



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



ok

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dissertação de Mestrado

PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DA FARINHA DE FACHEIRO

EZENILDO EMANUEL DE LIMA

3) Biblioteca UFCA
SMBC_CDSA
CAMPUS DE SUMÉ
Reg. 12449/13

Campina Grande
Paraíba



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

**PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DA FARINHA DE
FACHEIRO**

EZENILDO EMANUEL DE LIMA

Dis
631(043.3)
2732p
ex-01

Campina Grande - Paraíba
FEVEREIRO, 2006

PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DA FARINHA DE FACHEIRO

EZENILDO EMANUEL DE LIMA

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: Armazenamento e Processamento de
Produtos Agrícolas

ORIENTADORES: Prof^ª. Dr^ª. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo
Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz

Campina – Paraíba
FEVEREIRO – 2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

L732p Lima, Ezenildo Emanuel de
2006 Produção e armazenamento da farinha de facheiro/ Ezenildo Emanuel de Lima.
— Campina Grande, 2006.
132f.;il.

Referências.

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

Orientadores: Rossana Maria Feitosa de Figueiredo e Alexandre José de Melo Queiroz

1— Planta Forrageira — Facheiro 2— Produção de Farinha 3— Secagem
4— Armazenamento I— Título

CDU 633.3



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

EZENILDO EMANUEL DE LIMA

PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DA FARINHA DE FACHEIRO

BANCA EXAMINADORA

Rossana M^a F. de Figueiredo
Dra. Rossana Maria F. de Figueiredo-Orientadora

PARECER

Aprovado

Alexandre J. M. Queiroz
Dr. Alexandre José de M. Queiroz-Orientador

APROVADO

Líbia de Sousa C. Oliveira
Dra. Líbia de Sousa C. Oliveira-Examinadora

Aprovado

Josivanda P. Gomes de Gouveia
Dra. Josivanda Palmeira G. de Gouveia-Examinadora

Aprovado

FEVEREIRO - 2006 -

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, que nas horas de maior desespero iluminou meu caminho, e tornou concreto mais um sonho na minha vida; se não fosse Ele, nada disso seria possível. Com fé e esperança nesse Deus maravilhoso, consegui trilhar mais uma etapa da minha vida.

A minha esposa **Maria Antonieta de Andrade Lima** e minha filha **Aysla Andrade Lima**, que sempre acreditaram na minha capacidade, pelo apoio dado durante todo o decorrer do curso, pois este era um sonho delas e meu; foram vocês, nas horas mais difíceis da minha caminhada, meu ponto de sustentação, com palavras de perseverança e conforto, fortalecendo-me com carinho, amor e compreensão, por esses laços que sempre nos uniram e deram um valor especial para consolidação desta vitória.

A meus pais, **Margarida Maria de Lima** e **José Pedro de Lima**, pelo dom da vida e pela força e coragem nesta caminhada

Aos orientadores **Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo** e **Alexandre José de Melo Queiroz**, pela admiração, respeito e sua contribuição para a realização deste trabalho.

À **UFCG**, pelo apoio e oportunidade para realização deste trabalho.

À **COPEAG**, por ter acreditado na realização deste desafio.

À **CAPES**, pela concessão da bolsa de estudo, que em muito me ajudou na concretização dos meus estudos.

A meu companheiro de jornada **Adriano Sant'Ana**, pela amizade, cumplicidade, companheirismo e confiança desde o início.

Aos Professores **Francisco de Assis Silva**, **Mario Eduardo**, **Maria Elita**, **Juarez Pedroza** e **Josivanda**, que compartilharam comigo momentos de crescimento intelectual e profissional.

Às Professoras da Banca Examinadora, **Dra. Libia de Sousa Conrado Oliveira** e **Dra. Josivanda Palmeira Gomes**, pelas sugestões e atenção dispensadas.

Aos demais funcionários, **Antônio**, **Flávio**, **Luciene**, **Renato** e **Luisinho**, pelo apoio e incentivo.

Aos colegas do curso **Daniela**, **Fernanda**, **Ivonete**, **Yvson**, **Diniz**, **Sckaymenn**, **Jane**, **Marinalva**, **Fátima** e **Marta**, pelas experiências compartilhadas.

À Secretária de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, **Rivanilda**, pela atenção dispensada.

À **UEPB**, em particular a professora **Hélvia**, do laboratório de Microbiologia, pelo apoio prestado na fase de execução deste trabalho.

À **EMBRAPA**, que colaborou para a realização desta pesquisa.

Ao colega **Cândido José Ferreira Neto**, da UFPB, João Pessoa pela ajuda prestada.

À professora **Odelsia**, do Departamento de Engenharia Química, pelo respaldo dado na concretização deste trabalho.

A todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivo geral	2
1.2. Objetivos específicos	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Cactáceas	3
2.1.1. Facheiro	3
2.2. Caracterização físico-química	5
2.2.1. Umidade e sólidos totais	6
2.2.2. Sólidos solúveis totais (°Brix)	6
2.2.3. Proteína bruta	7
2.2.4. Amido	7
2.2.5. pH	8
2.2.6. Acidez	9
2.2.7. Cinzas	9
2.3. Cor	10
2.3.1. Colorimetria	11
2.4. Secagem	13
2.5. Atividade de água	17
2.5.1. Isotermas de adsorção de umidade	18
2.6. Fluidez	23
2.7. Embalagem	24
2.8. Armazenagem	27
2.8.1. Contaminação microbiana	28
2.9. Granulometria	28
3. MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1. Matéria-prima	29
3.2. Processamento da matéria-prima	29

3.2.1. Colheita	29
3.2.2. Transporte	30
3.2.3. Seleção	30
3.2.4. Limpeza	30
3.2.5. Corte	30
3.2.6. Lavagem e despulpamento	30
3.2.7. Armazenamento da polpa	30
3.3. Análises físico-químicas	31
3.3.1. Umidade e sólidos totais	31
3.3.2. Sólidos solúveis totais (°Brix)	31
3.3.3. pH	31
3.3.4. Acidez total titulável	31
3.3.5. Cinzas	31
3.3.6. Fibras	32
3.3.7. Proteína bruta	32
3.3.8. Amido	32
3.4. Análises físicas	32
3.4.1. Cor	32
3.4.2. Tempo de escoamento e ângulo de repouso	32
3.4.3. Molhabilidade	33
3.4.4. Granulometria	34
3.5. Secagem	34
3.5.1. Trituração e moagem	34
3.5.2. Cinética de secagem	34
3.6. Isotermas de adsorção de umidade.....	36
3.6.1. Umidade de equilíbrio	36
3.6.2. Ajuste dos modelos matemáticos	37

3.6.3. Erros experimentais	39
3.7. Armazenamento	39
3.7.1. Análise microbiológica	40
3.8. Análise estatística	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1. Caracterização físico-química das polpas de facheiro	41
4.2. Cinética de secagem	44
4.3. Caracterização da farinha de facheiro obtida a 60 °C	54
4.3.1. Análise granulométrica	57
4.4. Estudo do armazenamento da farinha de facheiro	58
4.4.1. Umidade	58
4.4.2. pH	60
4.4.3. Acidez total titulável	63
4.4.4. Cinzas	65
4.4.5. Proteína bruta	67
4.4.6. Fibra bruta	69
4.4.7. Amido	71
4.4.8. Luminosidade	73
4.4.9. Intensidade de vermelho (+a*)	74
4.4.10. Intensidade de amarelo (+b*)	75
4.4.11. Análise microbiológica	77
4.5. Isotermas de adsorção de umidade	77
5. CONCLUSÕES	90
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
APÊNDICE A	108
APÊNDICE B	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Composição físico-química de polpas de facheiro	5
Tabela 2.2. Características nutritivas do facheiro na alimentação de animais ruminantes	5
Tabela 3.1. Atividade de água das soluções saturadas de sais e suas respectivas temperaturas	36
Tabela 4.1. Valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos das polpas de facheiro	41
Tabela 4.2. Parâmetros de ajuste dos modelos da cinética de secagem da polpa de facheiro do tipo extremidade e coeficientes de determinação (R^2)	48
Tabela 4.3. Parâmetros de ajuste dos modelos da cinética de secagem da polpa de facheiro do tipo meio e coeficientes de determinação (R^2)	48
Tabela 4.4. Parâmetros de ajuste dos modelos da cinética de secagem da polpa de facheiro do tipo base e coeficientes de determinação (R^2)	49
Tabela 4.5. Valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos das farinhas de facheiro obtidas a 60 °C	55
Tabela 4.6. Valores médios da análise granulométrica para os três tipos de farinha de facheiro, obtida da temperatura de 60 °C	57
Tabela 4.7. Análise de variância dos valores médios da umidade (%) da farinha de facheiro na embalagem de polietileno	58
Tabela 4.8. Valores médios da umidade (%) da farinha de facheiro na embalagem de polietileno, durante o armazenamento	59
Tabela 4.9. Parâmetros de ajuste das equações linear, quadrática e exponencial testadas para estimativa da umidade da farinha de facheiro	60
Tabela 4.10. Análise de variância dos valores médios do pH na embalagem de polipropileno da farinha de facheiro	61
Tabela 4.11. Valores médios do pH da farinha de facheiro na embalagem de polietileno, durante o armazenamento	62
Tabela 4.12. Análise de variância dos valores médios do teor de acidez total titulável (% ácido cítrico) da farinha de facheiro	63

Tabela 4.13. Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) da farinha de facheiro na embalagem de polietileno, durante o armazenamento .	64
Tabela 4.14. Análise de variância dos valores médios do teor de cinzas na embalagem de polietileno da farinha de facheiro	65
Tabela 4.15. Valores médios do teor de cinzas da farinha de facheiro na embalagem polietileno, durante o armazenamento	66
Tabela 4.16. Análise de variância dos valores médios da proteína bruta da farinha de facheiro na embalagem polietileno	67
Tabela 4.17. Valores médios da proteína bruta da farinha de facheiro na embalagem polietileno, durante o armazenamento	68
Tabela 4.18. Análise de variância dos valores médios da fibra bruta da farinha de facheiro na embalagem polietileno	69
Tabela 4.19. Valores médios da fibra bruta da farinha de facheiro na embalagem polietileno, durante o armazenamento	70
Tabela 4.20. Análise de variância dos valores médios do amido da farinha de facheiro na embalagem polietileno	71
Tabela 4.21. Valores médios do amido da farinha de facheiro na embalagem polietileno, durante o armazenamento	72
Tabela 4.22. Análise de variância dos valores médios do parâmetro luminosidade (L*) da farinha de facheiro na embalagem de polietileno	73
Tabela 4.23. Valores médios do parâmetro luminosidade (L*) da farinha de facheiro na embalagem de polietileno, durante o armazenamento	74
Tabela 4.24. Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (+a) da farinha de facheiro na embalagem de polietileno ...	74
Tabela 4.25. Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (+a) da farinha de facheiro na embalagem de polietileno durante o armazenamento	75
Tabela 4.26. Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) da farinha de facheiro na embalagem de polietileno ...	76
Tabela 4.27. Valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) da farinha de facheiro na embalagem de polietileno, durante o armazenamento	76

Tabela 4.28. Valores médios do parâmetro resultados das análises microbiológicas de coliformes fecais da farinha de facheiro na embalagem de polietileno, durante o armazenamento	77
Tabela 4.29. Valores experimentais da umidade de equilíbrio (U_{eq}) da farinha de facheiro em função da atividade de água (a_w) em diferentes temperaturas	78
Tabela 4.30. Parâmetros de ajuste dos modelos das isotermas de adsorção da farinha de facheiro, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P)	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Vista lateral da colunária do facheiro com emissão de brotos	04
Figura 3.1. Fluxograma das operações para preparação das polpas do facheiro	29
Figura 3.2. Esquema do aparato para determinação do tempo de escoamento e ângulo de repouso	33
Figura 3.3. Polpa de facheiro processada	34
Figura 3.4. Polpa desidratada	34
Figura 4.1. Curvas de secagem das polpas de facheiro da extremidade, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C	44
Figura 4.2. Curvas de secagem da farinha de facheiro do tipo meio, nas temperaturas de 50, 60, e 70 °C	45
Figura 4.3. Curvas de secagem da farinha de facheiro do tipo base, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C	46
Figura 4.4. Curvas de secagem da farinha de facheiro do tipo extremidade para temperatura de 50 °C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli	50
Figura 4.5. Curvas de secagem da farinha de facheiro do tipo extremidade para temperatura de 60 °C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli	50
Figura 4.6. Curvas de secagem da farinha de facheiro do tipo extremidade, para temperatura de 70 °C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli	51
Figura 4.7. Curvas de secagem da farinha de facheiro do tipo meio para temperatura de 50 °C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli	51
Figura 4.8. Curvas de secagem da farinha de facheiro do tipo meio, para temperatura de 60 °C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli	52
Figura 4.9. Curvas de secagem da farinha de facheiro do tipo meio, para temperatura de 70 °C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli	52

Figura 4.10. Curvas de secagem da farinha de facheiro do tipo base, para temperatura de 50 °C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli	53
Figura 4.11. Curvas de secagem da farinha de facheiro do tipo base, para temperatura de 60 °C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli	53
Figura 4.12. Curvas de secagem da farinha de facheiro do tipo base, para temperatura de 70 °C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli	54
Figura 4.13. Umidade (%) da farinha de facheiro durante o armazenamento com os valores ajustados por equação quadrática	60
Figura 4.14. Valores de pH da farinha de facheiro durante o armazenamento com os valores ajustados por equação quadrática	62
Figura 4.15. Valores de acidez titulável (% ácido cítrico) da farinha de facheiro durante o armazenamento com os valores ajustados pela equação quadrática	64
Figura 4.16. Valores de cinzas (%) da farinha de facheiro durante o armazenamento com os valores ajustados pela equação quadrática	67
Figura 4.17. Valores de proteína bruta (%) da farinha de facheiro durante o armazenamento com os valores ajustados pela equação quadrática ..	69
Figura 4.18. Valores de fibra bruta (%) da farinha de facheiro durante o armazenamento com os valores ajustados pela equação linear	71
Figura 4.19. Valores de amido (%) da farinha de facheiro durante o armazenamento com os valores ajustados pela equação quadrática ..	73
Figura 4.20. Isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro	79
Figura 4.21. Isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro, ajuste pelo modelo de Peleg	83
Figura 4.22. Isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro, ajuste pelo modelo de GAB	84
Figura 4.23. Isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro ajustadas pelo modelo de Oswin	85
Figura 4.24. Isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro, ajuste pelo modelo de BET modificado	86

Figura 4.25. Isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro, ajuste pelo modelo de Smith	87
Figura 4.26. Isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro, ajuste pelo modelo de Halsey	88
Figura 4.27. Isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro, ajuste pelo modelo de D'arcy	89



COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dissertação: Produção e armazenamento da farinha de facheiro

Autor: Ezenildo Emanuel de Lima

Orientadores: Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

Alexandre José de Melo Queiroz

RESUMO

Com este trabalho objetivou-se produzir farinha de facheiro, caracterizá-la e estudar as alterações produzidas pelo efeito do seu armazenamento, embalada em sacos de polietileno de baixa densidade, no tempo de 140 dias. As farinhas foram obtidas conforme a região do caule de onde foram extraídas, de três tipos: base, meio e extremidade (respectivamente da base, região mediana e região apical) e mediante secagem nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C utilizando-se, para o armazenamento, a farinha seca a 60 °C. As amostras foram analisadas quanto a umidade, pH, acidez, cinzas, proteína bruta, amido, fibra bruta, cor, e controle microbiológico de coliformes fecais, após o processamento e durante todo o período de armazenamento, em intervalos de 20 dias. Determinaram-se as isotermas de adsorção de umidade da farinha, nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C, por meio do método gravimétrico estático utilizando-se soluções saturadas de sais. Os modelos de BET modificado, GAB, Oswin, D'Arcy, Halsey, Peleg e Smith foram ajustados aos dados experimentais das isotermas. Fez-se a análise físico-química dos três tipos de polpa de facheiro e se realizou a análise física, granulometria, ângulo de repouso, tempo de escoamento e molhabilidade das farinhas. Durante o armazenamento da farinha a acidez total titulável, cinzas, proteínas, amido e fibras, sofreram reduções, enquanto o teor de umidade e o pH aumentaram. Nos parâmetros de cor da farinha armazenada a luminosidade sofreu redução e a intensidade de vermelho e de amarelo aumentou durante o armazenamento. Dos modelos utilizados para o ajuste da cinética de secagem o de Midilli et al. apresentou os maiores valores de R^2 ajustando-se melhor aos dados experimentais. Nas isotermas de adsorção de umidade nas temperaturas de 10, 20, e 30 °C, o modelo de D'arcy proporcionou os menores desvios percentuais médios ($P < 6\%$), e a 40 °C o melhor ajuste foi conseguido com o modelo de Halsey ($P = 4,93\%$).

Palavras-chave: Cereus squamosus, secagem, farinha, isoterma



M. Sc. Thesis: Producing and storage of facheiro flour

Author: Ezenildo Emanuel de Lima

Supervisors: Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

Alexandre José de Melo Queiroz

ABSTRACT

The aim of the present work was to produce facheiro flour, characterizing its chemical composition and to study the changes during the storage, in polyethylene packing, for 140 days. The flour were obtained from three different points of the facheiro stem: trunk, middle and extremity (from base, middle region and apical region, respectively), it was dried at temperatures of 50, 60 and 70 °C, and the flour dried at 60 °C was used for the storage. The moisture, pH, titratable acidity, ash, crude protein, starch, crude fiber, color and microbiological control of fecal coliforms from the samples were analyzed, after the processing and during the whole storage period with intervals of 20 days. The moisture adsorption isotherms of the samples flour at temperatures of 10, 20, 30 and 40 °C, through the static gravimetric method with saturated salt solutions were determined. The models modified BET, Peleg, GAB, Oswin, D’Arcy, Halsey and Smith were fitted to the experimental isotherms data. The physical-chemical characterization of the pulp, obtained from the three different parts of the facheiro stem, the physical analysis of granulometric composition, repose angle, discharge time and wettability of the flour were done. The titratable acidity, ashes, protein, starch and fibers reduced, while the moisture content and pH increased during the storage. The brightness reduced, while the redness and yellowness increased during the storage. The best fitted equation to represent the drying process was Midilli’s et al. that showed the larger values for R^2 . The best fitted equation in the moisture adsorption isotherms, at the temperatures of 10, 20, 30 and 40 °C, was the D’Arcy’s model, with lower mean relative percentage deviation modulus ($P < 6\%$), and, at 40 °C, the best fit was gotten with the Halsey’s model ($P = 4,93\%$).

Keywords: *Cereus squamosus*, drying, flour, isotherms

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, onde parte substancial da população sofre carência nutricional, necessita aumentar os volumes de produção de gêneros alimentícios e, ao mesmo tempo, preservar seu patrimônio em ecossistemas naturais, cuja destruição se dá em ritmo acelerado em virtude da exploração crescente do território e da colonização de novas áreas, pelas atividades agrícola e pecuária.

Nos ecossistemas semi-áridos brasileiros, em comparação com os de regiões úmidas este processo é mais acelerado, uma vez que a carência de meios de sobrevivência e de conhecimentos técnicos adequados, por parte das populações locais, conduz ao esgotamento dos recursos naturais pelo mal aproveitamento e em razão da exploração, resultando em perda de produtividade e pauperização progressiva de seus habitantes.

O semi-árido brasileiro, abrangendo 74% da área total da região Nordeste e 13% do território do Brasil, é também conhecido pelo nome de Polígono das Secas, assim denominado pelo Governo Federal em 1958, em virtude das secas periódicas que atingem a região, conseqüência do comportamento irregular das chuvas. Esta região se caracteriza por apresentar pluviosidade baixa e irregular, elevada evaporação (2000 mm ano⁻¹), temperatura média anual variando de 23 a 27 °C, luminosidade média elevada (2 800 h de luz solar por ano), baixa umidade relativa do ar (média anual de 50%) e por sua localização geográfica receber incidência quase vertical dos raios solares; além disso, apresenta predominância de solos rasos, propensos a afloramentos rochosos. A cobertura vegetal natural se constitui tipicamente de formações do tipo caatinga (BARBOSA, 1998).

As dificuldades que essas características acarretam para a exploração agrícola da região, devem ser enfrentadas com escolhas apropriadas, aproveitando-se o potencial oferecido pelas espécies nativas ou adaptadas às condições do semi-árido, e a vantagem comparativa na produção dessas espécies ao mesmo tempo em que se promova uma conscientização por parte de técnicos, pesquisadores, produtores e empresários locais a fim de que sejam valorizados tais recursos e a eles se destinem a atenção e o investimento necessários.

Cultivos que possam suportar condições de falta de água, altas temperaturas, solos pobres, pouca exigência em insumos que proporcionem alimento e que aliem a essas qualidades, atrativos de sabor e aparência, devem ser estudados em todas as suas possibilidades numa pesquisa persistente, voltada para a convivência com as da região,

respeitando suas peculiaridades e mantendo sua aptidão produtiva, ao mesmo tempo em que se busquem os melhores resultados econômicos.

Compreendendo inúmeras espécies, adaptadas a climas áridos e semi-áridos, as cactáceas têm emprego na alimentação humana e animal; no primeiro caso, geralmente como plantas frutíferas, e no segundo, como forragem, em que o caule é aproveitado. A utilização tradicional dos caules como forragem animal induz comportamentos *a priori* de rejeição como alimentação humana, o que não deve desestimular estudos com esta finalidade. Com tratamento adequado esses materiais podem ser utilizados na produção de alimentos, tais como doces, bolos, bolachas, cocadas e musses, entre outros.

1.1. Objetivo geral

Realizou-se este trabalho com o objetivo de se produzir farinha do facheiro (*Cereus squamosus*) e estudar o efeito do tempo de armazenamento sobre a farinha acondicionada em embalagem de polietileno de baixa densidade.

1.1.1. Objetivos específicos

- Extrair e caracterizar as polpas do caule do facheiro,
- Secar as polpas de facheiro nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C,
- Caracterizar físico-quimicamente, quimicamente e fisicamente, as farinhas de facheiro secadas a 60 °C,
- Avaliar a estabilidade da mistura das farinhas de facheiro secadas a 60 °C, obtida misturando-se os três tipos de farinha (extremidade, meio e base) na proporção de 1/3 de cada tipo, embalada em sacos de polietileno durante 140 dias de armazenamento, a temperatura ambiente,
- Analisar o comportamento higroscópico da mistura das farinhas de facheiro secadas a 60 °C, através do levantamento das isotermas de adsorção de umidade, em quatro temperaturas (10, 20, 30 e 40 °C).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cactáceas

A caatinga é o tipo de vegetação predominante nas regiões semi-áridas do Nordeste, envolve grande variedade de formações, desde a mata decídua (caatinga alta) até a estepe de arbustos espinhentos; suas árvores são de porte reduzido, em geral providas de folhas miúdas que caem na estiagem e armadas de espinhos. De acordo com FERREIRA (1999) as plantas pertencentes a família das cactáceas têm caule grosso, em virtude das amplas reservas de água. O emprego se dá nas mais diversas formas, tais como: agro-florestal, alimentação animal, alimentação humana, apícolas, cera, cerca viva, combustível, fibra, madeira, medicinal, óleos essenciais, ornamental, reflorestamento, resina, sombra, tanino (CNIP, 2005).

Dentre as cactáceas há aproximadamente 40 espécies do gênero *Cereus* na América do Sul e no Caribe. A classificação dos *Cereus* tem variado anualmente, e o número exato de espécies varia de autor para autor.

As cactáceas são plantas de fácil crescimento, altas e colunares; as flores não têm espinho mas algumas escamas; são geralmente grandes, brancas, de forma afunilada ou de trombeta; apresentam uma fruta amarela ou vermelha, contendo sementes preta, geralmente comestíveis; são propagados facilmente através de estacas mas são também fáceis de crescer a partir das sementes, embora seja mais lento o crescimento (CORRÊA, 1984). As principais cactáceas encontradas na região semi-árida do Nordeste do Brasil, são: o xique-xique (*Pilocereus gounellei*), o facheiro (*Cereus squamosus*), o mandacaru (*Cereus jamacaru*) e a palma (*Opuntia ficus*).

2.1.1. Facheiro

O facheiro é uma cactácea xerófila, robusta, pouco ramificada, verde-escuro, armada de espinhos agudos; com flores grandes isoladas e altas, cujo nome científico é *Cereus squamosus* (BARBOSA, 1998).

De acordo com FAUCON (2003) esta cactácea apresenta também outras designações tais como: *Zehntnerella squamulosa*, *Leocereus squamosus*, *Facheiroa squamosus*, *Zehntnerella chaetacantha* e *Facheiroa chaetacantha*.

O facheiro pode atingir uma altura de até 10m (CORRÊA, 1984); seu caule é suculento, carnoso e verde com capacidade fotossintetizante, seu formato externo é geralmente cilíndrico com projeções na forma de brotos (Figura 2.1) revestido na superfície por uma cutícula serosa (cobertura impermeabilizante), apresentando poucos estômatos e uma parede celular sinuosa com tubérculos (projeções do caule) e folhas reduzidas com aréolas (gemas laterais modificadas) contendo espinhos pontiagudos, chegando a alcançar até 2 cm de comprimento. Internamente, o caule apresenta cor amarelada, um parênquima armazenador de água e um cilindro vascular (tecido de transporte), responsável pela nutrição do vegetal, sendo constituído de líber e de lenho (GUIZZO et al., 1994).



Figura 2.1. Vista lateral da colunária do facheiro com emissão de brotos

O facheiro é empregado, também, na ornamentação de avenidas, praças, ruas e jardins (LIMA, 1996). Em épocas de seca, no sertão nordestino é utilizado por alguns criadores como complemento alimentar para ovinos, caprinos e bovinos, na forma de farelão (DANTAS et al., 2004).

Para a polpa de facheiro, as principais análises determinadas na literatura, são: cinzas, umidade, proteínas, matéria orgânica, fibra bruta, extrato etérril e extrato não nitrogenado. Apresentam-se Tabela 2.1, os resultados de alguns parâmetros da composição do facheiro.

Tabela 2.1. Composição físico-química de polpas de facheiro (BARBOSA, 1998)

Alimento	Cinzas (g/kg)	Minerais (g kg ⁻¹)			Solubilidade da proteína (%)
		Ca	P	N	
Facheiro	239,1*	38,04*	0,92*	11,54*	55,81*
	30,7**	4,75**	0,12**	1,49**	
Facheiro (raiz)	78,2*	-	0,50*	8,77*	-
	27,5**	-	0,17**	3,07**	

* Expressos em matéria seca; ** expressos em matéria natural.

Tem-se na Tabela 2.2, as principais características nutritivas do facheiro na alimentação de animais ruminantes, quanto a matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta e extrato não nitrogenado.

Tabela 2.2. Características nutritivas do facheiro na alimentação de animais ruminantes (BARBOSA, 1998)

Alimento	MS (g/kg)	Nutrientes (g/kg)				
		MO	PB	FB	EE	ENN
Facheiro	1000,0*	760,9*	54,8*	153,5*	12,9*	522,4*
	128,6**	97,9**	19,2**	19,7**	1,6**	67,3**
Facheiro (raiz)	1000,0*	921,8*	86,2*	07,8*	17,1*	242,1*
	351,4**	323,9**	4,9**	213,6*	6,0**	85,1**

* Expressos em matéria seca; ** expressos em matéria natural

MS - matéria seca; MO - matéria orgânica; PB - proteína bruta; FB - fibra bruta; EE - extrato etéreo; ENN - extrato não nitrogenado

2.2. Caracterização físico-química

A qualidade interna das polpas, em geral, e suas características, são conferidas por um conjunto de constituintes físico-químicos e químicos, responsáveis pelo sabor e aroma próprios, sendo importantes na sua aceitação final; além de caracterizar a matéria-prima, também são utilizados no controle de qualidade do produto final (BRASIL, 2000).

Quando se trabalha com processamento de polpa, é imprescindível que se realize a sua caracterização para que o produto obtido chegue ao consumidor apresentando ótima

qualidade e maior vida de prateleira. Outro objetivo da caracterização é identificar a composição nutricional do produto e auxiliar no desenvolvimento de novos produtos (BRASIL, 2000).

2.2.1. Umidade e sólidos totais

A determinação de umidade é uma das medidas mais significativas e utilizadas na análise de alimentos. A umidade de um alimento está relacionada com sua estabilidade, qualidade e composição, e pode afetar o armazenamento, o tipo de embalagem e o processamento. Por sua vez, os sólidos totais são obtidos pela diferença entre o peso total da amostra e o conteúdo de umidade (OLIVEIRA et al., 1999).

Quando um produto alimentício é aquecido em condições nas quais a água é removida, ocorrerá perda de peso, a qual corresponde à umidade do produto. O resíduo obtido do aquecimento direto é chamado resíduo seco (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

De modo geral, a maior ou menor facilidade na determinação do teor de água de um alimento dependerá das condições em que a água se encontra e da natureza de outras substâncias presentes (CECCHI, 1999).

A matéria seca ou sólidos totais é composta de proteínas, lipídios, glicídios, sais minerais, vitaminas, ácidos orgânicos, pigmentos e outras substâncias fisiológicas, ativas ou não, podendo ser divididos em duas classes: aquo-solúvel ou solúvel em água e aquo-insolúveis, cujo conhecimento facilita a identificação laboratorial da composição da matéria-prima em estudo. A quantidade de matéria seca serve para comparar o valor nutritivo de dois ou mais alimentos e dá idéia de preservação (CHAVES, 2004; CECHI, 1999).

2.2.2. Sólidos solúveis totais (°Brix)

Os sólidos solúveis totais (SST), como o próprio nome indica, correspondem a todas as substâncias que se encontram dissolvidas em um determinado solvente, o qual, no caso de alimentos, é a água.. São comumente designados com °Brix e podem ser medidos com auxílio de refratômetro. São constituídos principalmente por açúcares, ácidos, vitamina C e algumas pectinas (CHITARRA & CHITARRA, 1990; CHITARRA & CHITARRA, 2005).

NASCIMENTO et al. (1998), ressaltaram que frutos produzidos em regiões tropicais tendem a apresentar maior teor de SST que em outras regiões, por se desenvolverem sob altas temperaturas e elevada intensidade luminosa, o que reflete positivamente na fotossíntese.

Segundo CIABOTTI et al. (2000) é enorme a importância de sólidos totais para a agroindústria, visto auxilia no controle de qualidade do produto final, controle de processo, controle de ingrediente e de produtos utilizados na indústria de: doces, sucos, polpas, néctares, açúcar, álcool, licores, sorvetes, bebidas em geral etc.

2.2.3. Proteína bruta

A proteína cujo nome significa “primeiro” ou o “mais importante,” é a macromolécula mais significativo encontrada nos seres vivos; é um componente básico de toda célula viva e funciona como enzima, componente estrutural e material de reserva (SARTORI, 2001).

O valor nutricional de uma proteína está intimamente relacionado a sua composição em aminoácidos (MOLINA et al., 2001).

As proteínas se destacam na hierarquia bioquímica que mantém a homeostase do organismo vivo, não apenas por suas funções de sustentação de órgãos e tecidos como, também por sua atuação como hormônios protéicos e enzimas, relacionadas a quase todas as etapas do metabolismo; assim, entre os grupos de substâncias associadas à alimentação e nutrição, a carência de proteínas se reflete mais intensamente sobre o equilíbrio dinâmico do metabolismo que outros grupos integrantes da alimentação de seres humanos e animais, o que se torna mais evidente em estados de carência que, persistindo por certos períodos, compromete o indivíduo levando-o a danos irreversíveis (AZEVEDO et al., 1997).

Tradicionalmente, as proteínas são divididas em dois grupos, um deles formado pelas albuminas e globulinas (não formadoras de glúten), representando 15% das proteínas totais e o outro, formado pela gliadina e glutenina (formadoras de glúten), que compreendem os restantes 85% das proteínas (EL-DASH et al., 1982).

2.2.4. Amido

De acordo com AZEREDO & BRITO (2004) o amido é um polissacarídeo de reserva de energia em plantas; trata-se de um constituinte importante de muitos alimentos,

como cereais, massas, produtos de panificação e alguns molhos. O amido é composto, basicamente, de dois homopolímeros de D-glicose, amilose e amilopectina.

O amido armazenado nas células de sementes, raízes, tubérculos, acha-se depositado na forma de grânulos mais ou menos brilhantes, apresentando formas e dimensões diversas. A estrutura do grânulo de amido está intimamente ligada ao seu desenvolvimento na célula viva. Enquanto nas células vegetais os grânulos são formados dentro de estruturas especiais denominadas amiloplastos, envolvidos por uma matriz protéica, o estroma; os grânulos de amido são estruturas semi-cristalinas, compostas de macromoléculas lineares e ramificadas; essas macromoléculas formam pontes ou ligações de hidrogênio pois estão associadas paralelamente, o que resulta no aparecimento de regiões cristalinas ou micelares; quanto à sua estrutura química, o amido é composto de resíduos de D-glucose, formando dois tipos de macromoléculas; a amilose e a amilopectina (FRANCO et al., 2001).

2.2.5. pH

O pH é definido de acordo com a Eq. 2.1:

$$\text{pH} = \log \frac{1}{[\text{H}^+]} = -\log[\text{H}^+] \quad (2.1)$$

Segundo AZEREDO et al. (2004) a redução de uma unidade no pH representa um aumento de dez vezes na concentração de H^+ .

Segundo LEITÃO (1980) o pH é uma característica intrínseca do alimento, de fundamental importância na limitação dos tipos de microrganismos, capazes de se desenvolver e na maior ou menor facilidade de conservação.

Vários fatores tornam importante a determinação do pH de um alimento, como: influência na palatabilidade, desenvolvimento de microrganismos, escolha da temperatura de esterilização, escolha da embalagem que será utilizada, escolha do tipo de material de limpeza e desinfecção, escolha do equipamento com o qual vai trabalhar na indústria e escolha de aditivos (CHAVES, 1993).

Conforme GAVA (1988) a concentração de íons hidrogênio (pH) de um alimento é importante pela influência que exerce sobre os tipos de microrganismos aptos à sua multiplicação e, portanto, sobre as alterações que, logicamente, deveriam produzir.

2.2.6. Acidez

A acidez total (fixa e volátil) em alimentos é resultante dos ácidos orgânicos do próprio alimento, dos adicionados intencionalmente durante o processamento e daqueles resultantes de alterações químicas do produto; portanto, a determinação da acidez total pode fornecer dados valiosos na apreciação do processamento e do estado de conservação do alimento (CARVALHO et al., 1990).

De acordo com CHITARRA & CHITARRA (2000) a acidez em produtos hortícolas é atribuída, sobretudo aos ácidos orgânicos que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na forma livre como combinada com sais, ésteres, glicosídeos etc. Em alguns produtos, os ácidos orgânicos não só contribuem para a acidez como, também, para o aroma característico, porque alguns elementos são voláteis.

Os métodos através dos quais se avalia a acidez total, se resumem em titular, com solução padronizada de álcali a acidez do alimento, empregando-se a fenolftaleína como indicador do ponto final da titulação (CARVALHO et al., 1990).

O teor de acidez total tende a aumentar com o decorrer do crescimento da fruta, até o seu completo desenvolvimento fisiológico, quando então começa a decrescer à medida que vai madurecendo (SOLER, 1991).

Segundo ALVES (1999) o teor de ácidos orgânicos para a maioria dos frutos tropicais, diminui com o amadurecimento e este decréscimo é devido à utilização dos ácidos no ciclo de Krebs, durante o processo respiratório.

A determinação da acidez pode fornecer um dado valioso na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício. Um processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, altera quase sempre a conservação dos íons hidrogênio. Os métodos de determinação da acidez podem ser os que avaliam a acidez titulável ou que fornecem a concentração de íons-hidrogênio livres, por meio do pH. Os métodos que avaliam a acidez titulável se resumem em titular, com solução de álcali padrão, a acidez do produto (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

2.2.7. Cinzas

De acordo com OLIVEIRA et al. (1999) a determinação de cinzas é considerada medida geral de qualidade, além de freqüentemente ser utilizada como critério na

identificação dos alimentos. As cinzas contêm os componentes minerais, dentre eles: cálcio, magnésio, ferro, fósforo e chumbo.

2.3. Cor

Uma das qualidades mais importantes dos alimentos, é a cor; para a maioria dos consumidores, a cor é fator significativo, determinando a aceitação dos mesmos (FERREIRA, 1991; FRANCIS, 1983).

A cor é uma das características de qualidade e da aparência dos alimentos, sem dúvida de grande importância. Basta lembrar que em muitos produtos de coloração deficiente é permitida a adição de corantes naturais ou artificiais. Fisicamente, a cor é uma propriedade da aparência atribuída à distribuição espectral da luz (CHAVES, 1994).

Conforme BOBBIO & BOBBIO (1992) a aparência de um alimento concorre grandemente para a sua aceitabilidade, razão pela qual a cor talvez seja a propriedade mais significativo dos alimentos, tanto dos naturais quanto dos processados. A cor dos alimentos resulta da presença de compostos coloridos já existentes no produto natural (pigmentos naturais) ou da adição de corantes sintéticos.

A manutenção da cor original no produto processado ou armazenado é, muitas vezes, difícil, pelas possibilidades de reação que os vários tipos de pigmentos naturais têm (BOBBIO & BOBBIO, 1985).

De acordo com CHITARRA & CHITARRA (1990) três tipos principais de pigmento ocorrem nos produtos vegetais: clorofila, carotenóides e antocianinas. Em alguns produtos também ocorre a formação de antoxantinas. As clorofilas são os pigmentos responsáveis pela cor verde; é abundante principalmente nos frutos jovens e folhas; sua degradação é causada por vários fatores, citando-se entre eles alteração no pH, atividade enzimática da clorofilase, oxidantes e outros.

Os carotenóides geralmente são de cor amarela a laranja, podendo apresentar cor vermelha, predominante em frutos cítricos. A degradação da cor nos alimentos por resultados dos pigmentos de carotenóides ocasiona perda na qualidade do produto e destruição da vitamina A (FRANCIS, 1983). A transformação mais comum que os carotenóides sofrem nos alimentos é a oxidação, alterando a sua cor (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Antocianinas são pigmentos responsáveis pela cor vermelha, púrpura ou violeta da maioria das frutas; degrada-se facilmente, de acordo com vários mecanismos de reação; a

degradação é influenciada por vários fatores, como oxidação do ácido ascórbico, oxigênio e pH (MARKAKIS, 1982); são pouco resistentes ao calor, sofrendo transformações não bem esclarecidas e perdendo a sua cor ou alterando a tonalidade (BOBBIO & BOBBIO, 1985).

As antoxantinas correspondem a diferentes tipos de compostos flavonóides, que contribuem pouco para a coloração, exceto quando sofrem oxidação, produzindo escurecimento dos tecidos (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

2.3.1. Colorimetria

De acordo com CHAVES (1994) a colorimetria é a ciência que estuda e quantifica como o sistema humano percebe a cor, na tentativa de especificá-la numericamente, de modo que:

- estímulos, com as mesmas especificações sob iguais condições, vistos por um observador com visão normal, são semelhantes;
- números compreendidos nas especificações são funções contínuas dos parâmetros físicos, que definem a energia espectral radiante do estimular;

A cor é a resposta do olho humano à luz refletida por qualquer substância; fisicamente, a cor é uma característica da luz, mensurável em termos de intensidade (energia radiante) e comprimentos de onda; ela surge da presença de luz, em maior intensidade, em alguns comprimentos de onda que em outros. A inspeção visual dos produtos alimentícios tem, ocasionalmente, dado resultados errôneos em virtude da fonte de luz não emitir energia radiante suficiente, dentro dos valores críticos de comprimento de onda.

As modificações dos pigmentos nos alimentos são mostradas por meio da medida de cor, que pode ser usada como um meio indireto para se calcular combinações de coloração de alimentos, sendo mais simples e mais rápido que a análise química (FRANCIS, 1983).

Na indústria alimentícia se utiliza-se para verificação da cor, a colorimetria de tristímulos e as determinações são comumente feitas com instrumentos simples, chamados colorímetros tristímulos ou comparadores de cor.

De acordo com SILVA (1973) por volta de 1930 a medição de cor era feita por intermédio de Atlas ou Dicionário de cor. Em 1936, começaram a ser usados alguns papéis de Munsell mas somente em 1956 é que se deu maior intensidade ao estudo sobre a medida

de cor. O sistema de cor de Munsell é muito utilizado na indústria de alimentos e baseado no uso de três ou quatro discos coloridos, cada um cuidadosamente calibrado em termos de hue (verde, vermelho etc.), value (claro ou escuro) e chroma (indica intensidade de cor). Este método, embora largamente utilizado, não é preciso, pois as cores são igualadas visualmente, que o torna muito subjetivo.

Um colorímetro tristímulo é um instrumento muito simples; tudo de que precisa é uma fonte luminosa (luz branca), três filtros que duplicam a resposta do olho humano e um sistema detector. Os filtros correspondem às três cores primárias (vermelho, verde e azul) os componentes da luz branca podem ser combinados para equiparar qualquer cor (FRANCIS, 1983).

Nos alimentos, a medida da cor pode ser representada através das normas internacionais, desde a reunião da Commission Internationale d'Eclairage (CIE), realizada em Paris no ano de 1931, na qual se estabeleceu uma nomenclatura conhecida como o sistema CIE. Entre as modificações deste sistema, uma das mais conhecidas e usadas é o sistema Hunter (L, a, b) e CIELAB (L^* , a^* , b^*) relatado por CALVO (1989).

Segundo SILVA (1973), em 1952 Hunter desenvolveu um colorímetro fotoelétrico de três estímulos, equipamento com grande aceitação na indústria de alimentos, o qual foi denominado Hunter Color e Color Difference Meter, que faz medições precisas da cor de superfícies planas, como aparecem à luz do dia. Os valores de cor são usados em três escalas:

L: mede a luminosidade e varia de 100 para superfícies perfeitamente brancas, até zero para o preto;

a: mede a quantidade de vermelho, quando positivo, cinza, quando zero e verde, quando negativo;

b: mede a quantidade de amarelo, quando positivo, cinza, quando zero e azul, quando negativo.

As alterações dos pigmentos podem ser detectadas através da medida da cor que, por sua vez, pode ser usada como método indireto de análise para se estimar compostos coloridos em alimentos sendo, na maioria das vezes, mais simples e rápido que a análise química (FRANCIS, 1983).

A cor de um objeto pode ser definida medindo-se o teor de reflexão da luz da superfície do objeto a cada comprimento de onda da faixa visível do espectro; esta determinação pode ser feita pelo uso de espectrofotômetros (JONSTON, 1965).

De acordo com FERREIRA NETO (2002) um tipo de espectrofotômetro comumente usado na indústria é o Agtron Reflectance Spectrophotometer, que permite a avaliação da cor do produto, a qual é dada em reflectância monocromática, na linha espectral desejada, sendo que, para isto, possui fontes de luz monocromáticas e filtros de interferência. As linhas espectrais monocromáticas, são: azul, verde e vermelho. Geralmente, a escolha da linha espectral a ser usada obedece à seguinte orientação:

- Linha verde: produtos de coloração laranja, amarelo-vermelho, amarelo-esverdeado e verde.

- Linha vermelha: produtos de coloração vermelha, marrom e bege.

- Linha azul: produtos como papel, farinha e produtos de laticínios.

De modo geral, a linha espectral mais indicada é aquela que mais se aproxima da cor do produto.

KRAMER & TWIGG (1970) determinaram a cor de produtos por meio do pigmento presente no alimento. A extração do pigmento ocorre por meio de solventes e a cor do extrato é medida em um espectrofotômetro, em termos de porcentagem de transmitância, a um comprimento de onda específico. A maior concentração do pigmento na solução resulta em uma porcentagem menor de transmitância. Um outro método é a comparação da cor de produtos alimentícios com algo visualmente equivalente à cor desejada, tal como um padrão; exemplo é a medição da cor de suco de laranja, que é comparada com uma série de tubos plásticos de coloração de intensidade variável.

2.4. Secagem

A secagem é uma operação unitária através da qual a água ou qualquer outro líquido é removido de um material sólido, na forma de vapor, para uma fase gasosa instaurada, através de um mecanismo de vaporização térmica, numa temperatura superior a do meio o qual esta o material (OKADA et al., 2002).

A secagem é um processo de conservação de alimentos pelo uso de calor, que visa remover a água livre dos alimentos por evaporação, retardando o crescimento de microorganismos e aumentando seu tempo de conservação (EVANGELISTA, 1994); é uma operação unitária importante pois visa prepara o produto para armazenagem mas, se mal conduzida, poderá baixar a qualidade comercial do produto antes mesmo da armazenagem ou acelerar o processo de deterioração durante a armazenagem (MARTINS & CAVALCANTI MATA, 1984).

No processo de secagem ocorre a transferência simultânea de calor e massa, fazendo-se necessária utilização de calor para evaporar a umidade da superfície do produto, através de um meio de secagem externo, normalmente o ar. A secagem é um complexo processo que envolve a transferência de calor, massa e quantidade de movimento linear, sendo que o transporte de umidade, do interior para a superfície do material, pode ocorrer na forma de líquido e/ou vapor, dependendo do tipo de produto e do percentual de umidade presente. O processo de secagem deve acontecer de maneira controlada para que ela possa ocorrer de maneira uniforme, evitando elevados gradientes de umidade e temperatura no interior do material que podem provocar a perda da qualidade do produto. Sabendo-se que os efeitos da secagem alteram as propriedades físicas e químicas do produto e estas, por sua vez, afetam o processo de transferência de calor e massa, é fundamental se conhecer os seus efeitos e o seu controle (FARIAS, 2002).

A secagem é o processo comercial mais utilizado para conservar o alimento porque, comparando com outros métodos preservativos para períodos longos, como a centrifugação, o enlatamento, os tratamentos químicos, a irradiação, entre outros, é de custo mais baixo e de operação mais simples, podendo realizar-se por meio natural expondo o produto ao sol, e artificial por meio de secadores mecânicos (FARIAS, 2002). Visa preparar o produto para a armazenagem. entretanto, se mal conduzida, poderá prejudicar a qualidade comercial do produto antes mesmo da armazenagem ou, por outro lado, acelerar o processo de deterioração durante a armazenagem (NASCIMENTO, 2002).

KEYY (1972) define a secagem como sendo a remoção de uma substância volátil (comumente, mas não exclusivamente, água) de um produto sólido, isto é, a operação na qual a atividade de água de um alimento é diminuída pela remoção da água, através de sua vaporização. A água presente no sólido é chamada umidade; portanto, a secagem de interesse é caracterizada pela evaporação da água do material biológico.

Percebe-se um refortalecimento da secagem de produtos agropecuários devido à retomada da discussão da recuperação da qualidade da vida, que insere a importância de preparo de refeições saudáveis, mas com limitações do tempo imposto 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 armazenagem dos produtos secos também é um importante fator 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).

Existem inúmeros métodos destinados à desidratação de alimentos, desde os mais avançados direcionados à produção em grande escala, aos mais simples direcionados ao pequeno produtor, como a desidratação solar (mecânica e natural), sala de secagem, forno doméstico (CRUZ, 1990).

A secagem de alimentos de origem vegetal ou animal, quanto ao modo de sua realização, é efetuada através de dois tipos: secagem natural ou ao sol e secagem artificial ou desidratação.

Há diversas técnicas de secagem que podem ser usadas na desidratação de alimentos porém a escolha é orientada pela natureza do material a ser desidratado, pela forma que se deseja dar ao produto processado, pelo fator econômico e pelas condições de operação (EVANGELISTA, 1994).

A secagem de pastas é uma operação extremamente complexa em virtude da grande diversidade de seus tipos, com características muito distintas. Não existe um único equipamento que possa ser recomendado para a secagem de todos os tipos de materiais pastosos; a escolha da técnica a ser utilizada requer um estudo específico para a determinação do método mais adequado para sua secagem (FREIRE, 1992).

Vários modelos matemáticos são utilizados para representação do comportamento da secagem de produtos agrícola, esses modelos podem ser classificados como: teóricos, empíricos e semi empíricos.

O modelo de Page (Equação 2.2) é um modelo empírico bastante utilizado para a representação da secagem de produtos agrícolas. DOYMAZ et al. (2006) utilizaram este modelo para estimar as curvas de secagem de folhas de endro e salsa nas temperaturas de 40 a 70 °C obtendo valores de coeficientes de determinação superiores a 0,9897. BOZKIR (2006) no estudo da secagem de damasco nas temperaturas entre 35 e 50°C encontrou coeficientes de correlação maiores que 0,98 com o modelo de Page.

$$RU = e^{-kt^n} \quad (2.2)$$

em que:

RU - razão de umidade (adimensional)

k, n - constantes do modelo

t - tempo (min)

O modelo de Henderson & Pabis (Equação 2.3), é um modelo empírico muito utilizado na determinação das curvas de secagem de produtos agrícolas. Este modelo foi utilizado com êxito por vários pesquisadores, dentre os quais: ABALONE et al. (2006) no estudo da secagem em camada fina de amaranto nas temperaturas entre 30 e 60°C, obtendo R^2 superiores a 0,97; AKPINAR (2006) secando vegetais e frutas em camada fina na temperatura de 80°C, obteve para este modelo valores de R acima de 0,99; e DOYMAZ (2005) no estudo da secagem do feijão verde nas temperaturas de 50 a 70°C encontraram valores de R^2 superiores a 0,97.

$$RU = a \exp(-kt) \quad (2.3)$$

em que:

RU - razão de umidade (adimensional)

a, k - constantes do modelo

t - tempo (min)

O modelo semi-empírico de Midilli et al. (Equação 2.4) é um modelo bastante utilizado na determinação do comportamento das curvas de secagem. Este modelo é uma simplificação do modelo teórico de Fick, o qual foi obtido experimentalmente no estudo da secagem de cogumelos, pólen e pistache (MIDILLI et al., 2002). Este modelo foi utilizado com êxito por vários pesquisadores obtendo coeficientes de determinação superiores a 0,99, tais como: TOGRUL (2006) no estudo da secagem em camada fina de cenoura; ERTEKIN & YALDIZ (2004) na secagem de berinjela nas temperaturas entre 30 e 70°C; e por DOYMAZ et al. (2006) na estudo da secagem de endro e salsa.

$$RU = a \exp(-kt^n) + bt \quad (2.4)$$

em que:

RU - razão de umidade (adimensional)

a,b, k, n – constantes do modelo

t – tempo (min)

2.5. Atividade de água

BOBBIO & BOBBIO (1985) definem a atividade de água (a_w) como sendo a relação entre pressão de vapor de água em equilíbrio sobre o alimento (P) e a pressão de vapor da água pura (P_0) a mesma temperatura. A medida desse valor se baseia no fato de que a pressão do vapor de água sobre um alimento, corresponde após atingir o equilíbrio, a uma temperatura (T), corresponde à porcentagem da umidade relativa de equilíbrio (URE) do alimento. Quantitativamente, a atividade de água será igual a (URE) e pode ser representada pela Eq. 2.5.

$$a_w = \frac{P}{P_0} = \frac{URE}{100} \quad (2.5)$$

em que:

a_w - atividade de água

P - pressão de vapor de água no alimento

P_0 - pressão de vapor de água pura nas condições de temperatura e pressão

URE - umidade relativa de equilíbrio

O valor máximo da atividade de água é 1, na água pura enquanto aos alimentos ricos em água, corresponde a valores acima de 0,90 os quais, nessas condições, sofrem facilmente contaminação microbiológica e, se com a atividade de água próxima de 0,6, se terá pequeno ou nenhum crescimento de microrganismos.

Os efeitos da variação da atividade de água em alimento não só estão ligados ao crescimento de microrganismo ou à sua deterioração química mas, também, à deterioração da sua consistência, tornando tais alimentos impróprios para o consumo ou, pelo menos, diminui sua aceitação (BOBBIO & BOBBIO, 1985).

O conhecimento experimental da atividade de água constitui fator essencial nos projetos e estudos de sistemas de secagem, manuseio, armazenagem e embalagem de um alimento (ARAÚJO et al., 2001) visto que o aumento da atividade de água acima de limites críticos pode ter como conseqüência um rápido crescimento do microrganismo o que, por sua vez, obriga ao uso de preservativos químicos para evitar a deterioração do alimento.

2.5.1. Isotermas de adsorção de umidade

A existência de moléculas de água com diferentes propriedades em mesmo alimento, é também comprovada quando são traçadas as curvas representativas do teor de água em função da atividade de água no alimento, durante sua secagem (dessorção) e durante sua umidificação (adsorção), a temperatura constante (BOBBIO & BOBBIO, 1985).

De acordo com BOBBIO & BOBBIO (1985) as isotermas de adsorção e dessorção encontram importante aplicação prática no cálculo da atividade de água como, por exemplo, em mistura de componentes com diferentes atividades de água; na estimativa do peso e área da camada primária; no estudo do tipo de embalagem mais adequada face à capacidade de adsorção de água pelo alimento; permitem, ainda, a predição do grau de desidratação do alimento frente à mudança na temperatura ambiente, durante o armazenamento.

Segundo SANTOS (1983) a capacidade de adsorção d'água de alimentos é mais facilmente estudada por meio de curvas isotérmicas. A isoterma de adsorção de umidade representa a quantidade máxima de água absorvida por uma substância, a dada temperatura constante, em função da umidade relativa.

De acordo com LOMAURO et al. (1985) uma isoterma de sorção de umidade pode ser dividida em três regiões, dependendo do estado da água presente no alimento: a primeira região representa a adsorção de uma película monomolecular de água, entre 0 e 0,35 de umidade relativa; a segunda região, que representa a adsorção nas camadas adicionais acima da monocamada, e se localiza entre 0,35 e 0,60 de umidade relativa, a terceira região, localizada acima de 0,60 relativa, diz respeito à água condensada nos poros do material, seguida pela dissolução de materiais solúveis presentes.

Usam-se dois métodos para determinação experimental das curvas de umidade de equilíbrio: o método estático e o método dinâmico (BROOKER et al., 1992); no estático, a umidade de equilíbrio entre o produto e a atmosfera circundante, é atingida sem movimentação do ar, enquanto no método dinâmico o ar ou o produto é movimentado até que o equilíbrio seja atingido.

Através da construção de isotermas de adsorção de umidade, pode-se resolver numerosos problemas de processamento e estocagem de alimentos, entre os quais: predição do tempo de secagem, da vida de prateleira em determinada embalagem e dos requisitos básicos necessários para que se possa embalar um produto e, ainda, na caracterização de

um produto, quando o mesmo é constituído por componentes de atividade de água diferentes (PENA et al., 2000).

Segundo PENA et al. (1997) a maior vantagem da utilização de modelos matemáticos na predição de isothermas de adsorção de umidade, reside no fato de que com poucos pontos experimentais, pode-se construir uma isoterma a qual, por outro lado, pode ser facilmente interpolada ou extrapolada para a obtenção de pontos nas regiões de baixas e altas a_w , pontos esses de difícil determinação experimental.

De acordo com BRUNAUER et al. (1940), as isothermas de adsorção foram classificadas em cinco tipos gerais:

- no tipo I, conhecido como Langmuir
- no tipo II, é sigmóide
- os outros três tipos não possuem nenhum nome especial

As isothermas de adsorção de umidade de muitos alimentos são não lineares, em geral apresentam forma sigmóide e têm sido classificadas como isothermas do tipo II, sendo que no caso dos frutos predominam formas com concavidade voltada para o eixo das abscissas até níveis intermediários de umidade relativa, passando a uma forma exponencial em regiões de umidades relativas elevadas. Alimentos ricos em componentes solúveis, açúcares, arroz, café ácido cítrico cristalino são em geral, do tipo III. As isothermas do tipo I, IV e V não apresentam interesse maior no caso de alimentos.

De acordo ainda com PENA et al. (2000) existem numerosos modelos matemáticos disponíveis na literatura com capacidade de predizer uma isoterma de adsorção de umidade em alimentos. As equações de dois parâmetros são mais utilizadas por serem de fácil solução matemática porém têm o inconveniente de, em geral, não se prestarem para predizer isothermas em toda a faixa; já as equações de três ou mais parâmetros quase sempre dão melhores resultados na predição.

O modelo de BET modificado (Equação 2.6) descreve a adsorção de multicamadas, isto é, baseia-se na suposição de que a água é absorvida em forma de camadas. Contem três parâmetros (C , X_m e n), os quais tem sentido físico, onde o raio dos capilares define o limite máximo do número de camadas de água que podem ser construídas dentro do capilar (CHIRIFE & IGLESIAS, 1978).

$$U_{eq} = X_m \left[\left(\frac{Ca_w}{1-a_w} \right) \left(\frac{(1-(n+1)a_w^n + n(a_w)^{(n+1)})}{(1-(C-1))(a_w - C)(a_w)^{(n+1)}} \right) \right] \quad (2.6)$$

em que:

- a_w - atividade de água
- U_{eq} - umidade de equilíbrio
- x_m - umidade na monocamada molecular
- C - constante de BET
- n – parâmetro de ajuste do modelo

O modelo de GAB (Equação 2.7) é uma extensão do modelo de BET, resultando em uma equação tri-paramétrica (SILVA et al., 2001). Segundo PRADO (1998) este modelo permite ajustar os dados de sorção de produtos agrícolas até atividades de água de 0,9. Os parâmetros C e K deste modelo representam as constantes de adsorção relacionadas com as interações energéticas entre as moléculas da monocamada e as camadas subseqüentes em um sitio de sorção.

LOMAURO et al. (1985) verificaram que o modelo de GAB pode representar com grande precisão mais de 50% das isotermas de frutas, vegetais e carnes, quando comparado com equações de dois parâmetros.

$$U_{eq} = \frac{x_m C k a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + C k a_w)} \quad (2.7)$$

em que:

- a_w - atividade de água
- U_{eq} - umidade de equilíbrio
- x_m - umidade na monocamada molecular
- C e k - parâmetros que dependem da temperatura e natureza do produto

O modelo de Peleg (Equação 2.8) contém quatro parâmetros e foi proposto por Peleg, no ano de 1993, para ajustar dados experimentais de adsorção de umidade. Segundo SPIESS & WOLF (1987) este modelo é aplicado para calcular dados de umidade de equilíbrio e atividade de água de produtos individuais em sistemas multicomponentes.

$$U_{eq} = K_1 a_w^{n_1} + K_2 a_w^{n_2} \quad (2.8)$$

em que:

U_{eq} - umidade de equilíbrio

a_w - atividade de água

K_1, K_2, n_1 e n_2 - constantes do modelo

O modelo de Smith (Equação 2.9), com dois parâmetros, têm-se mostrado eficiente para representar as curvas de adsorção de umidade de alimentos. Este modelo foi desenvolvido para ajustar isotermas de sorção de vários biopolímeros (CHIRIFE & IGLESIAS, 1978).

$$U_{eq} = A - B \ln(1 - a_w) \quad (2.9)$$

em que:

U_{eq} - umidade de equilíbrio

A e B - constantes do modelo

a_w - atividade de água

O modelo de Oswin (Equação 2.10) é empírico, baseia-se na expressão matemática para curvas de formato sigmoidal, e se ajusta bem entre $0,0 < a_w < 1,0$. Com apenas duas constantes é de fácil linearização, apresentando vantagem sobre os modelos cinéticos de BET e GAB (CHINNAN & BEAUCHAT, 1985). De acordo com LOMAURO (1985) este modelo ajusta cerca de 57% das isotermas de alimentos. Esta equação foi usada por BOQUET et al. (1978) para trinta e nove produtos e é adequada para alimentos com alto conteúdo de amido, além de ser considerada uma das mais versáteis equações de dois parâmetros testadas.

$$U_{eq} = A \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^B \quad (2.10)$$

em que:

U_{eq} - umidade de equilíbrio

a_w - atividade de água

A e B - parâmetros de ajuste do modelo

HALSEY (1985) desenvolveu um modelo matemático (Equação 2.11) que considera a condensação das multicamadas a uma distancia relativamente grande da superfície, assumindo que a magnitude do parâmetro **b** caracteriza o tipo de integração entre o vapor e o sólido pois, se **b** é grande, a atração entre o sólido e o vapor é muito especifica e não se estende para muito longe da superfície, se, porém, **b** é pequeno, as forças de atração predominantes são de Van der Waals e capazes de agir a grandes distancias da superfície.

$$a_w = \exp\left(\frac{-A}{U_{eq}^B}\right) \quad (2.11)$$

em que:

U_{eq} - umidade de equilíbrio (base seca)

a_w - atividade de água (adimensional)

A e B - constantes que dependem da temperatura e natureza do produto

O modelo de D'Arcy (Equação 2.12) apresenta cinco parâmetros e têm-se mostrado eficiente para representar as curvas de adsorção de umidade de alguns alimentos. Segundo CASSINI (2005) este modelo representou melhor as isotermas de sorção da proteína texturizada de soja, nas temperaturas entre 10 e 40°C, quando comparado com outros modelos, obtendo coeficientes de determinação superiores a 0,99. VERTUCCI & LEOPOLD (1987) obtiveram com este modelo coeficientes de determinação superiores a 0,993 para vários produtos nas temperaturas entre 5 e 35°C.

$$U_{eq} = \frac{K_1 K_2 a_w}{(1 + K_1 a_w)} + K_5 a_w \left(\frac{K_3 K_4 a_w}{(1 + K_3 a_w)} \right) \quad (2.12)$$

sendo:

a_w - atividade de água

U_{eq} - umidade de equilíbrio

K_1, K_2, K_3, K_4 e K_5 - parâmetros que dependem da temperatura e natureza do produto

2.6. Fluidez

De acordo com SANTOS (1983) a cristalização de substâncias dissolvidas é o mecanismo mais comum para aglomeração de pós de frutos desidratados, haja vista que contêm, geralmente, 50% ou mais de açúcares que se encontram, em sua maioria, em estado amorfo e tais componentes favorecem a rápida absorção d'água desses pós, contribuindo para um posterior aumento da viscosidade do produto favorecendo, em consequência disto, a formação de aglomerados de alta consistência (caking).

As propriedades físicas e de escoamento em pós são influenciadas ainda pela presença de filmes ou pontes líquidas entre as partículas. Geralmente, a formação do filme líquido na superfície das partículas, sobretudo em pós solúveis ou parcialmente solúveis, pode causar dificuldade de fluidez e, em casos extremos, sérios problemas de caking, embora a presença de pontes líquidas não provoque necessariamente a formação de agregados; se, porém, mantido a um nível moderado de umidade, determinado pó pode manter algum grau de fluidez, apesar das pontes líquidas (SANTOS, 1983).

A manipulação e o deslocamento de pós aglomeráveis (com alto potencial de caking) requerem certo controle das condições ambientais, fundamentalmente umidade e temperatura a que os mesmos são expostos.

De acordo com MEDEIROS et al. (2002) as isotermas de sorção podem ser definidas como a representação analítica da variação do teor de umidade de um produto, em função de sua umidade relativa; têm vasto número de aplicações na área de alimentos e representam o estado de equilíbrio de todos os processos nos quais moléculas de água se combinam reversivelmente com alimentos.

Os métodos apropriados para determinação das propriedades relacionadas à fluidez de pós, são os testes de fluidez e obtenção do ângulo de repouso.

Nos testes de fluidez se verifica a velocidade de escoamento do pó. Entre os métodos descritos pela Huber Corporation, citado por SANTOS (1983) para escoamento de pós, está o tempo de escoamento, que é o tempo que unia massa de pó, colocada em um funil, demora para escoar até uma placa de recolhimento localizada abaixo do funil, a uma distância constante.

Segundo MEDEIROS et al. (2001) o ângulo de repouso é o ângulo de talude formado com a horizontal, no qual o material permanecerá empilhado. O tamanho, a forma, o teor de umidade e a orientação das partículas, exercem influência no ângulo de repouso. Diferenciam-se dois tipos de ângulo de repouso: o estático e o dinâmico. A

designação estática refere-se à fricção do sólido granular sobre si mesmo quando todo o outonal está estático. Nos casos em que o volume do material está em movimento, como nos descarregamentos, encontra-se envolvido o ângulo de repouso dinâmico. Assume que, quanto menor o ângulo de repouso, mais fluídico é o pó, podendo-se afirmar que a fluidez de um material e o ângulo de repouso estão correlacionados.

2.7. Embalagem

BERGEROT FILHO (1980) define embalagem como um meio de manter as condições ideais exigidas para cada produto isolando-o, total ou parcialmente, do ambiente que o cerca.

As principais funções das embalagens, são: conter, proteger, transportar, vender e educar (BERGEROT FILHO, 1980). Os autores relacionam os aspectos que envolvem cada uma das principais funções da embalagem.

A função proteger envolve:

- Proteger contra ataque de microrganismos
- Proteger contra perda e absorção de umidade
- Proteger contra contatos com gases, principalmente o oxigênio
- Proteger contra raios diretos de luz
- Proteger contra alterações nas características sensoriais do produto
- Proteger contra danos mecânicos
- Proteger contra ataques de pássaros, insetos e roedores.

Conter envolve:

- Compatibilidade produto-embalagem
- Facilitar manuseio, transporte e armazenamento
- Utilização.

O vender envolve:

- Apresentar boa aparência, quanto ao brilho e cor
- Ser de fácil impressão
- Identificação
- Viabilidade econômica.

O educar envolve:

- Informação sobre o uso do produto, sua composição e melhor maneira de preparo

•habituar o consumidor à reciclagem de embalagem ONE WAY o que gera, dentre outras, as seguintes vantagens

a) fonte de matéria-prima de alta pureza e baixo custo para a indústria;

b) economia de divisas para o País;

c) maior higiene ambiental;

d) fonte de renda para catadores e vendedores desse tipo de material;

e) fonte de novos empregos;

f) promoção de trabalhos educacionais;

g) habituar o consumidor a separar o lixo entre orgânico, metálico, vidros, plásticos, papel e papelão.

Uma embalagem apropriada é indispensável para a conservação de alimentos processados, uma vez que os protege contra contaminantes do ambiente, durante o transporte e a comercialização, além de estender a vida útil dos produtos.

CABRAL & FERNANDES (1980) consideram a embalagem a fronteira entre dois segmentos de um único universo: o micro, constituído pelo alimento e seu espaço livre, e o macro, que corresponde a todo o ambiente que o cerca. Este pensamento, ao mesmo tempo em que ressalta a necessidade do perfeito conhecimento do produto, simplifica o entendimento dos vários aspectos envolvidos na perda de sua qualidade durante a estocagem; os autores citam, como exemplo, uma embalagem de café torrado e moído, na qual se destacam os componentes majoritários do produto, o gás carbônico e o ar atmosférico no interior da embalagem e os fatores extrínsecos: umidade relativa ambiente, oxigênio, luz e temperatura que, em maior ou menor escala, interferem na sua deterioração. Para que se possa proteger o produto com eficácia, é fundamental o conhecimento de como este perde qualidade — fatores intrínsecos.

Tradicionalmente, os materiais de embalagem têm sido selecionados no sentido de ter mínima interação com o alimento que acondicionam, constituindo assim, barreiras inertes.

No sentido convencional, uma embalagem aumenta a segurança do alimento de acordo com os seguintes mecanismos: barreira à contaminação (microbiológicas e químicas) e prevenção de migração de seus próprios componentes para o alimento (AZEREDO et al., 2000).

A seleção da embalagem apropriada para produtos alimentícios exige o conhecimento prévio das características de cada produto, a quantidade de massa do produto por embalagem e a duração da vida de prateleira esperada (CHITARRA, 2000).

A embalagem “apropriada” corresponde ao sistema capaz de proteger o produto perecível contra danos físicos, causados pelo manuseio ou doenças, condições atmosféricas extremas de umidade e de temperatura, ou atmosferas que contenham elementos (gases ou outros) que possam degradar o produto durante o transporte e o armazenamento (CHITARRA, 2000).

Segundo VITTI et al. (1990) grãos e seus derivados, como farinhas, farelos e fubás, são freqüentemente atacados por insetos durante o armazenamento tornando, muitas vezes, esses produtos impróprios para consumo. Muitas espécies de insetos possuem a capacidade de perfurar os materiais de uso mais comum nas embalagens dos citados produtos.

De acordo com LAUDANI (1963) o emprego de embalagens que impedem a penetração de insetos, é um método auxiliar no combate das infestações dos produtos armazenados. O autor defende o uso de embalagem apropriada como sendo o principal meio de proteção dos alimentos contra danos causados por insetos, durante o transporte e armazenamento. Ainda de acordo com o pesquisador, os materiais de embalagens mais comumente usados por ordem crescente de resistência, são: filme de poliéster, alumínio, filme de polietileno, celofane, papel Kraft, náilon e algodão.

Alimentos desidratados necessitam de proteção contra penetração de umidade, de modo a não ocorrer o empedramento ou aglomeração; há casos em que a embalagem deverá impedir a passagem de oxigênio e luz, evitando a rancificação de produtos com alto teor de gordura (CABRAL et al., 1983).

Ainda segundo CABRAL et al. (1980), o produto acondicionado deverá permanecer adequado para o consumo, pelo tempo estabelecido pelo fabricante, surgindo daí a expressão vida-de-prateleira ou vida útil que é o período de tempo decorrido entre a produção e o consumo de um produto alimentício, no qual o mesmo se caracteriza pelo nível satisfatório de qualidade, avaliado pelo valor nutritivo, sabor, textura e aparência. Caso existam interações entre os alimentos e os materiais de embalagem, essas devem permanecer em níveis considerados aceitáveis.

Ainda conforme CABRAL et al. (1980), os principais parâmetros relacionados com o estudo e estimativa da vida-de-prateleira, são:

- valor nutritivo, avaliado pela concentração de vitaminas e proteínas;
- crescimento microbiano, ação enzimática ou infestação de insetos;

- qualidades estéticas como sabor, aroma, textura, aparência geral.

Dentre esses, as qualidades estéticas são as que mais diretamente tocam o consumidor, já que este não reúne condições de analisar o produto sob outro aspecto.

O emprego de materiais flexíveis na embalagem de alimentos tem crescido muito nos últimos anos. Apesar de certa relutância no início, os plásticos flexíveis se firmaram no mercado constituindo, atualmente, uma das mais econômicas e seguras opções para embalar alimentos (MADI et al., 1988).

Alimentos enlatados não sofrerão nenhuma influência da luz, do oxigênio nem da umidade relativa externa mas sofrerão oscilações de temperatura, uma vez que, na sua grande maioria, os materiais de embalagem não são isolantes térmicos.

2.8. Armazenagem

A armazenagem vem a ser a atividade destinada à guarda e conservação em condições inalteradas de qualidade e quantidade de produtos agrícolas (PUZZI 1986).

A armazenagem é feita dependendo da natureza da matéria-prima, a granel, em silos ou então em armazéns a temperaturas ambiente ou modificada. Com relação ao binômio tempo e temperatura de armazenamento, as matérias-primas são chamadas deterioráveis ou perecíveis (BARUFFALDI et al., 1998).

As matérias-primas deterioráveis correspondem àquelas suscetíveis ao ataque de insetos e de roedores, principalmente. A deterioração pode não levar a uma perda total do alimento considerado, pois o ataque se dá em determinado ponto que pode ser eliminado do restante da matéria-prima. Normalmente, esses produtos, representados por grãos e cereais, são guardados a temperatura ambiente em silos a granel ou ensacados em armazéns.

Nos alimentos com baixo teor de água o ganho de umidade durante o armazenamento por parte do produto terá, como consequência, o aumento de sua atividade de água. A níveis de atividade de água menores que 0,60, a possibilidade de crescimento microbiano é remota; contudo, o escurecimento não enzimático, atividade enzimática, a oxidação de lipídios e a própria aglomeração, podem levar o alimento mais rapidamente ao limite de sua vida útil que, normalmente, é estabelecido em termos de umidade máxima permissível (Heiss citado por CABRAL et al., 1983).



2.8.1. Contaminação microbiana

O crescimento microbiano é fator importante na manutenção da qualidade de alimentos pois, embasado nesta afirmação, os alimentos podem ser divididos em duas classes principais: perecíveis e não perecíveis (Hearne citado por CABRAL et al., 1983).

Alimentos perecíveis são aqueles em que a deterioração de origem microbiológica normalmente antecede as demais. A estocagem prolongada desse tipo de alimento necessita de processamento térmico, congelamento ou desidratação, como exemplos, podem ser citados carne, leite e derivados; já os alimentos não perecíveis podem ser estocados a temperatura ambiente, sem que ocorra crescimento microbiano pelo menos a níveis que impliquem em sua deterioração; como exemplos, citam-se grãos e cereais, alimentos enlatados e desidratados.

2.9. Granulometria

É um método que se baseia no tamanho e no diâmetro das partículas através de um peneiramento cujas peneiras possuem número de malhas definidas. Com vistas à legislação do Ministério da Agricultura (BRASIL, 1995) tomou-se como base a classificação granulométrica da farinha de mandioca para a análise granulométrica da farinha de facheiro tendo vista que terá a mesma finalidade alimentar; o padrão é o percentual da amostra que fica retido ao passar nas peneiras, números 10 e 18, da quantidade de pó analisada.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande, PB.

3.1. Matéria-prima

Utilizou-se como matéria-prima, o facheiro (*Cereus squamosus*) proveniente do Sítio Moita, Município de Boqueirão, PB.

3.2. Processamento da matéria-prima

Na Figura 3.1 encontra-se o fluxograma do processamento da matéria-prima, e suas etapas estão descritas nos itens 3.2.1 até 3.2.7.



Figura 3.1. Fluxograma das operações para preparação das polpas do facheiro

3.2.1. Colheita

A colheita do facheiro foi realizada entre as 6 e 8 horas da manhã, utilizando-se um facão para o seu corte as plantas foram selecionadas de acordo com a altura, possuindo aproximadamente 3 metros.

3.2.2. Transporte

Após a colheita, as cactáceas foram transportadas imediatamente para o local de processamento, com a finalidade de minimizar possíveis alterações na sua constituição.

3.2.3. Seleção

O facheiro foi separado em 3 lotes: extremidade, meio e base; em seguida, foram flambados para a queima de parte dos espinhos e cortados em pedaços de aproximadamente 35 cm.

3.2.4. Limpeza

Os pedaços dos três lotes do facheiro foram lavados em água corrente, mergulhados em solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm, durante 20 min, para retirada de impurezas; posteriormente, foi retirado o excesso de cloro (enxágüe) e escorrido o excesso de água.

3.2.5. Corte

Logo após a limpeza, os lotes do facheiro foram cortados manualmente para a retirada da casca externa.

3.2.6. Lavagem e despulpamento

A parte interna foi lavada com solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm durante 15 minutos, enxaguada e retirada a polpa interna, manualmente, com auxílio de colher e facas de aço inoxidável. A polpa interna foi passada em despulpadeira para realizar a homogeneização.

3.2.7. Armazenamento da polpa

Nas três partes de facheiro (extremidade, meio e base) a polpa foi embalada em sacos de polietileno de alta densidade de 500 g, congelada e armazenada em freezer, até o momento de utilização nos experimentos de secagem.

3.3. Análises físico-químicas

As polpas de facheiro, após o processamento, e as farinhas dos diferentes lotes foram analisadas quanto a umidade/sólidos totais, sólidos solúveis totais (°Brix), pH, acidez total titulável, cinzas, fibras, proteína bruta e amido.

3.3.1. Umidade e sólidos totais

Os sólidos totais e a umidade foram determinados segundo os métodos descritos pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Os resultados foram expressos em percentagem (p/p).

3.3.2. Sólidos solúveis totais (°Brix)

Os sólidos solúveis totais (°Brix) das polpas de facheiro foram determinados através da leitura direta em refratômetro tipo Abbe, marca ATAGO, com correção de temperatura feita através da tabela proposta pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.3.3. pH

Determinou-se o pH foi através do método potenciométrico, com peagômetro da marca Analyser modelo 300M, previamente calibrado com solução tampão de pH 7,00 e 4,00.

3.3.4. Acidez total titulável

A acidez total titulável foi realizada pelo método acidimétrico da AOAC (1997).

3.3.5. Cinzas

As cinzas foram determinadas segundo o método da AOAC (1997) e os resultados expressos em percentagem (p/p).

3.3.6. Fibras

O teor de fibra foi fixado pelo método de hidrólise ácida sob refluxo, seguindo-se metodologia descrita por KRAMER & GINKEL (1952) e os resultados foram expressos em percentagem (p/p).

3.3.7. Proteína bruta

O teor de proteína bruta foi encontrado pelo método de Kjeldahl, também descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985) e os resultados expressos em percentagem (p/p).

3.3.8. Amido

Esta determinação foi realizada por hidrólise ácida através da metodologia descrita por LANARA (1981) e os resultados expressos em percentagem (v/p).

3.4. Análises físicas

3.4.1. Cor

A cor das polpas e das farinhas de facheiro foram determinadas utilizando-se um colorímetro construído por MOTTA (2005), obtendo-se os valores de L^* , a^* , b^* . L^* representa a luminosidade, a^* define a transição da cor verde ($-a^*$) para o vermelho ($+a^*$) e b^* representa a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$). As medidas foram realizadas com três repetições, obtendo-se os valores médios de L^* , a^* e b^* .

3.4.2. Tempo de escoamento e ângulo de repouso

O tempo de escoamento e o ângulo de repouso foram determinados nas farinhas secas a 60 °C (extremidade, meio e base). nessas determinações se utilizou um funil cuja abertura de saída foi vedado e enchido com amostras de aproximadamente 100 g. O sistema de escoamento (Figura 3.4) foi adaptado a um tripé de ferro para sustentação do funil e, na base para recolhimento da amostra, se colocou um papel milimetrado para leitura da área de repouso; quando retirada, a vedação do funil, era iniciada a contagem do

tempo de escoamento com um cronômetro. Na pilha de pó formada na base foram medidos o diâmetro da pilha (D) e a altura (h) obtendo-se o ângulo de repouso(α) de acordo com a Eq. 3.1.

$$\alpha = \frac{\arctg 2h}{D} \quad (3.1)$$

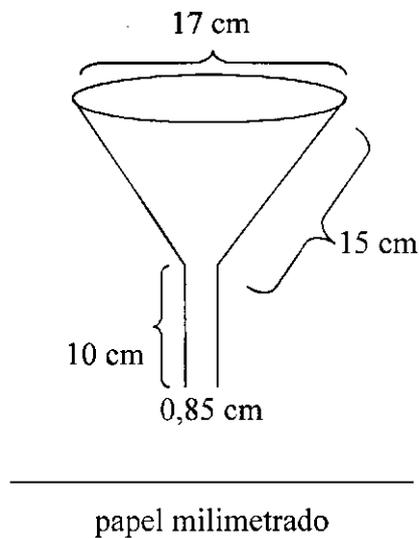


Figura 3.2. Esquema do aparato para determinação do tempo de escoamento e ângulo de repouso

3.4.3. Molhabilidade

A molhabilidade foi determinada pelo método de Schubert, nas farinhas secas a 60 °C (extremidade, meio e base) pesando-se cerca de 1 g da amostra e se vertendo em becker de 250ml com 100ml de água a temperatura ambiente. Cronometrou-se o tempo necessário para o completo desaparecimento do pó da superfície do líquido em repouso; o cálculo da taxa da molhabilidade foi feita através da Eq. 3.2.

$$T = \frac{N}{t} \quad (3.2)$$

em que: T - taxa de molhabilidade (g s^{-1})

N - massa da amostra (g)

t - tempo (s)

3.4.4. Granulometria

Fez-se a determinação granulométrica das farinhas (extremidade, meio e base) secas a 60 °C, por meio de peneiramento seguindo-se a metodologia do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.5. Secagem

Realizou-se a secagem das polpas de facheiro obtidas das diferentes partes da planta (extremidade, meio e base) em estufa com circulação forçada de ar, onde foram colocadas as bandejas de aço inoxidável (Figura 3.2) contendo 500 g de polpa processada de facheiro, a qual foi uniformemente espalhada com uma espátula de aço inoxidável, formando uma camada fina de 5mm de espessura. As temperaturas da secagem foram de 50, 60 e 70 °C. O produto desidratado (Figura 3.3) apresentou consistência leve.



Figura 3.3. Polpa de facheiro processada



Figura 3.4. Polpa desidratada

3.5.1. Trituração e moagem

Após a secagem, as amostras secas foram retiradas das bandejas e trituradas em moinho de rotação, onde a polpa seca foi prensada e moída por 4 lâminas de aço inoxidável, com conseqüente formação das farinhas.

3.5.2. Cinética de secagem

As curvas de cinética de secagem foram obtidas, em triplicata, em três diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C). Durante a secagem se fez o acompanhamento da perda de

massa pesando-se as bandejas em intervalos de tempo de 10 em 10 m até atingir peso constante.

Os modelos de secagem em camada fina de Page (Eq. 3.3), Henderson & Pabis (Eq. 3.4) e de Midilli et al. (Eq. 3.5), foram ajustados às curvas de cinética de secagem das polpas de facheiro, utilizando-se o programa computacional STATISTICA versão 6.0.

Page

$$RU = e^{-kt^n} \quad (3.3)$$

em que:

RU - razão de umidade (adimensional)

k, n - constantes do modelo

t - tempo (min)

Henderson & Pabis

$$RU = a \exp(-kt) \quad (3.4)$$

em que:

RU - razão de umidade (adimensional)

a, k - constantes do modelo

t - tempo (min)

Midilli et al.

$$RU = a \exp(-kt^n) + bt \quad (3.5)$$

em que:

RU - razão de umidade (adimensional)

a, b, k, n - constantes do modelo

t - tempo (min)

3.6. Isotermas de adsorção de umidade

As isotermas de adsorção de umidade foram determinadas na amostra obtida da mistura de partes iguais das farinhas secas a 60 °C (extremidade, meio e base), empregando-se o método gravimétrico estático, no qual se utilizaram soluções saturadas de sais, em quatro temperaturas (10, 20, 30 e 40 °C) proporcionando diferentes atividades de água (Tabela 3.1).

As amostras, em triplicata, foram colocadas em béqueres contendo 1 g da amostra, permanecendo em cada pote hermético, contendo as soluções saturadas de sais, até atingirem o peso constante, verificado através de pesagens periódicas em balança analítica.

Tabela 3.1. Atividade de água das soluções saturadas de sais nas suas respectivas temperaturas

Sal	Temperatura (°C)			
	10	20	30	40
C ₂ H ₃ KO ₂	0,2338	0,2311	0,2161	0,2040
MgCl ₂ .6H ₂ O	0,3347	0,3307	0,3244	0,3160
K ₂ CO ₃	0,4314	0,4316	0,4317	0,432
MgNO ₃ .6H ₂ O	0,5736	0,5438	0,5140	0,4842
NaBr	0,6215	0,5914	0,5603	0,5317
NaCl	0,7567	0,7547	0,7509	0,7468
(NH ₄) ₂ SO ₄	0,8206	0,8134	0,8063	0,7991
KCl	0,8677	0,8511	0,8362	0,8232

Fonte: GREENSPAN et al. (1977)

UFCG - BIBLIOTECA

3.6.1. Umidade de equilíbrio

A umidade de equilíbrio (Eq. 3.6) em base seca (b.s.), foi estabelecida pela relação entre a massa de água e a massa seca contida na amostra.

$$U_{eq} = \frac{m_{\text{água}}}{m_s} \quad (3.6)$$

em que:

U_{eq} – umidade de equilíbrio (b. s.)

$m_{\text{água}}$ - massa de água adsorvida pela amostra (g)

m_{seca} - massa seca da amostra (g)

3.6.2. Ajuste dos modelos matemáticos

Para o ajuste matemático das isotermas de adsorção de umidade da mistura das farinhas de facheiro obtidas a 60 °C, foram utilizados os modelos de GAB, BET modificado, Peleg, Smith, Oswin, Halsey e D'arcy, empregando-se o programa computacional Statistica versão 6.0.

GAB

$$U_{eq} = \frac{x_m C k a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + C k a_w)} \quad (3.7)$$

em que:

a_w - atividade de água

U_{eq} - umidade de equilíbrio

x_m - umidade na monocamada molecular

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

BET modificado

$$U_{eq} = x_m \left[\left(\frac{C a_w}{1 - a_w} \right) \left(\frac{1 - (n + 1) a_w^n + n (a_w)^{(n+1)}}{(1 - (C - 1))(a_w - C)(a_w)^{(n+1)}} \right) \right] \quad (3.8)$$

em que:

a_w - atividade de água

U_{eq} - umidade de equilíbrio

x_m - umidade na monocamada molecular

C - constante de BET

n – parâmetro de ajuste do modelo

Peleg

$$U_{eq} = K_1 a_w^{n_1} + K_2 a_w^{n_2} \quad (3.9)$$

em que:

U_{eq} - umidade de equilíbrio

a_w - atividade de água

K_1, K_2, n_1 e n_2 - constantes do modelo

Smith

$$U_{eq} = A - B \ln(1 - a_w) \quad (3.10)$$

em que:

U_{eq} - umidade de equilíbrio

A e B - constantes do modelo

a_w - atividade de água

Oswin

$$U_{eq} = A \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^B \quad (3.11)$$

em que:

U_{eq} - umidade de equilíbrio

a_w - atividade de água

A e B - parâmetros de ajuste do modelo

Halsey

$$a_w = \exp\left(\frac{-A}{U_{eq}^B}\right) \quad (3.12)$$

em que:

U_{eq} - umidade de equilíbrio (base seca)

a_w - atividade de água (adimensional)

A e B - constantes que dependem da temperatura e natureza do produto

D'Arcy

$$U_{eq} = \frac{K_1 K_2 a_w}{(1 + K_1 a_w)} + K_5 a_w \left(\frac{K_3 K_4 a_w}{(1 + K_3 a_w)} \right) \quad (3.13)$$

sendo:

a_w - atividade de água

U_{eq} - umidade de equilíbrio

K_1, K_2, K_3, K_4 e K_5 - parâmetros que dependem da temperatura e natureza do produto

3.6.3. Erros experimentais

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais, foram: o erro relativo (ε) calculado pela Eq. 3.14, e o desvio percentual médio (P) calculado pela Eq. 3.15.

$$\varepsilon = \frac{U_{eq(exp)} - U_{eq(teor)}}{U_{eq(exp)}} \quad (3.14)$$

$$P = \frac{100}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left| \frac{U_{eq(exp)} - U_{eq(teor)}}{U_{eq(exp)}} \right| \quad (3.15)$$

em que:

$U_{eq(exp)}$ - valores obtidos experimentalmente

$U_{eq(teor)}$ - valores preditos pelo método

n - número de dados experimentais

3.7. Armazenamento

Utilizou-se, para o estudo do armazenamento, uma única amostra, misturando-se partes iguais das farinhas dos três tipos (extremidade, meio e base) obtidas na temperatura de 60 °C; essa farinha misturada foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD) contendo 200 g da amostra, sendo armazenadas em local limpo e seco, a

temperatura ambiente, durante 140 dias, e monitorados a cada 20 dias, através das determinações das análises físico-químicas descritas nos itens 3.3.1 a 3.3.8 e da cor, descrita no item 3.4.1.

3.7.1. Análise microbiológica

Foram feitas determinações microbiológicas de coliformes fecais nas farinhas armazenadas, com base na metodologia descrita pela ICMFS - International Commission on Microbiological Specifications of Foods (1997) durante os 140 dias de armazenamento, com intervalos de tempo de 70 dias, a contar do tempo inicial.

3.8. Análise estatística

Os dados experimentais da caracterização físico-química das polpas de facheiro, da caracterização das farinhas de facheiro e do armazenamento da farinha de facheiro foram submetidos ao delineamento inteiramente casualizado e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa Assistat, versão 7.2 beta (SILVA & AZEVEDO, 2002).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização físico-química das polpas de facheiro

Tem-se, na Tabela 4.1, os valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos das polpas de facheiro integrais, despulpadas de acordo com a parte da planta (extremidade, meio e base).

Tabela 4.1. Valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos das polpas de facheiro

Parâmetro	Polpa de facheiro		
	Extremidade	Meio	Base
Umidade (%)	94,88 ± 0,01 a	94,14 ± 0,30 b	92,42 ± 0,02 c
Sólidos totais (%)	5,12 ± 0,01 c	5,86 ± 0,30 b	7,58 ± 0,02 a
Sólidos solúveis totais (°Brix)	3,76 ± 0,008 a	3,74 ± 0,008 b	3,10 ± 0,006 c
pH	4,74 ± 0,01 b	4,75 ± 0,01 b	4,81 ± 0,01 a
Acidez total titulável (%)	1,31 ± 0,08 b	1,59 ± 0,01 a	1,60 ± 0,004 a
Cinzas (%)	1,15 ± 0,01 c	1,23 ± 0,01 b	1,50 ± 0,01 a
Proteína bruta (%)	0,19 ± 0,01 a	0,18 ± 0,004 a	0,16 ± 0,01 b
Fibra bruta (%)	0,45 ± 0,01 b	0,45 ± 0,01 b	0,71 ± 0,01 a
Amido (%)	0,13 ± 0,0003 c	0,53 ± 0,002 b	0,74 ± 0,0004 a
Luminosidade (L*)	80,59 ± 0,05 c	85,54 ± 0,01 a	84,87 ± 0,01 b
Intensidade de vermelho (+a*)	7,71 ± 0,05 c	11,79 ± 0,03 b	13,27 ± 0,02 a
Intensidade de amarelo (+b*)	17,79 ± 0,01 a	17,64 ± 0,01 b	17,12 ± 0,01 c

Obs.: Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade

Umidade -DMS = 0,344; MG = 93,81; CV%=0,185; ST - DMS = 0,454; MG = 6,19; CV% = 1,823;

SST - DMS = 0,014; MG = 3,53; CV%=0,21; pH - DMS = 0,020; MG = 4,77; CV% = 0,215;

ATT - DMS = 0,084; MG = 1,49; CV% = 2,862; Cinzas - DMS = 0,0160; MG = 1,3; CV% = 0,626

PB - DMS = 0,016; MG = 0,179; CV% = 4,60; FB - DMS = 0,0121; MG = 0,0,5417; CV% = 1,139

Amido - DMS = 0,0019; MG = 0,471; CV% = 0,2130; L* - DMS = 0,0942; MG = 83,66; CV% = 0,057;

+a* - DMS = 0,069; MG = 10,92; CV% = 0,322; +b* - DMS = 0,056; MG = 17,51; CV% = 0,163

Observa-se que os valores médios da umidade das polpas de facheiro são estatisticamente diferentes com o maior valor correspondente à polpa da extremidade e o menor para a polpa da base. Os valores das umidades das polpas se aproximam do determinado por LIMA et al. (2005) que foi de aproximadamente 93% no estudo da polpa interna de facheiro, e por OLIVEIRA et al. (2003) para o chuchu, que foi de 95,26%. A umidade da polpa de facheiro da base é superior à umidade da mandioca *in natura* (67,61%), reportada por FERREIRA NETO (2002).

Inversamente ao comportamento da umidade, os sólidos totais apresentaram o menor teor na polpa da extremidade (5,12%) e o maior na polpa da base (7,58%), diferindo estatisticamente os valores médios entre as três amostras. Esses valores são inferiores ao encontrado por BARBOSA (1998) na caracterização nutritiva do facheiro que foi de 12,86%, esta diferença ocorreu em razão da análise do referido pesquisador ter sido realizada, provavelmente, utilizando toda a cactácea, inclusive seus espinhos e não apenas com a polpa como ocorreu no presente trabalho. Os resultados encontrados para sólidos totais também são inferiores ao valor determinado por SANTOS et al. (1992) para a palma forrageira cv. Miúda, que foi de 22,49%.

Os resultados apresentados para os sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) indicam que existe diferença significativa entre os valores das amostras das polpas de facheiro. Os valores para este parâmetro diminuem progressivamente da amostra da extremidade para a base, fato também constatado para a umidade. A média geral dos sólidos solúveis totais das três amostras resultou em 3,53 $^{\circ}$ Brix; esses valores são próximos ao da polpa de tomate *in natura*, determinado por GOULD (1991) que foi numa faixa de 4,00 a 6,00 $^{\circ}$ Brix. Os teores de sólidos solúveis totais das polpas de facheiro são inferiores aos determinados por OLIVEIRA et al. (2004) para a casca do mandacaru, que foi em torno de 6 $^{\circ}$ Brix, e superiores aos analisados por SILVA et al. (2005) para a polpa do fruto da coroa-de-frade, ou seja 2,25 $^{\circ}$ Brix.

De acordo com os resultados da Tabela 4.1 é possível observar que as polpas do facheiro apresentaram pH acima de 4,5, estando no grupo, conforme com BARUFFALDI & OLIVEIRA (1998), dos alimentos pouco ácidos. Verifica-se que os valores do pH das polpas das partes extremidade e meio são estatisticamente iguais e ambos diferem da base. Os valores do pH das polpas de facheiro são muito próximos ao pH da polpa da coroa-de-frade que, segundo SILVA et al. (2005) é de 4,79.

Os valores médios encontrados de acidez total titulável não diferem estatisticamente entre a base e o meio, que diferem da extremidade; esses resultados são

inferiores aos encontrados por CAVALCANTI (2000) em estudo da polpa de umbu meio maduro, que foi de 2,20%, mas supera o umbu muito maduro, que foi de 0,76%.

Existe diferença significativa entre os valores das cinzas das amostras da polpa de facheiro e se observa que os teores de cinzas, atingem os maiores valores na polpa extraída da base. Os valores de cinza obtidos para a polpa da base, são superiores às cinzas da palma forrageira, de 1,3%, relatado por CANTWHEEL (2001), e menores que o reportado por BARBOSA (1998), que foi de 3,07% de cinzas para polpa de facheiro. A diferença pode ser devida à retirada quase total dos espinhos nas amostras utilizadas no atual trabalho, resultando em materiais não exatamente iguais ao do citado autor.

Dos valores de proteína bruta, observou-se diferença significativa entre a base e as outras partes, sendo os valores da polpa do meio e da extremidade estatisticamente iguais; o valor médio encontrado foi de 0,179%, sendo inferior ao teor de proteína da palma forrageira determinado por Hernandez, em 1980, citado em CANTWELL (2001), que foi de 0,50%, e ao da palma forrageira, por RODRIGUEZ-FELIX & CANTWHEEL (1988), de 1,5%. Difere do valor obtido por BARBOSA (1998) na caracterização nutritiva do facheiro, que foi de 1,92%, que pode ser devido ao fato de que o trabalho em estudo se refere à parte do cilindro vascular da cactácea.

Em se tratando de fibra bruta notou-se que houver diferença significativa entre os valores da polpa da base e as outras partes, sendo que os valores da polpa do meio e da extremidade são estatisticamente iguais. O valor médio encontrado foi de 0,54%, que é inferior ao apresentado por HOFFMAN (2001) no estudo da palma forrageira, que foi de 1,1%. O valor encontrado para a polpa da base é próximo ao valor determinado por LEONEL & CEREDA (2002) para o inhame, ou seja, de 0,77% e os das polpas da extremidade e meio são um pouco maiores que o da mandioquinha-salsa, que foi de 0,38% determinados pelos mesmos pesquisadores. BARBOSA (1998), na caracterização nutritiva do facheiro, relatou um valor de 1,97%, mas é preciso considerar que no presente trabalho se utilizou apenas a parte do cilindro vascular da planta.

Observa-se, em relação ao amido, que existe diferença significativa entre as polpas das partes estudadas, com um valor médio de 0,47%. Constata-se que as polpas do facheiro são pobres em amido quando comparadas com tuberosas, como o inhame, que é considerada fonte rica em amido, atingindo um valor de 20,43% (LEONEL & CEREDA, 2002).

Constata-se através dos parâmetros da cor determinados, utilizando-se o equipamento construído por MOTTA (2005), representados pela luminosidade (L^*), que

há diferença significativa entre os três tipos de polpa, o mesmo ocorrendo para a intensidade de vermelho (+a*) e para intensidade de amarelo (+b*). Nota-se que a polpa da base apresenta uma intensidade maior de vermelho, enquanto a polpa da extremidade apresenta maior intensidade de amarelo. Visualmente, porém, notou-se que as polpas da extremidade eram mais claras e as da base mais escuras.

4.2. Cinética de secagem

Na Figura 4.1 estão representadas as cinéticas de secagem das polpas de facheiro da extremidade, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, na forma do adimensional de umidade (razão de umidade) em função do tempo. Os valores experimentais se encontram no Apêndice A, Tabelas A.1 a A.3. Observa-se que a temperatura não teve qualquer influência sobre as curvas de secagem das polpas de facheiro, apresentando curvas próximas umas das outras, porém ocorreu diferenças no tempo final de secagem das polpas em função das temperaturas. Na temperatura de 50 °C a razão de umidade foi zerada em 440 minutos; a 60 °C, em 400 minutos; e a 70 °C, em 380 minutos, significando que a velocidade de secagem aumenta com o aumento da temperatura, estando de acordo com CHAVES et al. (2003) ao avaliarem a secagem de fatias de berinjela nas temperaturas de 50, 70 e 90 °C e com KROKIDA et al. (2003) ao determinarem a cinética de secagem de alguns vegetais (batata, cenoura, cebola, tomate, pimentão, cogumelo e milho) a 65, 75 e 85 °C.

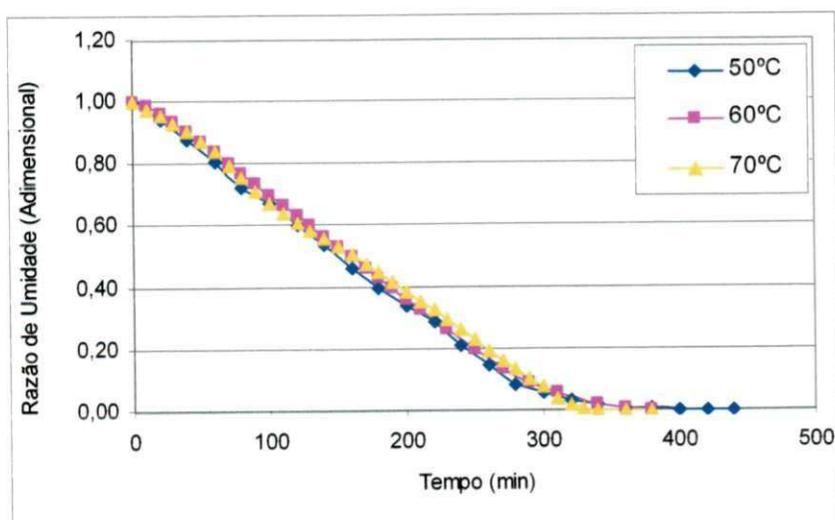


Figura 4.1. Curvas da cinética de secagem das polpas de facheiro da extremidade, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C

Na Figura 4.2 encontram-se representadas as cinéticas de secagem das polpas de facheiro, tipo meio, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, na forma do adimensional de umidade (razão de umidade) em função do tempo. Observa-se que do tempo zero até aproximadamente o tempo de 120 min, as curvas de secagem das polpas estão praticamente sobrepostas, não sendo possível detectar diferenças entre as temperaturas; a partir do tempo 120 min, a influência da temperatura fica evidente, apresentando uma variação na perda de água do produto diferente, conforme a temperatura utilizada, ficando posicionada a curva a 50 °C na parte superior da figura, a curva a 60 °C na parte intermediária e a curva a 70 °C na parte inferior. Observa-se que a secagem da polpa de facheiro sofreu redução, gradativa, nos tempos de secagem, sob o efeito da utilização de temperaturas mais elevadas do ar de secagem, apresentando o menor tempo de secagem a 70 °C (350 min), um tempo intermediário a 60 °C (380 min) e o maior tempo a 50 °C (350 min); ante este fato, a temperatura pode ser considerada uma variável de influência no processo de secagem das polpas de facheiro do tipo meio, fato reportado em literatura, conforme FARIAS et al. (2002) secando cajá, e GOUVEIA et al. (1999), no estudo da cinética de secagem do gengibre.

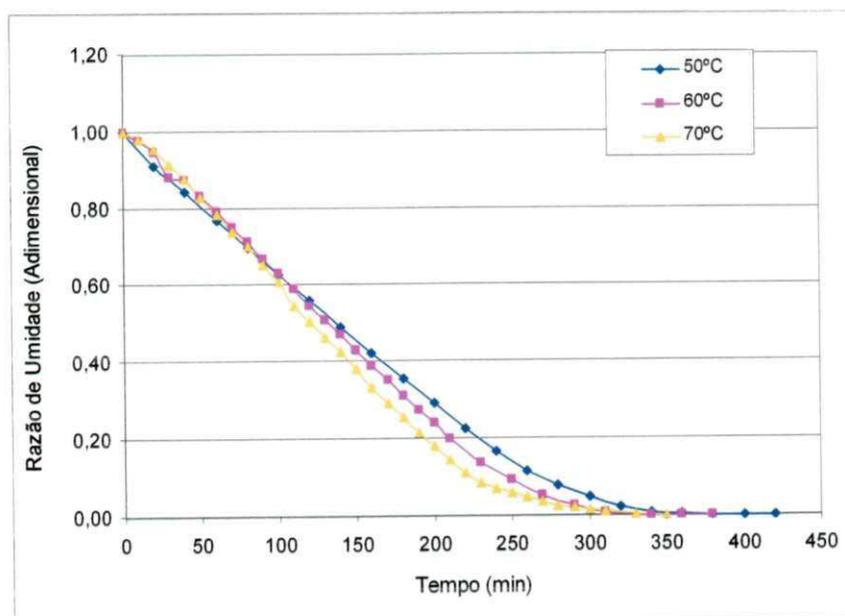


Figura 4.2. Curvas da cinética de secagem da farinha de facheiro do tipo meio nas temperaturas de 50, 60, e 70 °C

A Figura 4.3 apresenta as cinéticas de secagem da polpa de facheiro, tipo base, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, observando-se que as curvas de secagem foram

influenciadas pela temperatura, com redução gradativa nos tempos de secagem sob o efeito da utilização de temperaturas mais elevadas do ar de secagem. Nota-se que a perda de umidade do produto apresenta uma taxa quase constante, do tempo zero ao tempo de 100 min, para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C, indicando a temperatura de 70 °C maior efeito de secagem em relação às outras temperaturas; a 50 °C, o tempo de secagem final foi 400 minutos, a 60 °C 360 minutos e a 70 °C 340 minutos. DOYMAZ (2006) ao secar hortelã em camada fina a 35, 45, 55 e 60 °C, encontrou tempos de secagem de 600, 285, 180 e 105 minutos, respectivamente, para atingir um teor de umidade final de 10%.

Verifica-se que entre os três tipos de polpa de facheiro existem comportamentos diferentes da cinética de secagem em relação ao parâmetro temperatura, que exerce maior influência quando o produto possui menor quantidade de água livre, fato este constatado ao se avaliar os tempos de secagem, os quais foram menores nas polpas da base, intermediários nas polpas do meio e maiores nas polpas da extremidade.

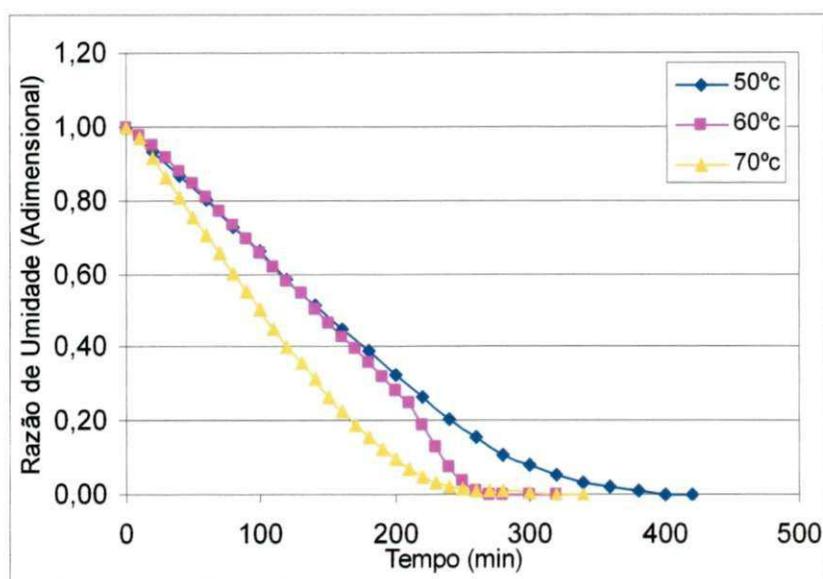


Figura 4.3. Curvas da cinética de secagem da farinha de facheiro do tipo base, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C

Nas Tabelas 4.2, 4.3 e 4.4 tem-se os valores dos parâmetros dos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli, ajustados aos dados experimentais das cinéticas de secagem das polpas de facheiro nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, e os coeficientes de determinação (R^2). Verifica-se que, dentre os modelos testados, o de Midilli et al. com quatro parâmetros, apresentou os maiores valores de R^2 para todas as temperaturas, ajustando-se melhor aos dados observados. Para os modelos de dois parâmetros, o de Page

se ajustou melhor em relação ao modelo de Henderson & Pabis. Todos os modelos mostraram valores de R^2 superiores a 0,96 podendo ser utilizados na estimativa das curvas de secagem das polpas do facheiro, nos três tipos, extremidade (Tabela 4.32), meio (Tabela 4.33) e base (Tabela 4.34).

Analisando-se o comportamento do modelo semi-teórico de Page, constata-se que o parâmetro **k**, que representa a constante da taxa de secagem (min^{-1}), diminuiu com o aumento da temperatura para as polpas do tipo extremidade e meio, enquanto o parâmetro **n** aumentou com o aumento da temperatura, nas três amostras; comportamento contrário ao do parâmetro **k** em função do acréscimo da temperatura foi avaliado por DOYMAZ & PALA (2003) ao estudarem a secagem de milho nas temperaturas de 55 e 65 °C; os valores de R^2 foram todos acima de 0,99, significando que este modelo se ajustou bem as curvas experimentais. SILVA et al. (2004) também encontraram valores de R^2 acima de 0,99 ao ajustar o modelo de Page às curvas de secagem em camada fina da palma-forrageira, nas temperaturas de 40 e 50 °C.

O parâmetro **k** do modelo semi-teórico de Henderson & Pabis aumentou com o aumento da temperatura nas amostras do meio e da base, enquanto na amostra da extremidade não apresentou comportamento definido em função da temperatura. O parâmetro **a** deste mesmo modelo aumentou com o aumento da temperatura em todas as amostras, comportamento similar ao apresentado por MWITHIGA & OLWAL (2005), no estudo da secagem de couve em camadas de 10 mm na faixa de temperatura entre 30 e 50 °C; os coeficientes de determinação deste modelo foram inferiores em todas as amostras aos do modelo de Page, fato este também constatado por MWITHIGA & OLWAL (2005) ao estimarem as curvas de secagem da couve.

Para o modelo de Midilli, constata-se que não houve comportamento padrão dos parâmetros deste modelo com o aumento da temperatura. MIDILLI et al. (2002) ao desenvolverem este modelo, acharam valores de R^2 acima de 0,99 ao ajustarem, aos dados experimentais da secagem de cogumelo, pólem e pistache. MOHAMED et al. (2005) também constataram valores de **k** e **b** inferiores a um ($k = 0,0218 \text{ h}^{-1}$; $b = -0,0007 \text{ h}^{-1}$) e dos parâmetros **a** e **n** em torno de um ($a = 1,0268$; $n = 0,9720$), ao ajustarem o modelo de Midilli aos dados experimentais da secagem do *Citrus aurantium*, fruta cítrica muito utilizada na China.

Tabela 4.2. Parâmetros de ajuste dos modelos da cinética de secagem da polpa de facheiro do tipo extremidade e coeficientes de determinação (R^2)

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro			R^2	
		k (min^{-1})	n			
Page	50	0,000458	1,485443		0,9946	
	60	0,000367	1,504935		0,9942	
	70	0,000301	1,511723		0,9931	
Henderson & Pabis	Temperatura (°C)	k	a		R^2	
	50	0,006655	1,13269		0,9745	
	60	0,005815	1,13443		0,9714	
	70	0,006036	1,13784		0,9693	
Midilli	Temperatura (°C)	k	A	b	n	R^2
	50	0,000723	1,010517	-0,000209	1,371414	0,9968
	60	0,000749	1,021754	-0,000579	1,306115	0,9984
	70	0,000669	0,980229	-0,001096	1,300438	0,9966

Tabela 4.3. Parâmetros de ajuste dos modelos da cinética de secagem da polpa de facheiro do tipo meio e coeficientes de determinação (R^2)

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro			R^2	
		k (min^{-1})	n			
Page	50	0,000670	1,43120		0,9948	
	60	0,000502	1,49614		0,9958	
	70	0,000250	1,63066		0,9902	
Henderson & Pabis	Temperatura (°C)	k	a		R^2	
	50	0,007039	1,103683		0,9782	
	60	0,007112	1,112061		0,9724	
	70	0,008201	1,163520		0,9747	
Midilli	Temperatura (°C)	k	A	b	N	R^2
	50	0,000317	0,95759	-0,000128	1,548077	0,9981
	60	0,000218	0,972974	-0,000145	1,639144	0,9987
	70	0,000193	0,985027	-0,000114	1,697143	0,9992

Tabela 4.4. Parâmetros de ajuste dos modelos da cinética de secagem da polpa de facheiro do tipo base e coeficientes de determinação (R^2)

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetro				R^2
		k (min ⁻¹)	n			
Page	50	0,000544	1,452467			0,9960
	60	0,000412	1,517490			0,9956
	70	0,000511	1,577140			0,9978
Henderson & Pabis	Temperatura (°C)	k	a			R^2
	50	0,00658	1,11660			0,9790
	60	0,00665	1,13438			0,9748
	70	0,00971	1,13538			0,9810
Midilli	Temperatura (°C)	k	A	b	n	R^2
	50	0,000937	1,00492	-0,000239	1,31780	0,9986
	60	0,000728	1,001452	-0,000296	1,37045	0,9975
	70	0,000886	0,99871	-0,000144	1,44921	0,9986

Nas Figuras 4.4 a 4.12 estão apresentadas curvas de secagem dos três tipos de polpa de facheiro, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, com ajustes pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli. Verifica-se visualmente, nessas figuras, que a curva gerada a partir do modelo de Midilli se aproxima mais dos pontos experimentais que os demais modelos, confirmando a superioridade deste modelo em relação aos demais, vista por meio do coeficiente de determinação. LAHSASNI et al. (2002) também verificaram que o modelo que melhor se ajustou às curvas de secagem do figo-da-índia, foi o de Midilli obtendo $R^2 = 0,9996$.



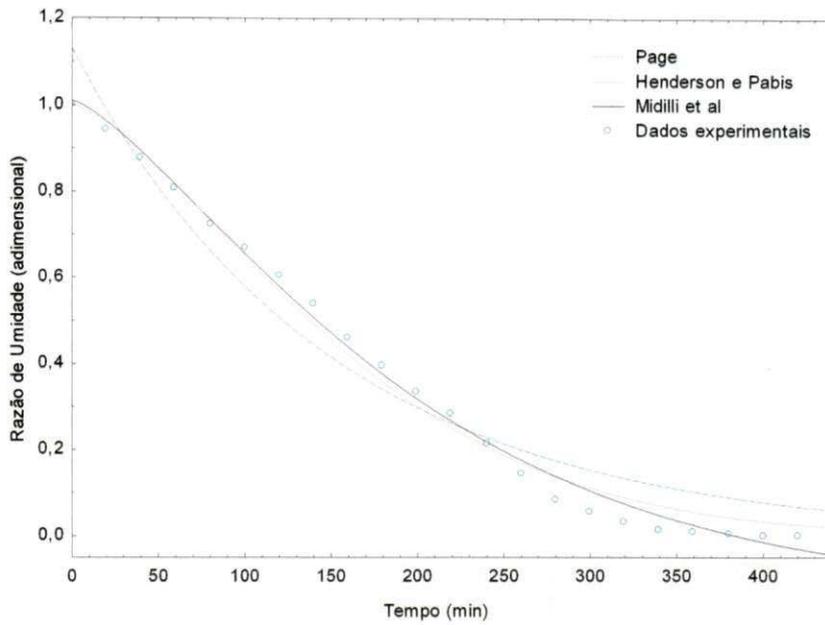


Figura 4.4. Curvas de secagem da farinha de faveiro do tipo extremidade para temperatura de 50 °C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli et al.

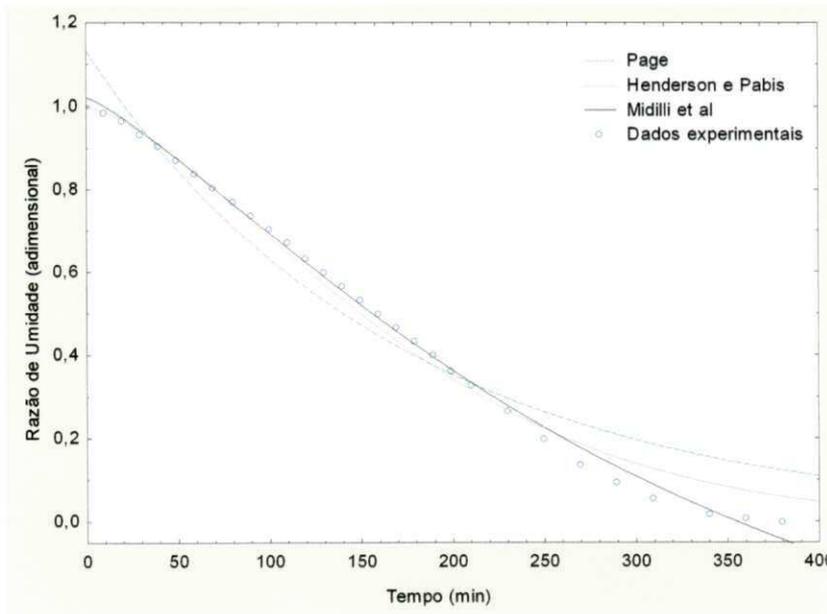


Figura 4.5. Curvas de secagem da farinha de faveiro do tipo extremidade para temperatura de 60 °C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli et al.

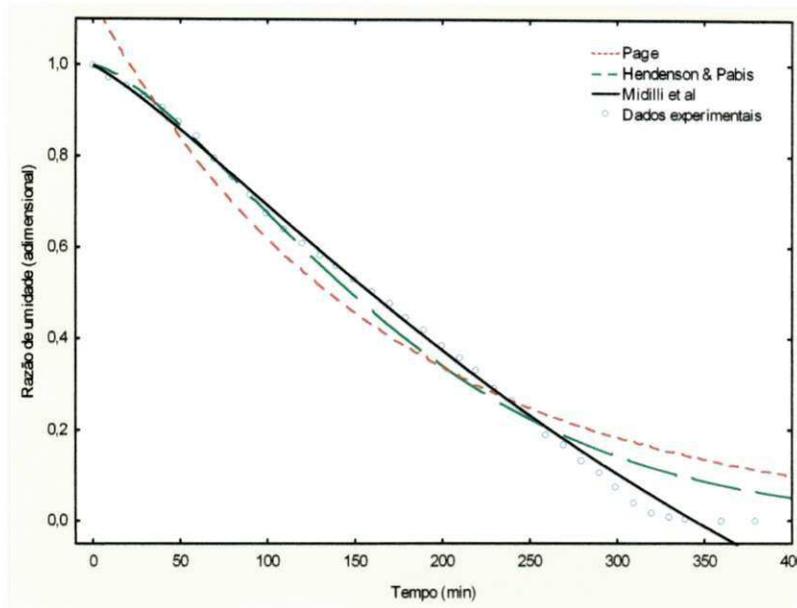


Figura 4.6. Curvas de secagem da farinha de facheiro do tipo extremidade para temperatura de 70 °C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli et al.

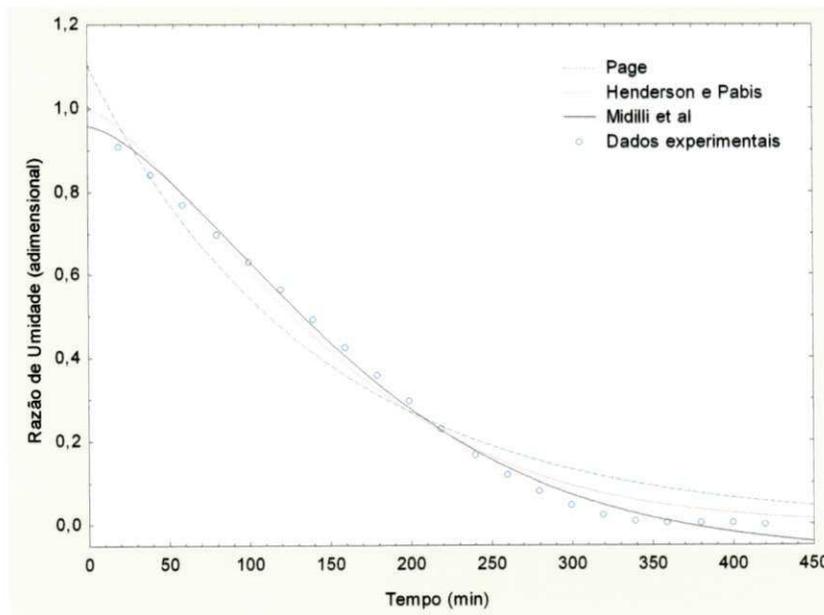


Figura 4.7 Curvas de secagem da farinha de facheiro do tipo meio, para temperatura de 50 °C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli et al.

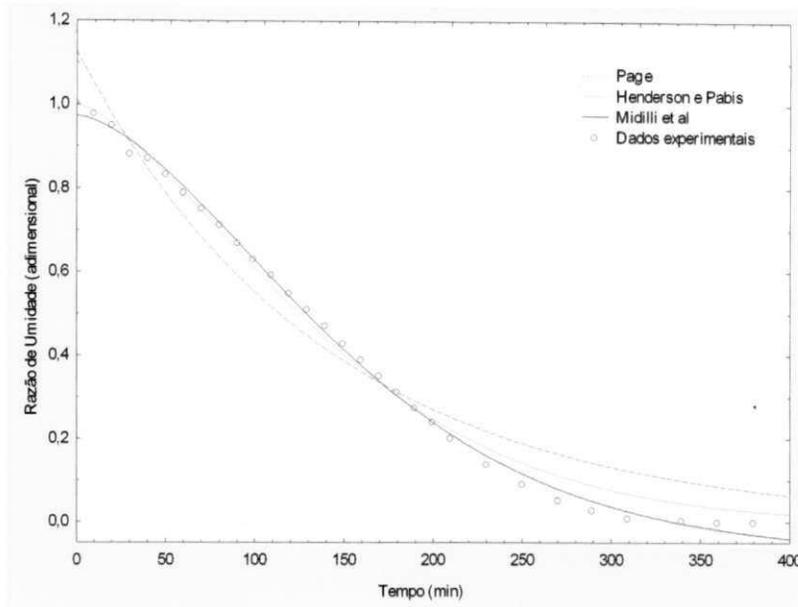


Figura 4.8. Curvas de secagem da farinha de facheiro do tipo meio, para temperatura de 60 °C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli et al.

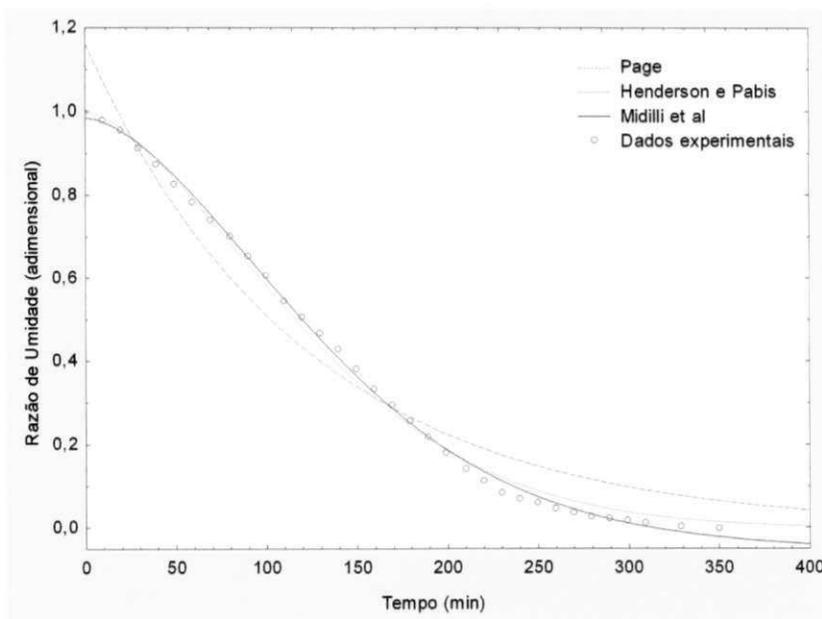


Figura 4.9. Curvas de secagem da farinha de facheiro do tipo meio, para temperatura de 70 °C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli et al.

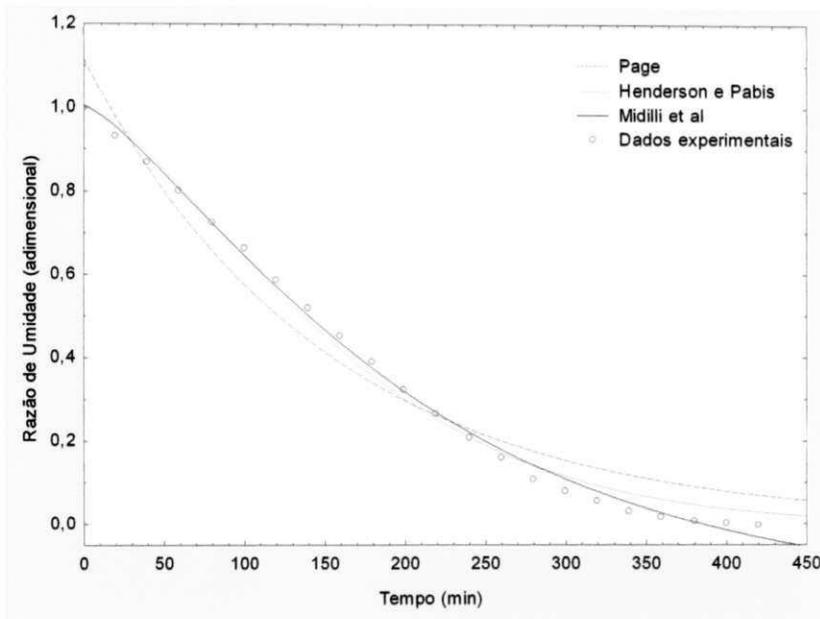


Figura 4.10. Curvas de secagem da farinha de facheiro do tipo base, para temperatura de 50 °C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli et al.

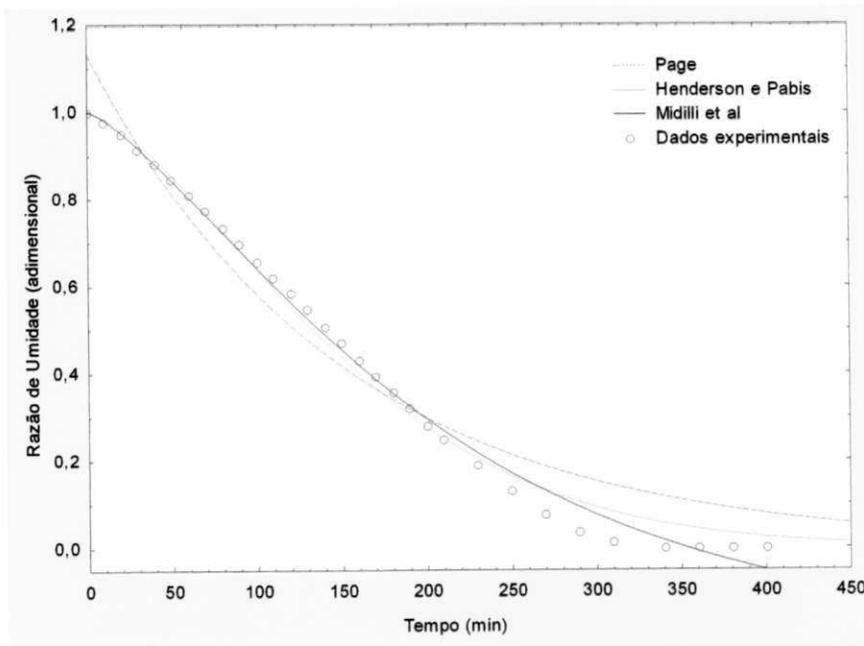


Figura 4.11. Curvas de secagem da farinha de facheiro do tipo base, para temperatura de 60 °C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli et al.

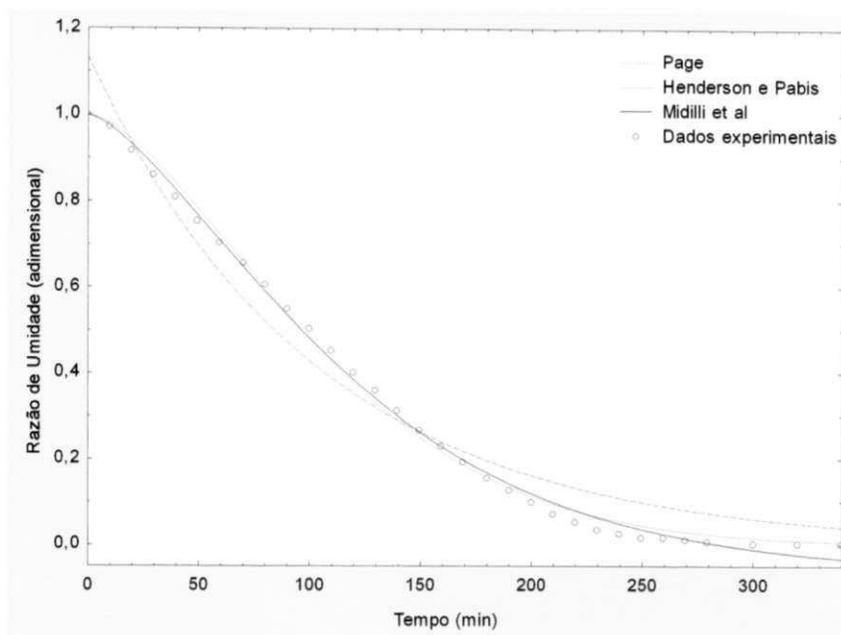


Figura 4.12. Curvas de secagem da farinha de faveiro do tipo base, para temperatura de 70 °C, com ajuste pelos modelos de Page, Henderson & Pabis e Midilli et al.

4.3. Caracterização da farinha de faveiro obtida a 60 °C

De acordo com os resultados da Tabela 4.5, é possível observar que os valores médios encontrados para a umidade e sólidos totais não diferem estatisticamente entre as farinhas da parte da extremidade e do meio, e ambos diferem estatisticamente da farinha da base. Os valores são inferiores à umidade da torta de amêndoa de Castanha-do-Brasil, reportada por SOUSA et al. (2004), de 6,70 %, e pouco superior em sólidos totais, que foi de 92,34%. O valor dos sólidos totais é próximo ao encontrado por LIMA (1996) na caracterização nutricional do faveiro, que foi de 95,99%.

Constata-se que as farinhas do faveiro obtidas a uma temperatura de 60 °C das partes: extremidade, meio e base, apresentam característica ácida, com valores de pH superiores ao da polpa in natura (Tabela 4.1) e inferiores ao da polpa da palma forrageira que, segundo ASKAR & EL-SAMANHY (1981) é de 5,80. Verifica-se que os valores do pH das farinhas são estatisticamente diferentes, sendo os valores superiores aos encontrados por LIMA et al. (2005), que correspondem a 4,69 para o pH da polpa da extremidade e do meio e, para a polpa da base, pH igual a 4,73, ao estudarem a polpa interna do faveiro, com as mesmas classificações.

Tabela 4.5. Valores médios dos parâmetros químicos e físico-químicos das farinhas de facheiro obtidas a 60 °C

Parâmetro	Farinha de facheiro		
	Extremidade	Meio	Base
Umidade (%)	4,32 ± 0,10 a	4,50 ± 0,04 a	3,96 ± 0,12 b
Sólidos totais (%)	95,68 ± 0,10 b	95,50 ± 0,04 b	96,04 ± 0,12 a
pH	5,36 ± 0,03 b	5,43 ± 0,04 a	5,13 ± 0,02 c
Acidez total titulável (%)	9,58 ± 0,34 b	9,77 ± 0,05 b	10,25 ± 0,10 a
Cinzas (%)	23,33 ± 0,29 a	21,99 ± 0,09 b	20,78 ± 0,31 c
Proteína bruta (%)	1,88 ± 0,05 a	1,55 ± 0,04 b	1,50 ± 0,04 b
Fibra bruta (%)	5,87 ± 0,16 c	6,85 ± 0,22 b	10,74 ± 0,26 a
Amido (%)	7,86 ± 0,002 c	8,48 ± 0,200 b	8,74 ± 0,028 a
Luminosidade (L*)	90,85 ± 0,05 a	90,44 ± 0,03 b	90,05 ± 0,05 c
Intensidade de vermelho (+a*)	80,81 ± 0,05 a	80,01 ± 0,09 c	80,28 ± 0,07 b
Intensidade de amarelo (+b*)	11,15 ± 0,03 a	11,04 ± 0,03 b	10,91 ± 0,04 c
Ângulo de repouso (°)	36,68 ± 0,02 b	36,70 ± 0,02 b	36,79 ± 0,03a
Tempo de escoamento (s)	42,00 ± 1,11a	43,00 ± 0,82 a	44,00 ± 1,16 a
Taxa de molhabilidade (g s ⁻¹)	0,2085 ± 0,0063a	0,2083 ± 0,0075 a	0,2080 ± 0,0050a

Umidade - DMS = 0,182; MG = 4,263; CV%=2,169; **ST** - DMS = 0,183; MG = 95,74; CV% = 0,097; **pH** - DMS = 0,057; MG = 5,30; CV% = 0,544; **ATT** - DMS = 0,419; MG = 9,869; CV% = 2,152; **Cinzas** - DMS = 0,502; MG = 22,04; CV% = 1,15 **PB** - DMS = 0,090; MG = 1,65%; CV% = 2,797 **FB** - DMS = 0,444; MG = 7,824; CV% = 2,874 **Amido** - DMS = 0,230; MG = 8,36%; CV% = 1,392; **L*** - DMS = 0,087; MG = 90,445; CV% = 0,040; **+a*** - DMS = 0,137; MG = 80,364; CV% = 0,086; **+b*** - DMS = 0,069; MG = 11,030; CV% = 0,319; **AR** - DMS = 0,045; MG = 36,72; CV% = 0,062; **TE** - DMS = 2,056; MG = 43,00; CV% = 2,421; **TM** - DMS = 0,012; MG = 0,2082; CV% = 3,035.

Os valores médios encontrados da acidez total titulável para a farinha da extremidade e do meio, diferem estatisticamente da farinha da base. A média geral da acidez total titulável das farinhas é superior ao valor encontrado por PEREIRA et al. (2005) em estudo da farinha da casca de pequi, que foi de 2,25.

Observa-se, quanto aos teores de cinzas, que são estatisticamente diferentes e se tem os maiores valores na farinha da extremidade. Os valores de cinza obtidos são próximos ao reportado por BARBOSA (1998), que foi de 23,91% (matéria seca) de cinzas

para polpa de facheiro e superiores às cinzas da palma forrageira, que é de 1,3%, de acordo com RODRIGUEZ-FELIX & CANTWEEL (1988).

Ao se tratar de proteína bruta observa-se diferença significativa entre a farinha da extremidade com relação às outras partes, sendo que as farinhas do meio e a da base não diferem estatisticamente. O valor médio da proteína bruta encontrado foi de 1,65%, diferindo pouco do reportado por BARBOSA (1998) na caracterização nutritiva do facheiro, que foi de 1,92%, e por RODRIGUEZ-FELIX & CANTWEEL (1988), que foi de 1,5% para a palma forrageira. As proteínas das farinhas de facheiro são muito inferiores à encontrada por ALVIM et al. (2002) no estudo da farinha de milho, isto é, de 9,41%.

Em se tratando de fibra bruta constatou-se que existe diferença significativa entre as farinhas das partes extremidade, meio e base, com valor médio de 7,82%. O maior valor de fibra bruta foi da farinha da base (10,74%) estando próximo ao valor relatado por LIMA (1996), que foi de 11,61%, na análise bromatológica do facheiro e inferior ao da farinha da casca do pequi, que é de 13,87% (PEREIRA et al., 2005). Quando comparado o teor de fibras das farinhas de facheiro com o da farinha de mandioca crua avaliado por FERREIRA NETO (2002) vê-se que os valores das farinhas de facheiro são superiores ao da farinha de mandioca, que foi de 2,54%.

Em relação ao amido foi possível observar que existe diferença significativa entre as farinhas das partes estudadas, com valor médio de 8,36%, muito inferior, portanto, ao valor relatado por LIMA (1996) para o facheiro, foi de 35,97%, e ao contido na farinha de mandioca crua estudada por FERREIRA NETO (2002), de 48,79% mas superior ao reportado por ALVIM et al. (2002), que foi de 4,1% para a farinha de milho.

Constata-se, através dos parâmetros da cor que, com relação à luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo, as farinhas das partes extremidade, meio e base diferem estatisticamente, sendo que a farinha da parte extremidade apresenta maior valor; da mesma forma ocorreu com a intensidade de amarelo e vermelho em que a farinha de facheiro da extremidade apresentou ou maiores valores; enquanto para as farinhas estudadas, visualmente não se detectaram diferenças significativas entre as cores das farinhas; entretanto, o colorímetro utilizado conseguiu quantificar as diferenças entre as amostras.

Com relação ao ângulo de repouso não ocorreu diferença significativa entre as farinhas da extremidade nem do meio mas ambas mantiveram diferença significativa em relação à farinha da base.

Quanto ao tempo de escoamento e à taxa de molhabilidade, não se notou diferença significativa entre as farinhas estudadas. Os valores obtidos para taxa de molhabilidade das farinhas de facheiro são superiores ao determinado por GOMES (2002), que foi de 0,0030 g s⁻¹ no estudo da acerola em pó, e observado por REIS (1999), que foi de 0,0039 g/s no estudo do abacaxi em pó. Ainda em comparação com GOMES (2002) são inferiores quanto ao ângulo de repouso e tempo de escoamento, que foram de 47,22° e 76s, respectivamente.

4.3.1. Análise granulométrica

Constam, na Tabela 4.6, os resultados da análise granulométrica das farinhas de facheiro; observa-se, de acordo com os dados apresentados e se utilizando os critérios oficiais do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 2005) que, para a classificação de farinhas de mandioca, o material estudado apresenta granulometria comparável a do subgrupo de farinha de mandioca extra fina.

Tabela 4.6. Valores médios da análise granulométrica para os três tipos de farinha de facheiro, obtida da temperatura de 60 °C

Peneira (n ^o)	Amostra retida (%)		
	Extremidade	Meio	Base
20	3,18	1,96	2,87
25	7,04	5,45	7,32
40	20,81	21,69	22,99
50	13,78	13,95	14,93
60	5,95	6,21	6,79
80	6,37	12,42	6,47
100	4,38	3,85	3,98
120	7,62	4,59	6,59
140	11,89	5,12	10,46
170	4,24	6,57	7,65
Resíduo	14,74	18,19	9,95

4.4. Estudo do armazenamento da farinha de facheiro

Para o estudo do armazenamento se utilizou uma mistura das farinhas obtidas na temperatura de 60 °C; os três tipos de farinha (extremidade, meio e base) foram misturados na proporção de 1/3 de cada tipo.

4.4.1. Umidade

Encontra-se, na Tabela 4.7, a análise de variância da umidade das farinhas de facheiro armazenadas em embalagem de polietileno, cujos resultados mostram diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 4.7. Análise de variância dos valores médios da umidade (%) da farinha de facheiro, na embalagem de polietileno

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tempo	7	12,87165	1,83881	138,1371 **
Resíduo	24	0,31948	0,01331	
Total	31	13,19112		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

GL - Grau de liberdade; SQ - Soma dos quadrados; QM. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F.

UFCC - BIBLIOTECA

Analisando-se os resultados dos valores médios de umidade da farinha de facheiro durante o armazenamento em embalagem de polietileno, apresentados na Tabela 4.8, observa-se uma tendência de aumento na umidade no decorrer do armazenamento, embora nem sempre ocorram entre tempos subseqüentes e, ainda, que os valores da umidade são estatisticamente iguais entre os tempos 20 a 40 dias, 60 a 80 dias, 100 a 120 dias e de 120 a 140 dias. Nota-se que, a partir de 80 dias, a umidade tende a uma estabilidade.

A amostra apresentou comportamento higroscópico observando-se um aumento de 45,62% entre a umidade inicial (tempo zero) e a final (tempo 140), que se deve à permeabilidade da embalagem de polietileno, permitindo a absorção da umidade do ar.

O percentual de umidade absorvido é superior ao relatado em FERREIRA NETO (2002) no estudo da farinha de mandioca durante o armazenamento de 180 dias, que totalizou 8,71%.

SOUZA et al. (1986) não constataram grandes alterações na umidade da farinha de amêndoa de castanha-do-Brasil durante 120 dias de armazenamento a temperatura ambiente, em sacos de papel alumínio contendo 100 g da amostra; posteriormente colocados em caixas de papelão, os valores oscilaram entre 3,25% no início e 2,91% no final do período.

A umidade da farinha de facheiro no final do armazenamento, apesar do aumento, ainda foi menor que o valor máximo da umidade permitido pela Legislação Brasileira (BRASIL, 2005) para a farinha de trigo integral, que é de 15,0%, e ao do farelo de soja determinado por JORGE et al. (2002) que foi de 11,6%.

Tabela 4.8. Valores médios da umidade (%) da farinha de facheiro na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Umidade (%)
0	4,2525 f
20	4,7800 e
40	5,0375 e
60	5,5575 d
80	5,7600 cd
100	5,8425 bc
120	6,0450 ab
140	6,1925 a

DMS = 0,2699; MG = 5,4332%; CV = 2,12%

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Apresentam-se, na Tabela 4.9, são apresentadas equações de ajuste do tipo linear, quadrática e exponencial, para estimativa do teor de umidade da farinha de facheiro em função do tempo de armazenamento, com os parâmetros de ajuste, coeficientes de determinação (R^2) e erro percentual (P). Nota-se que a equação quadrática apresenta coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,99, ou seja, ajusta-se muito bem aos dados experimentais podendo ser usada para predizer o comportamento da umidade com o tempo.

Tabela 4.9. Parâmetros de ajuste das equações linear, quadrática e exponencial testadas para estimativa da umidade da farinha de facheiro

Equações	Parâmetros			R ²	P(%)
	A	B	C		
U= A+Bt	4,5007	0,0134	-	0,9391	1,04
U= A+ BT+ Ct ²	4,2817	0,0244	-0,00008	0,9903	2,26
U= A e ^{Bt}	4,518	0,0025	-	0,9160	10,09

U - umidade (%); t - tempo (dia)

Na Figura 4.13 se apresentam, graficamente, os valores obtidos experimentalmente da umidade da farinha de facheiro em função do tempo de armazenamento, ajustadas por equação quadrática, onde se vê o aumento da umidade durante o período de armazenamento.

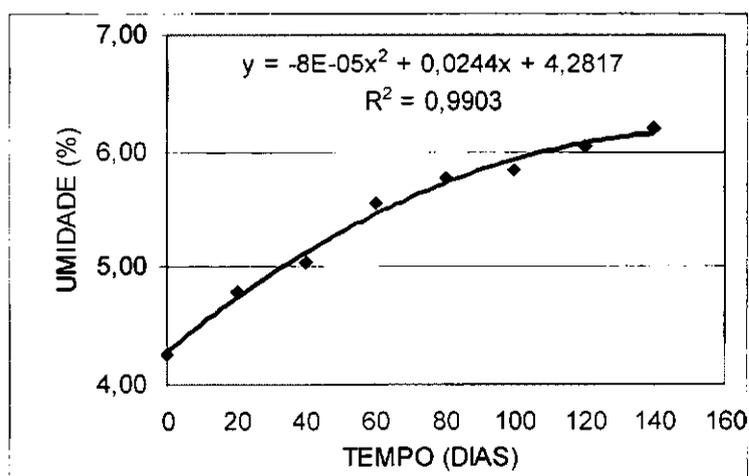


Figura 4.13. Umidade (%) da farinha de facheiro durante o armazenamento com os valores ajustados por equação quadrática

4.4.2. pH

Observa-se, na Tabela 4.10, a análise de variância do pH da farinha de facheiro na embalagem de polipropileno, verificando-se diferença significativa a nível de 1% de probabilidade pelo teste F, indicando que há diferenças entre as médias de tratamento (tempo).

Tabela 4.10. Análise de variância dos valores médios do pH na embalagem de polipropileno da farinha de facheiro

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	7	59,1273	8,4467	22,8334**
Resíduo	24	8,8783	0,3699	
Total	31	68,0056		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Analisando-se os resultados dos valores médios do pH da farinha durante o armazenamento em embalagem de polietileno, apresentados na Tabela 4.11, observa-se que o pH difere estatisticamente entre o tempo inicial (zero) e o tempo final (140 dias) do armazenamento. Os tempos intermediários diferem, porém se igualam estatisticamente entre os tempos zero e 20 dias e o fazem também em relação aos tempos 20 e 40 dias, e aos tempos 60, 80 e 100 dias; por fim, tem-se que o tempo 120 não difere estatisticamente em relação ao tempo 140 dias. Constata-se aumento no valor do pH, no final do armazenamento (1,13%), indicando que o armazenamento em embalagem de polietileno não evitou a alteração do pH. comportamento este que difere do determinado por SOUZA et al. (1986), ao estudarem o armazenamento durante 120 dias da farinha de amêndoa da castanha-do-Brasil, quando se relatou uma diminuição do pH com o valor no início do armazenamento de 6,15 e no final de 5,90. MIRANDA & EL-DASH (2002) relataram diminuição do pH da farinha de trigo durante o armazenamento, que está relacionada aos níveis de mudança e/ou aumento da acidez que, por sua vez, tem sido atribuído à deterioração por rancificação, porque no processo de moagem dos grãos de trigo o óleo e as enzimas presentes no germe são liberados.

No caso da farinha de facheiro não ocorreu diminuição do pH em razão deste produto não ser rico em lipídeos; daí não haver processos de rancificação.

PEREIRA et al. (2005) relataram valor de pH (3,84) inferior para a farinha da casca do pequi.

Tabela 4.11. Valores médios do pH da farinha de facheiro na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	pH
0	5,31 d
20	5,32 cd
40	5,33 c
60	5,34 b
80	5,34 b
100	5,35 b
120	5,36 a
140	5,37 a

DMS = 0,02; MG = 5,34; CV (%) = 0,10

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Na Figura 4.14 se apresentam, graficamente, os valores experimentais do pH da farinha de facheiro em função do tempo de armazenamento, ajustados por equação quadrática com coeficiente de determinação (R^2) de 0,9799, constituindo-se em equação satisfatória para prever o aumento do pH da farinha com o tempo de armazenamento.

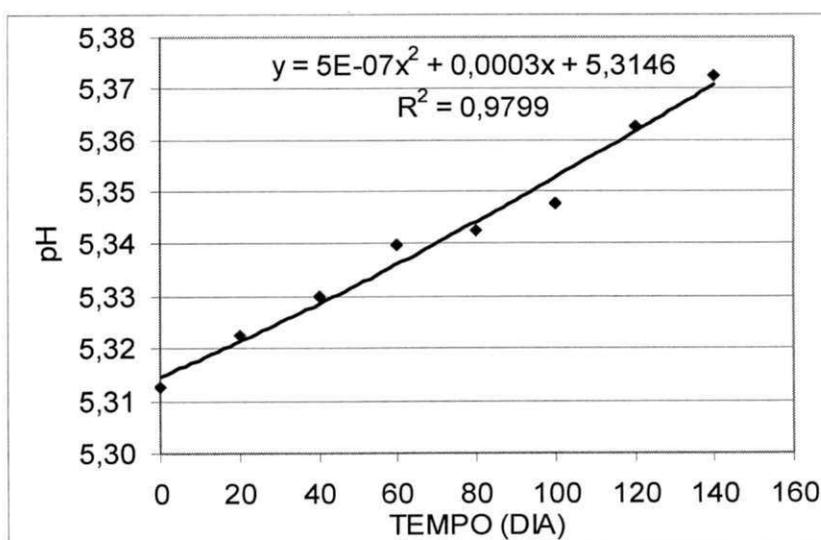


Figura 4.14. Valores de pH da farinha de facheiro durante o armazenamento com os valores ajustados por equação quadrática

4.4.3. Acidez total titulável

A Tabela 4.12 apresenta a análise de variância da acidez total titulável na embalagem de polipropileno para o armazenamento da farinha, ao qual se constata efeito significativo do tempo de armazenamento nos valores da acidez total titulável a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 4.12. Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) da farinha de facheiro

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tempo	7	12,5190	1,7884	168,3111**
Resíduo	24	0,2550	0,0106	
Total	31	12,7740		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

GL – Grau de liberdade; SQ – Soma dos quadrados; QM – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Analisando-se os resultados dos valores médios de acidez total titulável da farinha de facheiro durante o armazenamento em embalagem de polietileno, apresentados na Tabela 4.13, verifica-se tendência de redução no teor de ácido cítrico com o tempo de armazenamento e se observam diferenças significativas entre os tempos de armazenamento, exceto entre o tempo inicial e o tempo 20, entre os tempos 20 e 40 dias e entre 60 e 80 dias e, no decorrer de 140 dias de armazenamento, uma redução da acidez de 18,3%, comportamento este que se deve ao fato de que o pH aumentou, haja vista que essas propriedades apresentam comportamento inverso.

Tabela 4.13. Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) da farinha de facheiro na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Acidez total titulável (% ácido cítrico)
0	10,25 a
20	10,21 ab
40	9,99 b
60	9,73 c
80	9,62 c
100	9,36 d
120	8,81 e
140	8,37 f

DMS = 0,24; MG = 9,54% ácido cítrico; CV (%) = 1,08

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Apresentam-se, graficamente, na Figura 4.15 os valores experimentais da acidez titulável (% de ácido cítrico) da farinha de facheiro, em função do tempo de armazenamento, ajustados por equação quadrática, resultando em um coeficiente de determinação (R^2) de 0,9897, valor que pode ser considerado bom para prever a redução da acidez titulável da farinha durante o período de armazenamento.

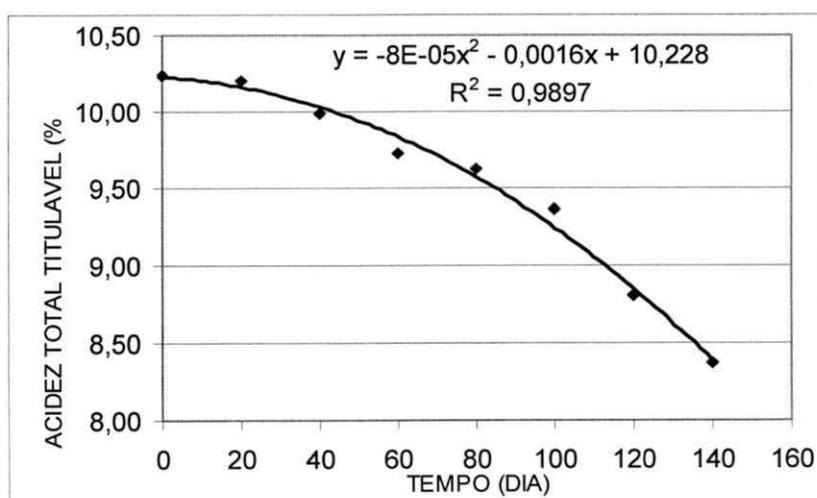


Figura 4.15. Valores da acidez titulável (% ácido cítrico) da farinha de facheiro durante o armazenamento com os valores ajustados pela equação quadrática

4.4.4. Cinzas

Na Tabela 4.14 se encontra a análise de variância do teor de cinzas na embalagem de polietileno da farinha de facheiro, verificando-se efeito significativo do tratamento a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 4.14. Análise de variância dos valores médios do teor de cinzas na embalagem de polietileno da farinha de facheiro

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tempo	7	10,70612	1,52945	53,3366**
Resíduo	24	0,68821	0,02868	
Total	31	11,39433		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. – Grau de liberdade; S.Q. – Soma dos quadrados; Q.M. – Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Estão apresentados, na Tabela 4.15, os resultados dos valores médios do teor de cinzas da farinha de facheiro durante o armazenamento em embalagem de polietileno. Do tempo zero ao tempo 20 dias obteve-se uma redução de cinzas, valor inferior ao encontrado por FERREIRA NETO (2002) que foi de 2,90% no estudo da farinha de mandioca seca, nas mesmas condições de embalagem, e superior ao de ALEXANDRE (2005) no estudo da pitanga em pó, obtendo-se uma redução no percentual de cinzas de 1,85% entre os tempos zero e vinte dias, com o mesmo tipo de embalagem, porém com quantidades de massa cerca de 8 vezes menor. A redução de cinzas no presente trabalho se deve ao fato de que houve aumento da umidade durante o armazenamento

Constata-se diferença significativa entre os valores médios das cinzas durante o armazenamento porém entre os tempos 20 a 80 dias e entre 120 e 140 dias, esses valores são estaticamente iguais, os demais tempos diferem estatisticamente entre si; observa-se também que o teor de cinzas diminui com o tempo de armazenamento, atingindo um percentual de redução de 8,64% no final do armazenamento (140 dias) em relação ao tempo inicial (0 dia).

A farinha de facheiro pode ser considerada um produto rico em minerais, já que as cinzas no tempo zero são muito superiores ao teor de cinzas máximo da farinha de trigo

integral recomendada pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 2002) que é de 2,4%.

Tabela 4.15. Valores médios do teor de cinzas da farinha de facheiro na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Cinzas (%)
0	22,03a
20	21,56 b
40	21,45 b
60	21,37 b
80	21,30 b
100	20,88 c
120	20,48 d
140	20,13 d

DMS = 0,396; MG = 21,15%; CV (%) = 0,80

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Na Figura 4.16 apresentam-se, graficamente, os valores obtidos experimentalmente do teor de cinzas (%) da farinha de facheiro, em função do tempo de armazenamento e ajustadas por equação quadrática, cujo coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,9592, constituindo-se, assim, em relação adequada para predizer a redução de cinzas da farinha, durante o período de armazenamento.

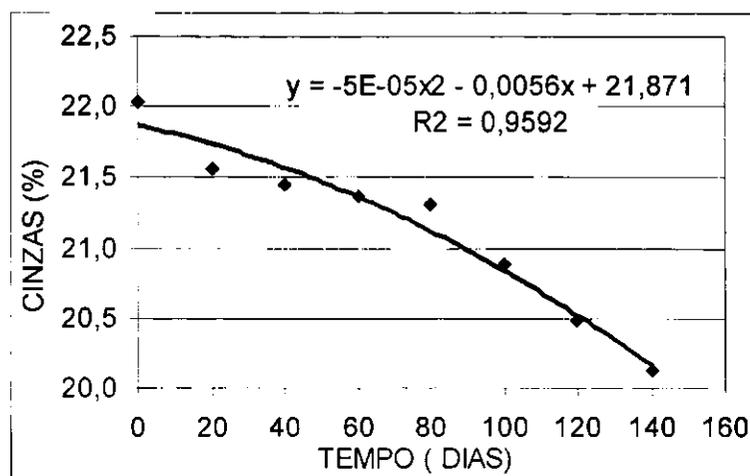


Figura 4.16. Valores de cinzas (%) da farinha de facheiro durante o armazenamento com os valores ajustados pela equação quadrática

4.4.5. Proteína bruta

A análise de variância dos valores médios de proteína bruta, na embalagem de polietileno, da farinha de facheiro, está na Tabela 4.16, na qual se verifica efeito significativo do tratamento a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

Tabela 4.16. Análise de variância dos valores médios da proteína bruta da farinha de facheiro na embalagem de polietileno

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tempo	7	0,11366	0,01624	11,6779 **
Resíduo	24	0,03337	0,00139	
Total	31	0,14703		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

GL - Grau de liberdade; SQ - Soma dos quadrados; QM - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Os valores médios da proteína bruta da farinha de facheiro na embalagem de polietileno, apresentados na Tabela 4.17, demonstram uma redução na proteína bruta durante o armazenamento, não ocorrendo diferenças significativas entre os tempos de zero e 20 dias de armazenamento, nem entre os tempos 20 a 60, 40 a 120 e 60 a 140.

UFCC - BIBLIOTECA

O percentual de redução da proteína bruta nesta embalagem do tempo zero ao tempo 20, foi de 2,4% e, ao tempo final do armazenamento, de 10,84%, percentual superior ao encontrado por FERREIRA NETO (2002) durante o armazenamento de 180 dias da farinha de mandioca, esta é, de 1,32% aos 20 dias e durante o armazenamento foi de 6,96% porém, este valor é aproximado ao determinado pelo mesmo autor em se tratando da farinha de mandioca temperada com corante cloreto de sódio, que foi da ordem de 2,41% aos 20 dias e de 10,15 ao final do armazenamento.

No início do armazenamento o valor da proteína bruta se aproxima do valor determinado por MENDEZ et al. (1995) ao avaliarem a farinha de mandioca crua que foi de 1,94% e inferior ao valor mínimo determinado pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento (BRASIL, 2005) para a farinha de trigo integral, de 8%.

Tabela 4.17. Valores médios da proteína bruta da farinha de facheiro na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Proteína bruta (%)
0	1,66a
20	1,62 ab
40	1,57 bc
60	1,54 bcd
80	1,52 cd
100	1,51 cd
120	1,51 cd
140	1,47 d

DMS = 0,70; MG = 8,14%; CV (%) = 3,67

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Tem-se, na Figura 4.17, graficamente, os valores obtidos experimentalmente da proteína bruta (%) da farinha de facheiro, em função do tempo de armazenamento, ajustadas por equação quadrática com coeficiente de determinação (R^2) de 0,9935, representando ótima predição da redução da proteína bruta da farinha, durante o período de armazenamento.

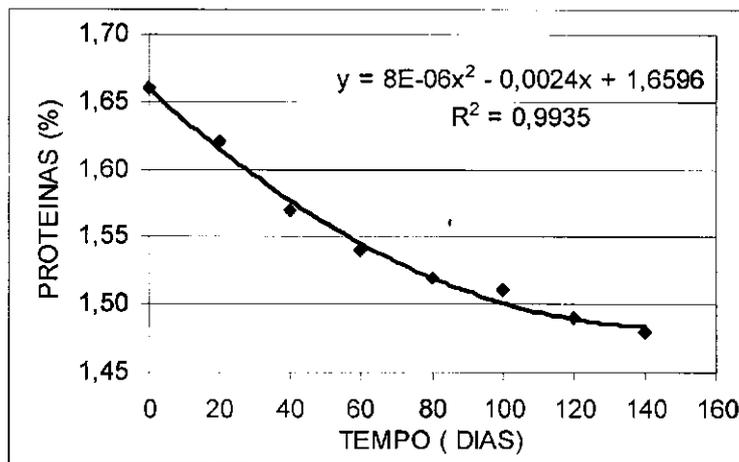


Figura 4.17. Valores de proteína bruta (%) da farinha de facheiro durante o armazenamento com os valores ajustados pela equação quadrática

4.4.6. Fibra bruta

A análise de variância dos valores médios de fibra bruta na embalagem de polietileno, da farinha de facheiro, acha-se na Tabela 4.18, na qual se verifica efeito significativo do tratamento a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F

Tabela 4.18. Análise de variância dos valores médios da fibra bruta da farinha de facheiro na embalagem polietileno

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tempo	7	2,10461	0,30066	14,3266 **
Resíduo	24	0,50366	0,02099	
Total	31	2,60827		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

GL - Grau de liberdade; SQ - Soma dos quadrados; QM - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Os valores médios da fibra bruta da farinha de facheiro na embalagem de polietileno, apresentados na Tabela 4.19, demonstram que ocorreu redução na fibra bruta durante o armazenamento, não se apresentando diferenças significativas entre os tempos de zero a 40, de 40 a 100, de 60 a 120 e de 100 a 140 dias de armazenamento.

O percentual de redução da fibra bruta nesta embalagem entre o tempo inicial e o tempo 20, foi de 0,38% e, ao final do armazenamento, de 9,48%, percentual inferior ao

encontrado por FERREIRA NETO (2002) durante os primeiros 20 dias de armazenamento então o autor reportou a uma redução de 6,31%.

O teor de fibra bruta da farinha de facheiro é superior ao do farelo de soja (5,8%), ao do milho (2,7%) e ao da farinha de varredura (2,7%) determinados por JORGE et al. (2002) e ao das farinhas de fruta pão que foram, em média, 3,6% (GIAMI et al., 2000).

Tabela 4.19. Valores médios da fibra bruta da farinha de facheiro na embalagem polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Fibra bruta (%)
0	8,00 a
20	7,98 a
40	7,69 ab
60	7,62 bc
80	7,62 bc
100	7,50 bcd
120	7,32 cd
140	7,24 d

DMS = 0,34; MG = 7,62%; CV (%) = 1,90

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Na Figura 4.18 se apresentam, graficamente, os valores obtidos experimentalmente de fibra bruta (%) da farinha de facheiro, em função do tempo de armazenamento, ajustados por equação quadrática cujo coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,9553, constituindo-se em ajuste adequado para predizer a redução da fibra bruta da farinha durante o período de armazenamento.

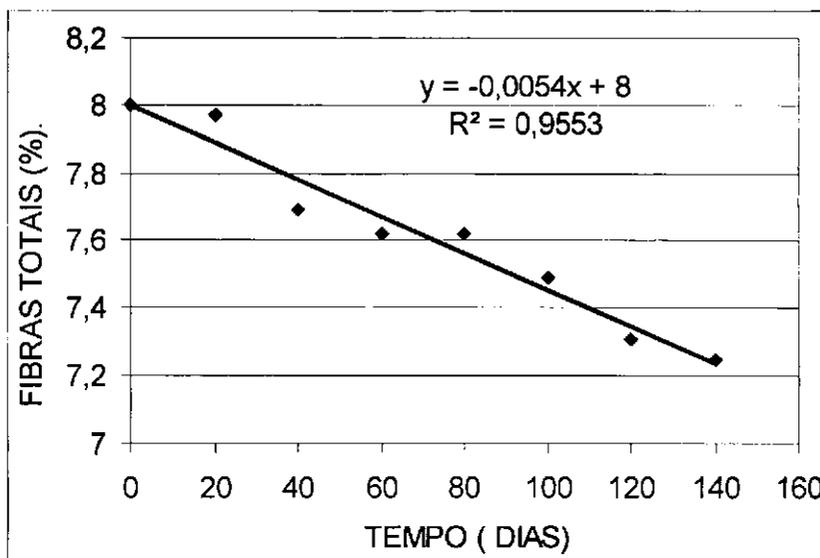


Figura 4.18. Valores de fibra bruta (%) da farinha de facheiro durante o armazenamento com os valores ajustados pela equação linear

4.4.7. Amido

A análise de variância dos valores médios de amido, na embalagem de polietileno, da farinha de facheiro, se acha na Tabela 4.20, constatando-se efeito significativo do tratamento a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 4.20. Análise de variância dos valores médios do amido da farinha de facheiro na embalagem polietileno

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tempo	7	55,79377	7,97094	89,4233**
Resíduo	24	2,13916	0,08913	
Total	31	57,93293		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

GL - Grau de liberdade; SQ - Soma dos quadrados; QM - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Os valores médios do amido da farinha de facheiro na embalagem de polietileno, apresentados na Tabela 4.21, demonstram redução no amido durante o armazenamento, com diferenças significativas entre todos os tempos, de zero a sessenta dias de

armazenamento; os tempos 60 e 80 dias não apresentaram diferenças significativas, fato que se estende também aos tempos 80 até 120 dias e de 100 a 140 dias.

O percentual de redução do amido nesta embalagem foi no final do armazenamento, de 39,23%, percentual este superior ao encontrado por FERREIRA NETO (2002) durante o armazenamento de 180 dias da farinha de mandioca, ou seja, de 4,56%; no entanto, este valor é inferior ao determinado por PRATA (1983), que foi da ordem de 75,05%.

Tabela 4.21. Valores médios do amido da farinha de facheiro na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Amido (%)
0	10,73 a
20	9,54 b
40	8,61 c
60	7,88 d
80	7,63 de
100	7,17 ef
120	7,06 ef
140	6,52 f

DMS = 0,70; MG = 8,14%; CV (%) = 3,67

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Apresentam-se, graficamente, na Figura 4.19, os valores obtidos experimentalmente de amido (%) da farinha de facheiro, em função do tempo de armazenamento, com ajuste por equação quadrática e coeficiente de determinação (R^2) de 0,9862, podendo ser considerada boa equação para predizer a redução do amido da farinha, durante o período de armazenamento.

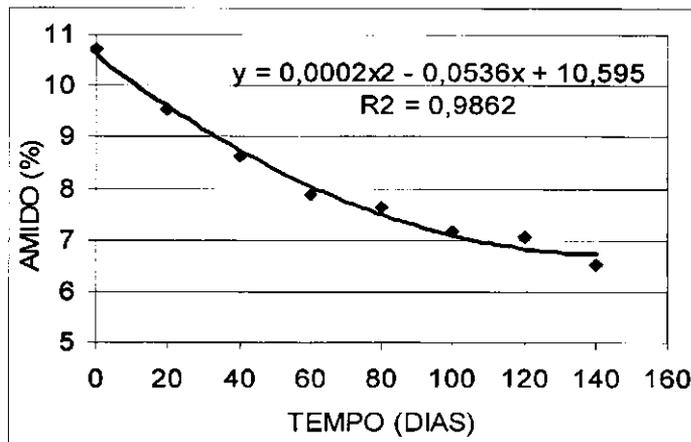


Figura 4.19. Valores do amido (%) da farinha de facheiro durante o armazenamento com os valores ajustados pela equação quadrática

4.4.8. Luminosidade

Tem-se, na Tabela 4.22, a análise de variância dos valores médios do parâmetro luminosidade (L^*) da farinha de facheiro, armazenada na embalagem de polietileno, cujos resultados apresentam diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade, pelo teste F entre os tempos de armazenamento.

Tabela 4.22. Análise de variância dos valores médios do parâmetro luminosidade (L^*) da farinha de facheiro na embalagem de polietileno

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tempo	7	48,16253	6,88036	80,1946**
Resíduo	16	1,37273	0,08580	
Total	23	49,93526		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

GL - Grau de liberdade; SQ - Soma dos quadrados; QM - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Apresenta-se na Tabela 4.23, os valores do parâmetro luminosidade das amostras embaladas em polietileno e se observa-se que a luminosidade diminuiu, indicando que o material sofreu alteração durante o armazenamento, com diferença significativa entre os tempos de armazenamento, embora não ocorra diferença significativa entre os tempos zero e 40 dias, nem entre os tempos 60 e 80 dias, 60 e 100 dias e entre os tempos 80, 120 e 140 dias.

Na embalagem de polietileno, a diferença percentual entre o tempo zero e o final do armazenamento foi de 4,3%.

Tabela 4.23. Valores médios do parâmetro luminosidade (L*) da farinha de facheiro na embalagem de polietileno, durante o armazenamento.

Tempo de armazenamento (dia)	Luminosidade (L*)
0	90,85 a
20	89,30 b
40	90,05ab
60	87,98 cd
80	87,34 de
100	88,41 c
120	86,66 e
140	86,92 e

DMS = 0,83; MG = 88,44; CV% = 0,33

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.4.9. Intensidade de vermelho (+a*)

Tem-se, na Tabela 4.24 a análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (+a*) da farinha de facheiro, na embalagem de polietileno. Pode-se observar diferença significativa pelo teste F, para o fator tempo.

Tabela 4.24. Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (+a) da farinha de facheiro na embalagem de polietileno

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tempo	7	28,54623	4,07803	44487,6299**
Resíduo	16	0,00147	0,00009	
Total	23	28,54770		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

GL - Grau de liberdade; SQ - Soma dos quadrados; QM - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Apresentam-se, na Tabela 4.25, os valores médios da intensidade de vermelho (+a*) da farinha de facheiro, ao longo do armazenamento na embalagem de polietileno; pode-se notar diferença significativa entre os valores da intensidade de vermelho, em todos os tempos do armazenamento.

O aumento da intensidade de vermelho da farinha de facheiro na embalagem de polietileno entre o tempo zero e o tempo final (140 dias) foi de 18,9%.

Tabela 4.25. Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (+a) da farinha de facheiro na embalagem de polietileno durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de vermelho (+a*)
0	8,80 f
20	8,60 g
40	8,28 h
60	9,65 e
80	10,06 d
100	11,00 b
120	11,47 a
140	10,46 c

DMS = 0,03; MG = +9,79; CV% = 0,10

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.4.10. Intensidade de amarelo (+b*)

Na Tabela 4.26 se encontra a análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b) da farinha de facheiro, na embalagem de polietileno e se verifica diferença significativa pelo teste F, para o fator tempo.

Tabela 4.26. Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) da farinha de facheiro na embalagem de polietileno

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tempo	7	29,09313	4,15616	327,7945**
Resíduo	16	0,20287	0,01268	
Total	23	29,29600		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

GL - Grau de liberdade; SQ - Soma dos quadrados; QM - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Os valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*), mostrados na Tabela 4.27, sofreram variações durante o armazenamento mas a intensidade de amarelo não apresentou diferença significativa entre os tempos 20 e 40, e 60 e 80 dias; entretanto, existe tendência de aumento de +b* com o tempo, a qual é estatisticamente confirmada durante os tempos de armazenamento.

O aumento no valor da intensidade amarelo (+b*) no final do armazenamento com relação ao tempo inicial, foi de 13,1%.

Tabela 4.27. Valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) da farinha de facheiro na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de amarelo (+b*)
0	11,57 d
20	11,04 e
40	10,92 e
60	9,77 f
80	10,08 f
100	12,21 c
120	12,58 b
140	13,09 a

DMS = 0,32; MG = +11,41; CV% = 0,99

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.4.11. Análise microbiológica

Encontram-se na Tabela 4.28, os resultados da análise microbiológica, referentes aos coliformes fecais, para a farinha de facheiro, durante os 140 dias de armazenamento; de acordo com os dados apresentados, ocorreu contaminação da amostra, não durante o processamento mas, sim, provavelmente na manipulação do material quando coletado para análise, de vê , que no decorrer de 70 dias de armazenamento, obteve-se contagem microbiológica NMP/g igual a zero, onde no início do armazenamento obteve-se uma leitura bem superior enquanto no final do armazenamento se conseguiu uma leitura inferior à do início do armazenamento.em relação a leitura de 70 dias. FERREIRA NETO et al. (2004), observou esterilidade para coliforme fecais durante o armazenamento de 180 dias da farinha de mandioca temperada

Tabela 4.28. Valores médios do parâmetro resultados das análises microbiológicas de coliformes fecais da farinha de facheiro na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Coliformes fecais (NMP g ⁻¹)
0	23,0
70	0,00
140	8,0

NMP/g –Número Mais Provável por Grama

4.5. Isotermas de adsorção de umidade

Para determinação das isotermas de adsorção de umidade nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C, utilizou-se a mesma amostra para o estudo do armazenamento, isto é, uma mistura das farinhas obtidas na temperatura de 60 °C, composta pelos três tipos de farinha (extremidade, meio e base) na proporção de 1/3 de cada tipo.

Na Tabela 4.29 se encontram os resultados dos valores experimentais da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro e suas respectivas atividades de água, nas diferentes temperaturas.

Nota-se que a umidade de equilíbrio (U_{eq}) aumenta com a elevação da atividade de água (a_w) e que, na maioria dos casos, diminui com o aumento da temperatura, cujo comportamento é similar ao reportado por PARK et al. (2001) ao estudarem o

comportamento da umidade de equilíbrio da pêra desidratada, em função da atividade de água.

Tabela 4.29. Valores experimentais da umidade de equilíbrio (U_{eq}) da farinha de facheiro em função da atividade de água (a_w) em diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	a_w	U_{eq} (b.s.)
10	0,2338	0,0500
	0,3347	0,0851
	0,4314	0,1018
	0,5736	0,1137
	0,6215	0,1253
	0,7567	0,2041
	0,8206	0,2765
	0,8677	0,3724
20	0,2311	0,0458
	0,3307	0,0581
	0,4316	0,0684
	0,5438	0,0848
	0,5914	0,0963
	0,7547	0,1720
	0,8134	0,2252
	0,8511	0,2502
30	0,2161	0,0426
	0,3244	0,0575
	0,4317	0,0632
	0,5140	0,0746
	0,5603	0,0804
	0,7509	0,1706
	0,8063	0,2240
	0,8362	0,2432
40	0,2040	0,0349
	0,3160	0,0467
	0,4320	0,0512
	0,4842	0,0670
	0,5317	0,0761
	0,7468	0,1745
	0,7991	0,2073
	0,8232	0,2371

Tem-se, na Figura 4.20, as isotermas de adsorção de umidade a 10, 20, 30 e 40 °C, da farinha de facheiro, representadas pelos valores da umidades de equilíbrio (U_{eq}) em função das diferentes atividades de água (a_w).

Nota-se que as umidades de equilíbrio aumentam com o aumento da atividade de água (a_w) e as curvas a 20, 30 e 40 °C se encontram muito próximas umas das outras. A curva referente a temperatura de 10 °C apresentou as maiores umidades de equilíbrio, ficando posicionada na parte superior da curva; para atividades de água entre 0,2 e 0,55 a umidade de equilíbrio, diminui com o aumento da temperatura. Entre as atividades de água de 0,55 a 0,75 a curva a 40 °C ficou acima das curvas a 20 e a 30 °C; para atividades de água acima de 0,75, as curvas a 20, 30 e 40 °C estão praticamente sobrepostas; Ressalta-se que o fato é semelhante ao encontrado por MOREIRA et al. (2005) no estudo das isotermas do nabo e o comportamento é típico de isotermas do tipo III, de acordo com classificação de BRUNAUER.

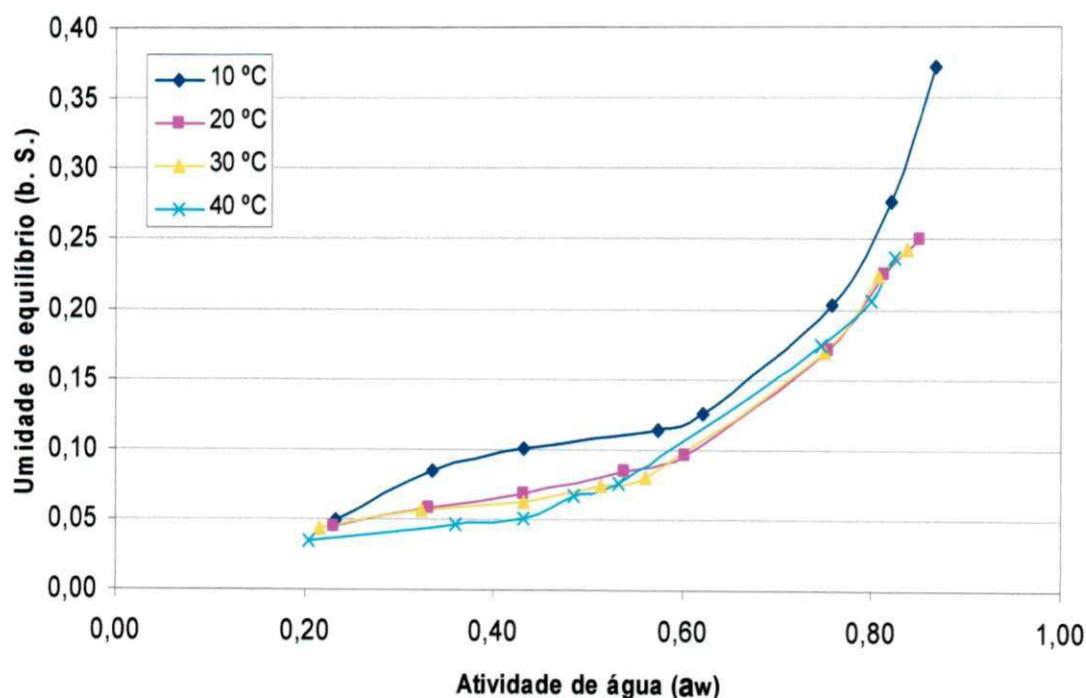


Figura 4.20. Isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro

Tem-se, na Tabela 4.30, os valores dos parâmetros dos modelos de GAB, BET modificado, Peleg, Smith, Oswin, Halsey e D'Arcy, ajustados às isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C. Encontram-se, no

Apêndice B, Tabelas B.1 a B.28, os valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, os resíduos e os erros relativos dos modelos testados.

Observa-se que os modelos de GAB, Peleg, Oswin, Halsey e D'Arcy apresentaram valores de R^2 acima de 0,99 para todas as temperaturas enquanto os modelos de BET modificado e Smith apontaram coeficientes de determinação superiores a 0,97; esses valores encontrados são semelhantes, porém superiores, ao encontrado por KAYMAK-ERTEKIN (2000), no estudo da maçã para alguns modelos citados.

Nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C o melhor modelo ajustado aos dados experimentais foi o de D'arcy, visto que apresentou os menores desvios percentuais médios (P) com valores abaixo de 6%, mas os modelos de GAB, Halsey e Oswin, nessas temperaturas, possuem valores de P inferiores a 10,8%, sendo também recomendados para estimar as isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro. A 40 °C o melhor ajuste foi conseguido com o modelo de Halsey apresentando o menor valor de P (4,93%) porém os modelos de GAB, Oswin e D'arcy tiveram desempenho satisfatório com valor de P inferior a 10% nesta temperatura. Valores próximos ao reportado por CASSINI et al. (2005), estudando as isotermas de sorção de água da proteína de soja.

Os modelos de Peleg, Smith e BET modificado, resultaram em valores de P superiores 10%, exceto no modelo de BET modificado, na temperatura de 10 °C (P = 8,19%), os quais devem ser evitados para estimar as isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro. MAYOR et al. (2005), ao determinarem das isotermas de sorção de umidade da abóbora, observaram também valores superiores a 10% de P para esses mesmos modelos estudados.

A umidade na monocamada determina o teor de umidade para uma armazenagem segura, na qual o material tem estabilidade máxima (MISHIRA et al., 1996). Em relação aos modelos de GAB e BET modificado nota-se, entre as temperaturas de 10 e 40 °C, que os valores da umidade na monocamada (X_m) diminuem com o aumento da temperatura, exceto na temperatura de 40 °C para o modelo de GAB e de 30 °C para o modelo de BET modificado. Os valores de X_m do modelo de BET modificado nas temperaturas de 20 e 30 °C, são próximos aos determinados a 25,6 °C por KUMAR (1974) em farinha de milho integral e farinha de milho degerminado, que foram de 0,0726 g/g e 0,795 g g⁻¹, respectivamente; esse mesmo pesquisador verificou também que X_m diminuiu nessas amostras quando a temperatura foi aumentada para 50 °C.

Com relação ao parâmetro C dos modelos de GAB e BET modificado, que representa o calor total de sorção da primeira camada constata-se, entre as temperaturas de

10 e 40 °C, que os valores aumentam com o aumento da temperatura, exceto na temperatura de 40 °C para o modelo de GAB em que C é ligeiramente inferior ao da temperatura de 30 °C; este comportamento é similar ao obtido por ALMEIDA et al. (1999), no estudo das isotermas do gergelim.

Quanto ao parâmetro K do modelo de GAB, que representa o fator de correção das propriedades das moléculas na multicamada com relação ao volume do líquido, observam-se valores próximos de 1,0, variando entre 0,95 e 0,99. AL-MUHTASEB et al. (2004) obtiveram valores de K variando entre 0,889 e 0,907 ao avaliarem as isotermas de adsorção de umidade do amido de batata, para a faixa entre 30 e 60 °C.

O parâmetro n do modelo de BET modificado, que representa o número de camadas, variou entre 2 e 6. ALMEIDA et al. (1999), obtiveram valores para o parâmetro n entre 3 e 4, no estudo da isoterma de adsorção de umidade do gergelim, entre temperatura de 20 e 40°C.

Os valores do parâmetro n_1 do modelo de Peleg foram menores do que um (1), e apresentaram reduções com o aumento da temperatura entre 10 e 30 °C, e de n_2 foram maiores do que um (1), também diminuindo com o aumento da temperatura entre 10 e 40 °C. Comportamento é semelhante ao reportado por NOGUEIRA (2002), ao estudar chicória em pó.

Os valores do parâmetro A e B do modelo de Smith foram menores que um (1), e não apresentaram relação padrão com as temperaturas, este comportamento é semelhante ao apresentado por CLADERA-OLIVERA et al. (2005) ao avaliarem as isotermas de dessorção do pinhão para a faixa de temperatura entre 15 e 40 °C.

Vê-se que o parâmetro A do modelo de Oswin diminuiu e o parâmetro B aumentou com o aumento da temperatura. Em relação ao parâmetro A , este comportamento é semelhante ao estudado por AL-MUHTASEB et al. (2004), ao ajustarem o modelo às isotermas de sorção do amido de batata, na faixa de temperatura entre 30 e 60 °C.

Com relação aos modelos com dois parâmetros testados, o modelo de Halsey, foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, apresentando os menores desvios percentuais médios (P); este modelo não apresentou relação entre o aumento da temperatura e os parâmetros testados, comportamento similar ao reportado por CASSINI et al. (2006), estudando as isotermas de sorção de água da proteína de soja.

O modelo de D'Arcy foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, apresentando os maiores coeficientes de determinação (R^2), exceto na temperatura de 40 °C em que os modelos de Oswin e Halsey obtiveram os maiores valores ($R^2= 0,9974$).

Tabela 4.30. Parâmetros de ajuste dos modelos das isotermas de adsorção da farinha de facheiro, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P)

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetros			R^2	P (%)		
		X_m	C	K				
GAB	10	0,0512	4,5318	0,9940	0,9966	7,76		
	20	0,0503	5,9587	0,9537	0,9965	4,92		
	30	0,0421	12,5340	0,9994	0,9952	6,66		
	40	0,0532	12,4492	0,9683	0,9974	7,03		
BET Mod.	Temperatura (°C)	X_m	C	n	R^2	P (%)		
BET Mod.	10	0,1571	1,1316	2	0,9924	8,19		
	20	0,0768	1,1744	4	0,9891	11,86		
	30	0,0826	1,1900	3	0,9856	14,22		
	40	0,0537	1,2488	6	0,9957	10,33		
Peleg	Temperatura (°C)	k_1	n_1	k_2	n_2	R^2	P (%)	
Peleg	10	0,1700	0,7205	0,8219	9,3224	0,9982	27,84	
	20	0,0906	0,4775	0,3839	5,0238	0,9987	20,30	
	30	0,6521	0,2037	0,4412	4,8593	0,9988	21,76	
	40	0,0484	0,2232	0,4022	3,9329	0,9993	15,71	
Smith	Temperatura (°C)	A	B	R^2	P (%)			
Smith	10	-0,0067	0,1623	0,9722	16,96			
	20	-0,0039	0,1301	0,9890	12,10			
	30	-0,0064	0,1332	0,9822	16,41			
	40	-0,0182	0,1411	0,9901	14,89			
Oswin	Temperatura (°C)	A	B	R^2	P (%)			
Oswin	10	0,1007	0,6769	0,9908	10,73			
	20	0,0815	0,6565	0,9958	6,94			
	30	0,0787	0,7017	0,9928	9,73			
	40	0,0719	0,7769	0,9974	7,04			
Halsey	Temperatura (°C)	A	B	R^2	P (%)			
Halsey	10	-0,0414	1,2246	0,9952	8,10			
	20	-0,0301	1,2447	0,9960	4,13			
	30	-0,0363	1,1523	0,9953	7,77			
	40	-0,0445	1,0352	0,9974	4,93			
D'Arcy	Temperatura (°C)	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	R^2	P (%)
D'Arcy	10	-0,1002	41,5935	4,7710	0,9218	0,1439	0,9983	5,88
	20	-0,0816	256,886	18,4052	0,4171	6,8278	0,9988	2,85
	30	-0,0559	513,436	26,8931	0,4901	4,0199	0,9988	2,30
	40	-0,00001	-0,0506	0,0458	0,9573	0,0535	0,9970	8,15

Na Figura 4.21 são apresentadas as isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro em quatro temperaturas (10, 20, 30 e 40 °C) ajustadas pelo modelo de Peleg. Observam-se aumentos das umidades de equilíbrio com o aumento da atividade de água. Em a_w menores que 0,3, as curvas apresentam maiores desvios em relação aos valores experimentais mas a partir da a_w de 0,35 os desvios entre os valores experimentais e os preditos diminuem. Para atividades de água compreendidas entre 0,72 e 0,85, as curvas referentes às temperaturas de 20, 30 e 40 °C possuem comportamentos idênticos, apresentando-se sobrepostas.

Entre as curvas nem sempre as isotermas apresentam separação perceptível. Devido às baixas atividades de água e à composição complexa dos alimentos, a sorção se deve aos polímeros alimentícios e o aumento da temperatura tende a deslocar as curvas para baixo em relação às abscissas (GIOIELLI & PITOMBO, 1998). Apesar deste modelo ter apresentado coeficiente de determinação superior a 0,99 não é satisfatório para representar as isotermas de adsorção da farinha de facheiro, visto que apresentou valor muito alto do desvio percentual médio ($P > 15\%$).

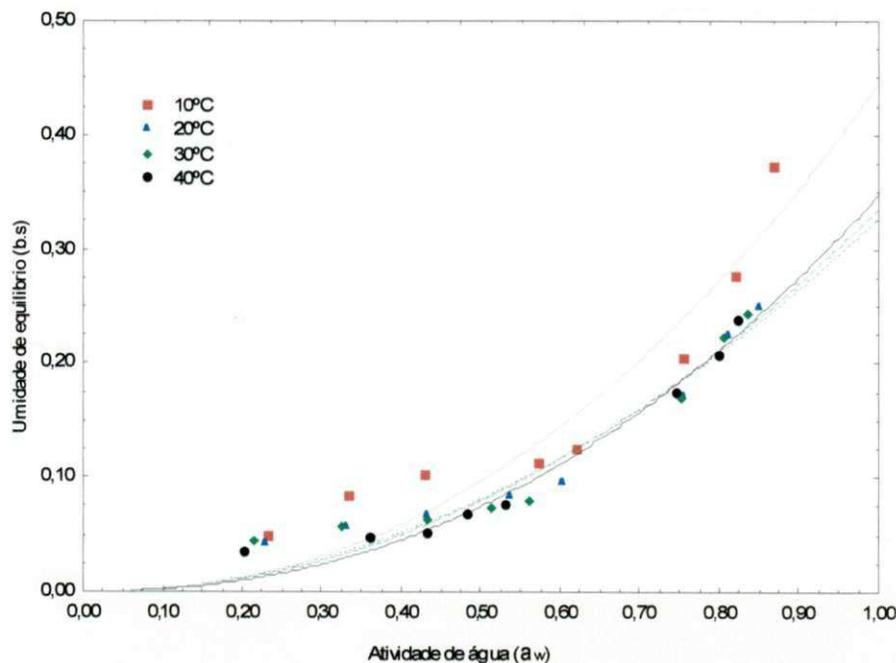


Figura 4.21. Isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro, ajustadas pelo modelo de Peleg

Na Figura 4.22 estão as isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro, nas quatro temperaturas estudadas, ajustadas pelo modelo de GAB. Verifica-se uma

pequena influência da temperatura sobre as isotermas da farinha de facheiro em todas as curvas, sendo que a curva da temperatura de 10 °C ocupa posição superior em relação às demais; entretanto, as curvas nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C se encontram em sobreposição entre as atividades de água 0,60 a 0,80. Observa-se, ainda, que as curvas de 30 e 40 °C a partir da atividade de água 0,85 ocupam posições superiores à de 20 °C; observando-se os parâmetros deste modelo não se notou relação alguma com o aumento da temperatura, comportamento obtido por ALMEIDA et al. (1999), no estudo das isotermas do gergelim.

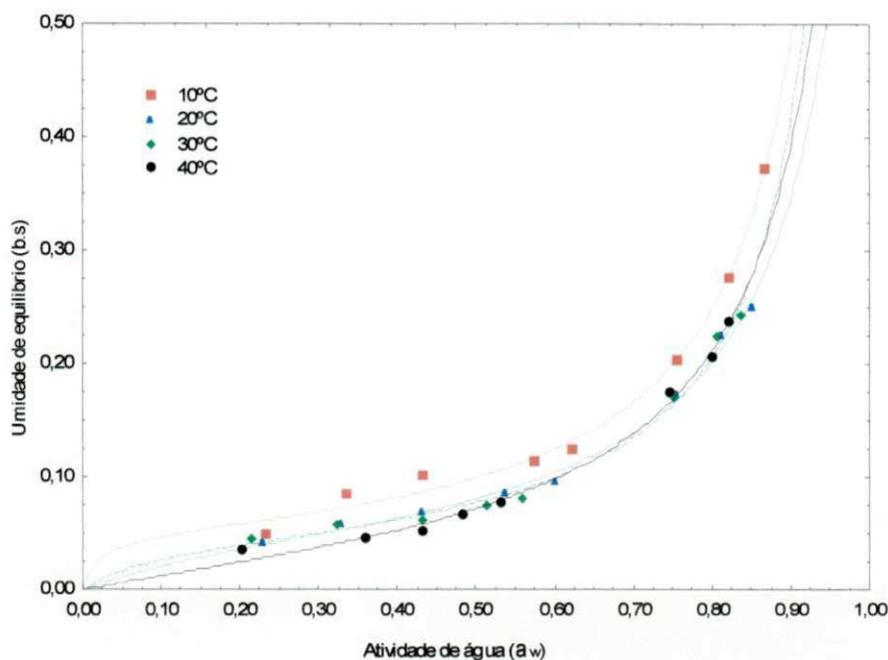


Figura 4.22. Isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro, ajustadas pelo modelo de GAB

A Figura 4.23 expõe as isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C, ajustadas pelo modelo de Oswin.

Observa-se que em a_w inferior a 0,65, as curvas ajustadas possuem comportamento semelhante ao modelo de GAB, ou seja, as curvas se acham sempre muito próximas entre si, principalmente para as temperaturas entre 20 e 40 °C; para a_w entre 0,7 e 0,8, as curvas referentes às temperaturas de 20, 30 e 40 °C se encontram sobrepostas e a partir de 0,8 a curva referente à temperatura de 40 °C cruza as curvas a 20 e a 30 °C, aproximando-se da curva a 10 °C, enquanto a curva de 20 °C cruza as de 30 e 40 °C, afastando-se da de 10 °C. Este comportamento de cruzamento de curvas de temperaturas menores, por temperaturas

maiores é semelhante ao encontrado por MASKAN & GOGUS (1998), no estudo das isotermas da amora.

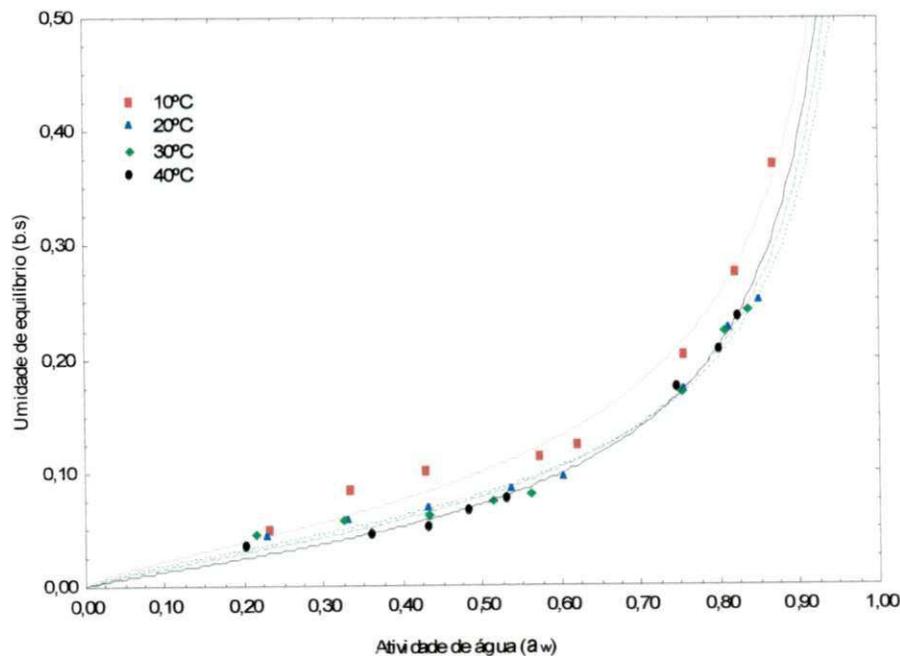


Figura 4.23. Isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro, ajustadas pelo modelo de Oswin

São apresentadas, na Figura 4.24, as isotermas de adsorção de umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, nas quatro temperaturas estudadas, usando-se o modelo de BET modificado.

Nota-se que as curvas ajustadas apresentam o mesmo comportamento do modelo de Oswin; no entanto, as curvas referentes a 20, 30 e 40 °C se sobrepõem entre a atividade de água aproximada de 0,70, e a curva referente a 40 °C cruza apenas a curva de 20 °C. Referidos intercruzamentos foram verificados por vários pesquisadores, dentre os quais estão GOMES (2002), no estudo das isotermas da acerola em pó, PEREIRA (2005) estudando as isotermas do pó da tomate, e GALDINO (2003), no estudo do pó de umbu.

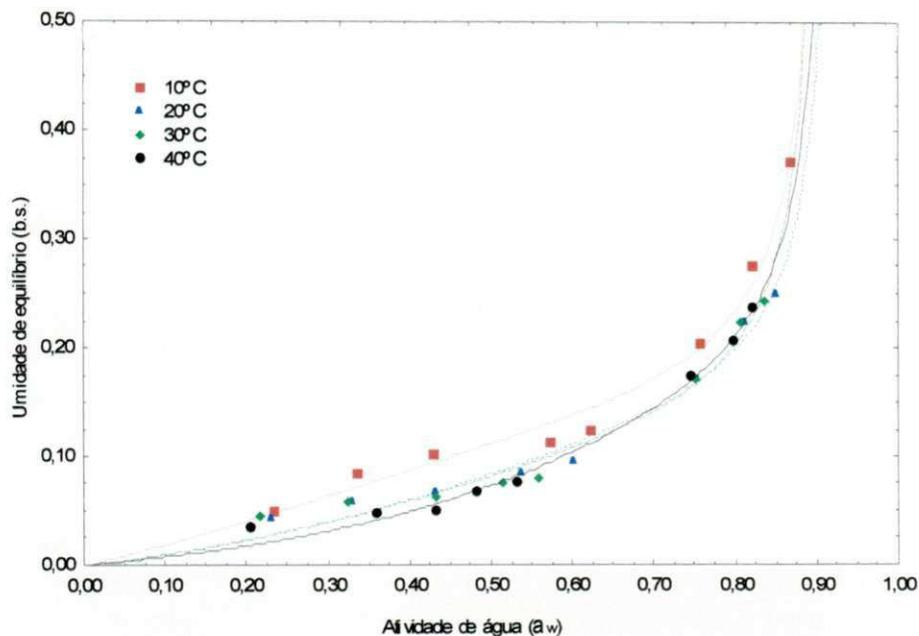


Figura 4.24. Isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro, ajuste pelo modelo de BET modificado

As isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro nas quatro temperaturas estudadas, ajustadas pelo modelo de Smith, estão na Figura 4.25, verificando-se que não houve grande influência da temperatura sobre as umidades de equilíbrio da farinha de facheiro em toda a faixa de a_w , para as temperaturas de 20, 30 e 40 °C; no entanto, entre o intervalo de atividades de água 0,65 a 0,85, as curvas a essas temperaturas se sobrepõem, mantendo comportamento semelhante ao das curvas ajustadas pelo modelo de Oswin.

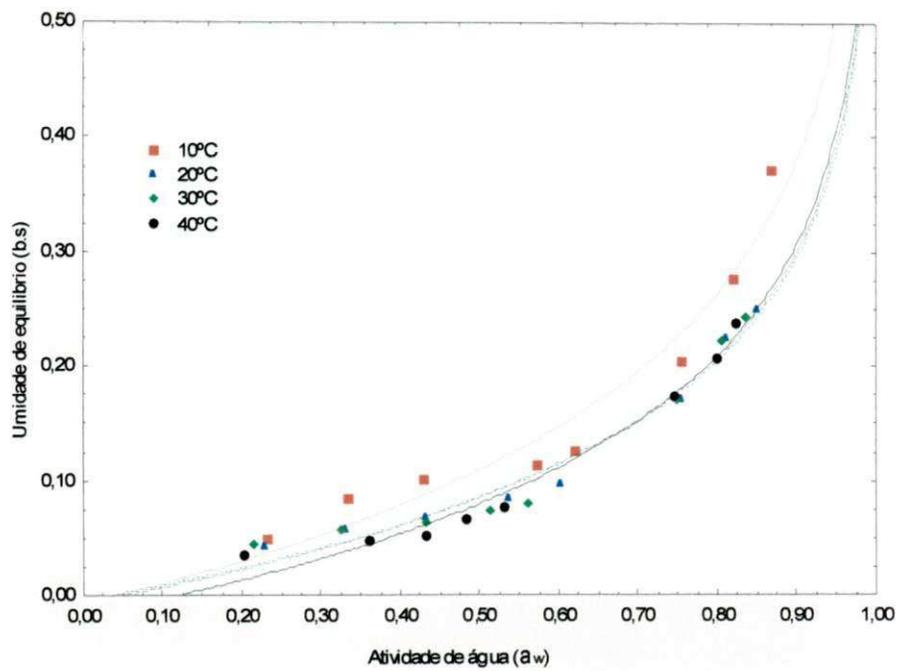


Figura 4.25. Isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro, ajuste pelo modelo de Smith

Tem-se, na Figura 4.26, as isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro, nas quatro temperaturas estudadas e ajustadas pelo modelo de Halsey. Não se contata grande diferença entre as curvas das temperaturas de 20 e 30 °C até a a_w de 0,75 na que a partir desta atividade de água, essas curvas cruzam a de 40 °C que, por sua vez, se aproximam da curva a 10 °C, enquanto as de 20 e 30 °C se afastam.

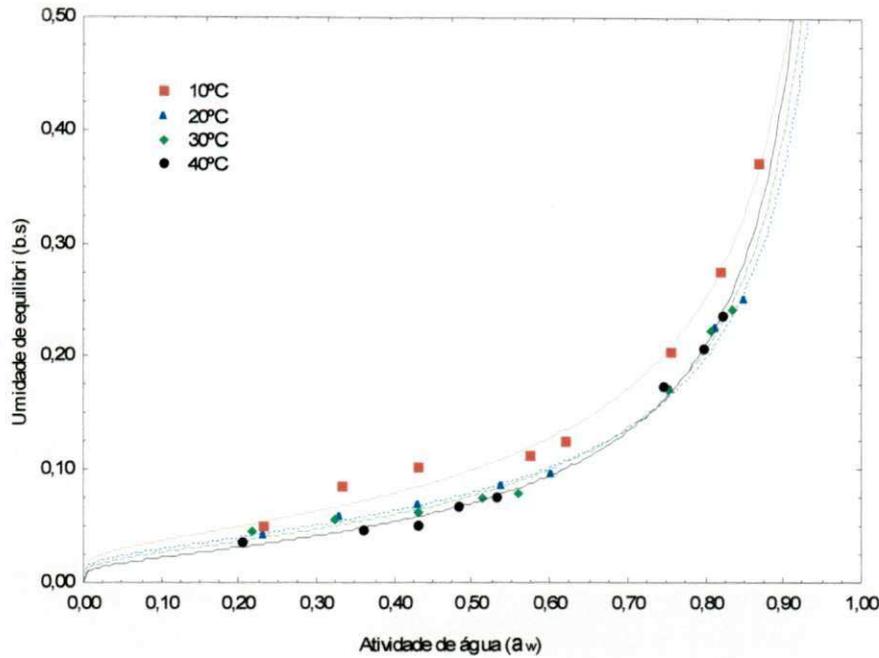


Figura 4.26. Isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro, ajuste pelo modelo de Halsey

As isotermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro nas quatro temperaturas estudadas, ajustadas pelo modelo de D'Arcy, estão apresentadas na Figura 4.27, na qual se nota que não existe grande influência da temperatura sobre isotermas entre as atividades de água de 0,50 a 0,80 para as temperaturas de 20, 30 e 40 °C, porém se observa o distanciamento da curva a 10 °C em toda a faixa de atividade de água, e isto é semelhante para todos os modelos estudados. Vê-se que, de maneira geral, os valores experimentais se aproximam dos valores preditos para as quatro temperaturas estudadas evidenciando que este modelo resultou em melhor ajuste para as quatro temperaturas em relação aos outros modelos utilizados.

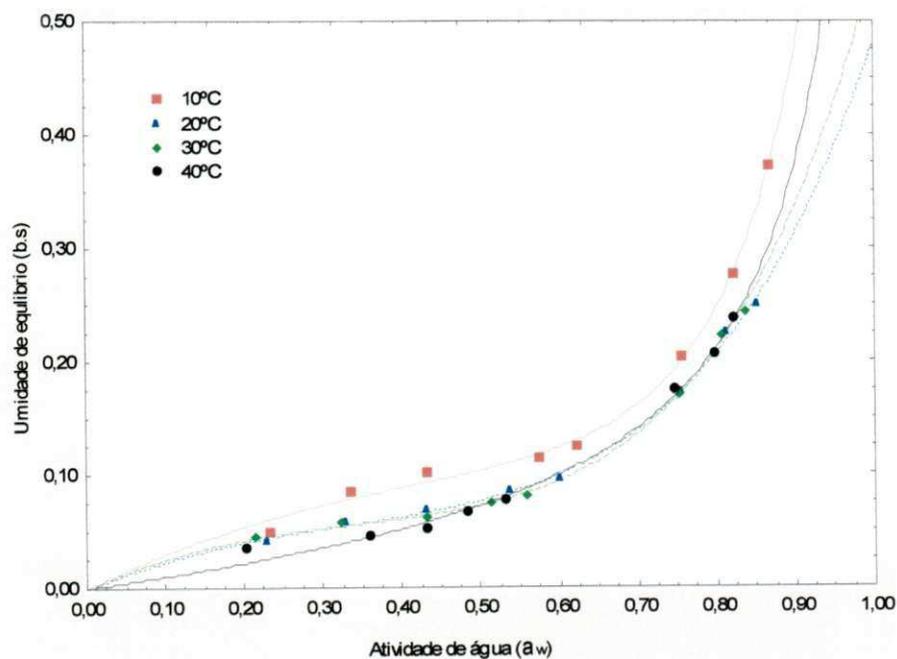


Figura 4.27. Isothermas de adsorção de umidade da farinha de facheiro, ajuste pelo modelo de D'Arcy

UFPA - INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
 DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
 LABORATÓRIO DE QUÍMICA ANALÍTICA

5. CONCLUSÕES

As polpas extraídas das diferentes partes (extremidade, meio e base) do facheiro, são estatisticamente diferentes quanto ao teor de umidade, sólidos solúveis totais, cinzas, amido e parâmetros da cor (luminosidade, intensidade de vermelho e amarelo).

Detectaram-se diferenças nos tempos de secagem das amostras, apresentando os menores tempos a polpa da base, intermediários a polpa do meio e maiores a polpa da extremidade.

Dentre os modelos ajustados aos dados de cinética de secagem das diferentes polpas de facheiro, o de Midilli et al. apresentou os maiores valores de R^2 .

Durante o armazenamento da mistura das farinhas de facheiro secas a 60 °C, a acidez total titulável, cinzas, proteínas, amido e fibras, sofreram reduções enquanto a umidade e o pH aumentaram durante o armazenamento. Com relação aos parâmetros de cor, a luminosidade sofreu redução, enquanto a intensidade de vermelho e amarelo aumentou durante o armazenamento.

O modelo de D'Arcy resultou nos melhores ajustes às isotermas de adsorção de umidade da mistura das farinhas secas a 60 °C.

Nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C o melhor modelo ajustado às isotermas de adsorção de umidade da farinha misturada foi o de D'Arcy, visto que apresentou os menores desvios percentuais médios ($P < 6\%$), e, a 40 °C, o melhor ajuste foi conseguido com o modelo de Halsey ($P = 4,93\%$).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABALONE, R.; GASTON, A.; CASSINERA, A. LARA, M. A. Thin layer drying of Amaranth seeds. **Biosystems Engineering**, London, v. 93, n. 2, p. 179-188, 2006

AKPINAR, E. K.; Determination of suitable thin layer drying curve model for some vegetables and fruits. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 73, n. 1, p. 75-84, 2006

ALDRIGUE, M. L.; MADRUGA, M. S.; FIOREZE, R.; LIMA, A. W. O.; SOUSA, C. P. **Aspecto da ciência e tecnologia de alimentos**. João Pessoa: UFPB, 2002. v. 1, 198 p.

ALEXANDRE, H. V. **Secagem e armazenamento da polpa de pitanga**. 2005. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

ALMEIDA, F. A. C.; FONSECA, K. S.; GOUVEIA, J. P. G. Secagem natural de gergelim e determinação da umidade de equilíbrio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 343-348, 1999.

AL-MUNHTASEB, A. H.; MCMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. Water sorption isotherms of starch powders Part 1: mathematical description of experimental. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 61, n.1, p. 297-307, 2004.

ALVES, R. E. **Qualidade de acerola submetida a diferentes condições de congelamento, armazenamento e aplicações pós-colheita de cálcio**. 1999. 117 f. (Doutorado em Ciências de Alimentos) Universidade Federal de Lavras, Lavras.

ALVIM, I. D.; SGARBIERI, V. C.; CHANG, Y. K. Desenvolvimento da farinha de Milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22 n. 2, p. 170-176, 2002.

ARAÚJO, M. E. R.; ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; SILVA, M. M. Atividade de água em goiaba (*Psidium guajava* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola. CD Rom.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. 16. ed. Maryland: AOAC, 1997. 1141p.

AZEREDO, H. M. C.; FARIA, J. A. F; AZEREDO, A. M. C. Embalagens ativas para alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 3, p. 337-341, 2000.

AZEREDO, H. M. C.; BRITO, E. S. Alterações físicas durante a estocagem. In: AZEREDO, H, M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2004. cap. 3, p. 65-76.

AZEREDO, H. M. C.; PINTO, G. A. S.; BRITO, E. S.; AZEREDO, R. M. C. Alterações microbiológicas durante a estocagem. In: AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. cap. 1, p. 19-35.

AZEVEDO, R. A.; ARRUDA, P.; TURNER, W. L.; LEA, P. J. The biosynthesis and metabolismo of the aspartate derived amino in higher plants. **Phytochemistry**, Irlanda, v. 46, n.3, p. 395-419, 1997.

BARBOSA, H. P. **Tabela de composição de alimentos do estado da Paraíba: setor agropecuário**. 2. ed. João Pessoa: UFPB, 1998. 128 p.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Ateneu, 1998. v. 3, 316 p.

BERGEROT FILHO, J. **Embalagens convertidas: seminário de embalagens flexíveis para alimentos**. ITAL, 1980.63 p.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução a química dos alimentos**. Campinas, Fundação Cargil, 1985. 306 p.

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

BOUQUET, R.; CHIRIFE, J.; IGLESIAS, H. A. Equationa for fitting water sorption isotherms os food: II. Evaluations of various two-parameter models. **Journal of Food Tecnology**, London, v. 13,n. 4,p. 319-327,1978.

BOZKIR, O.Thin-layer during and mathematical modeling for washer dry apricots. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 77, n.1, p. 146-151, 2006.

BRASIL. Instrução Normativa n.º 8, de 2 de junho de 2005. Aprova o Regulamento Técnico de Identificação e Qualidade da farinha de trigo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 3 jun. 2005.

BRASIL, I. M.; GUIMARAES, A. C. L. **Curso de especialização em tecnologia de processamento de sucos e polpas tropicais: química e bioquímica do processamento**. Brasília: ABEAS, 2000. v. 5, 109 p.

BRASIL. Portaria nº 554, de 30 de agosto de 1995. Estabelece a norma de identificação e qualidade, acondicionamento e transporte de farinhas de mandioca para fins de comercialização. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 1 set. 1995. Seção 113515.

BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. Theory and simulation of grain drying. In: BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. W **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: The AVI Publishing Company, 1992. p. 205-240.

BRUNAUER, S.; DEMING, L. S.; DEMING, W. E.; TROLLER, E. On the theory of van der waals adsorption of gases. **Journal of the American Chemical Society**, Easton, v. 62, n. 7, p. 1723-1732, 1940.

CABRAL, A. C. D; MADI, L. F. C.; SOLER, R. M.; ORTIZ, S. A. **Embalagem de produtos alimentícios**. São Paulo: Secretaria da Indústria e Comércio, Ciências e Tecnologia do Estado de São Paulo, 1983. 338 p.

CABRAL, A. C. D.; FERNANDES, M. H. C. Aspectos gerais sobre a vida-de-prateleira de produtos alimentícios. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimento**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 371-479, 1980.

CALVO, C. Atlas de color: fundamentos y aplicaciones. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, Valencia, v. 29, n. 1, p. 15-29, 1989.

CÂMARA, G. M. S.; GODOY, O. P.; MARCOS FILHO, J.; LIMA, U. A. **Mandioca produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio e Tecnologia do Estado de São Paulo, 1982. 80 p. (Serie Extensão Agroindustrial, 4).

CANTWELL, M. Manejo pós-colheita de frutas e verduras de palma forrageira. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; BARRIOS, E. P. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. João Pessoa: SEBRAE/FAO, 2001. p. 123-139.

CARVALHO, C. W. L; MANTOVAN, D. M. B; CARVALHO, P. R. N; MORAES, R. M **Análises químicas de alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1990. 121 p.

CASSINI, A. S.; MARCZAK, L. D. F.; NOREÑA, C. P. Z. Water adsorption isotherms of texturized soy protein. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 77, n. 1, p. 194-199, 2006.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. L. Processamento do fruto do imbuzeiro (*Spondias tuberosa*. Arr. Cam.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1. p. 252-259, 2000.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1999. 212 p.

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

CHAVES, J. B. P. **Controle de qualidade para a indústria de alimentos**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1994. 98 p.

CHAVES, M. da C. V.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; LEITE, J. C. A. SILVA, F. L. H. Caracterização físico-química do suco da acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 121-133, 2004.

CHINNAN, M.S.; BEUCHAT, L.R. Sopthion isotherms os whole cowpeas and flours. **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, London, v. 18, n. 2, p. 83-88, 1985.

CHIRIFE, J.; IGLESIAS, H. A. Equations for fitting water sorption isotherms of foods: Part 1 – a review. **Journal of Food Technology**, London, v. 13, n. 3, p. 159-174, 1978.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 113 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1990. 320 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CIABOTTI, E. D.; BRAGA, M. E. D.; CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M. Alterações das características físico-químicas da polpa de maracujá amarelo submetido a diferentes técnicas de congelamento inicial. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 51-60, 2000.

CLADERA-OLIVERA, F.; NOREÑA, C. Z. P.; WADA, K.; MARCZAK, L. D. F. Alternativas tecnológicas do processamento e armazenamento do pinhão. In: SIMINÁRIO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA, OKTOBER FÓRUM – PPGEQ, 2005. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2005.

CNIP – **Centro Nordestino de Informações sobre Plantas**. Disponível em: <<http://umbuzeiro.cnip.org.br/db/pnechk/uses/u18.html>>. Acesso em 12 nov 2005.

CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura/IBDF, 1984. v. 3, 646 p.

CRUZ, G. A. **Desidratação de alimentos**. São Paulo: Globo, 1990. 270 p.

DANTAS, M. O.; BRAZ, J. R. B.; BRITTO, L. H. R.; FARIAS, S. C.; AMANCIO, D.; ALVES, J. N.; SOUSA, E. B. C.; C. JUNIOR, S. B. D. Cinética ruminal de ovinos alimentados com cactáceas e bromeliáceas do semi-árido paraibano. **Agrociência**. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/agrociencia/artigo/49>> Acesso em: 13 jan. 2006.

DOYMAZ; I.; Drying behaviour of green beans. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 69, n. 2, p. 161-165, 2005

DOYMAZ; I.; PALA, M. The thin-layer drying characteristics of corn. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 60, n. 2, p. 125-130, 2003.

DOYMAZ; I.; TUGRUL, N.; PALA, M. Drying characteristics of dill and parsley leaves. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 77, n. 3, p. 559-565, 2006.

EL-DASH, A. A.; CAMARGO, C. O. DIAZ, N. M. **Fundamentos da tecnologia da panificação**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 394 p. (Série Tecnologia Agroindustrial).

ERTERKIN, C.; YALDIZ, O. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 63, n. 3, p. 349-359, 2004.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia dos alimentos**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 1994. 270 p.

FARIAS, E. S.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, L. A.; NASCIMENTO, J. Secagem de cajá em um secador de leito fixo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2002, Belém. **Anais...** SBF: Belém, 2002. CD.

FARIAS, S. N. **Secagem de sólidos esferóides usando o método de Gallerkin**. 2002. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

FAUCON, P. **Gardenig in Arizona**. Disponível em: <http://www.desert-tropicals.com/Plants/Cactaceae/Facheiroa_squamosa.html>. Acesso em: 9 nov. 2005.

FERREIRA, A. B. H. **Novo Aurélio século XXI: o dicionário da língua portuguesa**. 3. ed. Rio de Janeiro. Nova Fronteira, 1999. 2128 p.

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

FERREIRA NETO, C. J.; NASCIMENTO, E. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Microbiologia de Farinha de Mandioca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 551-555, 2004.

FERREIRA, V. L. P. **Princípios e aplicações da calorimetria em alimentos**. Campinas: ITAL, 1991. 86 p.

FRANCIS, F. J. Colorimetry of foods. In: PELEG, M.; BAGLEY, E.B. **Physical properties of foods**. Westport: The Avi Publishing Company, 1983, p.105-123.

FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargil, 2001. v. 1, 224 p. (Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas).

FREIRE, J. T. **Tópicos especiais de secagem**. São Carlos: UFSCar, 1992. v. 1, 330 p.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 1988. 284 p.

GIAMI, S.; ADINDU, M. N.; MANDAY, O.; AKUSU; EMELIKE, J.N.T.; Compositional, functional and storage properties of flours from raw and heat processed African breadfruit (*Treculia africana* Decne) seeds. **Plant foods for human nutrition**, Springer Netherlands, v. 55, n. 4, p. 357-368. 2000.

GIOIELLI, L. A.; PITOMBO, R. N. M. Conservação de alimentos pelo controle de umidade. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. cap. 6, p. 123-152.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Caracterização e isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 157-165, 2002.

GOMES, P. M. A. **Estudo da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C) desidratada no leite de jorro**. 2002. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

GOULD, W. A. Composition of tomatoes. **Tomato production processing and quality evaluation**. Westport: The AVI, Publishing Company 1991.445p.

GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. H. Estudo da cinética de secagem de gengibre em um secador de leito fixo. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 20-27, 1999.

GREENSPAN, L. Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. **Journal of Research of the National of Bur. of Standards**, Gaithersburg, v. 81, n. 1, p. 89-96, 1977.

GUIZZO, J. **Série atlas visual das plantas**. 3.ed. São Paulo: Ed. Ática, 1994. 50 p.

HALSEY, G.; Physical adoption on uniform surfaces. **Journal of Chemical Physics**, Woodbury, v. 16, n.10, p. 931-937, 1985.

HOFFMANN, W. Etnobotânica. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; BARRIOS, E. P. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. João Pessoa: SEBRAE/FAO, 2001. p. 12-19.

ICMFS. COMISSÃO INTERNACIONAL PARA ESPECIFICAÇÕES MICROBIOLÓGICAS DOS ALIMENTOS. São Paulo: Varela, 1997. 377 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3 ed. São Paulo: o Instituto, 1985. v. 1, 533p.

JONSTON, M. R. Light reflectance meter measures degree of milling and parboiling of parboiled rice. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 42, n. 2, p. 168-174, 1965.

JORGE, J. R. V.; ZEOULA, L. M.; PRADO, I. N.; GERON, L. J. V. Substituição do milho pela farinha de varredura (*Manihot esculenta*, Crantz) na ração de bezerros holandeses: 2. digestibilidade e valor energético. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 205-212, 2002.

KAYMAK-ERTEKIN, F.; SULTANOGLU, M. Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apples. **Journal Food Engineering**, Essex, v. 46, n. 2, p. 243-250, 2000.

KEEY, R. B. **Drying: principles and practice**. Oxford: Pergamon Press, 1972. 358 p.

KRAMER, A.; TWIGG, B. A. **Fundamentals of quality control for the food industry**. Westport: The Avi Publishing Company, 1970. 512 p.

KRAMER, V.; GINKEL, L. V. Rapid determination of crude fibre in cereal. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 29, n. 4, p. 239-251, 1952.

KROKIDA, M. K.; KARATHANOS, V. T.; MAROULIS, Z. B.; MAROULIS-KOURIS, D. Drying kinetics of some vegetables. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 59, n. 4, p. 391-403, 2003.

KUMAR, M. Water vapor adsorption on whole corn flour, degemmed corn flour, and germ flour. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 9, n. 4, p. 433-444, 1974.

LANARA - Laboratório Nacional de Referencia Animal. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes: II - métodos físicos e químicos**. Brasília: Ministério da Agricultura, 1981. v. 2.

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. 201-207, 2002.

LAUDANI, H. Protection of food from inset damage during long-term storage. **Food Technology**, Chicago, v. 17, n. 12, p. 1522-1527, 1963.

LEITÃO, M. F. F. Microbiologia de frutas tropicais e seus produtos. In: **Alguns aspectos tecnológicos das frutas tropicais e seus produtos**. São Paulo: ITAL, 1980. p. 83-126. (Série Frutas Tropicais, 10).

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 65-69, 2002.

LIMA, E. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SILVA, A. S. **Estudo das polpas do facheiro em função da parte do ramo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34., 2005, Canoas. **Anais...** Canoas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2005. CD Rom.

LIMA, J. L. S. **Plantas forrageiras das caatingas: usos e potencialidades**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1996. 44 p.

LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. P. Evaluation of food moisture sorption isotherm equations: Part II - milk, coffee, tea, nut, oilseeds, spices and starchy foods. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, Zurich, v. 18, n. 1, p. 118-124, 1985.

MADI, L. F. C.; GAZETA, E. F.; SOLER, R. M.; CABRAL, A. C. D.; ALVIM, D. D. Características dos atuais materiais flexíveis nacionais para embalagens de alimentos. **Coletânea ITAL**, v. 20, n. 2, p. 35-67, 1988.

MAYOR, L.; MOREIRA, R.; CHENLO, F.; SERENO, A. M. Water sorption of fresh and partially osmotic dehydrated pumpkin parenchyma and seeds at several temperatures. **European Food Research and Technology**, Berlim, v. 220, n. 2, p. 163-167, 2005.

MARKAKIS, P. Stability of anthocyanins in foods. In: MARKAKIS, P. **Anthocyanins as foods colors**. New York: Academic Press, 1982. 163 p.

MARTINS, J. H.; MATA, M. E. R. M. **Introdução a teoria e simulação matemática de secagem de grãos**. Campina Grande: Núcleo de Tecnologia em Armazenagem/UFPB, 1984. 104 p.

MASKAN, M.; GÖGÜS, F. Sorption isotherms and drying characteristics of mulberry (*Morus alba*). **Jornal of Food Engineering**, Essex, v. 37, n. 4, p. 437-449, 1998.

MEDEIROS, M. F. D.; ALSINA, O. L. S.; ROCHA, S. C.; JERÔNIMO, C. E. M.; MATA, A. L. M. L.; MEDEIROS, U. K. L.; FURTUNATO, A. A. Escoabilidade de leitos de partículas inertes com polpa de frutas tropicais: efeito na secagem em leito de jorro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 475-480, 2001.

MEDEIROS, M. L.; AYROSA, A. M. I. B.; LANNES, S. C. S. Comportamento higroscópico de derivados do cupuaçu e do cacau. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA, 2002. CD Rom.

MENDEZ, M. H. M.; DERIVI, S. C. N.; RODRIGUES, M. C. R.; FERNANDES, M. L. **Tabela de composição de alimentos: amiláceas, cereais e derivados, frutas, hortaliças, leguminosas, nozes e oleaginosas**. Niterói: EDUFF, 1995. 41p.

MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAR, Z. A new model for single-layer drying. **Drying Technology**, Philadelphia, v. 20, n. 7, p. 1503–1513, 2002.

MIRANDA, M. Z.; EL-DASH, A. Farinha integral de trigo germinado: 3. características nutricionais e estabilidade ao armazenamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 216–223, 2002.

MISHRA, V. K.; ORAIKUL, B.; TEMELLI, F. Physical characterization and water sorption of freeze dried dulse *Palmaria palmata* powder. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 20, n. 1, p. 25-39, 1996.

MOLINA, S. M. G.; GAZIOLA, S. A.; LEA, P. J.; AZEVEDO, R. A. Manipulação de cereais para acúmulo de lisina em sementes. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 205-208, 2001.

MOHAMED, L. A.; KOUHILA, M.; JAMALI, A.; LAHSASN, S.; KECHAOU, N.; MAHROUZ, M. Single layer solar drying behavior of *Citrus aurantium* leaves under forced convection. **Energy Conversion and Management**, Oxford, v. 46, n. 9-10, p. 1473-1483, 2005.

MOREIRA, R.; CHENLO, F.; VÁZQUEZ, M. J.; CAMEÁM, P. Sorption isotherms of turnip top leaves and stems in the temperature range from 298 to 328K. **Journal de Food Engineering**, Essex, v. 71, n. 2, p. 193-199, 2005.

MOTTA, J. D. **Construção e avaliação do colorímetro para produtos agrícolas** 2005. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

MWITHIGA, G.; OLWAL, J. O. The drying kinetics of kale (*Brassica oleracea*) in a convective hot air drier. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 71, n. 4, p. 373-378, 2005.

- NASCIMENTO, J. **Estudo da cinética de secagem de banana (*Musa acuminata L.*)**. 2002. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- NASCIMENTO, T. E.; RAMOS, J. D.; MENEZES, J. B. Características físico-químicas do maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa Degener*) produzido em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 20, n. 1, p. 33-38, 1998.
- NOGUEIRA, R.I. **Efeito da secagem de raízes de chicória na obtenção de inulina**. 2002. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- OKADA, M.; VITALI, A. A.; TEIXEIRA NETO, R. O.; CARVALHO, R.; JARDIM, D. C. P. **Desidratação de frutas e hortaliças**. ITAL: Campinas, 2002. 10 p. (Manual Técnico).
- OLIVEIRA, F. M. N.; ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, A. R. Características físico-químicas da polpa e casca do fruto do mandacaru. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19., 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBCTA, 2004. CD Rom.
- OLIVEIRA, L. F.; SRUR, A. U. O. S.; VACARI, F. Aproveitamento do chuchu (*Sechuim edule*, Swartz) pelo processo de saturação com açúcar: uma alternativa alimentar. **Revista Universitária Rural**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, p. 9-11, 2003.
- OLIVEIRA, M. E. B.; BASTOS, M. S. R.; FEITOSA, T. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caiu. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 326-332, 1999.
- PAIVA, F. F. A. **Controle de qualidade de farinha de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) produzida na região metropolitana de Fortaleza**. 1991. 216 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenções das isotermas de sorção e modelagem matemática para pêra Barlett (*Pyrus sp.*) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 73-77, 2001.

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

PENA, R. S.; RIBEIRO, C. C.; GRANDI, J. G. Influencia 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.

PENA, R. S.; RIBEIRO, C. C.; GRANDI, J. G. Aplicação de modelos matemáticos bi e tri-paramétricos na predição das 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.

PEREIRA, E. A. **Propriedades termofísicas de polpa de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)** 2001. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

PEREIRA, G. G.; LIMA JÚNIOR, F. A.; COUTO, E. M., SEQUEIRA, H. H.; PEREIRA, J. Características da farinha da casca de pequi. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS (SBPCFT), 1., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFPB/Embrapa, 2005. CD Rom.

PRADO, M. E. T. **Secagem de tâmaras (*Phoenix dactylifera* L) para obtenção de tâmara passa.** 1998. 152 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PRATA, F.C. **Principais culturas no nordeste.** 2.ed. Mororó: Editerra, 1983. v. 2, 215 p.

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos.** Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. 603 p.

REIS, A. L. S. M. H. **Avaliação das propriedades físicas e químicas do suco de abacaxi (*Ananás sativum*, Schult) e maracujá (*Passiflora edulis*, f. *flavicarpa*) em pó desidratada por “spray dryer”**. 1999. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

RODRIGUEZ-FELIX, A.; CANTWELL, M. Developmental changes in composition and quality of prickly pear cactus cladodes (nopalitos). **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 38, n. 1, p. 83-93, 1988.

SANTOS, S. C. S. **Grau de caking de pós de abacate (*Persea americana*, Mill) obtidos por spray-drying**. 1983. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) — Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

SANTOS, M. V. E.; LIRA, M. A.; FARIAS, I.; BURITY, H. A.; TAVARES FILHO, J. J. Efeito do armazenamento pós-colheita sobre o teor de matéria seca e composição química das palmas forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 26, p. 777-783, 1992.

SARTORI, J. A. **Qualidade dos grãos de milho após o processo de secagem**. 2001. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SILVA, M. M.; GOUVEIA, J. P. G. de; MOURA, R. S. F.; ALMEIDA, F. A. C.; ARAUJO, M. E. R Adsorção de umidade em polpa de manga: Avaliação de modelos matemáticos. In CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 30, foz do Iguaçu, **Anais...**, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. CD.

SILVA, S. D. Cor: definição e método de medição. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 36, p. 75-84, 1973.



SILVA, A. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; LIMA, E. E. Avaliação da composição físico-química da coroa-de-frade. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 1-8, 2005.

SILVA, Y. C.; SILVA, F. D.; SILVA, A. S.; LIMA, E. E.; SOUZA, J. A. Aplicação dos modelos de Fick e Page na secagem de palma forrageira (*Opuntia ficus indica*) em estufa. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 4., 2004, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: UNIVAP, 2004. CD.

SOLER, M. P. **Industrialização de frutas**. Campinas: ITAL, 1991. 175 p. (Manual Técnico, 8).

SOUZA, M. L.; HOLANDA, G. A. M.; GASPAR JÚNIOR, J. C.; FIGUERÊDO, R. W. Estudo do processamento e estabilidade da farinha de amêndoa da castanha-do-pará (*Bertolletia excelsia* H.B.R.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 7, n. 1, p. 35-42, 1986.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Processamento de amêndoas e torta de castanha-do-Brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 120-128, 2004.

SPIESS, W.E.L., WOLF, W. Critical evaluation of methods to determine moisture sorption isotherms. In.: ROCKLAND, L.B., BEAUCHAT, L.R. **Water activity: theory and applications to food**. New York: Marcel Dekker, Inc, 1987. cap.10, p.215-233.

TOGRUL, H. Suitable drying model for infrared drying of carrot. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 77, n. 3, p. 610-619, 2004.

VERTUCCI, C. W.; LEOPOLD, A. C. Water Binding in legumes seeds. **Plant Physical**, v. 81, n. 1, p. 224-231, 1987.

VITTI, P.; PADULA, M.; PACHECO, I. A.; SARTORI, M. R.; GARCIA, E. E. C.; PIZZINATTO, A.; LEITÃO, R. F. F.; SILVEIRA, N. F. A. Uso de embalagem de polietileno de baixa densidade para farinha de trigo. **Coletânea do Instituto de Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 210-225, 1990.

APÊNDICE A

Tabela A.1. Valores experimentais da razão de umidade para cinética de secagem na temperatura de 50 °C, para polpa de facheiro tipo extremidade

Tempo (min)	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Média
0	1,000	1,000	1,000	1,0000
20	0,977	0,935	0,927	0,9465
40	0,906	0,869	0,861	0,8788
60	0,824	0,808	0,799	0,8103
80	0,737	0,729	0,717	0,7277
100	0,695	0,667	0,652	0,6717
120	0,644	0,594	0,579	0,6055
140	0,570	0,528	0,518	0,5387
160	0,480	0,462	0,447	0,4632
180	0,394	0,402	0,390	0,3951
200	0,351	0,337	0,325	0,3376
220	0,308	0,274	0,276	0,2861
240	0,226	0,210	0,204	0,2133
260	0,145	0,151	0,140	0,1455
280	0,077	0,097	0,081	0,0851
300	0,051	0,065	0,049	0,0552
320	0,034	0,040	0,025	0,0331
340	0,019	0,019	0,013	0,0171
360	0,010	0,010	0,007	0,0091
380	0,008	0,005	0,003	0,0057
400	0,003	0,002	0,001	0,0024
420	0,002	0,001	0,000	0,0012
440	0,000	0,000	0,000	0,0000

Tabela A.2. Valores experimentais da razão de umidade para cinética de secagem na temperatura de 50 °C para polpa de facheiro tipo meio

Tempo (min)	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Média
0	1,000	1,000	1,000	1,0000
20	0,931	0,928	0,869	0,9091
40	0,871	0,855	0,801	0,8426
60	0,801	0,788	0,715	0,7678
80	0,723	0,713	0,655	0,6970
100	0,657	0,648	0,581	0,6289
120	0,586	0,584	0,513	0,5612
140	0,523	0,512	0,441	0,4920
160	0,447	0,444	0,376	0,4225
180	0,382	0,383	0,309	0,3578
200	0,321	0,317	0,242	0,2932
220	0,249	0,250	0,178	0,2258
240	0,189	0,188	0,119	0,1658
260	0,133	0,140	0,077	0,1170
280	0,078	0,099	0,056	0,0777
300	0,045	0,060	0,037	0,0473
320	0,018	0,034	0,018	0,0234
340	0,004	0,012	0,009	0,0086
360	0,002	0,002	0,003	0,0024
380	0,002	0,000	0,002	0,0010
400	0,001	0,000	0,001	0,0007
420	0,000	0,000	0,000	0,0000

Tabela A.3. Valores experimentais da razão de umidade para cinética de secagem na temperatura de 50 °C para polpa de facheiro tipo base

Tempo (min)	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Média
0	1,000	1,000	1,000	1,0000
20	0,928	0,938	0,934	0,9331
40	0,866	0,867	0,872	0,8683
60	0,799	0,810	0,802	0,8038
80	0,729	0,723	0,725	0,7260
100	0,672	0,657	0,659	0,6627
120	0,595	0,571	0,589	0,5851
140	0,527	0,499	0,527	0,5177
160	0,469	0,425	0,461	0,4517
180	0,409	0,355	0,404	0,3895
200	0,359	0,287	0,325	0,3237
220	0,289	0,234	0,282	0,2682
240	0,232	0,167	0,220	0,2064
260	0,192	0,113	0,174	0,1595
280	0,143	0,060	0,128	0,1101
300	0,112	0,034	0,097	0,0813
320	0,084	0,014	0,063	0,0534
340	0,056	0,002	0,037	0,0318
360	0,037	0,001	0,021	0,0196
380	0,018	0,000	0,008	0,0085
390	0,005	0,001	0,002	0,0027
400	0,000	0,000	0,000	0,0000

Tabela A.4. Valores experimentais da razão de umidade para cinética de secagem na temperatura de 60 °C, para polpa de facheiro tipo extremidade

Tempo (min)	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Média
0	1,000	1,000	1,000	1,0000
10	0,979	0,970	0,981	0,9766
20	0,958	0,935	0,957	0,9500
30	0,933	0,891	0,927	0,9170
40	0,905	0,845	0,895	0,8817
50	0,877	0,796	0,863	0,8454
60	0,849	0,751	0,831	0,8102
70	0,818	0,703	0,797	0,7724
80	0,787	0,655	0,763	0,7350
90	0,755	0,605	0,726	0,6954
100	0,723	0,557	0,693	0,6577
110	0,695	0,509	0,660	0,6215
120	0,663	0,460	0,625	0,5828
130	0,633	0,414	0,592	0,5463
140	0,601	0,365	0,555	0,5072
150	0,570	0,317	0,520	0,4692
160	0,539	0,268	0,485	0,4305
170	0,508	0,221	0,452	0,3937
180	0,481	0,177	0,417	0,3583
190	0,450	0,132	0,382	0,3215
200	0,419	0,082	0,341	0,2806
210	0,384	0,053	0,310	0,2490
230	0,317	0,011	0,239	0,1892
250	0,235	0,004	0,158	0,1324
270	0,147	0,001	0,076	0,0747
290	0,083	0,001	0,031	0,0384
310	0,029	0,001	0,007	0,0121
340	0,002	0,001	0,001	0,0013
360	0,001	0,000	0,001	0,0008
380	0,001	0,000	0,000	0,0004
400	0,000	0,000	0,000	0,0000

Tabela A.5. Valores experimentais da razão de umidade para cinética de secagem na temperatura de 60 °C, para polpa de facheiro tipo meio

Tempo (min)	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Média
0	1,000	1,000	1,000	1,0000
10	0,977	0,983	0,973	0,9778
20	0,944	0,963	0,938	0,9480
30	0,902	0,935	0,806	0,8808
40	0,860	0,907	0,851	0,8723
50	0,814	0,877	0,806	0,8323
60	0,770	0,846	0,760	0,7922
70	0,724	0,816	0,710	0,7499
80	0,683	0,785	0,668	0,7120
90	0,635	0,752	0,621	0,6694
100	0,592	0,721	0,578	0,6301
110	0,547	0,692	0,531	0,5899
120	0,500	0,660	0,482	0,5473
130	0,460	0,628	0,442	0,5101
140	0,418	0,596	0,398	0,4704
150	0,374	0,565	0,351	0,4301
160	0,331	0,532	0,306	0,3898
170	0,289	0,500	0,265	0,3515
180	0,249	0,470	0,222	0,3139
190	0,208	0,438	0,179	0,2747
200	0,171	0,406	0,147	0,2414
210	0,130	0,374	0,099	0,2008
230	0,061	0,308	0,042	0,1371
250	0,032	0,225	0,020	0,0922
270	0,008	0,139	0,006	0,0509
290	0,003	0,076	0,002	0,0269
310	0,001	0,023	0,001	0,0086
340	0,001	0,001	0,001	0,0010
360	0,000	0,000	0,000	0,0004
380	0,000	0,000	0,000	0,0000

UFCC - BIBLIOTECA

Tabela A.6. Valores experimentais da razão de umidade para cinética de secagem na temperatura de 60 °C, para polpa de facheiro tipo base

Tempo (min)	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Média
0	1,000	1,000	1,000	1,0000
10	0,987	0,984	0,990	0,9874
20	0,967	0,957	0,972	0,9653
30	0,940	0,920	0,946	0,9350
40	0,911	0,881	0,920	0,9040
50	0,881	0,842	0,892	0,8717
60	0,853	0,803	0,864	0,8398
70	0,819	0,761	0,834	0,8048
80	0,788	0,721	0,804	0,7713
90	0,757	0,678	0,772	0,7355
100	0,725	0,639	0,743	0,7025
110	0,695	0,600	0,713	0,6693
120	0,663	0,558	0,683	0,6347
130	0,630	0,519	0,653	0,6007
140	0,598	0,478	0,623	0,5660
150	0,567	0,439	0,592	0,5329
160	0,533	0,398	0,561	0,4975
170	0,500	0,361	0,532	0,4643
180	0,471	0,324	0,501	0,4320
190	0,439	0,280	0,471	0,3964
200	0,391	0,250	0,437	0,3594
210	0,376	0,198	0,410	0,3279
220	0,314	0,130	0,349	0,2644
240	0,237	0,093	0,267	0,1991
260	0,157	0,060	0,190	0,1355
280	0,106	0,033	0,135	0,0912
300	0,060	0,016	0,088	0,0546
320	0,016	0,002	0,035	0,0179
340	0,004	0,000	0,014	0,0061
360	0,000	0,000	0,000	0,0000

Tabela A.7. Valores experimentais da razão de umidade para cinética de secagem na temperatura de 70 °C, para polpa de facheiro tipo extremidade

Tempo (min)	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Média
0	1,000	1,000	1,000	1,0000
10	0,976	0,967	0,973	0,9720
20	0,953	0,954	0,955	0,9541
30	0,929	0,932	0,933	0,9311
40	0,908	0,906	0,905	0,9059
50	0,879	0,873	0,870	0,8739
60	0,854	0,843	0,838	0,8448
70	0,811	0,796	0,788	0,7982
80	0,780	0,756	0,744	0,7600
90	0,748	0,715	0,699	0,7209
100	0,707	0,674	0,657	0,6792
110	0,673	0,639	0,622	0,6448
120	0,640	0,607	0,591	0,6129
130	0,621	0,584	0,565	0,5897
140	0,599	0,560	0,540	0,5664
150	0,567	0,532	0,514	0,5376
160	0,539	0,504	0,486	0,5099
170	0,517	0,477	0,457	0,4838
180	0,483	0,447	0,430	0,4533
190	0,452	0,418	0,401	0,4235
200	0,406	0,382	0,370	0,3859
210	0,376	0,356	0,345	0,3589
220	0,346	0,329	0,320	0,3315
230	0,310	0,292	0,283	0,2951
240	0,287	0,265	0,253	0,2684
250	0,247	0,231	0,222	0,2334
260	0,209	0,191	0,182	0,1940
270	0,184	0,167	0,264	0,2050
280	0,152	0,133	0,123	0,1360
290	0,120	0,105	0,098	0,1075
300	0,088	0,075	0,069	0,0775
310	0,039	0,040	0,040	0,0395
320	0,017	0,018	0,019	0,0181
330	0,002	0,007	0,010	0,0066
340	0,002	0,003	0,004	0,0028
360	0,000	0,000	0,000	0,0002
380	0,000	0,000	0,000	0,0000

Tabela A.8. Valores experimentais da razão de umidade para cinética de secagem na temperatura de 70 °C, para polpa de facheiro tipo meio

Tempo (min)	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Média
0	1,000	1,000	1,000	1,0000
10	0,984	0,982	0,977	0,9811
20	0,965	0,941	0,956	0,9537
30	0,927	0,895	0,917	0,9130
40	0,892	0,853	0,883	0,8764
50	0,824	0,814	0,845	0,8273
60	0,790	0,761	0,799	0,7833
70	0,741	0,720	0,760	0,7403
80	0,720	0,672	0,718	0,7034
90	0,637	0,643	0,678	0,6524
100	0,608	0,579	0,637	0,6078
110	0,510	0,535	0,595	0,5465
120	0,478	0,487	0,551	0,5051
130	0,446	0,441	0,512	0,4662
140	0,416	0,396	0,468	0,4269
150	0,381	0,342	0,426	0,3828
160	0,295	0,306	0,405	0,3352
170	0,259	0,260	0,365	0,2950
180	0,219	0,220	0,325	0,2548
190	0,182	0,183	0,287	0,2171
200	0,147	0,147	0,252	0,1821
210	0,107	0,112	0,212	0,1436
220	0,082	0,086	0,170	0,1127
230	0,043	0,068	0,142	0,0846
240	0,035	0,052	0,120	0,0691
250	0,032	0,044	0,101	0,0588
260	0,024	0,034	0,082	0,0468
270	0,018	0,025	0,068	0,0368
280	0,014	0,012	0,055	0,0268
290	0,011	0,011	0,044	0,0220
300	0,010	0,006	0,032	0,0160
310	0,005	0,005	0,024	0,0112
330	0,002	0,000	0,009	0,0038
350	0,000	0,000	0,000	0,0000

Tabela A.9. Valores experimentais da razão de umidade para cinética de secagem na temperatura de 70 °C, para polpa de facheiro tipo base

Tempo (min)	Repetição 1	Repetição 2	Repetição 3	Média
0	1,000	1,000	1,000	1,0000
10	0,964	0,984	0,969	0,9722
20	0,911	0,919	0,921	0,9169
30	0,856	0,863	0,868	0,8622
40	0,796	0,810	0,818	0,8081
50	0,736	0,759	0,769	0,7548
60	0,688	0,708	0,715	0,7033
70	0,630	0,665	0,672	0,6556
80	0,575	0,616	0,620	0,6035
90	0,519	0,565	0,570	0,5514
100	0,469	0,518	0,521	0,5025
110	0,416	0,469	0,474	0,4530
120	0,365	0,419	0,422	0,4024
130	0,318	0,382	0,382	0,3609
140	0,268	0,334	0,335	0,3122
150	0,226	0,289	0,290	0,2682
160	0,190	0,248	0,249	0,2287
170	0,155	0,209	0,208	0,1906
180	0,127	0,173	0,169	0,1563
190	0,103	0,139	0,135	0,1256
200	0,081	0,110	0,103	0,0980
210	0,056	0,086	0,075	0,0723
220	0,038	0,062	0,051	0,0503
230	0,025	0,044	0,029	0,0327
240	0,014	0,032	0,021	0,0223
250	0,009	0,028	0,016	0,0174
260	0,006	0,022	0,012	0,0134
270	0,004	0,017	0,010	0,0103
280	0,003	0,013	0,009	0,0082
300	0,001	0,003	0,005	0,0031
320	0,000	0,001	0,001	0,0007
340	0,000	0,000	0,000	0,0000

APÊNDICE B

Tabela B.1. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de GAB a 10 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2338	0,0500	0,0623	-0,0123	-0,2450
0,3347	0,0851	0,0736	0,0115	0,1355
0,4314	0,1018	0,0872	0,0146	0,1435
0,5736	0,1137	0,1173	-0,0036	-0,0318
0,6215	0,1253	0,1323	-0,0070	-0,0560
0,7567	0,2041	0,2054	-0,0013	-0,0061
0,8206	0,2765	0,2768	-0,0003	-0,0009
0,8677	0,3724	0,3715	0,0009	0,0023

Tabela B.2. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de GAB a 20 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2311	0,0458	0,0424	0,0034	0,0744
0,3307	0,0581	0,0553	0,0028	0,0489
0,4316	0,0684	0,0698	-0,0014	-0,0208
0,5438	0,0848	0,0894	-0,0046	-0,0547
0,5914	0,0963	0,1051	-0,0088	-0,0911
0,7547	0,1720	0,1681	0,0039	0,0229
0,8134	0,2252	0,2138	0,0114	0,0505
0,8511	0,2502	0,2578	-0,0076	-0,0304

Tabela B.3. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de GAB a 30 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2161	0,0426	0,0394	0,0032	0,0761
0,3244	0,0575	0,0520	0,0055	0,0962
0,4317	0,0632	0,0663	-0,0031	-0,0484
0,5140	0,0746	0,0802	-0,0056	-0,0755
0,5603	0,0804	0,0900	-0,0096	-0,1198
0,7509	0,1706	0,1650	0,0056	0,0327
0,8063	0,2240	0,2130	0,0110	0,0492
0,8362	0,2432	0,2518	-0,0086	-0,0353

Tabela B.4. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de GAB a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2040	0,0349	0,0250	0,0099	0,2845
0,3600	0,0467	0,0464	0,0003	0,0067
0,4320	0,0512	0,0584	-0,0072	-0,1409
0,4842	0,0670	0,0686	-0,0016	-0,0235
0,5317	0,0761	0,0793	-0,0032	-0,0420
0,7468	0,1745	0,1664	0,0081	0,0464
0,7991	0,2073	0,2104	-0,0031	-0,0148
0,8232	0,2371	0,2379	-0,0008	-0,0032

Tabela B.5. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de BET modificado a 10 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2338	0,0500	0,0487	0,0013	0,0264
0,3347	0,0851	0,0720	0,0131	0,1534
0,4314	0,1018	0,0950	0,0068	0,0665
0,5736	0,1137	0,1311	-0,0174	-0,1529
0,6215	0,1253	0,1448	-0,0195	-0,1560
0,7567	0,2041	0,2002	0,0039	0,0193
0,8206	0,2765	0,2582	0,0183	0,0662
0,8677	0,3724	0,3778	-0,0054	-0,0146

Tabela B.6. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de BET modificado a 20 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2311	0,0458	0,0297	0,0161	0,3506
0,3307	0,0581	0,0477	0,0104	0,1785
0,4316	0,0684	0,0691	-0,0007	-0,0105
0,5438	0,0848	0,0950	-0,0102	-0,1208
0,5914	0,0963	0,1127	-0,0164	-0,1700
0,7547	0,1720	0,1691	0,0029	0,0170
0,8134	0,2252	0,2092	0,0160	0,0711
0,8511	0,2502	0,2578	-0,0076	-0,0302

Tabela B.7. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de BET modificado a 30 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2161	0,0426	0,0250	0,0176	0,4120
0,3244	0,0575	0,0431	0,0144	0,2502
0,4317	0,0632	0,0650	-0,0018	-0,0280
0,5140	0,0746	0,0845	-0,0099	-0,1327
0,5603	0,0804	0,0967	-0,0163	-0,2027
0,7509	0,1706	0,1675	0,0031	0,0179
0,8063	0,2240	0,2101	0,0139	0,0621
0,8362	0,2432	0,2510	-0,0078	-0,0322

Tabela B.8. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de BET modificado a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2040	0,0349	0,0182	0,0167	0,4791
0,3600	0,0467	0,0412	0,0055	0,1175
0,4320	0,0512	0,0559	-0,0047	-0,0923
0,4842	0,0670	0,0686	-0,0016	-0,0239
0,5317	0,0761	0,0818	-0,0057	-0,0747
0,7468	0,1745	0,1707	0,0038	0,0218
0,7991	0,2073	0,2100	-0,0027	-0,0130
0,8232	0,2371	0,2362	0,0009	0,0040

Tabela B.9. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Peleg a 10 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2338	0,0500	0,0183	0,0317	0,6339
0,3347	0,0851	0,0402	0,0449	0,5271
0,4314	0,1018	0,0703	0,0315	0,3097
0,5736	0,1137	0,1314	-0,0177	-0,1555
0,6215	0,1253	0,1567	-0,0314	-0,2505
0,7567	0,2041	0,2414	-0,0373	-0,1829
0,8206	0,2765	0,2885	-0,0120	-0,0433
0,8677	0,3724	0,3261	0,0463	0,1244

Tabela B.10. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Peleg a 20 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2311	0,0458	0,0179	0,0279	0,6099
0,3307	0,0581	0,0364	0,0217	0,3739
0,4316	0,0684	0,0617	0,0067	0,0981
0,5438	0,0848	0,0955	-0,0107	-0,1264
0,5914	0,0963	0,1194	-0,0231	-0,2400
0,7547	0,1720	0,1869	-0,0149	-0,0868
0,8134	0,2252	0,2169	0,0083	0,0370
0,8511	0,2502	0,2373	0,0129	0,0517

Tabela B.11. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Peleg a 30 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2161	0,0426	0,0139	0,0287	0,6732
0,3244	0,0575	0,0324	0,0251	0,4362
0,4317	0,0632	0,0588	0,0044	0,0703
0,5140	0,0746	0,0845	-0,0099	-0,1324
0,5603	0,0804	0,1011	-0,0207	-0,2572
0,7509	0,1706	0,1859	-0,0153	-0,0897
0,8063	0,2240	0,2156	0,0084	0,0376
0,8362	0,2432	0,2325	0,0107	0,0438

Tabela B.12. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Peleg a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2040	0,0349	0,0101	0,0248	0,7095
0,3600	0,0467	0,0359	0,0108	0,2323
0,4320	0,0512	0,0538	-0,0026	-0,0504
0,4842	0,0670	0,0693	-0,0023	-0,0345
0,5317	0,0761	0,0854	-0,0093	-0,1216
0,7468	0,1745	0,1817	-0,0072	-0,0412
0,7991	0,2073	0,2112	-0,0039	-0,0189
0,8232	0,2371	0,2256	0,0115	0,0483

Tabela B.13. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Smith a 10 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2338	0,0500	0,0381	0,0119	0,2387
0,3347	0,0851	0,0618	0,0233	0,2734
0,4314	0,1018	0,0883	0,0135	0,1329
0,5736	0,1137	0,1367	-0,0230	-0,2024
0,6215	0,1253	0,1568	-0,0315	-0,2511
0,7567	0,2041	0,2311	-0,0270	-0,1325
0,8206	0,2765	0,2824	-0,0059	-0,0214
0,8677	0,3724	0,3337	0,0387	0,1039

Tabela B.14. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Smith a 20 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2311	0,0458	0,0313	0,0145	0,3170
0,3307	0,0581	0,0492	0,0089	0,1531
0,4316	0,0684	0,0703	-0,0019	-0,0280
0,5438	0,0848	0,0971	-0,0123	-0,1450
0,5914	0,0963	0,1164	-0,0201	-0,2087
0,7547	0,1720	0,1789	-0,0069	-0,0401
0,8134	0,2252	0,2142	0,0110	0,0487
0,8511	0,2502	0,2434	0,0068	0,0272

Tabela B.15. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Smith a 30 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2161	0,0426	0,0250	0,0176	0,4131
0,3244	0,0575	0,0449	0,0126	0,2183
0,4317	0,0632	0,0681	-0,0049	-0,0782
0,5140	0,0746	0,0891	-0,0145	-0,1948
0,5603	0,0804	0,1026	-0,0222	-0,2756
0,7509	0,1706	0,1788	-0,0082	-0,0480
0,8063	0,2240	0,2125	0,0115	0,0512
0,8362	0,2432	0,2350	0,0082	0,0337

Tabela B.16. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Smith a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2040	0,0349	0,0140	0,0209	0,5993
0,3600	0,0467	0,0448	0,0019	0,0413
0,4320	0,0512	0,0616	-0,0104	-0,2035
0,4842	0,0670	0,0752	-0,0082	-0,1228
0,5317	0,0761	0,0889	-0,0128	-0,1677
0,7468	0,1745	0,1757	-0,0012	-0,0066
0,7991	0,2073	0,2083	-0,0010	-0,0049
0,8232	0,2371	0,2264	0,0107	0,0453

Tabela B.17. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Oswin a 10 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2338	0,0500	0,0451	0,0049	0,0982
0,3347	0,0851	0,0633	0,0218	0,2568
0,4314	0,1018	0,0835	0,0183	0,1794
0,5736	0,1137	0,1231	-0,0094	-0,0826
0,6215	0,1253	0,1409	-0,0156	-0,1243
0,7567	0,2041	0,2171	-0,0130	-0,0636
0,8206	0,2765	0,2819	-0,0054	-0,0194
0,8677	0,3724	0,3597	0,0127	0,0340

Tabela B.18. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Oswin a 20 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2311	0,0458	0,0375	0,0083	0,1816
0,3307	0,0581	0,0518	0,0063	0,1079
0,4316	0,0684	0,0686	-0,0002	-0,0028
0,5438	0,0848	0,0906	-0,0058	-0,0689
0,5914	0,0963	0,1075	-0,0112	-0,1166
0,7547	0,1720	0,1708	0,0012	0,0071
0,8134	0,2252	0,2143	0,0109	0,0482
0,8511	0,2502	0,2558	-0,0056	-0,0222

Tabela B.19. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Oswin a 30 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2161	0,0426	0,0315	0,0111	0,2610
0,3244	0,0575	0,0466	0,0109	0,1896
0,4317	0,0632	0,0644	-0,0012	-0,0196
0,5140	0,0746	0,0814	-0,0068	-0,0914
0,5603	0,0804	0,0929	-0,0125	-0,1552
0,7509	0,1706	0,1707	-0,0001	-0,0005
0,8063	0,2240	0,2144	0,0096	0,0428
0,8362	0,2432	0,2477	-0,0045	-0,0184

Tabela B.20. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Oswin a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2040	0,0349	0,0250	0,0099	0,2841
0,3600	0,0467	0,0460	0,0007	0,0146
0,4320	0,0512	0,0582	-0,0070	-0,1362
0,4842	0,0670	0,0685	-0,0015	-0,0225
0,5317	0,0761	0,0794	-0,0033	-0,0436
0,7468	0,1745	0,1667	0,0078	0,0444
0,7991	0,2073	0,2104	-0,0031	-0,0148
0,8232	0,2371	0,2377	-0,0006	-0,0027

Tabela B.21. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Halsey a 10 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2338	0,0500	0,0548	-0,0048	-0,0957
0,3347	0,0851	0,0691	0,0160	0,1885
0,4314	0,1018	0,0857	0,0161	0,1586
0,5736	0,1137	0,1201	-0,0064	-0,0562
0,6215	0,1253	0,1364	-0,0111	-0,0885
0,7567	0,2041	0,2110	-0,0069	-0,0336
0,8206	0,2765	0,2793	-0,0028	-0,0101
0,8677	0,3724	0,3662	0,0062	0,0167

Tabela B.22. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Halsey a 20 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2311	0,0458	0,0446	0,0012	0,0255
0,3307	0,0581	0,0558	0,0023	0,0391
0,4316	0,0684	0,0695	-0,0011	-0,0167
0,5438	0,0848	0,0886	-0,0038	-0,0454
0,5914	0,0963	0,1040	-0,0077	-0,0802
0,7547	0,1720	0,1665	0,0055	0,0322
0,8134	0,2252	0,2131	0,0121	0,0538
0,8511	0,2502	0,2597	-0,0095	-0,0378

Tabela B.23. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Halsey a 30 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2161	0,0426	0,0385	0,0041	0,0969
0,3244	0,0575	0,0504	0,0071	0,1242
0,4317	0,0632	0,0650	-0,0018	-0,0291
0,5140	0,0746	0,0797	-0,0051	-0,0685
0,5603	0,0804	0,0900	-0,0096	-0,1193
0,7509	0,1706	0,1665	0,0041	0,0241
0,8063	0,2240	0,2137	0,0103	0,0461
0,8362	0,2432	0,2512	-0,0080	-0,0330

Tabela B.24. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de Halsey a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2040	0,0349	0,0316	0,0033	0,0934
0,3600	0,0467	0,0485	-0,0018	-0,0385
0,4320	0,0512	0,0586	-0,0074	-0,1453
0,4842	0,0670	0,0675	-0,0005	-0,0078
0,5317	0,0761	0,0772	-0,0011	-0,0140
0,7468	0,1745	0,1626	0,0119	0,0680
0,7991	0,2073	0,2098	-0,0025	-0,0121
0,8232	0,2371	0,2407	-0,0036	-0,0152

Tabela B.25. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de D'Arcy a 10 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2338	0,0500	0,0612	-0,0112	-0,2231
0,3347	0,0851	0,0788	0,0063	0,0743
0,4314	0,1018	0,0931	0,0087	0,0853
0,5736	0,1137	0,1175	-0,0038	-0,0337
0,6215	0,1253	0,1300	-0,0047	-0,0375
0,7567	0,2041	0,2010	0,0031	0,0150
0,8206	0,2765	0,2767	-0,0002	-0,0007
0,8677	0,3724	0,3727	-0,0003	-0,0009

Tabela B.26. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de D'Arcy a 20 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2311	0,0426	0,0450	-0,0024	-0,0572
0,3307	0,0581	0,0557	0,0024	0,0405
0,4316	0,0684	0,0667	0,0017	0,0246
0,5438	0,0848	0,0841	0,0007	0,0078
0,5914	0,0963	0,1006	-0,0043	-0,0450
0,7547	0,1720	0,1725	-0,0005	-0,0031
0,8134	0,2252	0,2183	0,0069	0,0306
0,8511	0,2502	0,2549	-0,0047	-0,0187

Tabela B.27. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de D'Arcy a 30 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2161	0,0458	0,0449	0,0009	0,0186
0,3244	0,0575	0,0551	0,0024	0,0413
0,4317	0,0632	0,0641	-0,0009	-0,0144
0,5140	0,0746	0,0748	-0,0002	-0,0025
0,5603	0,0804	0,0839	-0,0035	-0,0440
0,7509	0,1706	0,1693	0,0013	0,0078
0,8063	0,2240	0,2171	0,0069	0,0306
0,8362	0,2432	0,2493	-0,0061	-0,0249

Tabela B.28. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da farinha de facheiro, resíduo e erro relativo, calculado para o modelo de D'Arcy a 40 °C

a_w	Umidade de equilíbrio (b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,2040	0,0349	0,0223	0,0126	0,3602
0,3600	0,0467	0,0446	0,0021	0,0444
0,4320	0,0512	0,0575	-0,0063	-0,1235
0,4842	0,0670	0,0684	-0,0014	-0,0211
0,5317	0,0761	0,0798	-0,0037	-0,0490
0,7468	0,1745	0,1684	0,0061	0,0349
0,7991	0,2073	0,2108	-0,0035	-0,0169
0,8232	0,2371	0,2367	0,0004	0,0017