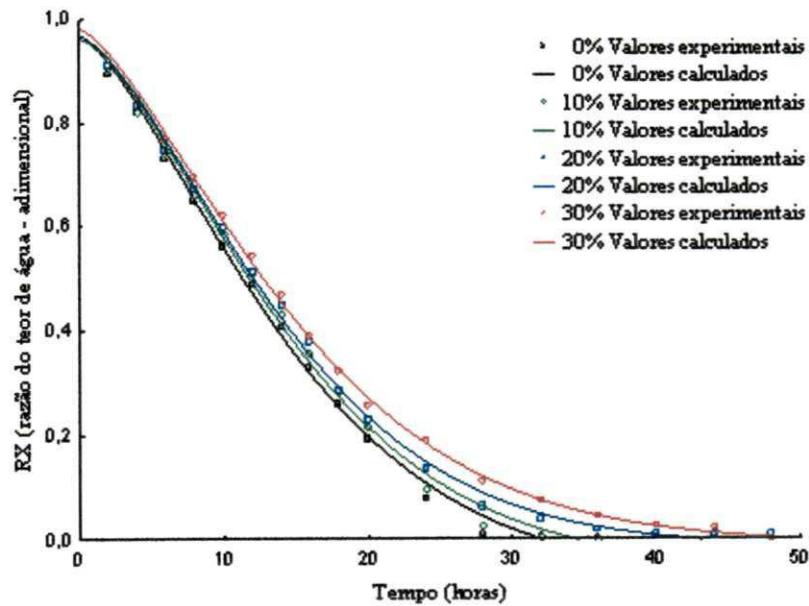


Figura 4.6 - Cinética de liofilização do leite de cabra integral pasteurizado com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá - Modelo de Midilli e Kucuk

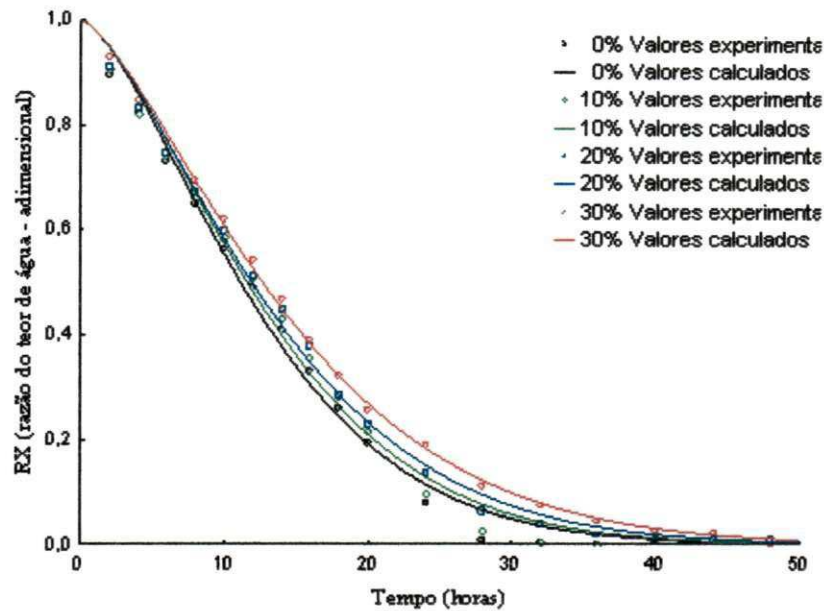


Figura 4.7 - Cinética de liofilização do leite de cabra integral pasteurizado com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá - Modelo de Page

Encontram-se, na Tabela 4.9, os valores dos parâmetros dos modelos matemáticos de Cavalcanti Mata, Midilli e Kucuk e de Page, seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios das curvas de liofilização do leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá.

As análises dos resultados indicam que os modelos se ajustaram bem aos dados experimentais de secagem, apresentando coeficiente de determinação (R^2) superior a 0,95, considerado limiar desejável por KRANZ (1988); sendo assim, os modelos analisados representam bem a cinética de liofilização do leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá. Observa-se que o modelo de Cavalcanti Mata, por apresentar os maiores coeficientes de determinação (R^2) e os menores desvios percentuais médios entre os modelos matemáticos estudados, é o que melhor prediz a cinética de secagem. Verifica-se, também, visualmente, nas Figuras 5.1, 5.2 e 5.3, que as curvas geradas a partir do modelo de Cavalcanti Mata se aproximam mais dos pontos experimentais que os demais modelos, o que foi constatado também por CHAVES et al. (2008), ao estudarem a cinética de liofilização da polpa de pinha.

Tabela 4.9 - Parâmetros dos modelos matemáticos e respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) da cinética de liofilização do leite de cabra integral pasteurizado com diferentes concentrações de polpa de cajá

Conc. polpa de cajá (%)	Parâmetros do Modelo de Cavalcanti Mata						R^2	P(%)
	A1	b	a2	a3	a4	a5		
0	0,5259	0,0190	1,4183	0,5259	1,4183	-0,0810	0,9982	2,1538
10	0,5103	0,0159	1,4744	0,5103	1,4744	-0,0551	0,9981	4,6248
20	0,4922	0,0161	1,4821	0,4922	1,4821	-0,0154	0,9988	5,9874
30	0,4958	0,0177	1,4232	0,4958	1,4232	-0,0088	0,9996	2,1164
	Parâmetros do Modelo de Midilli e Kucuk						R^2	P(%)
	a	k	N	b				
0	0,9691	0,0181	1,4565	-0,0018	-	-	0,9981	2,2316
10	0,9636	0,0151	1,5091	-0,0012	-	-	0,9979	4,6999
20	0,9678	0,0156	1,4988	-0,0003	-	-	0,9988	6,0066
30	0,9823	0,0175	1,4305	-0,0002	-	-	0,9996	2,8316
	Parâmetros do Modelo de Page						R^2	P(%)
	k	N						
0	0,0193	1,4841	-	-	-	-	0,9958	3,6647
10	0,0180	1,4888	-	-	-	-	0,9960	6,7144
20	0,0197	1,4346	-	-	-	-	0,9982	7,1655
30	0,0196	1,4025	-	-	-	-	0,9994	6,2947

4.7 - Isotermas de sorção do teor de água de equilíbrio das formulações em pó

Encontram-se, nas Tabelas 4.10 a 4.17, os resultados dos valores experimentais do teor de água de equilíbrio (X_{eq}) das formulações em pó com 0, 10, 20, 30% de polpa de cajá e respectivas atividades de água, nas temperaturas de 20, 30, 40, e 45 °C. Observa-se que os teores de água de equilíbrio (X_{eq}) das formulações em pó aumentam com o aumento da atividade de água (a_w) e que, na maioria dos casos, decresce com o aumento da temperatura, e evidenciando a higroscopicidade das amostras; este comportamento é similar ao encontrado por CAVALCANTI et al. (2005) ao determinarem as isotermas de equilíbrio higroscópico do umbu em pó, com 20% de maltodextrina, nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50 °C em um secador por aspersão semi-industrial. De acordo com FERREIRA e PENA (2003) a diminuição do teor de água de equilíbrio com o aumento da temperatura pode ser justificada com base no aumento da pressão de vapor da água no ar e na superfície do produto.

Verifica-se na Tabela 4.10, estudando as isotermas de sorção de equilíbrio higroscópico para uma emulsão composta de leite de cabra, umbu-cajá e maltodextrina em

diferentes condições de operação de um secador por aspersão na temperatura de 20 °C, que os teores de água de equilíbrio das amostras em pó coletadas na câmara de secagem foram superiores às encontradas neste trabalho devido, às condições de operação do secador influenciando o comportamento higroscópico das amostras.

Tabela 4.10 – Valores médios experimentais do teor de água de equilíbrio (X_{eq}) da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, em função da atividade de água (A_w) para as temperaturas de 20, 30 40 e 45 °C

Temperatura °C							
20		30		40		45	
a_w	X_{eq} (%B.S.)	a_w	X_{eq} (%B.S.)	a_w	X_{eq} (%B.S.)	a_w	X_{eq} (%B.S.)
0,3923	5,7417	0,3590	5,3483	0,3220	4,4564	0,3387	4,9090
0,5220	9,9609	0,4387	6,9789	0,4143	5,8065	0,4197	5,7626
0,5677	11,5720	0,4980	8,8288	0,4680	6,6249	0,4640	6,8321
0,5920	12,6871	0,5760	10,2108	0,5380	8,3937	0,5417	8,0042
0,6390	14,2485	0,6233	11,4092	0,6107	9,7120	0,6133	9,8531
0,7180	16,6878	0,6890	14,2635	0,6920	13,4478	0,7620	15,1450
0,8043	19,6389	0,8143	18,5967	0,8033	16,4305	0,8790	17,2630
0,8340	23,7863	0,8853	25,2437	0,8877	19,8803	0,9523	23,9360
0,9043	44,1586	0,9347	46,8181	0,9653	41,1912	0,9777	42,8101

Para os valores médios experimentais do teor de água de equilíbrio (X_{eq}) da formulação em pó com 10% de polpa de cajá, Tabela 4.11, para as diferentes atividades de água (A_w) na mesma temperatura, os valores do teor de água de equilíbrio (X_{eq}) aumentam e elas diminuem com o aumento da temperatura, ocorrendo este mesmo comportamento para a maioria dos produtos higroscópicos, o que torna evidente a similaridade da sorção de água pela formulação em pó de polpa de cajá com a maioria dos produtos biológicos e, especificamente, com os resultados de LAHSASNI et al. (2002), com a casca do figo da índia (*Opuntia ficus indica*) nas temperaturas de 30, 40 e 50 °C e TELIS-ROMERO et al. (2005), estudando curvas de adsorção para a polpa de manga.

Tabela 4.11 – Valores médios experimentais do teor de água de equilíbrio (X_{eq}) da formulação em pó com 10% de polpa de cajá, em função da atividade de água (A_w) para as temperaturas de 20, 30 40 e 45 °C

Temperatura °C							
20		30		40		45	
a_w	X_{eq} (%B.S.)	a_w	X_{eq} (%B.S.)	a_w	X_{eq} (%B.S.)	a_w	X_{eq} (%B.S.)
0,3717	6,4632	0,4187	5,7342	0,3150	4,5739	0,3300	2,8913
0,4747	9,6988	0,4800	9,0892	0,4250	6,7400	0,4057	5,1609
0,5313	13,5229	0,5687	12,2620	0,5047	8,5586	0,4950	7,6576
0,5780	15,5709	0,6277	15,1036	0,5567	10,5942	0,5413	9,9780
0,6443	18,0823	0,6893	17,1722	0,6020	12,8990	0,6053	11,6533
0,6997	20,9707	0,7547	21,0050	0,6640	16,1212	0,6890	14,7069
0,7893	26,3439	0,8083	23,4517	0,7267	18,9544	0,7693	19,8700
0,8457	31,6439	0,8487	27,2026	0,7817	22,2518	0,8487	24,7344
0,8900	43,6609	0,9230	52,1882	0,9290	41,9299	0,9407	40,4871

Apresentam-se, na Tabela 4.12, os valores médios experimentais do teor de água de equilíbrio (X_{eq}) da formulação em pó com 10% de polpa de cajá; observa-se que os teores de água de equilíbrio (X_{eq}) aumentam com o aumento da atividade de água e ocorre um decréscimo com aumento das temperaturas avaliadas; tal comportamento também foi observado por GABAS (2007) ao analisar as isotermas de adsorção do teor de água da polpa de abacaxi em pó.

Tabela 4.12 – Valores médios experimentais do teor de água de equilíbrio (X_{eq}) da formulação em pó com 20% de polpa de cajá, em função da atividade de água (A_w) para as temperaturas de 20, 30 40 e 45 °C

Temperatura °C							
20		30		40		45	
a_w	X_{eq} (%B.S.)	a_w	X_{eq} (%B.S.)	a_w	X_{eq} (%B.S.)	a_w	X_{eq} (%B.S.)
0,4233	7,4410	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,5093	11,3028	0,3880	6,2002	0,3527	5,2718	0,3510	6,7450
0,5833	15,6544	0,4250	7,4758	0,4253	6,9506	0,4070	7,5775
0,6107	17,6885	0,4560	9,4110	0,5020	9,3384	0,4930	9,4482
0,6823	21,7389	0,4913	10,6154	0,5403	11,5393	0,5130	10,5490
0,7533	24,1612	0,5373	12,6173	0,5977	13,6974	0,5943	11,9044
0,7737	27,9113	0,6003	14,8009	0,6483	16,1516	0,6263	13,5278
0,8033	30,3540	0,6403	17,0570	0,7630	22,0217	0,6443	14,6068
0,9033	49,8934	0,7407	22,5327	0,8260	25,0164	0,7117	16,9082

Apresentam-se, na Tabela 4.13, os resultados dos valores médios experimentais do teor de água de equilíbrio (X_{eq}) da formulação em pó de polpa de cajá e devidas atividades de água nas diferentes temperaturas estudadas. Verifica-se que o teor de água de equilíbrio (X_{eq}) da formulação em pó aumentou com o aumento da atividade de água (a_w) nas temperaturas estudadas, evidenciando a higroscopicidade da amostra; o mesmo comportamento foi encontrado por ALCANTARA et al. (2009) ao determinarem as isotermas de adsorção do pedúnculo seco do caju na temperatura de 25 °C.

NOGUEIRA et al. (2005) observaram que o teor de água de equilíbrio diminui com o aumento da temperatura, podendo ser explicado pela termodinâmica que mostra que, em alguns casos, um aumento na temperatura não favorece a adsorção de água.

Tabela 4.13 – Valores médios experimentais do teor de água de equilíbrio (X_{eq}) da formulação em pó com 30% de polpa de cajá, em função da atividade de água (A_w) para as temperaturas de 20, 30 40 e 45 °C

Temperatura °C							
20		30		40		45	
a_w	X_{eq} (%B.S.)	a_w	X_{eq} (%B.S.)	a_w	X_{eq} (%B.S.)	a_w	X_{eq} (%B.S.)
0,3773	9,3721	0,3247	7,1160	0,4087	8,0764	0,2847	3,9081
0,4660	13,1719	0,3803	8,8392	0,4580	9,3153	0,3827	5,6556
0,5323	16,2476	0,4600	10,3653	0,5220	11,4946	0,4773	8,9393
0,5773	19,4460	0,5150	12,2030	0,5877	15,1949	0,5083	11,4419
0,6693	22,9607	0,5430	14,6491	0,6150	16,9671	0,5657	13,0051
0,7230	25,9908	0,6130	17,2617	0,6787	19,5272	0,6233	15,6533
0,7600	30,0301	0,6483	20,5117	0,7180	21,0418	0,6797	18,9514
0,8327	37,5008	0,8123	28,9783	0,7593	24,6889	0,7700	23,6835
0,8890	53,5582	0,9150	47,9013	0,8710	34,2286	0,9250	39,1104

Tem-se, na Tabela 4.14, os valores dos parâmetros dos modelos de GAB, Peleg e Henderson, ajustados às isotermas de sorção de equilíbrio higroscópico da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, os seus coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), nas temperaturas 20, 30, 40 e 45 °C.

SILVA et al. (2006) verificaram que os modelos de Henderson e Peleg possuem coeficientes de determinação superiores a 99% e os valores de erro médios relativos menores que 6%; neste caso, o modelo de Henderson é o mais adequado para a predição das isotermas de sorção de equilíbrio higroscópico da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, em

virtude de apresentar maior valor do coeficiente de determinação e menor valor de erro médio relativo.

Tabela 4.14 – Parâmetros de ajuste dos modelos das isotermas de sorção do teor de água da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), para as temperaturas de 20, 30, 40 e 45 °C

Modelo	Parâmetros	Temperatura (C)			
		20	30	40	45
GAB	X_m	4,492880	3,836618	3,296194	3,296194
	C	819499,6	282,9346	850597,3	850597,3
	K	0,990872	0,937980	0,936384	0,936384
	R^2	99,043	99,218	97,099	97,099
	P(%)	11,61048	7,367244	7,367244	6,554921
Peleg	K_1	27,93419	23,27388	25,36613	266,8020
	n_1	1,574696	1,444014	1,721855	21,95422
	K_2	313,4347	334,0946	792,9405	20,51581
	n_2	27,20146	22,29967	34,02027	1,415717
	R^2	99,915	99,964	99,898	99,868
	P(%)	3,107258	1,990672	5,114014	4,418212
Henderson	a	0,006098	0,004053	0,004053	0,003269
	b	0,823955	1,066983	1,066983	1,179823
	R^2	99,391	99,817	99,817	99,791
	P(%)	0,15621	0,133795	0,172368	0,205455

Os parâmetros dos ajustes para os três modelos testados são apresentados na Tabela 4.15, na qual se pode observar, a partir da combinação dos valores de coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), que as equações de Peleg e Henderson são as que apresentam os melhores resultados. PENA et al. (1997) notaram, ao ajustarem os oitos, modelos estudados, que três modelos podem ser utilizados na predição das isotermas de adsorção do teor de água do guaraná em pó, nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C.

Tabela 4.15 – Parâmetros de ajuste dos modelos das isotermas de sorção do teor de água da formulação em pó com 10% de polpa de cajá, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), para as temperaturas de 20, 30, 40 e 45 °C

Modelo	Parâmetros	Temperatura (°C)			
		20	30	40	45
GAB	X_m	8,489674	5,303013	6,257689	7,647448
	C	3,322054	15,05474	3,133054	1,771424
	K	0,912341	0,972742	0,923223	0,885649
	R^2	99,395	99,338	99852	99834
	P(%)	12,34731	12,91213	9,901029	12,75873
Peleg	K_1	24,75413	760,1680	7668,527	26,94944
	n_1	1,175924	40,68572	59,36014	1,717488
	K_2	158019,0	26,28439	27,45825	5528,807
	n_2	60,12458	1,662618	1,686147	54,76077
	R^2	99,911	99,890	99,912	99,928
	P(%)	2,553244	4,733895	4,095671	5,035915
Henderson	a	0,004233	0,005754	0,005188	0,006458
	b	0,872285	0,817885	0,890722	0,817051
	R^2	99,731	99,596	99,881	99,804
	P(%)	0,118635	0,27521	0,160222	0,215505

Na Tabela 4.16 se encontram os parâmetros dos modelos, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P) de cada isoterma, cuja temperatura variou de 20 a 45 °C na formulação em pó com 20% de polpa de cajá.

Observa-se que os três modelos podem representar as isotermas de sorção de equilíbrio higroscópico da formulação em pó com 20% de polpa de cajá, em razão de ter apresentado coeficientes de determinação (R^2) acima de 0,99 e os menores valores dos desvios percentuais médios P (<7). Este resultado se assemelha ao verificado por CHAVES et al. (2004) ao estudarem as isotermas de adsorção de berinjela e observarem que esses modelos apresentam melhor ajuste aos dados experimentais.

Tabela 4.16 – Parâmetros de ajuste dos modelos das isotermas de sorção do teor de água da formulação em pó com 20% de polpa de cajá, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), para as temperaturas de 20, 30, 40 e 45 °C

Modelo	Parâmetros	Temperatura (C)			
		20	30	40	45
GAB	X_m	10,24173	20,81648	11,47035	9,354732
	C	1,957938	0,652094	1,139316	1,227075
	K	0,902170	0,778475	0,839939	0,856320
	R^2	99,658	99,925	99,936	99,794
	P(%)	6,133142	3,909465	2,568962	3,672205
Peleg	K_1	200,3944	200,3944	521,5412	38,58744
	n_1	38,33408	38,33408	52,51653	20,29280
	K_2	39,31342	39,31342	36,32254	33,31360
	n_2	1,950878	1,950878	1,897083	2,081793
	R^2	99,972	99,972	99,964	99,953
	P(%)	3,472928	2,847526	2,101134	2,521051
Henderson	a	0,005187	0,005629	0,005456	0,007439
	b	0,794407	0,792062	0,843831	0,764420
	R^2	99,767	99,786	99,928	99,646
	P(%)	0,092921	0,133773	0,080072	0,170853

Tem-se, na Tabela 4.17, os valores dos parâmetros dos modelos de GAB, Peleg e Henderson, ajustados às isotermas de sorção de equilíbrio higroscópico da formulação em pó, com 30% de polpa de cajá, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 20°C, 30°C, 40°C e 45°C. Observa-se que os modelos de Peleg e Henderson apresentaram valores de R^2 acima de 0,99 e os menores valores de P em todas as temperaturas estudadas. ALEXANDRE et al. (2007) encontraram valores de R^2 acima de 0,99 para o modelo de Peleg ajustado às isotermas de adsorção do teor de água da pitanga em pó, nas temperaturas de 10 a 40 °C.

Tabela 4.17 – Parâmetros de ajuste dos modelos das isotermas de sorção do teor de água da formulação em pó com 30% de polpa de cajá, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), para as temperaturas de 20, 30, 40 e 45 °C

Modelo	Parâmetros	Temperatura (C)			
		20	30	40	45
GAB	X_m	9,215036	9,843010	50,98491	87,86502
	C	5,953964	3,010432	0,413602	0,218190
	K	0,934508	0,882904	0,606080	0,584544
	R^2	99,702	99,698	99,876	99,861
	P(%)	4,823963	5,119071	2,427157	5,997621
Peleg	K_1	43,69852	104,9496	39,20372	528,4840
	n_1	1,559435	22,83419	1,809803	46,01783
	K_2	169,8548	39,40800	27,43436	40,66185
	n_2	19,47963	1,630308	14,49361	2,346373
	R^2	99,950	99,865	99,901	99,914
	P(%)	1,723737	4,958938	2,416734	4,617373
Henderson	a	0,002731	0,003062	0,003950	0,010067
	b	0,952471	0,962253	0,902637	0,624870
	R^2	99,844	99,801	99,863	99,330
	P(%)	0,057196	0,101573	0,067679	0,180461

A Figura 4.8 representa as isotermas de sorção de equilíbrio higroscópico da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, nas temperaturas de 20, 30, 40 e 45 °C, à qual o modelo Henderson se ajustou. Constata-se uma proximidade e alternância entre as curvas, para a_w entre 0,4 a 0,8 revelando pouca influência das temperaturas utilizadas e se nota que as isotermas de sorção de equilíbrio higroscópico da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, são do tipo III, segundo a classificação Brunauer. Semelhança foi verificada por ASSUNÇÃO et al. (2005) ao estudarem as isotermas de adsorção do teor de água do pó de açaí eram do tipo III.

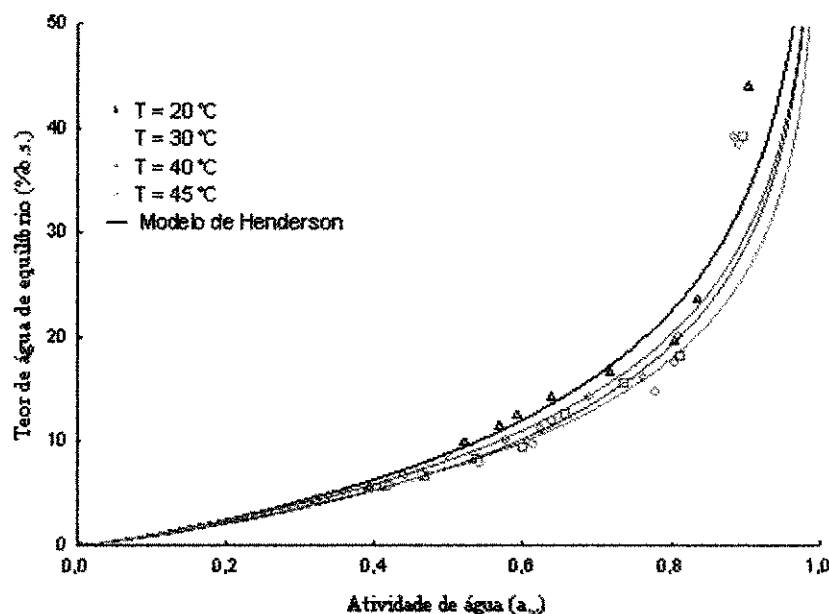


Figura 4.8 – Isotermas de adsorção de equilíbrio higroscópico da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, nas temperaturas de 20, 30, 40 e 45 °C, com ajuste pelo modelo Henderson

Apresentam-se, na Figura 4.9, as isotermas de sorção de equilíbrio higroscópico da formulação em pó com 10% de polpa de cajá, liofilizadas nas temperaturas de 20, 30, 40 e 45 °C com ajuste pelo modelo de Henderson. Observa-se, na curva de 20 °C um pouco afastada das demais significando que para esta temperatura existe uma diferença com relação às outras; enquanto para as temperaturas de 30, 40 e 45 °C se constata grande proximidade das curvas, não sendo possível identificar o efeito da temperatura. Vê-se, nesta figura que as isotermas de sorção de equilíbrio higroscópico da formulação em pó de polpa de cajá são do Tipo III, de acordo com a classificação de Brunauer. NOGUEIRA et al. (2007) ao analisarem as isotermas de sorção de inulina de chicória em pó, secado através do processo de secagem por atomização, constataram que as isotermas eram do Tipo III.

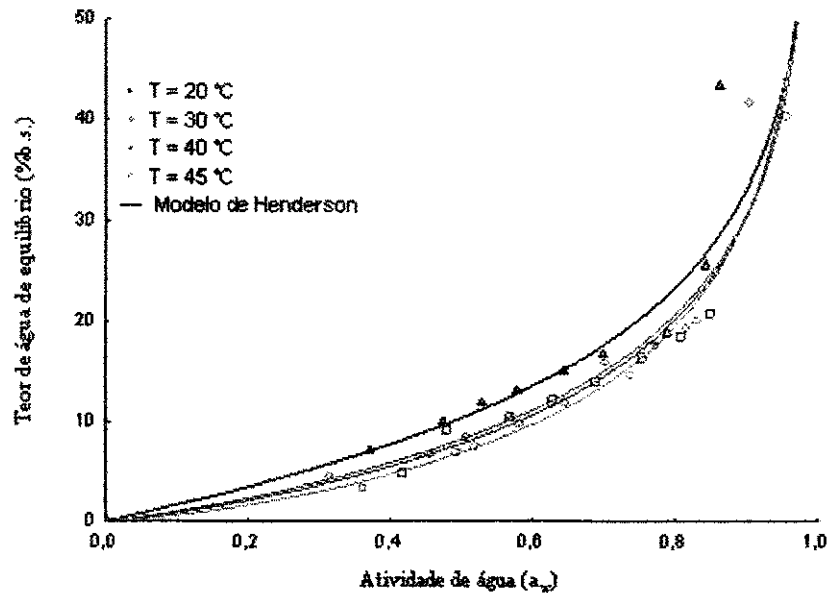


Figura 4.9 – Isotermas de adsorção de equilíbrio higroscópico da formulação em pó com 10% de polpa de cajá, nas temperaturas de 20, 30, 40 e 45 °C, com ajuste pelo modelo de Henderson

Na Figura 4.10 são apresentados isotermas de sorção de equilíbrio higroscópico da formulação em pó com 20% de polpa de cajá, em quatro temperaturas (20, 30, 40 e 45 °C) ajustadas pelo modelo Henderson. Também se observa que nas a_w entre 0,4 e 0,8, ocorreu um distanciamento entre as curvas, em todas as temperaturas, não sendo possível identificar a influência da temperatura.

Examinando-se a Figura 4.3, observa-se que as isotermas de sorção de equilíbrio higroscópico da formulação em pó com 20% de polpa de cajá são do Tipo III, segundo a classificação da IUPAC (1985). GOMES et al. (2002) constataram, para a acerola em pó, que as isotermas de adsorção do teor de água de equilíbrio também são do Tipo III.

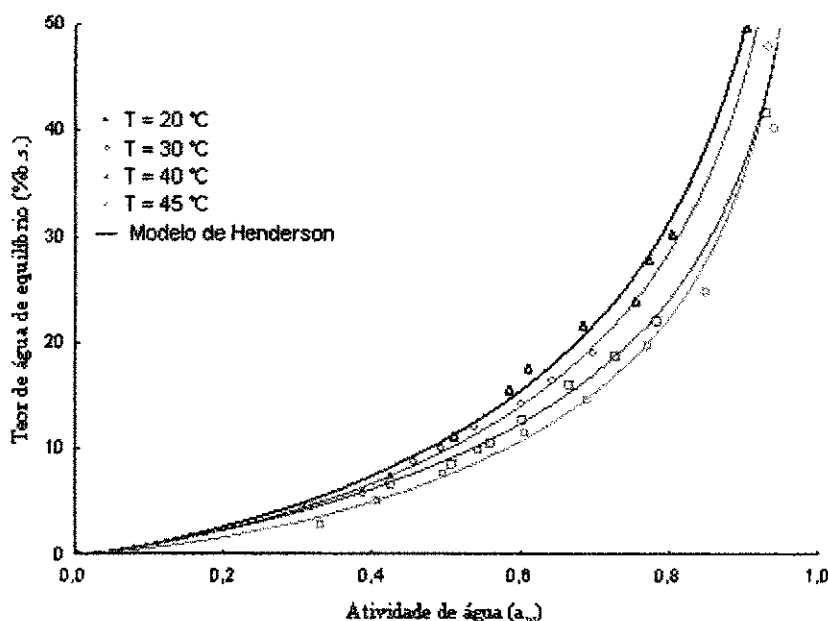


Figura 4.10 – Isotermas de sorção de equilíbrio higroscópico da formulação em pó com 20% de polpa de cajá, nas temperaturas de 20, 30, 40 e 45 °C, com ajuste pelo modelo Henderson.

Encontram-se, na Figura 4.11, as isotermas de sorção de equilíbrio higroscópico da formulação em pó com 30% de polpa de cajá, para as temperaturas de 20, 30, 40 e 45 °C, com o modelo de Henderson ajustando-se aos dados experimentais. As curvas mostraram comportamento típico de isotermas do tipo III, segundo a classificação da IUPAC (1985).

Percebe-se, a partir da atividade de água de aproximadamente 0,1, que as isotermas de sorção de equilíbrio higroscópico se distinguem umas das outras, verificando-se que a quantidade de água adsorvida aumenta com a diminuição da temperatura, a determinada atividade de água. O aumento da temperatura resulta em aumento da atividade de água pela mesmo teor de água de equilíbrio. BRANDELERO et al. (2005) também classificaram o comportamento das isotermas de abacaxis processados como do Tipo III.

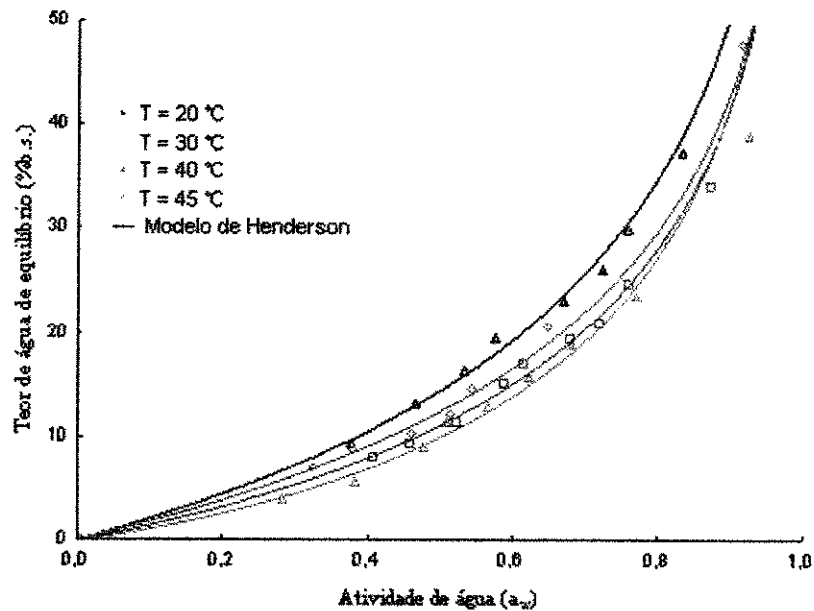
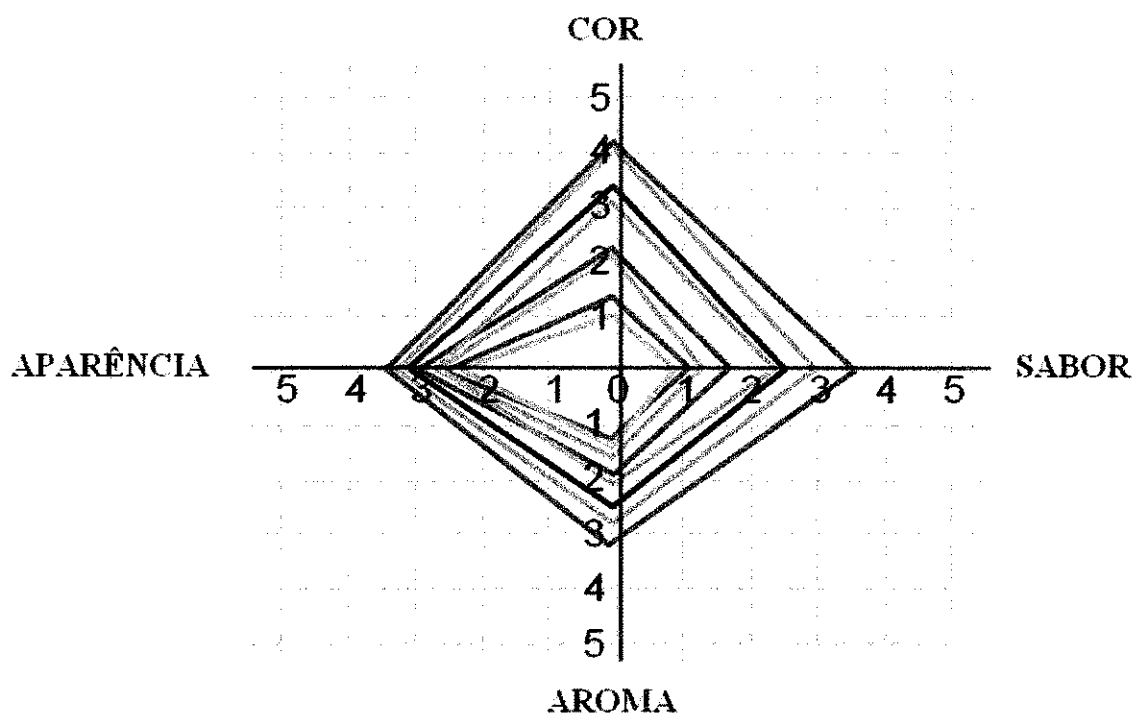


Figura 4.11 – Isotermas de sorção de equilíbrio higroscópico da formulação em pó com 30% de polpa de cajá, nas temperaturas de 20, 30, 40 e 45 °C, com ajuste pelo modelo Henderson

4.8 – Análise sensorial

Os resultados obtidos na análise sensorial das formulações compostas de leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá e do produto obtido do leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá liofilizados, de acordo com a análise de variância (Anexo G), teste F (fisher) e comparações das médias pelo teste de Tuckey, em relação aos atributos sabor, aroma, aparência e cor se encontram, respectivamente, nas Tabelas 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey.

Na Figura 4.12 têm-se os perfis sensoriais dos tratamentos de leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá e do produto obtido do leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá liofilizados, em que o centro da figura representa o ponto zero da escala e a intensidade aumenta do centro para a periferia. A média de cada atributo por amostra é marcada no eixo correspondente, cujo perfil sensorial é traçado pela conexão dos pontos.



Leite de cabra	Leite de cabra c/ 10% de polpa de cajá
Leite de cabra liofilizado	Leite de cabra c/ 10% de polpa de cajá liofilizado
Leite de cabra c/ 20% de polpa de cajá	Leite de cabra c/ 30% de polpa de cajá
Leite de cabra c/ 20% de polpa de cajá liofilizado	Leite de cabra c/ 30% de polpa de cajá liofilizado

Figura 4.12 - Perfil sensorial da aceitação (sabor, cor, aparência e aroma) obtido por consulta a 40 provadores não treinados, para leite de cabra com diferentes concentrações de polpa de cajá e do produto obtido do leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá liofilizados reconstituídos

Com relação à Tabela 4.18, o sabor nos tratamentos leite de cabra e leite de cabra com 10, 20 e 30% de polpa de cajá, são significativamente diferentes; no entanto o mesmo não ocorre com os pares liofilizados. O leite de cabra liofilizado não difere significativamente em relação ao atributo sabor; do leite de cabra com 10% de polpa de cajá liofilizado, também se percebe também que não houve alteração na escala do atributo sabor, uma vez que esses tratamentos se encontram sem sabor da fruta e leve sabor da fruta, mantendo a tendência dos

pares que não sofreram liofilização, apresentando médias estatisticamente inferiores, de acordo com a Figura 4.12; fato similar acontece com os produtos liofilizados nas concentrações de 20 e 30% de polpa de cajá, caso, em que o sabor está entre o leve sabor da fruta e o gosto intenso da fruta; assim, pode-se constatar uma leve perda no sabor durante a liofilização, que foi significativa em nível de 30% de polpa de cajá. É oportuno observar, ainda, que o aumento da concentração da polpa de cajá nos tratamentos acarreta aumento do sabor. CLEMENTINO et al. (2007) avaliaram a adição de frutas regionais na proporção de 50% em sobremesa láctea a partir do leite caprino, o que resultou em produto de escores sensoriais elevados. DRUNKLER et al. (2001) utilizaram beta-cilcodextrina na minimização do “sabor caprino” do iogurte de leite de cabra e obtiveram resultados satisfatórios na concentração de 0,40%. ROCHA et al. (2008) elaboraram formulações de iogurte com sabor de frutos do cerrado (Araticum, Buriti, Cagaita, Jatobá, Mangaba e Pequi) e obtiveram aceitação significativa deste produto, pelos degustadores.

Tabela 4.18 – Comparação entre as médias do atributo sabor das formulações compostas de leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá e do produto obtido do leite de cabra integral pasteurizado com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá liofilizados

Tratamentos	Médias do atributo Sabor
Leite de cabra	1,20 d
Leite de cabra com 10% de polpa de cajá	1,87 c
Leite de cabra com 20% de polpa de cajá	2,70 b
Leite de cabra com 30% de polpa de cajá	3,90 a
Leite de cabra liofilizado	1,05 d
Leite de cabra com 10% de polpa de cajá liofilizado	1,40 d
Leite de cabra com 20% de polpa de cajá liofilizado	2,60 b
Leite de cabra com 30% de polpa de cajá liofilizado	3,20 b
DMS	0.60

DMS: desvio mínimo significativo

Obs: Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey, ao nível de 5% de probabilidade.

Constata-se, na Tabela 4.19, que as médias do aroma dos tratamentos leite de cabra diferem significativamente do leite de cabra com 10% de polpa de cajá que, por sua vez, difere significativamente do leite de cabra integral pasteurizado com 20% de polpa de cajá, porém o leite de cabra com 20% de polpa de cajá de cajá não difere significativamente do leite de cabra com 30% de polpa de cajá; fato que não ocorre com os produtos liofilizados, mas a não significância se dá entre os tratamentos de leite de cabra liofilizado e o leite de cabra com 10% de polpa de cajá liofilizado; este também não diverge significativamente do leite de cabra com 20% de polpa de cajá liofilizado; no entanto, o leite de cabra com 20% de polpa de cajá liofilizado difere significativamente do leite de cabra com 30% de polpa de cajá liofilizado. Também se nota uma diminuição, estatisticamente, nas médias dos aromas entre os tratamentos de leite de cabra com 10, 20 e 30% de polpa de cajá e o leite de cabra com 10, 20 e 30% de polpa de cajá liofilizado, visto que, durante o processamento, parte das substâncias que conferem aroma aos alimentos é volatilizada segundo ORDÓÑEZ PEREDA et al. (2005b).

Tabela 4.19 – Comparação entre as médias do atributo aroma das formulações compostas de leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá e do produto obtido do leite de cabra integral pasteurizado com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá liofilizados

Tratamentos	Médias de tratamento para aroma
Leite de cabra	1.20 d
Leite de cabra com 10% de polpa de cajá	1.90 c
Leite de cabra com 20% de polpa de cajá	2.67 b
Leite de cabra com 30% de polpa de cajá	3.30 a
Leite de cabra liofilizado	1.25 d
Leite de cabra com 10% de polpa de cajá liofilizado	1.52 cd
Leite de cabra com 20% de polpa de cajá liofilizado	2.10 bc
Leite de cabra com 30% de polpa de cajá liofilizado	2.85 a
DMS	0.63

DMS: desvio mínimo significativo

Obs: Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey, ao nível de 5% de probabilidade

Como se observa na Tabela 4.20, não existe diferença significativa quanto ao atributo sensorial aparência, quando comparado com o tratamento de leite de cabra com os tratamentos de leite de cabra com 10% e 20% de polpa de cajá. Nota-se, na Figura 4.12, que o leite de cabra é estatisticamente diferente do leite de cabra com 30% de polpa de cajá, atributo este sensorial, que passou de desgostei ligeiramente a indiferente a ser indiferente a gostei ligeiramente, comportamento análogo quando se observam os tratamentos de leite de cabra liofilizado comparado com o leite de cabra com 10%, 20% e 30% de polpa de cajá liofilizado. Os valores atribuídos pelos degustadores ao atributo sensorial aparência, tendem a aumentar com o aumento da concentração da polpa de cajá.

Tabela 4.20 – Comparação entre as médias do atributo aparência das formulações compostas de leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá e do produto obtido do leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá liofilizados

Tratamentos	Médias de tratamento para aparência
Leite de cabra	2.52 bc
Leite de cabra com 10% de polpa de cajá	3.02 abc
Leite de cabra com 20% de polpa de cajá	3.15 abc
Leite de cabra com 30% de polpa de cajá	3.65 a
Leite de cabra liofilizado	2.42 c
Leite de cabra com 10% de polpa de cajá liofilizado	2.57 bc
Leite de cabra com 20% de polpa de cajá liofilizado	2.70 bc
Leite de cabra com 30% de polpa de cajá liofilizado	3.22 ab
DMS	0.76

DMS: desvio mínimo significativo

Obs: Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey, ao nível de 5% de probabilidade

Com os resultados obtidos da análise do atributo sensorial cor, descritos na Tabela 4.21, observa-se haver diferença significativa entre os tratamentos de leite de cabra e leite de com 10, 20 e 30% de polpa de cajá, fato similar se tem com o leite de cabra liofilizado e reconstituído e o leite de cabra com 10, 20 e 30% de polpa de cajá liofilizado e reconstituído,

fato este é explicado devido à adição de maior quantidade da polpa de cajá ao leite de cabra, que confere tonalidade amarelada aos tratamentos uma vez que as médias foram aumentando estatisticamente à medida em que a quantidade de polpa foi acrescida às formulações. OLIVEIRA et al (2007) analisando a influência das condições de secagem por atomização sobre as características sensoriais dos sucos de cajá e abacaxi desidratado, verificou que o suco de cajá não perdeu o sabor característico da fruta mas melhorou a cor durante o processo utilizado. ROCHA et al. (2008) obtiveram, ao estudarem a aceitação do suco de manga com adição do soro de leite, resultados satisfatórios em relação aos atributos sensoriais: cor, sabor, aroma e viscosidade, com médias superiores a 7 em uma escala de 10.

Tabela 4.21 – Comparação entre as médias do atributo cor das formulações compostas de leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá e do produto obtido do leite de cabra integral pasteurizado com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá liofilizados

Tratamentos	Médias de tratamento para cor
Leite de cabra	1.47 d
Leite de cabra com 10% de polpa de cajá	2.25 c
Leite de cabra com 20% de polpa de cajá	3.52 b
Leite de cabra com 30% de polpa de cajá	4.20 a
Leite de cabra liofilizado	1.12 d
Leite de cabra com 10% de polpa de cajá liofilizado	2.10 c
Leite de cabra com 20% de polpa de cajá liofilizado	3.25 b
Leite de cabra com 30% de polpa de cajá liofilizado	4.17 a
DMS	0.53

DMS: desvio mínimo significativo

Obs: Médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tuckey, ao nível de 5% de probabilidade

Verificando a Figura 4.12, percebe-se que os valores atribuídos pelos provadores aos atributos sensoriais estudados, estão próximos aos valores entre os tratamentos leite de cabra com o de leite de cabra liofilizado, tal como o leite de cabra com 10, 20 e 30% de polpa de cajá está para o leite de cabra liofilizado com 10, 20 e 30% de polpa de cajá e reconstituído.

CAVALCANTI MATA et al. (2005), ao obterem a graviola em pó pelo processo de liofilização, não constataram diferença significativa entre o produto “in natura” e o produto liofilizado.

5. CONCLUSÕES

➤ Quanto à caracterização dos parâmetros físico-químicos das amostras

Os valores dos parâmetros físico-químicos da polpa de cajá e do leite de cabra se encontram de acordo com a legislação vigente, com exceção dos valores de sólidos não gordurosos e lactose do leite de cabra.

Os valores de teor de água, acidez total titulável, açúcares redutores, não redutores e açúcares totais das formulações compostas por leite de cabra e polpa de cajá, aumentam com o aumento da adição de polpa de cajá e enquanto os valores de sólidos totais, proteínas, teor de sólidos solúveis totais, lipídios e pH, diminuíram com o aumento da adição de polpa de cajá.

As formulações em pó apresentaram valores de proteína, acidez total titulável, lipídios, teor de água com 0, 10 e 20% de cajá, acidez total titulável com 0, 10 e 20% de cajá, de acordo com a legislação, para o leite em pó modificado; enquanto os demais parâmetros estão de acordo com a literatura pesquisada.

➤ Referente às cinéticas de congelamento das amostras

As curvas de congelamento das amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá a -20 °C ocorrem em 22680, 21600, 19980 e 19800 segundos; a -30 °C se dão em 13670, 13140, 11700 e 9180 segundos; a -170 °C, em 3960, 3720, 3600 e 2580 segundos e a -196 °C ocorrem em 310, 280, 275 e 270 segundos, respectivamente.

As difusividades térmicas efetivas médias das amostras de leite de cabra com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá a -20 °C, foram iguais a 0,36, 0,43, 0,44 e 0,46 mm²s⁻¹; a -30 °C, foram de 0,51, 0,52, 0,54, 0,69 mm²s⁻¹; a -170 °C, de 9,89, 10,20, 12,56 e 13,82 mm²s⁻¹ e a -196 °C, foram de 121,75, 122,09, 128,27 e 134,69 respectivamente.

➤ Às cinéticas de liofilização das formulações

O aumento da concentração da polpa de cajá no leite cabra para a elaboração das formulações acarreta maior tempo de secagem, em que as formulações com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá, apresentaram tempos de secagem iguais a 36, 40, 48 e 52 h, respectivamente.

O modelo matemático proposto por Cavalcanti Mata é o modelo que melhor prediz o comportamento da secagem em relação aos modelos propostos por Midilli e Kucuk e o de Page, pois obteve os maiores coeficientes de determinação e os menores desvios percentuais médios.

➤ **Quanto às isotermas de sorção**

Tem-se o modelo de Henderson se ajustando melhor aos dados experimentais das isotermas de sorção do teor de água das formulações em pó com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá, para a temperatura de 20, 30, 40 e 45 °C, com as curvas apresentando comportamento típico das isotermas do tipo III.

➤ **Em referência às análises sensoriais**

Não houve diferença significativa entre as concentrações de polpa de cajá, das formulações e do produto obtido pela reconstituição das formulações em pó liofilizado, para os atributos sensoriais, exceto no sabor, na concentração de 30% de polpa de cajá mantendo-se, porém, na mesma escala de sabor entre “gosto da fruta” e “gosto intenso da fruta”.

Os degustadores observaram tendência na melhoria no leite de cabra em função dos atributos sensoriais estudados: sabor, aroma e aparência, à medida em que se aumenta a concentração de polpa no leite de cabra.

As polpas de cajá conferiram tonalidade amarelada aos tratamentos, uma vez que as médias foram aumentando estatisticamente sempre que a quantidade de polpa de cajá foi acrescida às formulações.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, L.R. **Leite e derivados: caracterização físico-química, qualidade e legislação.** Lavras: FAEPE, 2005. 151 P.

ABREU, L.R. de. **Tecnologia de leite e derivados.** Lavras, Minas Gerais, UFLA/FAEPE, 2000, 205p.

AGRA, N.G.; **Secagem e liofilização de manga: Características físico-químicas e sensoriais.** 2006. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de campina Grande.

ALCANTARA, S.R.; ALMEIDA, F.A.C; SILVA, F.L.H.; GOMES, J.P. Isotermas de adsorção do pendulo seco do caju. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 81-87, 2009.

ALEXANDRE, H.V.; FEITOSA, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciência da terra**, v. 7, n. 1, p. 11-20, 2007.

AMERINE, M.A.; PANGBORN, R.M.; ROESSLER, E.B. **Principles of sensory evaluation of food.** New York: Academic Press, 1965. 802p.

AMORIM, E.A.M.; TORRES, C.A.A.; BRUSCHI, J.H.; FONSECA, J.F.; GUIMARÃES, J.D.; CECON, P.R.; CARVALHO, G.R.; **Produção e composição do leite, metabólitos sanguíneos e concentração hormonal de cabras lactantes da raça Toggenburg tratadas com somatotropina bovina recombinante.** **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p. 147-153, 2006.

AOAC - Official of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14. ed. Washington: Williams Horwitz, 1997. 1141p.

ARAÚJO, M.S.O.; **Avaliação das características físico-químicas e sensoriais de polpa de acerola (*Malpighi emarginata* D. C.)** 2000. 108f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2000.

ASSUNÇÃO, A.B.; MENDONÇA, N.B.; ALMEIDA, M.D.; PENA, R.S. Hygroscopic behavior of the powdered açai (*Euterpe oleracea*). In MERCOSUR CONGRESS ON CHEMICAL ENGINEERING (ENPROMER), 2., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ. CD.

ASCHERI, D.P.R.; Estudo das características de absorção de água e da estabilidade das microcápsulas de óleo essencial de laranja na seleção de material de parede. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 367-373. 1999.

ASKAR, A. Quality changes during growing, postharvest treatments and storage practices **Fruit Processing**, Hachemburg, Germany, v. 8, n. 6, p. 226-231, 1998.

AKPINAR, E.K.; BICER, Y. Modelling of the drying of eggplants in thin-layers. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 40, n. 3, 2005

AYRORA, A.M.T. Liofilização: Ciência ou arte? **Revista Engenharia FAAP**, São Paulo, v. 16, n. 44, p. 40-45, 2004.

BEHMER, M.L.A., **Tecnologia do leite**. 13 ed. São Paulo, Nobel, 1999, 234p.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Introdução à química de alimentos**. 2ª ed. São Paulo: Varela, 1992. 223p.

BRASIL, Ministério da Agricultura. **Regulamento para fixação de identidade e qualidade do leite em pó modificado (RTIQ)**. Brasília, 2007 (Instrução normativa 27 de 12/06/2007).

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos químicos e físico-químicos para análises de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1017p.

BRASIL, Aprova os Regulamentos Técnicos de Produção, Identidade e Qualidade do Leite Tipo A, do Leite Tipo B, do Leite Tipo C, do Leite Pasteurizado e do Leite Cru Refrigerado e o Regulamento Técnico da Coleta do Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel, em conformidade com o anexo desta instrução normativa, Instrução Normativa n 51, de 18 de setembro de 2002. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - Diário Oficial da União. Brasília, 20 de setembro de 2002, seção 1, página 13.

BRASIL, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução normativa n° 37, de 31 de outubro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite de Cabra. **Diário Oficial** [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 8 nov. 2000. Seção 1, p. 23

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Secretária de Defesa Agropecuária. Instrução normativa n° 1812, de 08 de fevereiro de 1996. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de origem Animal. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 09 de fev. 1996. Seção 1, p. 2241.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Laboratório Nacional de Referência Animal (LANARA). **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes: II – Métodos físicos e químicos**. Brasília: Ministério da Agricultura, 1981. 188p.

BRANDELERO, R.P.H.; VIEIRA, A.P.; TELIS, V.R.N.; ROMERO, J.T.; YAMASHITA, F. Aplicação de revestimento comestível em abacaxis processados por métodos combinados: isoterma de sorção e cinética de desidratação osmótica. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2: 285-290, 2005.

BUENO, S.M.; LOPES, M.R.V.; GRACIANO, R.A.S.; FERNANDES, E.C.B.; GARCIA-CRUZ, C.H. Avaliação da Qualidade de Polpas de Frutas Congeladas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 61, n. 02, p. 121-126, 2002.

CAMPOS, L.R.; TREPTOW, R.O.; SOARES, G.J.D. Influência da inertização com nitrogênio na Vida de prateleira de leite em pó integral Acondicionado em embalagens Metalizadas flexíveis. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.2 n. 2, p. 130-137, 1998.

CAPRISTE, G.H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorption equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 47, n. 5, p. 1501-1507, 1982.

CARBONERA, L.; CARCIOF, B.M.; HUBER, E.; LAURINDO, J.B. Determinação Experimental da Difusividade Térmica de uma Massa de Tomate Comercial. **Braz. J. Food Technol**, v.6, n.2, p. 285-290, jul./dez., 2003.

CARDOSO, E.A. **Germinação, morfologia e embriologia de algumas espécies de gênero spondias**, Areia: UFPB, 1992. 58p.

CARVALHO, R.B de. **Potencialidades dos Mercados para os Produtos derivados De caprinos e Ovinos**. Disponível em: <<http://www.capritec.com.br/pdf/CAPRITEC.doc>>. Acesso: no dia 15 de jan de 2009.

CAVALCANTI MATA, M.E.R.M. Tecnologia de crioconservação de sementes de urucum. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.2n.1, p.1-9,mar,2008.

CAVALCANTI, A.S.R.R.M.; CAVALCANTI MATA, M.E.R.M.; DUARTE, M.E.M.; MEDEIRO, S.S.A. Isotermas de equilíbrio higroscópico de umbu em pó: parâmetro para escolha do tipo de embalagem. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFCG, 2., 2005, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UFCG/CNPq, 2005.CD.

CAVALCANTI MATA, M.E.R.M.; DUARTE, M.E.M.; ALSEMO G.C.S.; RODRIGUES, E.; GUEDES, M.A.; CAVALCANTI, A.S.R.R.M.; OLIVEIRA, C.C.A Obtenção de graviola em pó pelo o processo de liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 165-172, 2005.

CAVALCANTI MATA, M.E.R.M. **Modelagem e simulação de secagem de feijão macassar considerando-se o encolhimento e os diferentes graus de maturidade fisiológicas**. Projeto de Pesquisa, Campina Grande, PB. UFCG, 2004, 60p.

CAVALCANTI MATA, M.E.R.M.; DUARTE, M.E.M.; SILVA, M. Curvas de congelamento de frutos de cajá (*Spondias lutea* L.) a temperaturas semi-criogênicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 5, n. Especial, p. 53-60, 2003.

CHAVES, A.S.; CAVALCANTI, M.E.R.R.M.; CAVALCANTI MATA, M.E.R.M.; DUARTE, M.E.M. Obtenção da pinha em pó pelo o processo de liofilização. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, 5, 2008, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UFCG/CNPq, 2008. CD.

CHAVES, J.P.B. **Análise sensorial: Histórico e desenvolvimento**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1993. 31p.

CHAVES, J.P.R.; SPROESSER, R.L.; **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1996. 81p.

CHAVES, M.G.; SGROPPO, S.C.; AVANZA, J.R. Isotermas de adsorción de berenjenas deshidratadas. **Comunicaciones Científicas y Tecnológicas**, Resumen E-081, 2004.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B.; **Pós-colheita de frutas: Fisiologia e manuseio**. Lavras, MG: ESAL/FAEPE, 1990, 320p.

CHITARRA, M.I.F. **Fisiologia e qualidade de produtos vegetais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998. Poços de Calda, **Anais...** Poços de Calda: SBEA, 1998. p. 01-58.

CHOPDA, C.A.; BARRET, D.M. Optimizacion of guava juice and powder production. **Journal of Food Processing and Preservation**. v.25, n.6, p.411-430, 2001.

CHORNOBAI, C.A.M.; DAMASCENO, J.C.; VISENTAINER, J.V.; SOUZA, N.E.; MATSUSHITA, M. Physical-chemical composition of in natura goat milk from cross saanen throughout lactation period. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 49, p. 283-286, 1999.

CIABOTTI, E.D.; **Alterações das propriedades físico-químicas do suco de maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.) para diferentes técnicas de congelamento inicial, ao longo do período da armazenagem frigorificada.** 2000. 107f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

CICO - Centro Internacional de Caprinos e Ovinos, 2007. Disponível em: <www.cico.org-administrador@cico.org> Acesso em 5 de setembro de 2007.

CLEMENTINO, I.M.; NASCIMENTO, J.; CORREIA, R.T.P. **Sobremesa láctea aerada tipo mouse produzida a partir de leite caprino e frutas regionais.** PubIICaIII (2007) 01-08

COSTA, A.L. **Leite caprino: Um novo enfoque de pesquisa.** Embrapa – Caprinos, 12 dez. 2005. Disponível em: <http://www.portaldoagronegocio.com.br>. Acesso em: 02 fevereiro. 2009-07-20.

COSTA, G.A.; SOUZA, E.O.; SILVA, S.M.; MEDEIROS, E.C.O.; SANTOS, A.F.; BARBOSA, J.A.; SILVA, R.A.R. Conservação pós-colheita de cajá armazenado com recobrimentos biodegradáveis e atmosfera modificada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS (SBPCFT0, 1., 2005, João Pessoa. **Anais...**, João Pessoa: UFCG, 2005. CD.

COSTA, R.G.; BELTRÃO, FILHO, E.M.; QUEIROGA, R.C.R.E.; MEDEIROS, A.N.; OLIVEIRA, C.J.B.; GUERRA, I.C.D.; Características físico-químicas do leite de cabra comercializado no Estado da Paraíba, Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, p. 136-141, 2007.

COX, P.M. **Ultracongelacion de alimentos: guia de la practica.** Zaragoza (Espana). Editorial Acribia, S.A. 1987, 459p.

CRANK, J. **The mathematics of diffusion**, Claredon Press. Oxford. 1975.

CZYHRINCIW, N. Tropical fruit technology. **Advances in Food Research**, New York, v. 17, p. 153-208, 1969.

DITCHFIELD, C. **Estudo dos métodos para a medida da atividade de água**. 2000. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

DRUNKLER, D.A.; FETT, R.; LUIZ, M.T.B. Utilização de beta-ciclodextrina na minimização do “sabor caprino” do iogurte de leite de cabra. **B. CEPPA**, Curitiba, v.19, n.1, jan./jun.2001.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. Rio de Janeiro, Atheneu, 1987.652p.

FELBERG, I.; DELIZA, R.; GONÇALVES, E. B.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S.C.; CABRAL, L.C. Bebida mista de extrato de soja integral e castanha-do-brasil: caracterização físico-química, nutricional e aceitabilidade do consumidor. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 2, p. 163-174, 2004.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Práticas**. 2. ed. Porto Alegre, Editora Artmed, 2006.602p.

FENEMMA, O.R. **Food Chemistry**. New York: Marcel Drecker, 1996. 1024 p.

FERNANDES, M.F.; QUEIROGA, R.C.R.E.; MEDEIROS, A.N.; COSTA, R.G. BOMFIM, M.A.D.; BRAGA, A.A. Características físico-químicas e perfil lipídico do leite de cabras mestiças Moxotó alimentadas com dietas suplementadas com óleo de semente de algodão ou de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.4, p.703-710, 2008.

FERREIRA, C.D.; PENA, R.S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas**, v. 23, n. 2, p. 251-255, 2003.

FERREIRA, J.C. CAVALCANTI MATA, M.E.R.M.; DUARTE, M.E.M.; DANTAS, H.J.; SILVA, A.S. Cinética de secagem do extrato de soja em pó modificado com polpa de cajá (*Spondias lútea* L.) pelo o processo de liofilização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 37, *Anais ...*, 2008, Foz de Iguaçu, PR.

FERREIRA, J.C. **Efeito do congelamento ultra-rápido sobre as características físico-químicas e sensoriais de polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) durante a armazenagem frigorífica.** 2000. 112f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

FERREIRA, NETO, C.J. **Avaliação do comportamento das farinhas de mandioca seca (*Manihot esculenta* Crantz) temperadas durante o armazenamento.** 2002. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

FIGUEIREDO, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos.** 1 ed. Editora Universitária. João Pessoa - PB. 2004.229p.

FONSECA, C.R. **Armazenamento do leite de cabra cru em diferentes temperaturas por diferentes períodos e influência nas qualidades microbiológicas, físico-química e sensorial do produto pasteurizado.** 2006. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos.** 9. ed. São Paulo. Atheneu, 1998. 307p.

GABAS, A.L.; TELIS, V.R.N.; SOBRAL, P.J.A.; TELIS-ROMERO, J. Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 82, p. 246-252, 2007.

GADELHA, A.J.F.; ROCHA, C.O.; VIEIRA, F.F.; RIBEIRO, G.N. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de abacaxi, acerola, cajá e caju. **Revista Caatinga**, v.22, n.1, p.115-118, Mossoró, 2009.

GAVA, A.J. **Princípios da tecnologia de alimentos**, 1. ed. Rio de Janeiro, Editora Nobel, 1998.

GIOIELLI, A.L.; PITOMBO, M.N.R. Conservação de alimentos pelo controle de umidade. BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M.N.de. **Fundamentos de Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Atheneu, v.3, 1998.p.144-152.

GONÇALVES, A.L.; **Propiedades termofísicas de polpa de cajá (*Spondia lútea* L.)** 2000. 71f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

GONCALVES, Heraldo Cesar; SILVA, Martinho de Almeida e; WECHSLER, Francisco Stefano and RAMOS, Alcides Amorim. Fatores genéticos e de meio na produção de leite de caprinos leiteiros. **Revista Brasileira. Zootecnia**. [online]. 2001, v. 30, n. 3, pp. 719-729. ISSN 1516-3598. doi: 10.1590/S1516-35982001000300017.

GOMES, P.M.A.; FIGUERÉDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 4, n. 2. p. 157-165, 2002.

GOUVEIA, D.S.; CAVALCANTI MATA, M.E.R.M.; DUARTE, M.E.M.; UGULINO, S.M.P. Avaliação físico-química e aceitação sensorial do suco de pinha e do blend pinha-leite. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 9, n.1, p. 29-36, 2007.

IUPAC. INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. Reporting physisorption data for gas/solid systems. **Pure and Applied Chemistry**, v. 57, n. 4, p. 603-619, 1985.

KAREL, M. Freeze dehydration of food, In: **Principles of food science**; Part II. Physical Principles of Food Preservation, 1 ed. Marcel Decker, New York. p. 359-395, 1975.

KASAHARA, G.L. **Tópicos em transferencia de calor y propiedades termofísicas en: refrigeración y congelacion de alimentos**. Santiago de Chile: Maval, 1986, 132p.

KRANZ, J. Measuring plant disease. In: KRANZ, J. & ROTEM, J. (eds.) **Experimental techniques in plant disease epidemiology**. Heidelberg: Springer-Verlag. 1988. pp.35-50.

KROKIBA, M.K.; KARATHAMOS, V.T.; MAROULIS, Z.B. Effect of freeze-deying on shrinkage and porosity of dehydrated agricultural products. **Journal of Food Engineering**. 35, 1998, p. 369-380.

LAHSASNI, S.; KOUHILA, M.; MAHROUZ, M.; KECHAOU, N. Experimental study and modelling of adsorption and desorption isotherms of prickly pear peel (*Opuntia ficus indica*). **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 55, n. 3, p. 201-2002.

LE JAQUEN, J.C. Milking and technology of milk and milk products. In: GALL, C. **Goat production**. London: Academic Press, 1981. p. 345-377.

LIMA, Í.J.E.; MELO, A.J.Q.; FIGUEIRÊDO, R.M.F. Propriedades termofísicas da polpa de umbu. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.5, n.1, p.31-42, 2003.

LORA, S.C.P.; PRUDÊNCIO, E.S.; BENEDET, H.D. Avaliação sensorial de sorvetes elaborados com leite de cabra. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina-PR, v. 27, n. 2, p. 221-230, 2006.

MAIA, G.A.; OLIVEIRA, G.S.F. de; FIGUEIREDO, R.V. de; GUIMARÃES, A.C.L. **Curso de especialização em tecnologia de alimentos de processamento de sucos e polpas tropicais: processamento industrial**. Brasília - DF: ABEAS, 1998, v.8, 65p

MARTIN, R.E.; FLICK, G.J.; HEBARD, C.E.; WARD, D.R. **Chemistry and biochemistry of marine food products**. Westport: AVI, 1982.

MATSUURA, F.C.A.U.; ROLIM, R.B. Avaliação da adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um "blend" com alto teor de vitamina C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 139-141. 2002.

MELO, J.C.S.; FIGUEIREDO, R.M.F.; QUEROZ, A.J.M.; FEITOSA, R.M. Physico-chemical characterization of emulsions with goat milk, umbu-cajá pulp and maltodextrin. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING (CIGR), 37, 2008, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ASABE/IBEA, 2008.

MELO, J.C.S. **Produção e armazenamento de formulações de leite de cabra e polpa de umbu-cajá.** 2007. 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

MORAES, M.A.C, de. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos.** 8 ed. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 1993.

MORI, E. E. M. Análise sensorial de produtos de pescado no Instituto de tecnologia de Alimentos. In: **Controle de qualidade de pescado.** Leopodianum Editora e Edições Loyola. São Paulo, 1998.

NARAIN, N.; ALMEIDA, J. N.; GALVÃO, M.S.; MADRUGA, M.S.; BRITO, E.S. Compostos voláteis dos frutos de maracujá (*Passiflora edulis* forma *Flavicarpa*) e de cajá (*Spondias mombin* L.) obtidos pela técnica de headspace dinâmico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 2, p.212-216, 2004.

NEVES FILHO, L.C. **Resfriamento, congelamento e estocagem de alimentos.** São Paulo: IBF/ ABRAVA/SINDRATAR, 1991, 176p.

NOGUEIRA, R.I.; FREITAS, S.P.; KIL, J.P.; DEYRMENDJIAN, E. Adsorption isotherms of chicory inulin powder: temperature effect. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.9, n.1, p.37-44, 2007.

NOGUEIRA, R.I.; KIL, J.P.; FREITAS, S.P. Isotermas de adsorção do extrato de inulina de chicória em pó. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS 9 (SBCTA), 6., 2005, Campinas. **Resumos...** Campinas: SBCTA, 2005. CD.

NORONHA, M.L.; CARDOSO, E.A., DIAS, N.S. Características físico-químicas de frutos de umbu-cajá *Spondias spp.* Provenientes dos Pólos Baixo-Jaguaribe (CE) e Assu-Mossoró ,RN. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina grande, v. 2, n. 2, p. 91-96, 2000.

OLIVEIRA, A.R.G. de, BORGES, S.V.; FARIA, R.K.; ENDO, E.; GREGÓRIO, S.R. Influência das condições de secagem por atomização sobre as características de sucos maracujá (*passiflora edullis*) e abacaxi (*ananás comosus*) desidratados. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.38, n.3, p.251-256, jul.-set., 2007. ISSN 1806-6690.

OLIVEIRA, J.S. **Como fazer queijos: Fundamentos tecnológicos**. São Paulo, Editora Tecnoprint S.A., 1987, 146p.

ORDÓÑEZ PEREDA, J.A.; CAMBERO RODRIGUEZ, M.I.; FERNÁNDEZ ALVAREZ L.; GARCÍA SANZ, M.L.; FERNANDO MINGUILLÓN, G.D.G.; HOZ PERALES, L.; SELGAS CORTECERO, M.D. **Tecnologia de alimentos, componentes dos Alimentos e processos**. 1.ed. Porto Alegre. Artmed Editora S.A, 2005a, v. 1, 294 p.

ORDÓÑEZ PEREDA. J.A.; CAMBERO RODRIGUES, M.I.; FERNANDES ALVAREZ L.; GARCIA SANZ, M.L.; FERNANDO MINGUILLÓN, G.D.G.; HOZ PERALES, L.; SELGAS CORTECERO, M.D. **Tecnologia de alimentos, componentes dos Alimentos e processos**. 1.ed. Porto Alegre. Artmed Editora S.A, 2005b, v. 2, 279 p.

PARDI, M.C.; SANTOS, I.F.; SOUZA, E.R.; PARDI, H.S. *Ciência, higiene e tecnologia da carne*. Goiânia: Ed. da UFG, 1995. v. 1: Ciência e higiene da carne: tecnologia da sua obtenção e transformação.

PARK; K.J.; YADO, M.K.M.; BROD, F.P.R. Estudo de secagem de pêra bartlet (*Pyrus sp.*) em fatias. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 288-292, 2002.

PENA, R.S.; RIBEIRO, C.C.; GRANDI, J.G. Aplicação de modelos matemáticos bi e triparamétricos que predizem isotermas de adsorção de umidade do guaraná (*paullinia cupana*) em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 8-11, 2000.

PENA, R.S.; RIBEIRO, C.C.; GRANDI, J.G. Calor de adsorção de umidade do pó de guaraná (*Paullinia cupana*) obtido em "sray dryer". **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 111-115, 1996.

PENA, R.S.; RIBEIRO, C.; GRANDI, J.G. Influência da temperatura nos parâmetros de modelos bi-paramétricos que predizem isotermas de adsorção de umidade do guaraná (*Paullinia cupana*) em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 229-232, 1997.

PEREIRA, T.B.B.; **Desidratação em secador por aspersão da mistura de leite de cabra com polpa de umbu-cajá**. 118 f. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

PINTO, W.S.; DANTAS, A.C.V.L.; FONSECA, A.; LEDO, C.A.S.; CALAFANGE, P.A. E. Caracterização física, físico-química e química de frutos de genótipos de cajazeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1059-1066, 2003.

POTTER, N.N.; HOTCHKISS, J.H. **Ciencia de los alimentos**. Zaragoza (España). Editora Acribia S.A.1999. 667p.

QUEIROGA, R.C.R.E.; COSTA, R.G.; BISCONTINI, T.M.B.; MEDEIROS, A.N.; MADRUGA, M.S.; SCHULER, A.R.P. Influência do manejo do rebanho, das condições higiênicas da ordenha e da fase de lactação na composição química do leite de cabras Saanen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.430-437, 2007.

RIBEIRO, E.L.A.; RIBEIRO, H.J.S.S. Uso nutricional e terapêutico do leite de cabra nutritional and therapeutic use of goat milk. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 22, n. 2, p. 229-235, 2001.

RIISPOA - **Regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal**, Disponível em < <http://www.engetecno.com.br/riispoa2.htm> > Acesso em 5 de setembro de 2007.

SILVA, P.F.; PEREIRA, D.B.C.; OLIVEIRA, L.L.; COSTA, L.C.G.J. **Físico-química do leite e derivados: métodos analíticos**. Oficina de Impressão Gráfica, Juiz de Fora, 1997b, 190p.

SILVA, S.D.; **Cor: definição e métodos de medição**. Campinas: ITAL, 1973. p. 75-85 (ITAL, Boletim do Instituto de tecnologia de Alimentos).

SILVA, Y.C. **Obtenção do cajá em pó utilizando um secador por atomização: caracterização física, físico-química e sensorial do pó**. 2005. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SING, R.P.; HELDMAN, D.R. **Introduccion a la ingenieria de los alimentos**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1998. 544p.

SOARES, E.B.; GOMES, R.L.F.; CARNEIRO, J.G.M.; NASCIMENTO, F.N.; SILVA, I.C.V.; COSTA, J.C.L. Caracterização física e química de frutos de cajazeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 28. p. 518-519, 2006.

SOUZA, P.H.M.; MAIA, G.A.; SOUZA FILHO, M.S.M.S.; FIGEIREDO, R.W.; SOUZA, A.C.R.S. Goiabas desidratadas osmoticamente seguidas de secagem em estufa. **Revista Brasileira de fruticultura**. Jaboticabal-SP, v.25, n.3, p.414-416, dezembro 2003.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.M.; BARBETTA, P.A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: ed. UFSC, 1987. 180p. (Série Didática).

TELIS-ROMERO, J.; KOHAYAKAWA, M.N.; SILVEIRA JUNIOR, V.; PEDRO, M.A.M.; GABAS, A.L. Enthalpy-entropy compensation base don isotherms of mango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 297-303, 2005.

TERRONI - **Manual de instruções**, 2004. 36p.

THAMER, K.G.; PENNA, A.L.B. Caracterização de bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos e acrescidas de prebiótico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.3, p. 589-595, 2006.

TRESSLER, D.; ARSDEL, W.; COPLEY, M. **The freezing preservation of foods**, 4 ed. 1968.

VICENTE, A.M.; RUBIO, J.M.G.P.; REGIDOR, F.S.; VICENTE, J.M.M. **Refrigeracion, congelacion e envasado de los alimentos**. Madri: Iragra S.A. Bardala,1994.277p.

ZAMBOM, M.A.; ALCALDE, C.R.; HASHIMOTO, J.H.; MACEDO, F.A.F.; PASSIANOTO, G.O.; LIMA, L.S. Parâmetros Digestivos, Produção e Qualidade do Leite de Cabras Saanen Recebendo Rações com Casca do Grão de Soja em Substituição ao Milho. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 29, n.3, p. 309-316, 2007

APÊNDICE A

Tabela A.1 – Análise de variância do teor de água (%) das formulações com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	2.70083	0.90028	60.8982 **
Resíduo	8	0.11827	0.01478	
Total	11	2.81910	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela A.2 – Análise de variância da proteína das formulações com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	1.28442	0.42814	203.8770 **
Resíduo	8	0.01680	0.00210	
Total	11	1.30122	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela A.3 – Análise de variância do lipídeo (%) das formulações com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	7.02000	2.34000	658651445502935 **
Resíduo	8	0.00000	0.00000	
Total	11	7.02000	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela A.4 – Análise de variância dos sólidos totais (%) das formulações com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	2.70083	0.90028	60.8982 **
Resíduo	8	0.11827	0.01478	
Total	11	2.81910	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela A.5 – Análise de variância do pH das formulações com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	9.10842	3.03614	91084.2500 **
Resíduo	8	0.00027	0.00003	
Total	11	9.10869	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela A.6 – Análise de variância da acidez total titulável (% de ácido Lático) das formulações com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	0.63989	0.21330	12797.8333 **
Resíduo	8	0.00013	0.00002	
Total	11	0.64003	-	-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela A.7 – Análise de variância dos açúcares redutores (% glicose) das formulações com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	0.41323	0.13774	869.9474 **
Resíduo	8	0.00127	0.00016	
Total	11	0.41449		-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela A.8 – Análise de variância dos açúcares não redutores (% sacarose) das formulações com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	0.01909	0.00954	859.0000 **
Resíduo	8	0.00007	0.00001	
Total	11	0.01916		-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela A.9 – Análise de variância dos açúcares totais (%) das formulações com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	1.63083	0.54361	16308.2500 **
Resíduo	8	0.00027	0.00003	
Total	11	1.63109		-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela A.10 – Análise de variância de cinzas das formulações com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	0.01049	0.00350	83.9333 **
Resíduo	8	0.00033	0.00004	
Total	11	0.01082		-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

APÊNDICE B

Tabela B.1 – Análise de variância do teor de água (%) da formulação em pó com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	12.22909	4.07636	221.5415 **
Resíduo	8	0.14720	0.01840	
Total	11	12.37629		

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.2 – Análise de variância de lipídeos (%) da formulação em pó com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	118.52716	39.50905	225.4976 **
Resíduo	8	1.40167	0.17521	
Total	11	119.92883		

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.3 – Análise de variância de sólidos totais (%) da formulação em pó com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	12.22909	4.07636	221.5415 **
Resíduo	8	0.14720	0.01840	
Total	11	12.37629		-

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.4 – Análise de variância de proteínas (%) da formulação em pó com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	16.80363	5.60121	1520.6908 **
Resíduo	8	0.02947	0.00368	
Total	11	16.83310		

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.5 – Análise de variância de sólidos solúveis totais (Brix) da formulação em pó com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	494.25000	164.75000	659.0000 **
Resíduo	8	2.00000	0.25000	
Total	11	496.25000		

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.6 – Análise de variância da acidez total titulável (% de ácido Lático) da formulação com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	41.58030	13.86010	554404.00 **
Resíduo	8	0.00020	0.00002	
Total	11	41.58050		

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.7 – Análise de variância de pH da formulação em pó com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	8.98222	2.99407	119763.00 **
Resíduo	8	0.00020	0.00003	
Total	11	8.98243		

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.8 – Análise de variância dos açúcares redutores (% sacarose) da formulação em pó com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	25.52730	8.50910	340364.00 **
Resíduo	8	0.00020	0.00003	
Total	11	25.52750		

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.9 – Análise de variância dos açúcares não redutores (% sacarose) da formulação em pó com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	135.97403	45.32468	1812987.00 **
Resíduo	8	0.00020	0.00003	
Total	11	135.97423		

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.10 – Análise de variância dos açúcares totais (%) da formulação com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	126.82823	42.27608	1691043.00 **
Resíduo	8	0.00020	0.00003	
Total	11	126.82843		

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela B.11 – Análise de variância de cinzas da formulação em pó com 0, 10, 20 e 30% de polpa de cajá

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	3	1.22996	0.40999	82.1341 **
Resíduo	8	0.03993	0.00499	
Total	11	1.26989		

**Significativo a 1% de probabilidade; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

APÊNDICE C

Tabela C1 – Razão de temperatura experimental e tempo, obtidos no congelamento a -20 °C do leite de cabra

Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)	Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)	Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)
0	1,00	7920	0,39	15840	0,17
180	0,96	8100	0,39	16020	0,16
360	0,93	8280	0,39	16200	0,15
540	0,90	8460	0,39	16380	0,14
720	0,88	8640	0,38	16560	0,13
900	0,85	8820	0,39	16740	0,11
1080	0,83	9000	0,38	16920	0,11
1260	0,80	9180	0,38	17100	0,10
1440	0,78	9360	0,38	17280	0,09
1620	0,75	9540	0,38	17460	0,08
1800	0,71	9720	0,38	17640	0,07
1980	0,67	9900	0,38	17820	0,06
2160	0,64	10080	0,38	18000	0,06
2340	0,60	10260	0,38	18180	0,05
2520	0,56	10440	0,38	18360	0,05
2700	0,52	10620	0,38	18540	0,04
2880	0,49	10800	0,38	18720	0,04
3060	0,46	10980	0,38	18900	0,03
3240	0,43	11160	0,38	19080	0,03
3420	0,41	11340	0,38	19260	0,03
3600	0,39	11520	0,38	19440	0,03
3780	0,39	11700	0,38	19620	0,02
3960	0,39	11880	0,38	19800	0,02
4140	0,39	12060	0,38	19980	0,02
4320	0,39	12240	0,37	20160	0,02
4500	0,39	12420	0,36	20340	0,01
4680	0,39	12600	0,35	20520	0,01
4860	0,39	12780	0,34	20700	0,01
5040	0,39	12960	0,33	20880	0,01
5220	0,39	13140	0,31	21060	0,01
5400	0,39	13320	0,30	21240	0,01
5580	0,39	13500	0,29	21420	0,01
5760	0,39	13680	0,28	21600	0,01
5940	0,39	13860	0,27	21780	0,00
6120	0,39	14040	0,26	21960	0,00
6300	0,39	14220	0,25	22140	0,00
6480	0,39	14400	0,24	22320	0,00
6660	0,39	14580	0,23	22500	0,00
6840	0,39	14760	0,22	22680	0,00
7020	0,39	14940	0,21	22860	0,00
7200	0,39	15120	0,20	23040	0,00
7380	0,39	15300	0,20		
7560	0,39	15480	0,19		
7740	0,39	15660	0,18		

Tabela C2 – Razão de temperatura experimental e tempo, obtidos no congelamento a -20 °C do leite de cabra com 10% de polpa de cajá

Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)	Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)	Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)
0	1,00	7920	0,39	15840	0,10
180	0,95	8100	0,39	16020	0,09
360	0,90	8280	0,39	16200	0,09
540	0,86	8460	0,39	16380	0,08
720	0,81	8640	0,39	16560	0,08
900	0,77	8820	0,39	16740	0,07
1080	0,72	9000	0,39	16920	0,06
1260	0,67	9180	0,39	17100	0,05
1440	0,63	9360	0,39	17280	0,05
1620	0,59	9540	0,38	17460	0,04
1800	0,55	9720	0,38	17640	0,04
1980	0,52	9900	0,38	17820	0,04
2160	0,49	10080	0,38	18000	0,03
2340	0,46	10260	0,38	18180	0,03
2520	0,44	10440	0,38	18360	0,02
2700	0,42	10620	0,38	18540	0,02
2880	0,41	10800	0,37	18720	0,02
3060	0,40	10980	0,37	18900	0,02
3240	0,39	11160	0,37	19080	0,02
3420	0,40	11340	0,37	19260	0,01
3600	0,40	11520	0,36	19440	0,01
3780	0,40	11700	0,36	19620	0,01
3960	0,40	11880	0,35	19800	0,01
4140	0,40	12060	0,35	19980	0,01
4320	0,40	12240	0,34	20160	0,01
4500	0,40	12420	0,33	20340	0,01
4680	0,40	12600	0,32	20520	0,01
4860	0,40	12780	0,31	20700	0,01
5040	0,40	12960	0,29	20880	0,01
5220	0,40	13140	0,28	21060	0,01
5400	0,40	13320	0,25	21240	0,00
5580	0,40	13500	0,24	21420	0,00
5760	0,40	13680	0,23	21600	0,00
5940	0,40	13860	0,21	21780	0,00
6120	0,40	14040	0,20	21960	0,00
6300	0,40	14220	0,18		
6480	0,39	14400	0,17		
6660	0,39	14580	0,16		
6840	0,39	14760	0,15		
7020	0,39	14940	0,14		
7200	0,39	15120	0,13		
7380	0,39	15300	0,12		
7560	0,39	15480	0,12		
7740	0,39	15660	0,11		

Tabela C3 – Razão de temperatura experimental e tempo, obtidos no congelamento a -20 °C do leite de cabra com 20% de polpa de cajá

Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)	Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)	Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)
0	1,00	7920	0,39	15840	0,09
180	0,99	8100	0,39	16020	0,09
360	0,95	8280	0,39	16200	0,08
540	0,89	8460	0,39	16380	0,07
720	0,84	8640	0,39	16560	0,06
900	0,79	8820	0,39	16740	0,06
1080	0,75	9000	0,39	16920	0,05
1260	0,70	9180	0,39	17100	0,05
1440	0,66	9360	0,39	17280	0,04
1620	0,62	9540	0,39	17460	0,04
1800	0,59	9720	0,39	17640	0,04
1980	0,55	9900	0,39	17820	0,04
2160	0,53	10080	0,39	18000	0,03
2340	0,49	10260	0,39	18180	0,03
2520	0,47	10440	0,39	18360	0,03
2700	0,45	10620	0,39	18540	0,02
2880	0,43	10800	0,39	18720	0,02
3060	0,41	10980	0,39	18900	0,02
3240	0,39	11160	0,39	19080	0,02
3420	0,40	11340	0,39	19260	0,01
3600	0,40	11520	0,38	19440	0,01
3780	0,40	11700	0,38	19620	0,01
3960	0,40	11880	0,37	19800	0,01
4140	0,40	12060	0,36	19980	0,01
4320	0,40	12240	0,35	20160	0,01
4500	0,40	12420	0,34	20340	0,00
4680	0,39	12600	0,32		
4860	0,40	12780	0,30		
5040	0,40	12960	0,28		
5220	0,40	13140	0,26		
5400	0,39	13320	0,25		
5580	0,39	13500	0,24		
5760	0,39	13680	0,23		
5940	0,39	13860	0,21		
6120	0,39	14040	0,20		
6300	0,39	14220	0,19		
6480	0,39	14400	0,18		
6660	0,39	14580	0,17		
6840	0,39	14760	0,15		
7020	0,39	14940	0,14		
7200	0,39	15120	0,13		
7380	0,39	15300	0,12		
7560	0,39	15480	0,11		
7740	0,39	15660	0,10		

Tabela C4 – Razão de temperatura experimental e tempo, obtidos no congelamento a -20 °C do leite de cabra com 30% de polpa de cajá

Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)	Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)	Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)
0	1,00	7920	0,39	15840	0,05
180	0,89	8100	0,39	16020	0,04
360	0,81	8280	0,39	16200	0,04
540	0,76	8460	0,39	16380	0,04
720	0,70	8640	0,39	16560	0,03
900	0,64	8820	0,39	16740	0,03
1080	0,60	9000	0,38	16920	0,03
1260	0,56	9180	0,38	17100	0,03
1440	0,52	9360	0,38	17280	0,02
1620	0,49	9540	0,38	17460	0,02
1800	0,46	9720	0,38	17640	0,02
1980	0,44	9900	0,37	17820	0,02
2160	0,42	10080	0,37	18000	0,02
2340	0,41	10260	0,37	18180	0,02
2520	0,40	10440	0,36	18360	0,01
2700	0,41	10620	0,36	18540	0,01
2880	0,41	10800	0,35	18720	0,01
3060	0,41	10980	0,34	18900	0,01
3240	0,41	11160	0,33	19080	0,01
3420	0,41	11340	0,32	19260	0,01
3600	0,41	11520	0,30	19440	0,01
3780	0,41	11700	0,29	19620	0,00
3960	0,41	11880	0,27	19800	0,00
4140	0,41	12060	0,26	19980	0,00
4320	0,40	12240	0,24	20160	0,00
4500	0,40	12420	0,23		
4680	0,40	12600	0,21		
4860	0,40	12780	0,20		
5040	0,40	12960	0,18		
5220	0,40	13140	0,17		
5400	0,40	13320	0,16		
5580	0,40	13500	0,15		
5760	0,40	13680	0,13		
5940	0,40	13860	0,12		
6120	0,40	14040	0,11		
6300	0,40	14220	0,11		
6480	0,40	14400	0,10		
6660	0,40	14580	0,09		
6840	0,40	14760	0,08		
7020	0,40	14940	0,07		
7200	0,40	15120	0,07		
7380	0,39	15300	0,06		
7560	0,39	15480	0,06		
7740	0,39	15660	0,05		

Tabela C5 – Razão de temperatura experimental e tempo, obtidos no congelamento a -30 °C do leite de cabra

Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)	Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)
0	1,00	7920	0,30
180	0,92	8100	0,27
360	0,87	8280	0,25
540	0,82	8460	0,22
720	0,78	8640	0,20
900	0,73	8820	0,17
1080	0,68	9000	0,15
1260	0,64	9180	0,14
1440	0,59	9360	0,12
1620	0,55	9540	0,10
1800	0,53	9720	0,09
1980	0,51	9900	0,08
2160	0,49	10080	0,07
2340	0,50	10260	0,06
2520	0,50	10440	0,05
2700	0,50	10620	0,04
2880	0,50	10800	0,04
3060	0,50	10980	0,03
3240	0,50	11160	0,03
3420	0,50	11340	0,02
3600	0,50	11520	0,02
3780	0,50	11700	0,01
3960	0,49	11880	0,01
4140	0,50	12060	0,01
4320	0,49	12240	0,01
4500	0,49	12420	0,01
4680	0,49	12600	0,00
4860	0,49	12780	0,00
5040	0,49	12960	0,00
5220	0,49	13140	0,00
5400	0,49	13320	0,00
5580	0,49	13500	0,00
5760	0,49	13680	0,00
5940	0,48	13860	0,00
6120	0,48	14040	0,00
6300	0,48		
6480	0,48		
6660	0,47		
6840	0,46		
7020	0,44		
7200	0,42		
7380	0,40		
7560	0,36		
7740	0,33		

Tabela C6 – Razão de temperatura experimental e tempo, obtidos no congelamento a -30 °C do leite de cabra com 10% de polpa de cajá

Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)	Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)
0	1,00	7920	0,33
180	0,96	8100	0,30
360	0,91	8280	0,27
540	0,85	8460	0,23
720	0,80	8640	0,21
900	0,74	8820	0,18
1080	0,70	9000	0,16
1260	0,65	9180	0,14
1440	0,61	9360	0,13
1620	0,58	9540	0,11
1800	0,55	9720	0,10
1980	0,53	9900	0,09
2160	0,52	10080	0,07
2340	0,51	10260	0,06
2520	0,51	10440	0,05
2700	0,51	10620	0,05
2880	0,51	10800	0,04
3060	0,51	10980	0,03
3240	0,51	11160	0,03
3420	0,51	11340	0,02
3600	0,51	11520	0,02
3780	0,51	11700	0,01
3960	0,51	11880	0,01
4140	0,51	12060	0,01
4320	0,51	12240	0,01
4500	0,51	12420	0,01
4680	0,50	12600	0,01
4860	0,50	12780	0,00
5040	0,50	12960	0,00
5220	0,50	13140	0,00
5400	0,50	13320	0,00
5580	0,50	13500	0,00
5760	0,50		
5940	0,49		
6120	0,49		
6300	0,48		
6480	0,48		
6660	0,47		
6840	0,46		
7020	0,45		
7200	0,43		
7380	0,41		
7560	0,39		
7740	0,36		

Tabela C7 – Razão de temperatura experimental e tempo, obtidos no congelamento a -30 °C do leite de cabra com 20% de polpa de cajá

Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)	Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)
0	1,00	7920	0,16
180	0,91	8100	0,14
360	0,86	8280	0,13
540	0,81	8460	0,12
720	0,71	8640	0,11
900	0,63	8820	0,10
1080	0,56	9000	0,08
1260	0,54	9180	0,08
1440	0,52	9360	0,07
1620	0,51	9540	0,06
1800	0,50	9720	0,05
1980	0,50	9900	0,04
2160	0,50	10080	0,04
2340	0,50	10260	0,03
2520	0,50	10440	0,02
2700	0,50	10620	0,02
2880	0,50	10800	0,02
3060	0,50	10980	0,01
3240	0,50	11160	0,01
3420	0,50	11340	0,01
3600	0,50	11520	0,00
3780	0,50	11700	0,00
3960	0,50	11880	0,00
4140	0,50	12060	0,00
4320	0,49		
4500	0,49		
4680	0,49		
4860	0,49		
5040	0,49		
5220	0,48		
5400	0,48		
5580	0,47		
5760	0,46		
5940	0,43		
6120	0,41		
6300	0,39		
6480	0,37		
6660	0,35		
6840	0,33		
7020	0,31		
7200	0,28		
7380	0,25		
7560	0,22		
7740	0,19		

Tabela C8 – Razão de temperatura experimental e tempo, obtidos no congelamento a -30 °C do leite de cabra com 30% de polpa de cajá

Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)	Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)
0	1,00	7920	0,03
180	0,89	8100	0,03
360	0,82	8280	0,02
540	0,76	8460	0,02
720	0,69	8640	0,01
900	0,65	8820	0,01
1080	0,59	9000	0,01
1260	0,56	9180	0,00
1440	0,54	9360	0,00
1620	0,52	9540	0,00
1800	0,51		
1980	0,52		
2160	0,52		
2340	0,52		
2520	0,52		
2700	0,51		
2880	0,51		
3060	0,51		
3240	0,51		
3420	0,50		
3600	0,50		
3780	0,50		
3960	0,50		
4140	0,49		
4320	0,49		
4500	0,47		
4680	0,46		
4860	0,43		
5040	0,41		
5220	0,38		
5400	0,34		
5580	0,30		
5760	0,26		
5940	0,22		
6120	0,19		
6300	0,16		
6480	0,14		
6660	0,12		
6840	0,10		
7020	0,09		
7200	0,07		
7380	0,06		
7560	0,05		
7740	0,04		

Tabela C9 – Razão de temperatura experimental e tempo, obtidos no congelamento a -170 °C do leite de cabra

Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)	Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)
0	,00	2640	0,05
60	0,98	2700	0,04
120	0,95	2760	0,04
180	0,94	2820	0,03
240	0,92	2880	0,03
300	0,91	2940	0,02
360	0,89	3000	0,02
420	0,88	3060	0,01
480	0,87	3120	0,01
540	0,86	3180	0,01
600	0,86	3240	0,01
660	0,85	3300	0,01
720	0,85	3360	0,01
780	0,84	3420	0,01
840	0,84	3480	0,00
900	0,82	3540	0,00
960	0,80	3600	0,00
1020	0,77	3660	0,00
1080	0,72	3720	0,00
1140	0,69	3780	0,00
1200	0,64	3840	0,00
1260	0,60	3900	0,00
1320	0,56	3960	0,00
1380	0,52	4020	0,00
1440	0,47		
1500	0,43		
1560	0,40		
1620	0,36		
1680	0,33		
1740	0,30		
1800	0,27		
1860	0,25		
1920	0,22		
1980	0,21		
2040	0,19		
2100	0,16		
2160	0,15		
2220	0,13		
2280	0,12		
2340	0,11		
2400	0,09		
2460	0,08		
2520	0,07		
2580	0,06		

Tabela C10 – Razão de temperatura experimental e tempo, obtidos no congelamento a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ do leite de cabra com 10% de polpa de cajá

Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)	Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)
0	1,00	2640	0,10
60	0,97	2700	0,09
120	0,94	2760	0,08
180	0,92	2820	0,07
240	0,90	2880	0,06
300	0,89	2940	0,05
360	0,88	3000	0,04
420	0,87	3060	0,03
480	0,86	3120	0,03
540	0,85	3180	0,02
600	0,84	3240	0,02
660	0,83	3300	0,02
720	0,82	3360	0,01
780	0,82	3420	0,01
840	0,80	3480	0,01
900	0,77	3540	0,01
960	0,70	3600	0,00
1020	0,63	3660	0,00
1080	0,58	3720	0,00
1140	0,54	3780	0,00
1200	0,51		
1260	0,48		
1320	0,45		
1380	0,44		
1440	0,41		
1500	0,40		
1560	0,38		
1620	0,36		
1680	0,34		
1740	0,33		
1800	0,31		
1860	0,30		
1920	0,29		
1980	0,27		
2040	0,26		
2100	0,25		
2160	0,23		
2220	0,22		
2280	0,21		
2340	0,19		
2400	0,17		
2460	0,15		
2520	0,13		
2580	0,12		

Tabela C11 – Razão de temperatura experimental e tempo, obtidos no congelamento a $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ do leite de cabra com 20% de polpa de cajá

Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)	Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)
0	1,00	2640	0,04
60	0,96	2700	0,04
120	0,94	2760	0,03
180	0,92	2820	0,03
240	0,91	2880	0,02
300	0,89	2940	0,02
360	0,88	3000	0,02
420	0,87	3060	0,01
480	0,86	3120	0,01
540	0,85	3180	0,01
600	0,85	3240	0,01
660	0,85	3300	0,00
720	0,84	3360	0,00
780	0,83	3420	0,00
840	0,82	3480	0,00
900	0,80	3540	0,00
960	0,78	3600	0,00
1020	0,75	3660	0,00
1080	0,71		
1140	0,67		
1200	0,63		
1260	0,56		
1320	0,51		
1380	0,46		
1440	0,42		
1500	0,38		
1560	0,34		
1620	0,31		
1680	0,28		
1740	0,24		
1800	0,21		
1860	0,19		
1920	0,18		
1980	0,15		
2040	0,14		
2100	0,13		
2160	0,11		
2220	0,10		
2280	0,09		
2340	0,08		
2400	0,07		
2460	0,06		
2520	0,05		
2580	0,05		

Tabela C12 – Razão de temperatura experimental e tempo, obtidos no congelamento a -170 °C do leite de cabra com 30% de polpa de cajá

Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)
0	1,00
60	0,96
120	0,93
180	0,90
240	0,88
300	0,85
360	0,83
420	0,82
480	0,80
540	0,77
600	0,73
660	0,66
720	0,59
780	0,52
840	0,46
900	0,39
960	0,33
1020	0,30
1080	0,27
1140	0,24
1200	0,22
1260	0,19
1320	0,17
1380	0,15
1440	0,14
1500	0,13
1560	0,11
1620	0,09
1680	0,08
1740	0,07
1800	0,06
1860	0,05
1920	0,05
1980	0,04
2040	0,03
2100	0,03
2160	0,02
2220	0,02
2280	0,01
2340	0,01
2400	0,01
2460	0,00
2520	0,00
2580	0,00

Tabela C13 – Razão de temperatura experimental e tempo, obtidos no congelamento a -196 °C do leite de cabra

Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)	Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)
0	1,00	220	0,05
5	0,94	225	0,04
10	0,89	230	0,04
15	0,87	235	0,04
20	0,84	240	0,03
25	0,82	245	0,03
30	0,80	250	0,03
35	0,65	255	0,02
40	0,55	260	0,02
45	0,47	265	0,02
50	0,42	270	0,02
55	0,37	275	0,02
60	0,35	280	0,01
65	0,33	285	0,01
70	0,32	290	0,01
75	0,31	295	0,01
80	0,30	300	0,01
85	0,28	305	0,01
90	0,27	310	0,00
95	0,26	315	0,00
100	0,25	320	0,00
105	0,24	325	0,00
110	0,24	330	0,00
115	0,22	335	0,00
120	0,22	340	0,00
125	0,20	345	0,00
130	0,20	350	0,00
135	0,18		
140	0,17		
145	0,16		
150	0,15		
155	0,14		
160	0,13		
165	0,12		
170	0,11		
175	0,10		
180	0,10		
185	0,09		
190	0,08		
195	0,07		
200	0,07		
205	0,06		
210	0,06		
215	0,05		

Tabela C14 – Razão de temperatura experimental e tempo, obtidos no congelamento a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ do leite de cabra com 10% de polpa de cajá

Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)	Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)
0	1,00	220	0,02
5	0,93	225	0,02
10	0,90	230	0,02
15	0,87	235	0,02
20	0,84	240	0,02
25	0,81	245	0,01
30	0,64	250	0,01
35	0,55	255	0,01
40	0,48	260	0,01
45	0,41	265	0,01
50	0,35	270	0,01
55	0,32	275	0,01
60	0,31	280	0,00
65	0,29	285	0,00
70	0,28	290	0,00
75	0,26	295	0,00
80	0,24	300	0,00
85	0,23	305	0,00
90	0,21		
95	0,20		
100	0,19		
105	0,17		
110	0,15		
115	0,14		
120	0,13		
125	0,12		
130	0,11		
135	0,10		
140	0,10		
145	0,09		
150	0,08		
155	0,08		
160	0,07		
165	0,07		
170	0,06		
175	0,06		
180	0,06		
185	0,05		
190	0,05		
195	0,04		
200	0,04		
205	0,04		
210	0,03		
215	0,03		

Tabela C15 – Razão de temperatura experimental e tempo, obtidos no congelamento a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ do leite de cabra com 20% de polpa de cajá

Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)	Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)
0	1,00	220	0,05
5	0,93	225	0,05
10	0,89	230	0,04
15	0,87	235	0,03
20	0,82	240	0,03
25	0,69	245	0,02
30	0,58	250	0,02
35	0,47	255	0,01
40	0,41	260	0,01
45	0,38	265	0,01
50	0,35	270	0,01
55	0,33	275	0,01
60	0,32	280	0,00
65	0,30	285	0,00
70	0,28	290	0,00
75	0,26	295	0,00
80	0,24	300	0,00
85	0,22		
90	0,20		
95	0,19		
100	0,18		
105	0,17		
110	0,17		
115	0,16		
120	0,16		
125	0,15		
130	0,15		
135	0,14		
140	0,14		
145	0,14		
150	0,13		
155	0,13		
160	0,12		
165	0,12		
170	0,12		
175	0,10		
180	0,09		
185	0,09		
190	0,08		
195	0,07		
200	0,07		
205	0,06		
210	0,06		
215	0,06		

Tabela C16 – Razão de temperatura experimental e tempo, obtidos no congelamento a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ do leite de cabra com 30% de polpa de cajá

Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)	Tempo (s)	Razão de Temperatura (RT)
0	1,00	215	0,02
5	0,95	220	0,02
10	0,88	225	0,02
15	0,80	230	0,01
20	0,65	235	0,01
25	0,54	240	0,01
30	0,47	245	0,01
35	0,42	250	0,01
40	0,39	255	0,01
45	0,36	260	0,01
50	0,34	265	0,01
55	0,32	270	0,00
60	0,30	275	0,00
65	0,29	280	0,00
70	0,27	285	0,00
75	0,25	290	0,00
80	0,23		
85	0,22		
90	0,21		
95	0,19		
100	0,18		
105	0,17		
110	0,16		
115	0,15		
120	0,14		
125	0,13		
130	0,12		
135	0,11		
140	0,11		
145	0,10		
150	0,09		
155	0,08		
160	0,07		
165	0,06		
170	0,05		
175	0,04		
180	0,04		
185	0,04		
190	0,03		
195	0,03		
200	0,03		
205	0,03		
210	0,02		

APÊNDICE D

Tabela D.1 – Razão do teor de água experimental e temperatura a cada momento na secagem por liofilização, do leite de cabra

Tempo (h)	Razão de Temperatura (RX)
0	1,00
2	0,90
4	0,82
6	0,73
8	0,65
10	0,56
12	0,49
14	0,41
16	0,33
18	0,26
20	0,19
24	0,08
28	0,01
32	0,00
36	0,00

Tabela D.2 – Razão do teor de água experimental e temperatura a cada momento na secagem por liofilização, do leite de cabra com 10% de polpa de cajá

Tempo (h)	Razão de Temperatura (RX)
0	1,00
2	0,91
4	0,82
6	0,74
8	0,66
10	0,59
12	0,51
14	0,43
16	0,36
18	0,28
20	0,22
24	0,10
28	0,03
32	0,00
36	0,00
40	0,00

Tabela D.3 – Razão do teor de água experimental e temperatura a cada momento na secagem por liofilização, do leite de cabra com 20% de polpa de cajá.

Tempo (h)	Razão de Temperatura (RX)
0	1,00
2	0,91
4	0,83
6	0,75
8	0,67
10	0,60
12	0,51
14	0,45
16	0,38
18	0,29
20	0,23
24	0,14
28	0,06
32	0,04
36	0,02
40	0,01
44	0,01
48	0,01

Tabela D.4 – Razão do teor de água experimental e temperatura a cada momento na secagem por liofilização, do leite de cabra com 30% de polpa de cajá

Tempo (h)	Razão de Temperatura (RX)
0	1,00
2	0,93
4	0,85
6	0,77
8	0,69
10	0,62
12	0,54
14	0,47
16	0,39
18	0,32
20	0,26
24	0,19
28	0,11
32	0,07
36	0,04
40	0,02
44	0,02
48	0,00
52	0,00

APÊNDICE E

Tabela E.1 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de GAB, a 20 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3923	5,7417	-1,60922	28,03
0,5220	9,9609	0,65363	6,56
0,5677	11,5720	1,30220	11,25
0,5920	12,6871	1,81832	14,33
0,6390	14,2485	1,99994	14,04
0,7180	16,6878	1,11663	6,69
0,8043	19,6389	-2,49325	12,70
0,8340	23,7863	-2,09295	8,80
0,9043	44,1586	0,92669	2,10

Tabela E.2 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de GAB, a 30 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3590	5,3483	-0,67349	12,59
0,4387	6,9789	0,06583	0,94
0,4980	8,8288	1,05955	12,00
0,5760	10,2108	0,93083	9,12
0,6233	11,4092	0,88790	7,78
0,6890	14,2635	1,34477	9,43
0,8143	18,5967	-1,04644	5,63
0,8853	25,2437	-1,93831	7,68
0,9347	46,8181	0,53201	1,14

Tabela E.3 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de GAB, a 40 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3590	5,3483	-0,64496	14,47
0,4387	6,9789	-0,28415	4,89
0,4980	8,8288	-0,17033	2,57
0,5760	10,2108	0,45333	5,40
0,6233	11,4092	0,28210	2,90
0,6890	14,2635	1,61639	12,02
0,8143	18,5967	1,07042	6,51
0,8853	25,2437	-2,26818	11,41
0,9347	46,8181	0,33878	0,82

Tabela E.4 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de GAB, a 45 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3387	4,9090	-0,21184	4,32
0,4197	5,7626	-0,10320	1,79
0,4640	6,8321	0,45883	6,72
0,5417	8,0042	0,49264	6,15
0,6133	9,8531	0,85920	8,72
0,7620	15,1450	2,39763	15,83
0,8790	17,2630	-1,56473	9,06
0,9523	23,9360	-1,31674	5,50
0,9777	42,8101	0,38573	0,90

Tabela E.5 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 10% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de GAB, a 20 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3717	6,4632	-0,10016	1,55
0,4747	9,6988	1,29245	13,33
0,5313	13,5229	2,09997	15,53
0,5780	15,5709	2,10378	13,51
0,6443	18,0823	1,94273	10,74
0,6997	20,9707	1,04619	4,99
0,7893	26,3439	-4,13590	15,70
0,8457	31,6439	-6,94740	21,95
0,8900	43,6609	6,03528	13,82

Tabela E.6 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 10% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de GAB, a 30 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,4187	5,7342	-1,50715	26,28
0,4800	9,0892	2,10553	23,17
0,5687	12,2620	1,80015	14,68
0,6277	15,1036	2,18835	14,49
0,6893	17,1722	1,92086	11,19
0,7547	21,0050	1,16445	5,54
0,8083	23,4517	-0,97399	4,15
0,8487	27,2026	-4,14193	15,23
0,9230	52,1882	0,77335	1,48

Tabela E.7 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 10% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de GAB, a 40 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3150	4,5739	-1,13883	24,90
0,4250	6,7400	-0,65173	9,67
0,5047	8,5586	0,40873	4,78
0,5567	10,5942	1,23214	11,63
0,6020	12,8990	0,99272	7,70
0,6640	16,1212	2,41743	15,00
0,7267	18,9544	-0,21716	1,15
0,7817	22,2518	-2,90697	13,06
0,9290	41,9299	0,51742	1,23

Tabela E.8 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 10% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de GAB, a 45 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3300	2,8913	-1,70221	58,87
0,4057	5,1609	-0,24665	4,78
0,4950	7,6576	-0,03379	0,44
0,5413	9,9780	1,35902	13,62
0,6053	11,6533	1,72687	14,82
0,6890	14,7069	1,53194	10,42
0,7693	19,8700	-0,28918	1,46
0,8487	24,7344	-2,36254	9,55
0,9407	40,4871	0,35285	0,87

Tabela E.9 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 20% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de GAB, a 20 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,4233	7,4410	-1,61040	21,64
0,5093	11,3028	-0,05590	0,49
0,5833	15,6544	1,15793	7,40
0,6107	17,6885	1,90098	10,75
0,6823	21,7389	1,06351	4,89
0,7533	24,1612	-0,93516	3,87
0,7737	27,9113	-0,54207	1,94
0,8033	30,3540	-1,06457	3,51
0,9033	49,8934	0,35198	0,71

Tabela E.10 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 20% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de GAB, a 30 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3880	6,2002	-0,617208	9,95
0,4250	7,4758	-0,173795	2,32
0,4560	9,4110	0,429332	4,56
0,4913	10,6154	0,483450	4,55
0,5373	12,6173	0,741366	5,88
0,6003	14,8009	-0,674765	4,56
0,6403	17,0570	-0,410762	2,41
0,7407	22,5327	0,205899	0,91
0,9090	48,8129	0,016006	0,03

Tabela E.11 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 20% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de GAB, a 40 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3527	5,2718	0,070225	1,33
0,4253	6,9506	-0,545207	7,84
0,5020	9,3384	-0,161667	1,73
0,5403	11,5393	0,482685	4,18
0,5977	13,6974	-0,313789	2,29
0,6483	16,1516	0,421954	2,61
0,7630	22,0217	-0,070025	0,32
0,8260	25,0164	0,424792	1,70
0,8943	30,8946	-0,343254	1,11

Tabela E.12 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 20% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de GAB, a 45 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3510	6,7450	0,203095	3,01
0,4070	7,5775	-0,308550	4,07
0,4930	9,4482	-0,431988	4,57
0,5130	10,5490	-0,170416	1,62
0,5943	11,9044	-0,580815	4,88
0,6263	13,5278	0,386076	2,85
0,6443	14,6068	0,645960	4,42
0,7117	16,9082	0,840311	4,97
0,8190	24,7951	-0,658085	2,65

Tabela E.13 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 30% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de GAB, a 20 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3773	9,3721	-1,50754	16,09
0,4660	13,1719	-0,23318	1,77
0,5323	16,2476	0,57026	3,51
0,5773	19,4460	1,94308	9,99
0,6693	22,9607	0,60298	2,63
0,7230	25,9908	-0,30009	1,15
0,7600	30,0301	0,26872	0,89
0,8327	37,5008	-2,13521	5,69
0,8890	53,5582	0,90441	1,69

Tabela E.14 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 30% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de GAB, a 30 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3247	7,1160	-0,43788	6,15
0,3803	8,8392	-0,10405	1,18
0,4600	10,3653	-0,79055	7,63
0,5150	12,2030	-0,70524	5,78
0,5430	14,6491	0,75355	5,14
0,6130	17,2617	0,52084	3,02
0,6483	20,5117	2,06809	10,08
0,8123	28,9783	-1,79795	6,20
0,9150	47,9013	0,42467	0,89

Tabela E.15 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 30% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de GAB, a 40 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,4087	8,0764	-0,048079	0,60
0,4580	9,3153	-0,364932	3,92
0,5220	11,4946	-0,489321	4,26
0,5877	15,1949	0,447315	2,94
0,6150	16,9671	0,929121	5,48
0,6787	19,5272	0,106509	0,55
0,7180	21,0418	-0,773930	3,68
0,7593	24,6889	0,059990	0,24
0,8710	34,2286	0,064429	0,19

Tabela E.16 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 30% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de GAB, a 45 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,2847	3,9081	-0,49110	12,57
0,3827	5,6556	-1,03911	18,37
0,4773	8,9393	-0,55013	6,15
0,5083	11,4419	0,88437	7,73
0,5657	13,0051	0,23264	1,79
0,6233	15,6533	0,28622	1,83
0,6797	18,9514	0,62008	3,27
0,7700	23,6835	-0,52823	2,23
0,9250	39,1104	0,01419	0,04

Tabela E.17 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Peleg, a 20 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3923	5,7417	-0,65958	11,49
0,5220	9,9609	-0,07497	0,75
0,5677	11,5720	0,11924	1,03
0,5920	12,6871	0,45165	3,56
0,6390	14,2485	0,44751	3,14
0,7180	16,6878	0,06988	0,42
0,8043	19,6389	-1,02588	5,22
0,8340	23,7863	0,54934	2,31
0,9043	44,1586	-0,01856	0,04

Tabela E.18 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Peleg, a 30 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3590	5,3483	0,046577	0,87
0,4387	6,9789	-0,102316	1,47
0,4980	8,8288	0,323923	3,67
0,5760	10,2108	-0,284125	2,78
0,6233	11,4092	-0,360532	3,16
0,6890	14,2635	0,589954	4,14
0,8143	18,5967	-0,279846	1,50
0,8853	25,2437	0,080630	0,32
0,9347	46,8181	-0,003378	0,01

Tabela E.19 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Peleg, a 40 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3590	5,3483	0,851860	19,12
0,4387	6,9789	0,242513	4,18
0,4980	8,8288	-0,237369	3,58
0,5760	10,2108	-0,329976	3,93
0,6233	11,4092	-0,967502	9,96
0,6890	14,2635	0,245251	1,82
0,8143	18,5967	0,530791	3,23
0,8853	25,2437	-0,040185	0,20
0,9347	46,8181	0,000691	0,00

Tabela E.20 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Peleg, a 45 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3387	4,9090	0,479271	9,76
0,4197	5,7626	-0,238470	4,14
0,4640	6,8321	-0,085829	1,26
0,5417	8,0042	-0,608656	7,60
0,6133	9,8531	-0,421687	4,28
0,7620	15,1450	1,181343	7,80
0,8790	17,2630	-0,594001	3,44
0,9523	23,9360	0,349734	1,46
0,9777	42,8101	-0,008638	0,02

Tabela E.21 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 10% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Peleg, a 20 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3717	6,4632	-0,54651	8,46
0,4747	9,6988	-0,24856	2,56
0,5313	13,5229	0,20199	1,49
0,5780	15,5709	0,12414	0,80
0,6443	18,0823	0,36239	2,00
0,6997	20,9707	0,55672	2,65
0,7893	26,3439	0,17184	0,65
0,8457	31,6439	-1,10999	3,51
0,8900	43,6609	0,37147	0,85

Tabela E.22 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 10% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Peleg, a 30 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,4187	5,7342	-1,35315	-1,35315
0,4800	9,0892	1,43834	1,43834
0,5687	12,2620	0,08604	0,08604
0,6277	15,1036	0,02073	0,02073
0,6893	17,1722	-0,27526	-0,27526
0,7547	21,0050	-0,07236	-0,07236
0,8083	23,4517	0,07941	0,07941
0,8487	27,2026	-0,01558	-0,01558
0,9230	52,1882	0,00011	0,00011

Tabela E.23 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 10% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Peleg, a 40 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3150	4,5739	0,658709	14,40
0,4250	6,7400	-0,583279	8,65
0,5047	8,5586	-0,108876	1,27
0,5567	10,5942	0,056442	0,53
0,6020	12,8990	-0,584243	4,53
0,6640	16,1212	0,977132	6,06
0,7267	18,9544	-0,085647	0,45
0,7817	22,2518	-0,203980	0,92
0,9290	41,9299	0,017448	0,04

Tabela E.24 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 10% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Peleg, a 45 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3300	2,8913	-0,486542	16,83
0,4057	5,1609	-0,324583	6,29
0,4950	7,6576	-0,396859	5,18
0,5413	9,9780	0,585555	5,87
0,6053	11,6533	0,556487	4,78
0,6890	14,7069	0,493671	3,36
0,7693	19,8700	-0,354213	1,78
0,8487	24,7344	-0,306212	1,24
0,9407	40,4871	0,000872	0,00

Tabela E.25 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 20% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Peleg, a 20 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,4233	7,4410	-0,62154	8,35
0,5093	11,3028	-0,39176	3,47
0,5833	15,6544	0,29178	1,86
0,6107	17,6885	0,84325	4,77
0,6823	21,7389	0,66614	3,06
0,7533	24,1612	-1,71357	7,09
0,7737	27,9113	0,46473	1,67
0,8033	30,3540	0,29414	0,97
0,9033	49,8934	-0,00783	0,02

Tabela E.26 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 20% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Peleg, a 30 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3880	6,2002	-0,62154	8,35
0,4250	7,4758	-0,39176	3,47
0,4560	9,4110	0,29178	1,86
0,4913	10,6154	0,84325	4,77
0,5373	12,6173	0,66614	3,06
0,6003	14,8009	-1,71357	7,09
0,6403	17,0570	0,46473	1,67
0,7407	22,5327	0,29414	0,97
0,9090	48,8129	-0,00783	0,02

Tabela E.27 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 20% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Peleg, a 40 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3527	5,2718	-0,397475	6,41
0,4253	6,9506	-0,507330	6,79
0,5020	9,3384	0,265150	2,82
0,5403	11,5393	0,354124	3,34
0,5977	13,6974	0,415784	3,30
0,6483	16,1516	-0,159807	1,08
0,7630	22,0217	0,148356	0,87
0,8260	25,0164	-0,232293	1,03
0,8943	30,8946	0,000779	0,00

Tabela E.28 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 20% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Peleg, a 45 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3510	6,7450	0,242766	4,60
0,4070	7,5775	-0,224748	3,23
0,4930	9,4482	-0,487811	5,22
0,5130	10,5490	0,240970	2,09
0,5943	11,9044	0,016942	0,12
0,6263	13,5278	0,187607	1,16
0,6443	14,6068	0,278572	1,26
0,7117	16,9082	-0,280738	1,12
0,8190	24,7951	0,026990	0,09

Tabela E.29 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 30% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Peleg, a 20 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3773	9,3721	-0,186568	1,99
0,4660	13,1719	-0,112377	0,85
0,5323	16,2476	-0,101272	0,62
0,5773	19,4460	0,888600	4,57
0,6693	22,9607	-0,472525	2,06
0,7230	25,9908	-0,666777	2,57
0,7600	30,0301	0,736116	2,45
0,8327	37,5008	-0,138540	0,37
0,8890	53,5582	0,017578	0,03

Tabela E.30 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 30% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Peleg, a 30 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3247	7,1160	0,81980	11,52
0,3803	8,8392	0,68982	7,80
0,4600	10,3653	-0,74626	7,20
0,5150	12,2030	-1,15506	9,47
0,5430	14,6491	0,08680	0,59
0,6130	17,2617	-0,48491	2,81
0,6483	20,5117	1,06369	5,19
0,8123	28,9783	-0,01510	0,05
0,9150	47,9013	0,00064	0,00

Tabela E.31 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 30% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Peleg, a 40 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,4087	8,0764	0,314182	3,89
0,4580	9,3153	-0,225310	2,42
0,5220	11,4946	-0,595940	5,18
0,5877	15,1949	0,202957	1,34
0,6150	16,9671	0,678970	4,00
0,6787	19,5272	-0,010706	0,05
0,7180	21,0418	-0,708524	3,37
0,7593	24,6889	0,361969	1,47
0,8710	34,2286	-0,010852	0,03

Tabela E.32 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 30% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Peleg, a 45 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,2847	3,9081	-0,391750	10,02
0,3827	5,6556	-0,780910	13,81
0,4773	8,9393	-0,399265	4,47
0,5083	11,4419	0,601614	5,26
0,5657	13,0051	0,156845	1,21
0,6233	15,6533	0,435954	2,79
0,6797	18,9514	0,351857	1,86
0,7700	23,6835	-0,508898	2,15
0,9250	39,1104	-0,001477	0,00

Tabela E.33 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Henderson, a 20 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3923	5,7417	0,019850	0,35
0,5220	9,9609	-0,013756	0,14
0,5677	11,5720	-0,017096	0,15
0,5920	12,6871	-0,023282	0,18
0,6390	14,2485	-0,014922	0,10
0,7180	16,6878	0,011962	0,07
0,8043	19,6389	0,046341	0,24
0,8340	23,7863	0,018974	0,08
0,9043	44,1586	-0,043574	0,10

Tabela E.34 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Henderson, a 30 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3590	5,3483	-0,011539	0,22
0,4387	6,9789	-0,008750	0,13
0,4980	8,8288	-0,024141	0,27
0,5760	10,2108	0,005299	0,05
0,6233	11,4092	0,014851	0,13
0,6890	14,2635	0,004184	0,03
0,8143	18,5967	0,034255	0,18
0,8853	25,2437	0,012555	0,05
0,9347	46,8181	-0,067538	0,14

Tabela E.35 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Henderson, a 40 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3590	5,3483	-0,029442	0,66
0,4387	6,9789	-0,008068	0,14
0,4980	8,8288	0,007178	0,11
0,5760	10,2108	0,003974	0,05
0,6233	11,4092	0,024030	0,25
0,6890	14,2635	-0,008305	0,06
0,8143	18,5967	0,002138	0,01
0,8853	25,2437	0,026712	0,13
0,9347	46,8181	-0,057447	0,14

Tabela E.36 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 0% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Henderson, a 45 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3387	4,9090	-0,033401	0,68
0,4197	5,7626	0,001143	0,02
0,4640	6,8321	-0,007521	0,11
0,5417	8,0042	0,017969	0,22
0,6133	9,8531	0,018171	0,18
0,7620	15,1450	-0,027291	0,18
0,8790	17,2630	0,040543	0,23
0,9523	23,9360	0,010605	0,04
0,9777	42,8101	-0,072996	0,17

Tabela E.37 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 10% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Henderson, a 20 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3717	6,4632	-0,006768	0,10
0,4747	9,6988	-0,015581	0,16
0,5313	13,5229	-0,022443	0,17
0,5780	15,5709	-0,010166	0,07
0,6443	18,0823	0,001977	0,01
0,6997	20,9707	0,016976	0,08
0,7893	26,3439	0,060894	0,23
0,8457	31,6439	0,012462	0,04
0,8900	43,6609	-0,091111	0,21

Tabela E.38 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 10% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Henderson, a 30 °C

a_w	Umidade de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,4187	5,7342	0,053693	0,94
0,4800	9,0892	-0,072372	0,80
0,5687	12,2620	-0,022325	0,18
0,6277	15,1036	-0,014578	0,10
0,6893	17,1722	0,003450	0,02
0,7547	21,0050	0,016048	0,08
0,8083	23,4517	0,030360	0,13
0,8487	27,2026	0,037429	0,14
0,9230	52,1882	-0,053312	0,10

Tabela E.39 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 10% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Henderson, a 40 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3150	4,5739	-0,017232	0,38
0,4250	6,7400	0,018675	0,28
0,5047	8,5586	-0,007302	0,09
0,5567	10,5942	-0,015396	0,15
0,6020	12,8990	0,005375	0,04
0,6640	16,1212	-0,020181	0,13
0,7267	18,9544	0,020094	0,11
0,7817	22,2518	0,036591	0,16
0,9290	41,9299	-0,050410	0,12

Tabela E.40 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 10% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Henderson, a 45 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3300	2,8913	0,021665	0,75
0,4057	5,1609	-0,006273	0,12
0,4950	7,6576	-0,004824	0,06
0,5413	9,9780	-0,035230	0,35
0,6053	11,6533	-0,024681	0,21
0,6890	14,7069	-0,003242	0,02
0,7693	19,8700	0,030175	0,15
0,8487	24,7344	0,046924	0,19
0,9407	40,4871	-0,031258	0,08

Tabela E.41 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 20% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Henderson, a 20 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,4233	7,4410	0,023234	0,31
0,5093	11,3028	-0,000136	0,00
0,5833	15,6544	-0,019181	0,12
0,6107	17,6885	-0,027518	0,16
0,6823	21,7389	-0,015735	0,07
0,7533	24,1612	0,025213	0,10
0,7737	27,9113	0,005771	0,02
0,8033	30,3540	0,013211	0,04
0,9033	49,8934	0,001904	0,00

Tabela E.42 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 20% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Henderson, a 30 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3880	6,2002	0,023593	0,38
0,4250	7,4758	0,019671	0,26
0,4560	9,4110	-0,010388	0,11
0,4913	10,6154	-0,015777	0,15
0,5373	12,6173	-0,018733	0,15
0,6003	14,8009	-0,004861	0,03
0,6403	17,0570	-0,007335	0,04
0,7407	22,5327	0,007480	0,03
0,9090	48,8129	0,021367	0,04

Tabela E.43 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 20% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Henderson, a 40 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3527	5,2718	-0,010402	0,20
0,4253	6,9506	0,004272	0,06
0,5020	9,3384	0,017443	0,19
0,5403	11,5393	0,006143	0,05
0,5977	13,6974	-0,008998	0,07
0,6483	16,1516	-0,016067	0,10
0,7630	22,0217	-0,002559	0,01
0,8260	25,0164	0,005733	0,02
0,8943	30,8946	0,006842	0,02

Tabela E.44 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 20% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Henderson, a 45 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3510	6,7450	0,045350	0,67
0,4070	7,5775	-0,000794	0,01
0,4930	9,4482	-0,011044	0,12
0,5130	10,5490	-0,036972	0,35
0,5943	11,9044	-0,016432	0,14
0,6263	13,5278	0,002002	0,01
0,6443	14,6068	0,001120	0,01
0,7117	16,9082	0,023917	0,14
0,8190	24,7951	0,021208	0,09

Tabela E.45 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 30% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Henderson, a 20 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3773	9,3721	0,008443	0,09
0,4660	13,1719	-0,004864	0,04
0,5323	16,2476	-0,008043	0,05
0,5773	19,4460	-0,025125	0,13
0,6693	22,9607	0,008719	0,04
0,7230	25,9908	0,019402	0,07
0,7600	30,0301	0,007732	0,03
0,8327	37,5008	0,010973	0,03
0,8890	53,5582	-0,022184	0,04

Tabela E.46 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 30% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Henderson, a 30 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,3247	7,1160	-0,008162	0,11
0,3803	8,8392	-0,012295	0,14
0,4600	10,3653	0,019228	0,19
0,5150	12,2030	0,021599	0,18
0,5430	14,6491	-0,012471	0,09
0,6130	17,2617	-0,000040	0,00
0,6483	20,5117	-0,025670	0,13
0,8123	28,9783	0,021839	0,08
0,9150	47,9013	-0,005747	0,01

Tabela E.47 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 30% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Henderson, a 40 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,4087	8,0764	0,002842	0,04
0,4580	9,3153	0,011136	0,12
0,5220	11,4946	0,010761	0,09
0,5877	15,1949	-0,014200	0,09
0,6150	16,9671	-0,023464	0,14
0,6787	19,5272	-0,006274	0,03
0,7180	21,0418	0,008672	0,04
0,7593	24,6889	-0,000717	0,00
0,8710	34,2286	0,018064	0,05

Tabela E.48 – Valores estimados do teor de água de equilíbrio da formulação em pó com 30% de polpa de cajá, resíduo e erro percentual calculados para o modelo de Henderson, a 45 °C

a_w	Teor de água de equilíbrio estimada (% b.s.)	Resíduo	Erro percentual (%)
0,2847	3,9081	0,011576	0,30
0,3827	5,6556	0,030741	0,54
0,4773	8,9393	0,007391	0,08
0,5083	11,4419	-0,033000	0,29
0,5657	13,0051	-0,014138	0,11
0,6233	15,6533	-0,013014	0,08
0,6797	18,9514	-0,014868	0,08
0,7700	23,6835	0,009909	0,04
0,9250	39,1104	0,039569	0,10

APÊNDICE F

PROVADOR: _____ DATA: ____/____/____

Você está recebendo oito (8) amostras codificadas de leite de cabra com polpa de cajá. Avalie utilizando as escalas abaixo e colocando sua nota quanto aos atributos sensoriais.

SABOR 1- Sem sabor da fruta 2- Leve sabor da fruta 3- Gosto da fruta 4- Gosto intenso da fruta 5- Gosto concentrado da fruta	Amostra	Nota	Amostra	Nota
AROMA 1- Sem aroma da fruta 2- Leve aroma da fruta 3- Aroma da fruta 4- Aroma intenso da fruta 5- Aroma concentrado da fruta	Amostra	Nota	Amostra	Nota
APARÊNCIA 1- Desgostei muito 2- Desgostei ligeiramente 3- Indiferente 4- Gostei ligeiramente 5- Gostei muito	Amostra	Nota	Amostra	Nota
COR 1- Branco 2- Creme levemente claro 3- Creme 4- Creme levemente escuro 5- Creme escuro	Amostra	Nota	Amostra	Nota

APÊNDICE G

Tabela G1 – Análise de variância do sabor para os tratamentos de leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá com os produtos obtidos pela reconstituição do leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá liofilizado

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	7	294.19688	42.02813	53.6804 **
Resíduo	312	244.27500	0.78293	
Total	319	538.47188		

** Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a nível de 5% de probabilidade G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela G.2 – Análise de variância de aroma para os tratamentos de leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá com os produtos obtidos pela reconstituição do leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá liofilizado

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	7	169.45000	24.20714	28.6791 **
Resíduo	312	263.35000	0.84407	
Total	319	432.80000		

** Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela G.3 – Análise de variância de aparência para os tratamentos de leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá com os produtos obtidos pela reconstituição do leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá liofilizado

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	7	50.29688	7.18527	5.8369 **
Resíduo	312	384.07500	1.23101	
Total	319	434.37188		

**Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo

Tabela G.4 – Análise de variância de cor para os tratamentos de leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá com os produtos obtidos pela reconstituição do leite de cabra com diferentes concentrações (0, 10, 20, e 30%) de polpa de cajá liofilizados

Fonte de variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Tratamentos	7	396.85000	56.69286	101.0175 **
Resíduo	312	175.10000	0.56122	
Total	319	175.10000		

**Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a nível de 5% de probabilidade; ns não significativo; G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrados médios dos desvios; F – Variável do teste F; ns não significativo